

**ФАРМАКОЛОГИЯ, КЛИНИЧЕСКАЯ ФАРМАКОЛОГИЯ/PHARMACOLOGY, CLINICAL PHARMACOLOGY**DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.167.107> EDN: WPYRRH**ХЛОРЕЛЛА: ВЛИЯНИЕ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЁ
ФАРМАКОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ (ОБЗОР)**

Обзор

**Крылов И.А.¹, Кубасова Е.Д.², Кубасов Р.В.^{3,*}, Кочубейник Н.В.⁴, Шатов Д.В.⁵, Сафонов Д.В.⁶, Караханян К.С.⁷,
Дергоусова Т.Г.⁸, Грошилина Г.С.⁹, Слесарев Ю.М.¹⁰, Бугаян С.Э.¹¹**¹ ORCID : 0000-0003-3042-4229;² ORCID : 0000-0001-9683-7814;³ ORCID : 0000-0003-1698-6479;⁴ ORCID : 0000-0002-7990-9991;⁵ ORCID : 0000-0002-5833-0403;⁶ ORCID : 0000-0001-9472-5114;⁷ ORCID : 0000-0003-0519-0248;⁸ ORCID : 0000-0001-6334-1169;⁹ ORCID : 0000-0003-1558-5307;¹⁰ ORCID : 0009-0000-9513-2839;¹¹ ORCID : 0000-0002-4783-8922;^{1, 2, 3} Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация^{2, 3} Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация^{4, 5, 7, 8, 10, 11} Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация⁶ Городская больница скорой медицинской помощи, Таганрог, Российская Федерация⁹ 1602 Военный клинический госпиталь Минобороны России, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (romanas2001[at]mail.ru)

Предложена: 30.03.2026; Принята: 05.05.2026; Опубликовано: 18.05.2026

Аннотация

Актуальность. Хлорелла — зеленая одноклеточная водоросль, которая производится в промышленных масштабах для получения биологических активных добавок к пище, продуктов функционального питания. Пищевая ценность и широкий спектр лечебных эффектов ставят хлореллу в ранг популярных и востребованных продуктов.

Цель исследования — проведение нарративного обзора по имеющимся в мировой литературе сведениям о свойствах хлореллы, влиянии на организм и возможностям практического применения в медицинской практике препаратов, созданных на её основе.

Материалы и методы. Для анализа литературы изучены источники из международных баз данных Web of Science, Scopus, PubMed, а также отечественной библиотечной системе eLibrary.

Результаты исследования и их обсуждение. Компоненты, полученные из хлореллы, обладают многочисленными свойствами, влияющими на организм. Препараты на основе хлореллы значительно снижают влияние сердечно-сосудистых факторов риска, обладают антидиабетическим эффектом за счет ингибирования α-D-глюкозидазы. Гепатопротекторная активность, антимикробное действие сочетаются с пребиотическими функциями.

Выводы. Широкий спектр фармакологических эффектов препаратов на основе хлореллы — востребованное направление в современной медицинской практике. Дальнейшее изучение свойств хлореллы открывает реальные перспективы их широкого применения.

Ключевые слова: хлорелла, биологически-активные вещества, лечебные эффекты.**CHLORELLA: ITS EFFECT ON PHYSIOLOGICAL FUNCTIONS AND PERSPECTIVES OF ITS
PHARMACOTHERAPEUTIC USE (REVIEW)**

Review article

**Krillov I.A.¹, Kubasova E.D.², Kubasov R.^{3,*}, Kochubeinik N.V.⁴, Shatov D.V.⁵, Safonov D.V.⁶, Karakhanyan K.S.⁷,
Dergousova T.G.⁸, Groshilina G.S.⁹, Slesarev Y.M.¹⁰, Bugayan S.E.¹¹**¹ ORCID : 0000-0003-3042-4229;² ORCID : 0000-0001-9683-7814;³ ORCID : 0000-0003-1698-6479;⁴ ORCID : 0000-0002-7990-9991;⁵ ORCID : 0000-0002-5833-0403;⁶ ORCID : 0000-0001-9472-5114;⁷ ORCID : 0000-0003-0519-0248;⁸ ORCID : 0000-0001-6334-1169;⁹ ORCID : 0000-0003-1558-5307;¹⁰ ORCID : 0009-0000-9513-2839;¹¹ ORCID : 0000-0002-4783-8922;^{1, 2, 3} Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation



^{2,3} S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint-Petersburg, Russian Federation

^{4, 5, 7, 8, 10, 11} Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

⁶ Taganrog Municipal Clinical Emergency Hospital, Taganrog, Russian Federation

⁹ 1602 Military Clinical Hospital of the Russian Ministry of Defense, Rostov-on-Don, Russian Federation

* Corresponding author (romanas2001[at]mail.ru)

Suggested: 30.03.2026; Accepted: 05.05.2026; Published: 18.05.2026

Abstract

Relevance. Chlorella is a green unicellular alga that is produced on an industrial scale to produce biologically active food additives and functional nutrition products. The nutritional value and wide range of therapeutic effects put chlorella in the rank of popular and sought-after products.

The purpose of the study is to carry out a narrative review of the information available in the world literature on the properties of chlorella, its effect on the body and the possibilities of practical use in medical practice of drugs based on it.

Materials and methods. To analyze the literature, sources from the international databases Web of Science, Scopus, PubMed, as well as the national library system eLibrary were studied.

The results of the study and their discussion. The components obtained from chlorella have numerous properties that affect the body. Chlorella-based drugs significantly reduce the effects of cardiovascular risk factors and have an antidiabetic effect by inhibiting α -D-glucosidase. Hepatoprotective activity, antimicrobial action are combined with prebiotic functions.

Conclusions. A wide range of pharmacological effects of chlorella-based drugs is in demand in modern medical practice. Further study of the properties of chlorella opens up real prospects for their wide application.

