

*Олейникова Д.В., магистрант,
Горбунова В.Ю., д-р биол. наук, проф.,
зав. каф. ЕНО ГАУ ДПО РБ,
ФГБОУ ВО БГПУ им. М.Акуллы
(Уфа, Россия)*

CHLORELLA VULGARIS

Аннотация. Краткое обобщение литературных данных о Хлорелле вульгарис (*Chlorella vulgaris*). Приведены примеры внедрения водоросли в производство. Рассматривается состав, полезные свойства хлореллы, ее функциональное назначение.

Ключевые слова: Хлорелла вульгарис (*Chlorella vulgaris*), водоросли, применение, строение, внедрение, классификация.

Хлорелла – представитель многочисленного семейства микроскопических водных растений из зеленых водорослей [3].

Хлорелла (лат. *Chlorella vulgaris*) – это одноклеточная, зеленая микроводоросль существует на Земле с древнейших времен. Впервые была обнаружена в 1890 году датским микробиологом М. Бейжерником.

В начале прошлого века ее начали культивировать в качестве богатого источника протеина. Позже были выявлены ее многочисленные полезные свойства, а также утверждение применения в качестве здорового питания для космонавтов [23].

Классификация:

Царство – *Plantae*

Отдел – *Chlorophyta*

Класс – *Trebouxiophyceae*

Порядок – *Chlorellales*

Семейство – *Chlorellaceae*

Род – *Chlorella*

Вид – *Chlorella vulgaris* M. Beijerinck [13].

Характеристика вида. Клетки одноклеточной водоросли шаровидные, имеют гладкую оболочку. Достигают размера 2,2-6,7 мкм в диаметре, при образовании автоспор клетки имеют размер – 7,8 мкм.

Виды Хлореллы к условиям обитания нетребовательны, интенсивно размножаются. В клетках образуется по четыре–восемь или шестнадцать автоспор [3].

Единственным способ размножения – бесполое размножение, при котором гаплоидные клетки митотически делится дважды или трижды. Внутри материнской клетки, в ее оболочке, автоспоры покрываются собственными оболочками.

Освобождаются автоспоры после разрыва материнской оболочки. Клетки делятся каждые 12 часов. За год с поверхности воды размером 1 гектар можно собрать до 600 центнеров сухой биомассы [6].

Хлорелла содержит большое количество хлорофилла и комплекс редких питательных веществ, участвует в процессе фотосинтеза, поглощает углекислый газ, насыщает воздух кислородом [5].

Строение клетки. У *Chlorella vulgaris* сложное строение клеточной стенки. Прочная клеточная стенка содержит три уровня, которые защищают клеточное ядро от влияния патогенов. Самая крупная часть оболочки, состоит из целлюлозы и расположена посередине. Наружная оболочка представляет собой полимерный каротиноид, способный собирать и удалять токсические элементы из организма [6]. *Chlorella vulgaris* существует уже более чем 2 миллиарда лет, с докембрийского периода, это возможно из-за наличия уникальной клеточной структуры [24].

Цитоплазма представляет собой гелеобразное вещество в ее состав входят: вода, растворимые белки, минералы. Она содержит внутренние органеллы: митохондрии, небольшое ядро, вакуоли, один хлоропласт и аппарат Гольджи.

Хлоропласты обладают травянисто-зеленой окраской. Имеют оболочку из двух мембран, состоящих из фосфолипидов. Хлоропластная эндоплазматическая сеть отсутствует. Ламеллы состоят из двух-шести или множества сближенных тилакоидов, которые образуют граны, периферические тилакоиды отсутствуют, генофоры рассеянные. Пиреноид, пронизанный тилакоидами, погружен в строму хлоропласта. Запасным полисахаридом является крахмал, он откладывается внутри хлоропласта вокруг пиреноида и в строме. Глазок находится внутри хлоропласта и не связан со жгутиковым аппаратом [6].