Keywords: chlorella, biologically active substances, therapeutic effects.

Введение

Хлорелла — одноклеточная зелёная микроводоросль, обитающая в пресноводных водоёмах. В мировой промышленности она достаточно широко культивируется, вплоть до промышленных масштабов, с целью дальнейшего использования [1], [2]. Например, в сельском хозяйстве её применяют как стимулятор роста растений (суспензия улучшает всхожесть семян, стимулирует развитие и рост культур) [3]. Помимо этого, она достаточно эффективная биологически активная кормовая добавка для животных [4], [5]. Как компонент планктона хлореллу используют для биологической очистки водоёмов. Например, в эколого-индустриальном направлении с её помощью производится переработка сточных вод и производство биотоплива, что способствует смягчению промышленного влияния на окружающую среду [6], [7], [8].

Предполагается использование хлореллы для восстановления состава воздуха на различных установках с ограниченным жизненным пространством (например, космических кораблях, субмаринах, убежищах), поскольку период её размножения путём деления достаточно быстрый, и полученный значительный объем колоний активно фотосинтезирует, вырабатывая много кислорода [9], [10], [11]. В пищевой промышленности разработан и внедрён широкий спектр биологически активных добавок к продуктам питания. Они богаты микроэлементами, минералами, омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами [12], [13], [14]. Также она обладает свойствами к сохранению продуктов, в связи с чем применяется в качестве консервантов для пищевой промышленности [15]. Наконец, имеется достаточно большое количество доказанных фармакологических эффектов [16], [17], [18]. Все эти свойства поставили хлореллу в разряд популярных и востребованных продуктов для медицинского и диетического применения. Разнообразие положительных влияний на организм ставят изучаемую микроводоросль в разряд перспективных с точки зрения возможностей создания лекарственных препаратов на основе её сырья.

Цель — проведение нарративного обзора по имеющимся в мировой литературе сведениям о свойствах хлореллы, влиянии на организм и возможностях практического применения в медицинской практике препаратов, созданных на её основе.

Материалы и методы

Для анализа литературы по исследуемой проблематике проанализированы источники из международных баз данных Web of Science, Scopus, PubMed, а также отечественной библиотечной системе eLibrary. Глубина поиска составила 70 лет. Изначальный запрос включал следующие ключевые слова: «хлорелла», «применение в хозяйстве». По его результатам найдено около 1,5 тысяч статей. После введения дополнительных фильтров «биологически активные вещества» и «лечебные эффекты» осталось около 40 статей, наиболее подходящих для обзора.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ литературы определил, что на настоящий момент в мире имеется достаточно много информации о положительных эффектах хлореллы на организм.

Хлорелла составляет большую часть мирового производства биомассы микроводорослей и представляет собой одну из наиболее перспективных систем биоэкономики аквакультуры [8], [19]. Типичными представителями хлорелл являются *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*. Это зеленые одноклеточные водоросли, которые производятся в промышленных масштабах для получения биологических активных добавок к пище (БАД) и продуктов функционального питания [20], [21]. Высокая пищевая ценность и широкий спектр биологического (фармакологического) действия — поставили хлореллу в разряд популярных и востребованных продуктов с отчетливой тенденцией роста продаж на потребительском рынке [22], [23]. Изучаемые микроводоросли являются богатым источником полисахаридов. Эти углеводы считаются основными активными ингредиентами хлореллы, привлекают все большее внимание из-за разносторонних видов фармакологической активности [21], [24]. БАД на

основе хлореллы содержат витамины D и B12, которые отсутствуют в растительных источниках пищи [12]. По некоторым данным, по содержанию фолиевой кислоты, железа, а также каротина, жирных кислот хлорелла значительно превосходит другие пищевые источники [23]. По содержанию белка хлорелла сопоставима с таковым в соевом шроте [5]. Высокое содержание в хлорелле фотосинтетических пигментов (фикобилипротеины, каротиноиды и фукоксантин) и биоактивных соединений, а также их способность выделять кислород, используются при разработке новых лекарств, ранозаживляющих повязок, фотосенсибилизаторов для фотодинамической терапии, тканевой инженерии и противоопухолевых методов лечения [25]. Синтез лектинов — одна из предпосылок взаимодействия с белками, участвующими в контроле клеточного цикла, что может быть связано с некоторыми видами противоопухолевой активности [26]. Кроме того, экспериментально доказано повышение эффективности лучевой терапии при наличии гипоксического микроокружения опухолей [27].

В целом, фармакодинамические эффекты хлореллы очень обширны. Они включают противовоспалительное, иммуномодулирующее, антиоксидантное, геропротекторное (антивозрастное), противодиабетическое, антигипертензивное, антигиперлипидемическое, гепатопротекторное, нефропротективное, нейропротекторное, антиастматическое, противоопухолевое, антимикробное, ранозаживляющее, пробиотическое, антидементирующее действия [28], [29], [30], [31]. Рассматривается также возможность применения хлореллы для комплексного лечения алиментарного ожирения [20].

В последнее время возрастает роль применения средств на основе натуральных компонентов для профилактики и комплексного лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Исследования показали, что добавка хлореллы влияет на сердечно-сосудистые факторы риска: она улучшает общий уровень холестерина, уровень холестерина липопротеинов низкой плотности, систолическое артериальное давление, диастолическое артериальное давление и уровень глюкозы в крови натощак. При этом не доказано влияние на содержание триглицеридов и уровня холестерина липопротеинов высокой плотности. Предполагается, что эти эффекты хлореллы могут быть обусловлены антиоксидантными соединениями микроводоросли [12], [24].

Антидиабетический эффект полисахаридов хлореллы ассоциирован со способностью ингибировать фермент α -D-глюкозидазу [32]. В эксперименте с моделированным сахарным диабетом 2 типа и на фоне диеты с высоким содержанием сахарозы и жиров применение *Chlorella pyrenoidosa* приводило к снижению уровня глюкозы в крови натощак, улучшению результата перорального теста на толерантность к глюкозе. Кроме того, применение *Chlorella pyrenoidosa* оказывало благоприятный эффект на микробиоту кишечника, что проявлялось увеличением штаммов *Verrucomicrobia*, *Proteobacteria*, *Osillibacter*, *Dubosiella* и *Lactococcus*. В этом же опыте было зафиксировано улучшение функциональных показателей печени [33].

Рядом экспериментальных работ доказано гепатопротекторное действие *Chlorella vulgaris*. Так, на модели фиброза печени, индуцированного четыреххлористым углеродом, экстракт *Chlorella vulgaris* в дозах 50 и 100 мг/кг вводимых ежедневно через зонд в течение последних 4 недель эксперимента значительно снизил маркерные ферменты печени и содержание гидроксипролина. Авторы предполагают, что клеточные механизмы антифибротического действия *Chlorella vulgaris* включают увеличение экспрессии генов ферментативных антиоксидантов супероксиддисмутазы и каталазы посредством повышения контроля ее регуляторных элементов. Эти регуляторные эффекты могут привести к снижению уровня активных форм кислорода. Кроме того, *Chlorella vulgaris* снижает уровень печеночного белка и экспрессию генов ключевых элементов сигнального пути Hippo, т.е. онкопротеина — Yes-ассоциированного белка (YAP) и транскрипционных коактиваторов с мотивом связывания PDZ (TAZ) [34].

Еще в одном эксперименте, на модели гепаторенальной токсичности, вызванной введением хлорида кадмия ($CdCl_2$: Cd 2 мг/кг веса тела в течение 10 дней) на взрослых самцах крыс Sprague-Dawley был доказан протекторный эффект. Подробное изучение его механизма выявило следующее: кадмий изменяет гистоархитектонику печени и почек, нарушает каскад клеточных сигналов, что приводит к потере веса тела, изменению гематологической картины, повышению уровней АЛТ, АСТ, ЩФ, мочевины в сыворотке крови. Кроме того, кадмий подвергает клетки печени и почек окислительному стрессу из-за повышения регуляции перекисного окисления липидов, что приводит к индукции провоспалительных цитокинов (ИЛ-1 β и ФНО- α), очаговый отек клубочков и проксимальную канальцевую дегенерацию в почках. Добавление *Chlorella vulgaris* (500 мг/кг) к $CdCl_2$ модулировало процесс трансляции белка через пути NF- κ B/Nrf2 для предотвращения окислительного повреждения путем поддержания клеточного окислительно-восстановительного гомеостаза и улучшения выживаемости и устойчивости клеток к окислительному повреждению, вызванному кадмием [35].

На модели гепатита, индуцированного введением гибберелловой кислоты, применение *Chlorella vulgaris* значительно улучшило содержание сывороточных уровней аспартатаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, гамма-глутамилтрансферазы, общего билирубина и альбумина. Отмечено также снижение уровней малонового диальдегида, фактора некроза опухоли α и ядерного фактора κ B, повышение активности ферментов супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы, что указывает на антиоксидантные и противовоспалительные свойства *Chlorella vulgaris*. Таким образом, определено, что изучаемая водоросль, помимо всего прочего, обладает гепатопротекторной активностью, уменьшая окислительный стресс и воспаление [36].

Доказано, что полисахариды *Chlorella Pyrenoidosa* имеют пребиотические функции, что выражается в способности модулировать микробиоту кишечника, включая стимулирование роста полезных бактерий и подавление патогенных, снижение соотношения *Firmicutes* к *Bacteroidetes*. Кроме того, полисахариды *Chlorella Pyrenoidosa* могут стимулировать рост *Parabacteroides distasonis* и увеличивать содержание короткоцепочечных жирных кислот [33].

Антимикробная активность липидно-пигментного комплекса *Chlorella vulgaris* доказана в отношении *E. Coli*, *P. Pentosaceus* [21]. Установлена его цитотоксическая и антиоксидантная активность. При этом антимикробное действие напрямую связано именно с концентрацией липидно-пигментного комплекса [15]. Антимикробная активность экстракта хлореллы при топическом применении определяет его ранозаживляющие (репаративные) свойства [31].



Актуальными и востребованными являются разработки новых антивозрастных (геропротекторных) средств на основе хлореллы [29], [37]. Группой исследователей проведено клиническое изучение антивозрастного эффекта хлореллы, которое включало применение 27 мл водного экстракта на 44 здоровых добровольцах в течение 90 суток в сравнении с плацебо. В результате у испытуемых отмечено значительное снижение экспрессии белков индуцируемой синтазы оксида азота и циклооксигеназы-2. Авторы пришли к заключению, что применение хлореллы может значительно улучшить общее состояние здоровья за счет подавления различных маркеров окислительного стресса и маркеров стресса старения (TBARS /анализ веществ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой/ и 8-OHdG /8-гидроксидезоксигуанозин/), а сама хлорелла – один из лидеров и кандидатов нового класса геропротекторных (антивозрастных) средств [22].

Экспериментально показано, что противовоспалительное и антивозрастное действие пигмент-белкового комплекса *Chlorella pyrenoidosa* ассоциировано с антиоксидантным действием в виде подавления выработки воспалительных цитокинов TNF- α и IL-6, а также воспалительного медиатора оксида азота (NO) в макрофагах [33]. Представленные данные открывают реальные перспективы разработки новых эффективных геропротекторов на основе хлорелл.