В водоросли много белка и других важных питательных элементов, в сухом виде она содержит около 45% белка, 20% жира, 20% углеводов, 5% клетчатки и 10% минералов и витаминов. Хлорофилл имеет антисептические и регенерирующие свойства. Кроме бета-каротина и витамина Е микроскопическая водоросль содержит витамины группы В, витамин С, многие минералы, включая цинк, кальций, медь, железо, магний и германий. Также, в ее состав входят: медь, кобальт, марганец, железо, молибден, цинк, йод и другие микроэлементы [8].

Белок содержащийся в хлорелле имеет питательную ценность, которая в два раза превышает ценность соевого белка (Мельников С.С., 1991). Также он превосходит растительные кормовые белки – в нем содержатся более 40 аминокислот, в том числе все

незаменимые – гамма-аминомасляная и глютаминовая кислоты, аланин, аспарагиновая кислота, цистин, глицин, тирозин, серин, пролин, β -аланин [20].

Объект для образовательных целей. Благодаря способности хлореллы к быстрому росту и неприхотливости к условиям культивирования, ее используют для постановки экспериментов в образовательных учреждениях. В условиях школы возможно провести опыт по определению всхожести семян растений при их обработке суспензией хлореллы по следующей методике.

В приготовленные чашки Петри, предварительно простерилизованные в духовом шкафу, равномерно выкладывали по 25 семян между слоем фильтровальной бумаги. В две чашки Петри добавляли по 10 мл суспензии водорослей концентрации 2×10^6 кл/мл среды, в 2 чашки по 10 мл суспензии – 1×10^6 кл/мл среды, в 2 чашки по 10 мл среды Болда, которая служила контрольным образцом.

Проращивание проводилось в комнатных условиях при естественном свете в течении 20 дней. На 10 день опыта установили энергию прорастания семян, а по истечению 20 дней подсчитывали количество проросших семян.

Всхожесть семян определяли по формуле:

$$A = v/B \times 100\%,$$

где A – всхожесть, энергия прорастания семян,

B – общее количество семян, взятых для проращивания,

v – количество проросших семян.

Опыт — один из сложных и трудоемких методов обучения, с использованием хлореллы возможно проектирование различных доступных и наглядных опытов.

Распространение. *Chlorella* имеет широкое распространение, она встречается: в пресной и морской воде, коре деревьев, влажном грунте [3].

Применение. Из множества видов водорослей, используемых для культивирования, представители рода *Chlorella* занимают ведущее положение, из них чаще других используется вид *Chlorella vulgaris*, богатый состав биологически активных веществ, высокая их концентрация и простая технология получения больших количеств биомассы – все это делает хлореллу прекрасным объектом для исследований [Error! Reference source not found.].

Отто Варбург – прославленный физиолог и биохимик, живший в Берлине, удостоенный Нобелевской премии по физиологии и медицине в 1931 году за исследования в области клеточного дыхания, изучал фотосинтез на хлорелле. Он

установил, что быстрорастущие зеленые водоросли, такие, как *Chlorella*, являются идеальными экспериментальными объектами в биохимических и физиологических исследованиях [10].

Хлорелла может служить потенциальным источником пищи и энергии, ее эффективность фотосинтеза может достигать 8%, что превышает эффективность других культур, таких как сахарный тростник [26].

Использование хлореллы в различных областях деятельности человека обширно: в сельском хозяйстве в качестве стимулятора роста растений, в пищевой промышленности, в медицине и косметологии, для очистки сточных вод и реабилитации водоёмов, производства кислорода, производства биотоплива [10].

Хлореллу применяют в качестве полезной пищевой добавки в Японии и ряде других странах. Ее производят в различных видах – экстракт, порошок, таблетки. Медицинские препараты, которые содержат хлореллу, повышают иммунитет. Хлореллу часто используют в хлебопекарном производстве, применение хлореллы способствует улучшению работы дрожжей [23].

Микроводоросль используется и в научных целях. Так в биотехнологии она используется для получения таких ценных веществ как белок, витамины и т.д. [19].