Наряду с антивозрастным представляется ценным наличие у *Chlorella pyrenoidosa* способности ослаблять проявления при нейродегенеративных заболеваниях, например при болезни Альцгеймера. Как известно, прогрессирование заболевания сопровождается апоптозом нейронов в сочетании с атрофическими изменениями, что приводит к когнитивным нарушениям и потере долгосрочной памяти. Экспериментально подтверждены нейропротекторные эффекты короткоцепочечных пептидов *Chlorella pyrenoidosa*, что сопровождалось снижением отложения внеклеточного бета-амилоида, внутриклеточных нейрофибрилярных белков нейронов, предотвращением повреждения нейрональных клеток путем подавления воспалительных цитокинов, таких как PGE2, iNOS, IL-6, TNF- α , COX-2, IL-1 β , TGF- β 1 и NF- κ B [38].

Заключение

Представленные в обзоре данные свидетельствуют о широком спектре лечебных эффектов препаратов на основе хлореллы. Доказанные опытными исследованиями эффекты: противовоспалительный, иммуномодулирующий, антиоксидантный, геропротекторный, антидиабетический, антигипертензивный, гепатопротекторный, нефропротективный, нейропротекторный, антиастматический, противоопухолевый, антимикробный, ранозаживляющий, пробиотический, антидементирующий — ставят хлореллу в ряд перспективных средств для создания потенциальных лекарственных препаратов.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Смятская Ю.А. Биотехнология создания из биомассы микроводорослей хлорелла и хитозана кормовой добавки / Ю.А. Смятская // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. — 2020. — № 3. — С. 7–19. — DOI: 10.15593/2224-9400/2020.3.01.
2. Azam R. Cultivation of two *Chlorella* species in Open sewage contaminated channel wastewater for biomass and biochemical profiles: Comparative lab-scale approach / R. Azam, R. Kothari, H.M. Singh [et al.] // Journal of Biotechnology. — 2022. — Vol. 344. — P. 24–31. — DOI: 10.1016/j.jbiotec.2021.11.006.
3. Климкина М.Э. Эффективность применения суспензии хлореллы в качестве биостимулятора семян томатов / М.Э. Климкина, А.Н. Кукушева, А.Б. Калиева // Вестник Торайгыров университета. Химико-биологическая серия. — 2023. — № 1. — С. 47–57. — DOI: 10.48081/EQHJ1807.
4. Гадиев Р.Р. Яичная продуктивность гусей родительского стада в зависимости от различной дозировки скармливания суспензии хлореллы / Р.Р. Гадиев, А.Р. Гайфулина, В.И. Косилов [и др.] // Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния. — 2024. — № 4 (9). — С. 280–287. — DOI: 10.52754/16948696_2024_4(9)_35.
5. Ribeiro D.M. Effect of dietary incorporation of *Chlorella vulgaris* and CAZyme supplementation on the hepatic proteome of finishing pigs / D.M. Ribeiro, D. Coelho, H. Osório [et al.] // Journal of Proteomics. — 2022. — Vol. 256. — DOI: 10.1016/j.jprot.2022.104504.
6. Колчина О.Е. Биологическая реабилитация сточных вод при помощи водоросли хлореллы / О.Е. Колчина // Образование и наука в современном мире. Инновации. — 2019. — № 4 (23). — С. 126–134.
7. Торопов А.Ю. Суспензия хлореллы – направленное воздействие на экосистему водоем / А.Ю. Торопов, М.В. Фролова, М.В. Московец // Орошаемое земледелие. — 2020. — № 1. — С. 46–49. — DOI: 10.35809/2618-8279-2020-1-10.
8. Abreu A.P. Emerging Applications of *Chlorella* sp. and *Spirulina* (*Arthrospira*) spp. / A.P. Abreu, R. Martins, J. Nunes // Bioengineering (Basel). — 2023. — Vol. 10. — № 8. — DOI: 10.3390/bioengineering10080955.



9. Ammann E.C. Gas Exchange of Algae. I. Effects of Time, Light Intensity, and Spectral-Energy Distribution on the Photosynthetic Quotient of *Chlorella Pyrenoidosa* / E.C. Ammann, V.H. Lynch // Applied microbiology. — 1965. — Vol. 13. — № 4. — P. 546–551. — DOI: 10.1128/am.13.4.546-551.1965.
10. Mar T. Lifetime of the excited state in vivo. I. Chlorophyll a in algae, at room and at liquid nitrogen temperatures; rate constants of radiationless deactivation and trapping / T. Mar, G. Govindjee, G.S. Singhal [et al.] // Biophysical journal. — 1972. — Vol. 12. — № 7. — P. 797–808. — DOI: 10.1016/S0006-3495(72)86123-X.
11. Al-Hammadi M. New insights into *Chlorella vulgaris* applications / M. Al-Hammadi, M. Güngörmüşler // Biotechnol Bioeng. — 2024. — Vol. 121. — № 5. — P. 1486–1502. — DOI: 10.1002/bit.28666.
12. Bito T. Potential of *Chlorella* as a Dietary Supplement to Promote Human Health / T. Bito, E. Okumura, M. Fujishima [et al.] // Nutrients. — 2020. — Vol. 12. — № 9. — DOI: 10.3390/nu12092524.
13. Kejžar J. Characterization of Algae Dietary Supplements Using Antioxidative Potential, Elemental Composition, and Stable Isotopes Approach / J. Kejžar, M.J. Hudobivnik, M. Nečemer [et al.] // Frontiers in Nutrition. — 2021. — Vol 7. — DOI: 10.3389/fnut.2020.618503.
14. Babich O. Synthesis of polysaccharides by microalgae *Chlorella* sp / O. Babich, S. Ivanova, P. Michaud [et al.] // Bioresour Technol. — 2024. — Vol. 406. — DOI: 10.1016/j.biortech.2024.131043.
15. Dolganyuk V. Study of the Physicochemical and Biological Properties of the Lipid Complex of Marine Microalgae Isolated from the Coastal Areas of the Eastern Water Area of the Baltic Sea / V. Dolganyuk, A. Andreeva, S. Sukhikh [et al.] // Molecules. — 2022. — Vol. 27. — № 18. — DOI: 10.3390/molecules27185871.
16. Гапонов Н.В. Влияние хлореллы на гематологические показатели и биодоступность питательных веществ рациона у макаков-резусов / Н.В. Гапонов, Ал.В. Панченко, Ан.В. Панченко [и др.] // Ветеринария сегодня. — 2021. — Т. 10. — № 4. — С. 349–356. — DOI: 10.29326/2304-196X-2021-10-4-349-356
17. Митишев А.В. Некоторые аспекты фитохимического анализа экстракта хлореллы / А.В. Митишев, Я.П. Моисеев, Е.Е. Курдюков [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2021. — Т. 112. — № 10–1 (112). — С. 149–152. — DOI: 10.23670/IRJ.2021.112.10.025.
18. Скворцова Е.Н. Оценка эффективности применения суспензии хлореллы в лечении пародонтита у пациентов пожилого возраста / Е.Н. Скворцова, Л.А. Зюлькина, А.В. Кузнецова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. — 2023. — № 4 (68). — С. 20–29. — DOI: 10.21685/2072-3032-2023-4-3.
19. Yuan Q. Isolation, structures and biological activities of polysaccharides from *Chlorella*: A review / Q. Yuan, H. Li, Z. Wei [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. — 2020. — Vol. 163. — P. 2199–2209. — DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.09.080.
20. Sanayei M. The effect of *Chlorella vulgaris* on obesity related metabolic disorders: a systematic review of randomized controlled trials / M. Sanayei, P. Kalejahi, M. Mahinkazemi [et al.] // Journal of Complementary and Integrative Medicine. — 2021. — Vol. 19. — № 4. — P. 833–842. — DOI: 10.1515/jcim-2021-0024.
21. Lv K. *Chlorella pyrenoidosa* Polysaccharides as a Prebiotic to Modulate Gut Microbiota: Physicochemical Properties and Fermentation Characteristics In Vitro / K. Lv, Q. Yuan, H. Li [et al.] // Foods. — 2022. — Vol. 11. — № 5. — DOI: 10.3390/foods1105072.
22. Chiu H.F. Beneficial effect of *Chlorella pyrenoidosa* drink on healthy subjects: A randomized, placebo-controlled, double-blind, cross-over clinical trial / H.F. Chiu, H.J. Lee, Y.C. Han [et al.] // Journal of Food Biochemistry. — 2021. — Vol. 45. — № 4. — DOI: 10.1111/jfbc.13665.
23. Zheng X. Application and prospect of microbial food *Chlorella* / X. Zheng, L. Chen, L. Yin [et al.] // Heliyon. — 2024. — Vol. 10. — № 18. — DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e37025.
24. Barghchi H. The effects of *Chlorella vulgaris* on cardiovascular risk factors: A comprehensive review on putative molecular mechanisms / H. Barghchi, Z. Dehnavi, E. Nattagh-Eshstivani [et al.] // Biomedicine & Pharmacotherapy. — 2023. — Vol. 162. — DOI: 10.1016/j.biopha.2023.114624.
25. Zittelli G.C. Valuable pigments from microalgae: phycobiliproteins, primary carotenoids, and fucoxanthin / G.C. Zittelli, R. Lauceri, C. Faraloni [et al.] // Photochemical & Photobiological Sciences. — 2023. — Vol. 22. — № 8. — P. 1733–1789. — DOI: 10.1007/s43630-023-00407-3.
26. Bezerra R.P. Comparative study of structures and functional motifs in lectins from the commercially important photosynthetic microorganisms / R.P. Bezerra, A.S. Conniff, V.N. Uversky // Biochimie. — 2022. — Vol. 201. — P. 63–74. — DOI: 10.1016/j.biochi.2022.07.004.
27. Zhong D. Calcium phosphate engineered photosynthetic microalgae to combat hypoxic-tumor by *in-situ* modulating hypoxia and cascade radio-phototherapy / D. Zhong, W. Li, S. Hua [et al.] // Theranostics. — 2021. — Vol. 11. — № 8. — P. 3580–3594. — DOI: 10.7150/thno.55441.
28. Туманова А.Л. Инновационные методы профилактики и реабилитации эндоэкологического здоровья с использованием пищевого концентрата «живая хлорелла» / А.Л. Туманова // Современные аспекты санаторно-курортного лечения и реабилитации на этапах оказания медицинской помощи детскому и взрослому населению. — 2017. — № 1. — С. 27–30.
29. Zhang R. Anti-Inflammatory and Anti-Aging Evaluation of Pigment-Protein Complex Extracted from *Chlorella Pyrenoidosa* / R. Zhang, J. Chen, X. Mao [et al.] // Marine Drugs. — 2019. — Vol. 17. — № 10. — DOI: 10.3390/md17100586.
30. Frazzini S. Antioxidant and Antimicrobial Activity of Algal and Cyanobacterial Extracts: An In Vitro Study / S. Frazzini, E. Scaglia, M. Dell'Anno [et al.] // Antioxidants (Basel). — 2022. — Vol. 11. — № 5. — DOI: 10.3390/antiox11050992.