Внедрение. В будущем роль хлореллы многократно возрастет, ведь нельзя отрицать широкий спектр полезных свойств этой микроводоросли. Уже сегодня, в сети магазинов «Фармленд» реализуются пищевые биодобавки на основе хлореллы – *Chlorella* (Broken Cell-Wall) 100 капсул (Solgar). В инструкции к товару указано, что в 1 капсуле *Chlorella* (Broken Cell-Wall) содержится 520 мг высушенной микроводоросли *Chlorella* с разрушенными стенками для лучшего усвоения. Биодобавка на основе хлореллы собирает, обезвреживает, выводит яды из крови, печени, лимфы, тем самым продлевая жизнь здоровых клеток, улучшая иммунитет и препятствуя появлению опасных заболеваний.

Производители ссылаются на отзывы, врачей, которые свидетельствуют о пользе применения биодобавки при нарушении обмена веществ, диабете, сердечно-сосудистой, почечной, печеночной недостаточности, а также при заболеваниях легких и для предотвращения раннего старения организма [4].

Хлорелла активно используется в качестве стимулятора роста растений во всем мире, также и в России. Способность зеленых водорослей улучшать физиологическую активность и развитие растений дает перспективы использования их на практике. На рынке российских производителей биостимулятор роста представлен компанией «ГЕРА». Стимулятор роста «Гера Хлорелла» – суспензия, повышающая плодородие почв,

улучшающая всхожесть семян, активизирующая развитие и рост культур, укрепляющая иммунитет растений.

При посеве сельскохозяйственных культур важно, чтобы всхожесть и энергия прорастания были максимально высокими. Эти характеристики зависят от целого ряда факторов и обусловлены видовыми особенностями растений. Суспензия хлореллы существенно увеличивает всхожесть и энергию прорастания семян [13].

На сайте производителя указаны следующие характеристики состава биостимулятора: «в суспензии содержится 650 полезных веществ (витамины, аминокислоты, фитогормоны, макро- и микроэлементы). Натуральный комплекс не оказывает негативного воздействия на здоровье человека, животных [22].

Сегодня органическое производство является актуальной конкурентно способной отраслью сельского хозяйства. Известно, что токсичные вещества поступают в организм, около 70% этих веществ поступает с пищей, 20% из воздуха, 10% с водой. Поэтому важной задачей является производство безопасной сельскохозяйственной продукции. Одно из основных условий производства экологически чистой продукции это минимальное использование минеральных удобрений и химических средств защиты растений, а также экологическая чистота почвы [2].

В животноводстве также применяют Хлореллу в виде кормовых добавок. В последние годы вырос интерес к применению добавок, в состав которых включены биологически активные вещества. Они используются для профилактики и лечения различных заболеваний, повышения поедаемости кормов, регуляции обмена веществ, повышения продуктивности животных.

Следующий российский производитель ООО НПК "ДЕЛО" разрабатывает и внедряет в животноводство инновационные биотехнологии хлореллы. Выпаивание телят кормовой добавкой на основе хлореллы лечит пневмонию, авитаминозы, болезни ног, уже в течении 2-3 недель становятся заметными улучшения качества шерсти, с первой недели повышается аппетит, общий тонус организма и подвижность. Снижается вероятность заболеваний у животных. ООО НПК «ДЕЛО» работает с Институтом Физиологии Растений РАН им. К.А. Тимирязева, НИИ Альгобиотехнологии и другими научными учреждениями страны [12].