31. Liu W.S. A dendritic cell-recruiting, antimicrobial blood clot hydrogel for melanoma recurrence prevention and infected wound management / W.S. Liu, Z.M. Lu, X.H. Pu [et al.] // *Biomaterials*. — 2025. — Vol. 313. — DOI: 10.1016/j.biomaterials.2024.122776.
32. Guehaz K. A sulfated exopolysaccharide derived from *Chlorella* sp. exhibiting in vitro anti- α -D-Glucosidase activity / K. Guehaz, Z. Boual, A. Telli [et al.] // *Arch Microbiol*. — 2024. — Vol. 206. — № 5. — DOI: 10.1007/s00203-024-03940-6.
33. Xiong W. Anti-Diabetic Potential of *Chlorella Pyrenoidosa*-Based Mixture and its Regulation of Gut Microbiota / W. Xiong, J. Chen, J. He [et al.] // *Plant Foods for Human Nutrition*. — 2022. — Vol. 77. — № 2. — P. 292–298. — DOI: 10.1007/s11130-022-00968-1.
34. Mohseni R. Therapeutic effects of *Chlorella vulgaris* on carbon tetrachloride induced liver fibrosis by targeting Hippo signaling pathway and AMPK/FOXO1 axis / R. Mohseni, S.M. Alavian, Z.A. Sadeghabadi [et al.] // *Molecular Biology Reports*. — 2021. — Vol. 48. — № 1. — P. 117–126. — DOI: 10.1007/s11033-020-05978-3.
35. Farag M.R. Benefits of *Chlorella vulgaris* against Cadmium Chloride-Induced Hepatic and Renal Toxicities via Restoring the Cellular Redox Homeostasis and Modulating Nrf2 and NF-KB Pathways in Male Rats / M.R. Farag, M. Alagawany, E.A.A. Mahdy [et al.] // *Biomedicines*. — 2023. — Vol. 11. — № 9. — DOI: 10.3390/biomedicines11092414.
36. Khadrawy S.M. Royal Jelly and *Chlorella vulgaris* Mitigate Gibberellic Acid-Induced Cytogenotoxicity and Hepatotoxicity in Rats via Modulation of the PPAR α /AP-1 Signaling Pathway and Suppression of Oxidative Stress and Inflammation / S.M. Khadrawy, D.S. Mohamed, R.M. Hassan [et al.] // *Foods*. — 2023. — Vol. 12. — № 6. — DOI: 10.3390/foods12061223.
37. Jaafar F. *Chlorella vulgaris* modulates the expression of senescence-associated genes in replicative senescence of human diploid fibroblasts / F. Jaafar, L.W. Durani, S. Makpol // *Molecular Biology Reports*. — 2020. — Vol. 47. — № 1. — P. 369–379. — DOI: 10.1007/s11033-019-05140-8.
38. Wang S.M. Exploring the therapeutic efficacy of *Chlorella pyrenoidosa* peptides in ameliorating Alzheimer's disease / S.M. Wang, J.J. Chuu, C.K. Lee [et al.] // *Heliyon*. — 2023. — Vol. 9. — № 5. — DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e15406.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Smyatskaya Yu.A. Biotekhnologiya sozdaniya iz biomassi mikrovdoroslei khlorella i khitozana kormovoi dobavki [Biotechnology of creating a feed additive from biomass of microalgae chlorella and chitosan] / Yu.A. Smyatskaya // *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Khimicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya* [Bulletin of Perm State Technical University. Chemical Technology and Biotechnology]. — 2020. — № 3. — P. 7–19. — DOI: 10.15593/2224-9400/2020.3.01. [in Russian]
2. Azam R. Cultivation of two *Chlorella* species in Open sewage contaminated channel wastewater for biomass and biochemical profiles: Comparative lab-scale approach / R. Azam, R. Kothari, H.M. Singh [et al.] // *Journal of Biotechnology*. — 2022. — Vol. 344. — P. 24–31. — DOI: 10.1016/j.jbiotec.2021.11.006.
3. Klimkina M.E. Effektivnost primeneniya suspenzii khlorelli v kachestve biostimulyatora semyan tomatov [Efficiency of using a chlorella suspension as a biostimulant for tomato seeds] / M.E. Klimkina, A.N. Kucusheva, A.B. Kalieva // *Vestnik Toraigirov universiteta. Khimiko-biologicheskaya seriya* [Bulletin of Toraigirov University. Chemistry & Biology series]. — 2023. — № 1. — P. 47–57. — DOI: 10.48081/EQHJ1807. [in Russian]
4. Gadiev R.R. Yaichnaya produktivnost gusei roditelskogo stada v zavisimosti ot razlichnoi dozirovki skarmlivaniya suspenzii khlorelli [Egg productivity of geese of the parent flock depending on the different dosage of *Chlorella* suspension feeding] / R.R. Gadiev, A.R. Gaifullina, V.I. Kosilov [et al.] // *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta. Selskoe khozyaistvo: agronomiya, veterinariya i zootekhnika* [Journal of Osh State University. Agriculture: agronomy, veterinary and zootechnics]. — 2024. — № 4 (9). — P. 280–287. — DOI: 10.52754/16948696_2024_4(9)_35. [in Russian]
5. Ribeiro D.M. Effect of dietary incorporation of *Chlorella vulgaris* and CAZyme supplementation on the hepatic proteome of finishing pigs / D.M. Ribeiro, D. Coelho, H. Osório [et al.] // *Journal of Proteomics*. — 2022. — Vol. 256. — DOI: 10.1016/j.jprot.2022.104504.
6. Kolchina O.E. Biologicheskaya reabilitatsiya stochnikh vod pri pomoshchi vodorosli khlorelli [Biological rehabilitation of waste water with the help of *Chlorella* aluminum] / O.E. Kolchina // *Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovatsii* [Education and science in the modern world. Innovation]. — 2019. — № 4 (23). — P. 126–134. [in Russian]
7. Toropov A.Yu. Suspenziya khlorelli – napravlennoe vozdeistvie na ekosistemu vodoem [Chlorella suspension – directed effect on the ecosystem of the reservoir] / A.Yu. Toropov, M.V. Frolova, M.V. Moskovets // *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated agriculture]. — 2020. — № 1. — P. 46–49. — DOI: 10.35809/2618-8279-2020-1-10. [in Russian]
8. Abreu A.P. Emerging Applications of *Chlorella* sp. and *Spirulina* (*Arthrospira*) spp. / A.P. Abreu, R. Martins, J. Nunes // *Bioengineering* (Basel). — 2023. — Vol. 10. — № 8. — DOI: 10.3390/bioengineering10080955.
9. Ammann E.C. Gas Exchange of Algae. I. Effects of Time, Light Intensity, and Spectral-Energy Distribution on the Photosynthetic Quotient of *Chlorella Pyrenoidosa* / E.C. Ammann, V.H. Lynch // *Applied microbiology*. — 1965. — Vol. 13. — № 4. — P. 546–551. — DOI: 10.1128/am.13.4.546-551.1965.
10. Mar T. Lifetime of the excited state in vivo. I. Chlorophyll a in algae, at room and at liquid nitrogen temperatures; rate constants of radiationless deactivation and trapping / T. Mar, G. Govindjee, G.S. Singhal [et al.] // *Biophysical journal*. — 1972. — Vol. 12. — № 7. — P. 797–808. — DOI: 10.1016/S0006-3495(72)86123-X.
11. Al-Hammadi M. New insights into *Chlorella vulgaris* applications / M. Al-Hammadi, M. Güngörmüşler // *Biotechnol Bioeng*. — 2024. — Vol. 121. — № 5. — P. 1486–1502. — DOI: 10.1002/bit.28666.
12. Bito T. Potential of *Chlorella* as a Dietary Supplement to Promote Human Health / T. Bito, E. Okumura, M. Fujishima [et al.] // *Nutrients*. — 2020. — Vol. 12. — № 9. — DOI: 10.3390/nu12092524.



13. Kejzar J. Characterization of Algae Dietary Supplements Using Antioxidative Potential, Elemental Composition, and Stable Isotopes Approach / J. Kejzar, M.J. Hudobivnik, M. Nečemer [et al.] // *Frontiers in Nutrition*. — 2021. — Vol 7. — DOI: 10.3389/fnut.2020.618503.
14. Babich O. Synthesis of polysaccharides by microalgae *Chlorella* sp / O. Babich, S. Ivanova, P. Michaud [et al.] // *Bioresour Technol*. — 2024. — Vol. 406. — DOI: 10.1016/j.biortech.2024.131043.
15. Dolganyuk V. Study of the Physicochemical and Biological Properties of the Lipid Complex of Marine Microalgae Isolated from the Coastal Areas of the Eastern Water Area of the Baltic Sea / V. Dolganyuk, A. Andreeva, S. Sukhikh [et al.] // *Molecules*. — 2022. — Vol. 27. — № 18. — DOI: 10.3390/molecules27185871.
16. Gaponov N.V. Vliyanie khlorelli na gematologicheskie pokazateli i biodostupnost pitatelnykh veshchestv ratsiona u makakov-rezusov [Effect of Chlorella on hematological parameters and nutrient bioavailability in the diet of rhesus monkeys (*Macaca mulatta*)] / N.V. Gaponov, A.I.V. Panchenko, A.N.V. Panchenko [et al.] // *Veterinariya segodnya* [Veterinary Science Today]. — 2021. — T. 10. — № 4. — P. 349–356. — DOI: 10.29326/2304-196X-2021-10-4-349-356 [in Russian]
17. Mitishev A.V. Nekotore aspekti fitokhimicheskogo analiza ekstrakta khlorelli [Some aspects of phytochemical analysis of Chlorella extract] / A.V. Mitishev, Ya.P. Moiseev, Ye.E. Kurdyukov [et al.] // *Mezhdunarodnii nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Research Journal]. — 2021. — T. 112. — № 10–1 (112). — P. 149–152. — DOI: 10.23670/IRJ.2021.112.10.025. [in Russian]
18. Skvortsova E.N. Otsenka effektivnosti primeneniya suspenzii khlorelli v lechenii parodontita u patsientov pozhilogo vozrasta [Evaluation of the effectiveness of chlorella suspension in the treatment of periodontitis in elderly patient] / E.N. Skvortsova, L.A. Zylkina, A.V. Kuznetsova [et al.] // *Izvestiya visshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Meditsinskie nauki* [University proceedings. Volga region. Medical sciences]. — 2023. — № 4 (68). — P. 20–29. — DOI: 10.21685/2072-3032-2023-4-3. [in Russian]
19. Yuan Q. Isolation, structures and biological activities of polysaccharides from *Chlorella*: A review / Q. Yuan, H. Li, Z. Wei [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. — 2020. — Vol. 163. — P. 2199–2209. — DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.09.080.
20. Sanayei M. The effect of *Chlorella vulgaris* on obesity related metabolic disorders: a systematic review of randomized controlled trials / M. Sanayei, P. Kalejahi, M. Mahinkazemi [et al.] // *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. — 2021. — Vol. 19. — № 4. — P. 833–842. — DOI: 10.1515/jcim-2021-0024.
21. Lv K. *Chlorella pyrenoidosa* Polysaccharides as a Prebiotic to Modulate Gut Microbiota: Physicochemical Properties and Fermentation Characteristics In Vitro / K. Lv, Q. Yuan, H. Li [et al.] // *Foods*. — 2022. — Vol. 11. — № 5. — DOI: 10.3390/foods1105072.
22. Chiu H.F. Beneficial effect of *Chlorella pyrenoidosa* drink on healthy subjects: A randomized, placebo-controlled, double-blind, cross-over clinical trial / H.F. Chiu, H.J. Lee, Y.C. Han [et al.] // *Journal of Food Biochemistry*. — 2021. — Vol. 45. — № 4. — DOI: 10.1111/jfbc.13665.
23. Zheng X. Application and prospect of microbial food *Chlorella* / X. Zheng, L. Chen, L. Yin [et al.] // *Heliyon*. — 2024. — Vol. 10. — № 18. — DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e37025.
24. Barghchi H. The effects of *Chlorella vulgaris* on cardiovascular risk factors: A comprehensive review on putative molecular mechanisms / H. Barghchi, Z. Dehnavi, E. Nattagh-Eshtivani [et al.] // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. — 2023. — Vol. 162. — DOI: 10.1016/j.biopha.2023.114624.
25. Zittelli G.C. Valuable pigments from microalgae: phycobiliproteins, primary carotenoids, and fucoxanthin / G.C. Zittelli, R. Lauceri, C. Faraloni [et al.] // *Photochemical & Photobiological Sciences*. — 2023. — Vol. 22. — № 8. — P. 1733–1789. — DOI: 10.1007/s43630-023-00407-3.
26. Bezerra R.P. Comparative study of structures and functional motifs in lectins from the commercially important photosynthetic microorganisms / R.P. Bezerra, A.S. Conniff, V.N. Uversky // *Biochimie*. — 2022. — Vol. 201. — P. 63–74. — DOI: 10.1016/j.biochi.2022.07.004.
27. Zhong D. Calcium phosphate engineered photosynthetic microalgae to combat hypoxic-tumor by *in-situ* modulating hypoxia and cascade radio-phototherapy / D. Zhong, W. Li, S. Hua [et al.] // *Theranostics*. — 2021. — Vol. 11. — № 8. — P. 3580–3594. — DOI: 10.7150/thno.55441.
28. Tumanova A.L. Innovatsionnye metody profilaktiki i reabilitatsii endoekologicheskogo zdorovya s ispolzovaniem pishchevogo kontsentrata "zhivaya khlorella" [Innovative methods of prevention and rehabilitation of endoecological health using food concentrate "living chlorella"] / A.L. Tumanova // *Sovremennye aspekti sanatorno-kurortnogo lecheniya i reabilitatsii na etapakh okazaniya meditsinskoi pomoshchi detskomu i vzrosloму naseleniyu* [Modern aspects of sanatorium-resort treatment and rehabilitation at the stages of providing medical care to children and adults]. — 2017. — № 1. — P. 27–30. [in Russian]
29. Zhang R. Anti-Inflammatory and Anti-Aging Evaluation of Pigment-Protein Complex Extracted from *Chlorella Pyrenoidosa* / R. Zhang, J. Chen, X. Mao [et al.] // *Marine Drugs*. — 2019. — Vol. 17. — № 10. — DOI: 10.3390/md17100586.
30. Frazzini S. Antioxidant and Antimicrobial Activity of Algal and Cyanobacterial Extracts: An In Vitro Study / S. Frazzini, E. Scaglia, M. Dell'Anno [et al.] // *Antioxidants* (Basel). — 2022. — Vol. 11. — № 5. — DOI: 10.3390/antiox11050992.
31. Liu W.S. A dendritic cell-recruiting, antimicrobial blood clot hydrogel for melanoma recurrence prevention and infected wound management / W.S. Liu, Z.M. Lu, X.H. Pu [et al.] // *Biomaterials*. — 2025. — Vol. 313. — DOI: 10.1016/j.biomaterials.2024.122776.
32. Guehaz K. A sulfated exopolysaccharide derived from *Chlorella* sp. exhibiting in vitro anti- α -D-Glucosidase activity / K. Guehaz, Z. Boual, A. Telli [et al.] // *Arch Microbiol*. — 2024. — Vol. 206. — № 5. — DOI: 10.1007/s00203-024-03940-6.