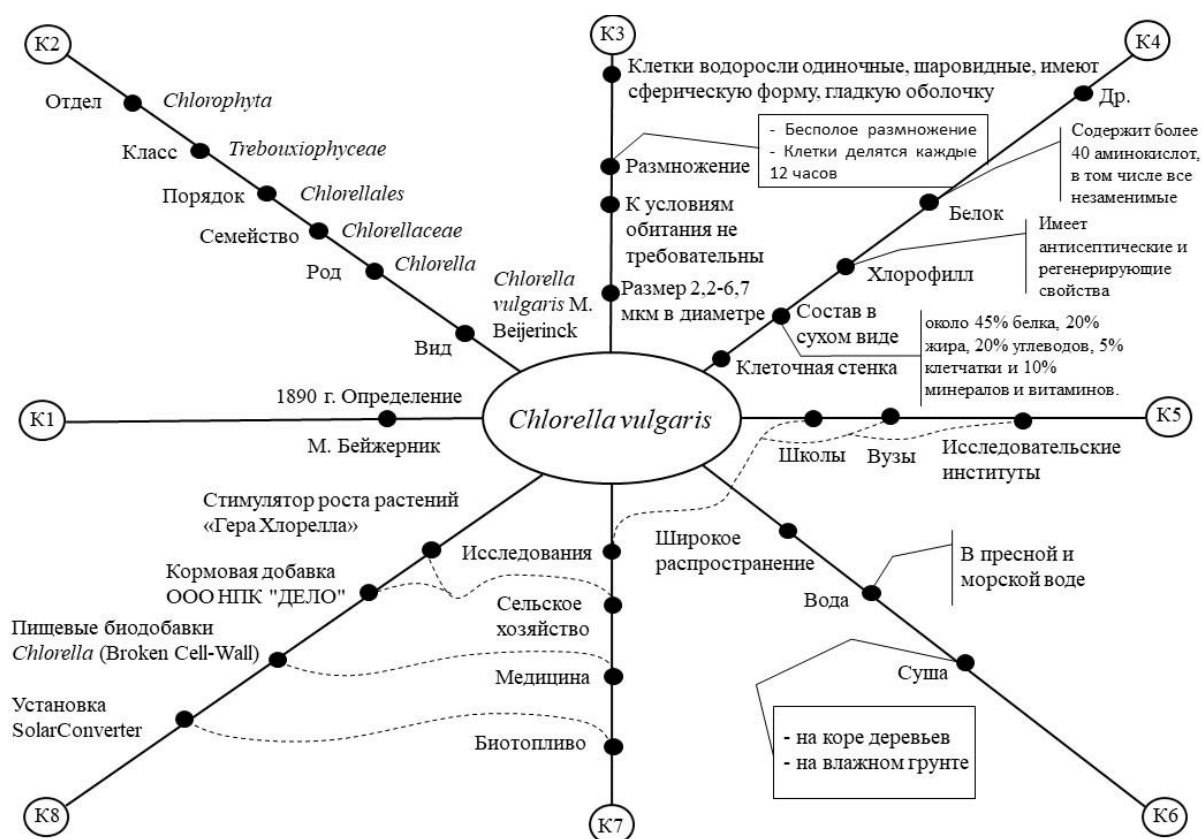
Хлорелла имеет перспективы применения и в качестве биотоплива. Биодизель (biodiesel) – это один из видов биологического топлива, который производят на основе растительных или животных масел (жиров), а также продуктов производства сложных эфиров из кислот. Наиболее перспективным источником сырья являются водоросли.

Процесс роста водорослей имеет положительный эффект для человечества: во время роста потребляется углекислый газ, избавляя планету от парникового эффекта, и насыщают атмосферу кислородом.

В разных странах существуют свои способы получения топлива на основе водорослей [7].

Разновидностью производства дизельного горючего из водорослей разработан в США. Установка SolarConverter внешне напоминает солнечную батарею; между панелями помещается водный раствор, в котором находятся водоросли. Для этого не требуются большие посевные площади и сельскохозяйственные поля. Во втором варианте микроорганизмы располагаются в установке, состоящей из большого количества стеклянных труб. Для быстрого роста необходим свет, углекислый газ, корм и поддержание нужной температуры. Корм представляет собой особый состав химических веществ и микроэлементов. Для того чтобы снабдить водоросли теплом и углекислым газом, используется дизель-генератор, работающий на том же биодизеле. Продукт с биореактора снимается каждые десять часов. Из урожая, получается растительный жир, из которого и изготавливается биодизель. Биодизель может использоваться в простых двигателях внутреннего сгорания без изменения их конструкции [15].