33. Xiong W. Anti-Diabetic Potential of *Chlorella Pyrenoidosa*-Based Mixture and its Regulation of Gut Microbiota / W. Xiong, J. Chen, J. He [et al.] // Plant Foods for Human Nutrition. — 2022. — Vol. 77. — № 2. — P. 292–298. — DOI: 10.1007/s11130-022-00968-1.
34. Mohseni R. Therapeutic effects of *Chlorella vulgaris* on carbon tetrachloride induced liver fibrosis by targeting Hippo signaling pathway and AMPK/FOXO1 axis / R. Mohseni, S.M. Alavian, Z.A. Sadeghabadi [et al.] // Molecular Biology Reports. — 2021. — Vol. 48. — № 1. — P. 117–126. — DOI: 10.1007/s11033-020-05978-3.
35. Farag M.R. Benefits of *Chlorella vulgaris* against Cadmium Chloride-Induced Hepatic and Renal Toxicities via Restoring the Cellular Redox Homeostasis and Modulating Nrf2 and NF-KB Pathways in Male Rats / M.R. Farag, M. Alagawany, E.A.A. Mahdy [et al.] // Biomedicines. — 2023. — Vol. 11. — № 9. — DOI: 10.3390/biomedicines11092414.
36. Khadrawy S.M. Royal Jelly and *Chlorella vulgaris* Mitigate Gibberellic Acid-Induced Cytogenotoxicity and Hepatotoxicity in Rats via Modulation of the PPAR α /AP-1 Signaling Pathway and Suppression of Oxidative Stress and Inflammation / S.M. Khadrawy, D.S. Mohamed, R.M. Hassan [et al.] // Foods. — 2023. — Vol. 12. — № 6. — DOI: 10.3390/foods12061223.
37. Jaafar F. *Chlorella vulgaris* modulates the expression of senescence-associated genes in replicative senescence of human diploid fibroblasts / F. Jaafar, L.W. Durani, S. Makpol // Molecular Biology Reports. — 2020. — Vol. 47. — № 1. — P. 369–379. — DOI: 10.1007/s11033-019-05140-8.
38. Wang S.M. Exploring the therapeutic efficacy of *Chlorella pyrenoidosa* peptides in ameliorating Alzheimer's disease / S.M. Wang, J.J. Chuu, C.K. Lee [et al.] // Heliyon. — 2023. — Vol. 9. — № 5. — DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e15406.