Таким образом водоросль Хлорелла является перспективным объектом для исследований с целью применения и использования в различных областях деятельности (см. рисунок).



Логико-смысловая модель *Chlorella vulgaris*: K1– Хлорелла; K2 – Классификация; K3 – Характеристика вида; K4 – Строение клетки; K5 – Объект для образовательных целей; K6 – Распространение; K7 – Применение; K8 – Внедрение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулагатов И.М., Алхасов А.Б., Догеев Г.Д., Тумалаев Н.Р., Алиев Р.М. Бадавов Г.Б., Алиев А.М., Салихова А.С. Микроводоросли и их технологические применения в энергетике и защите окружающей среды / И.М. Абдулагатов, А.Б. Алхасов, Г.Д. Догеев, Н.Р. Тумалаев, Р.М. Алиев, Г.Б. Бадавов, А.М. Алиев, А.С. Салихова // Юг России: экология, развитие. – 2018. – №1.
2. Александрова О.А. Экологически чистая сельскохозяйственная продукция: вопросы производства, государственной поддержки, стандартизации [Электронный ресурс] / О.А. Александрова // Никоновские чтения 10 мая 2020. – Режим доступа: <https://clck.ru/Qk3NM>
3. Андреева В.М. Род *Chlorella*. Морфология, систематика, принципы классификации / В.М. Андреева // Л.:Наука, 1975.-110 с.
4. Аптечная сеть «Фармлэнд» [Электронный ресурс] 10 мая 2020. – Режим доступа: <https://farmlend.ru/product/285270>
5. Арутюнян Н.П. Культивирование одноклеточных зеленых водорослей / Н.П. Арутюнян // Ереван: Изд-во АН Армянской ССР. – 1966. – 81 с.
6. Аунжарова Н.Б. Морфологическая и систематическая характеристика хлореллы. Ее производство и применение / Н. Б. Аунжарова // Научный вестник. – 2014. – №1.
7. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: сегодня – реальность, завтра – необходимость / П.П. Безруких // М.: Лесная страна. – 2009. – 120 с.
8. Богданов Н.И. Культивирование хлореллы и её продуктивность в Таджикистане / Н.И. Богданов // Доклады АН ТаджССР. – 1986. – XXIX т. – № 6. – С. 370-371.

9. Вассер С.П. Водоросли. Справочник / С. П. Вассер // Киев. – 1989.
10. Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Кабиров Р.Р., Современные методы выделения и культивирования водорослей [Электронный ресурс] / А.Л. Гайсина., А.И. Фазлутдинова., Р.Р. Кабиров // 15 мая 2020. – Режим доступа: <https://clck.ru/Qk3av>
11. Кругликова Л. Л., Савинова Д. М. Влияние фотометрических характеристик источника излучения на эффективность выращивания микроводоросли *Chlorella vulgaris* / Л.Л. Кругликова., Д.М. Савинова // Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина. – 2014.
12. Куницын М. В. Живой журнал [Электронный ресурс] 20 мая 2020 – Режим доступа: <http://www.хлорелла.рф/>
13. Мельников С.С. Хлорелла: физиологически активные вещества и их использование / С.С. Мельников, Е.Е. Мананкина. – Минск: Наука і тэхніка, 1991. – 79 с.
14. Початкова Т.А. Биотопливо из водорослей. Инновации технических решений в машиностроении и транспорте [Электронный ресурс] / Т. А. Початкова // Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 15 мая 2020. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34865925>
15. ТОВ Хлорелла Украина [Электронный ресурс] 12 мая 2020. – Режим доступа: <https://clck.ru/Qk4AH>
16. Третьяков, Е. А. Применение суспензии хлореллы в питании ремонтных телок [Электронный ресурс] / Е. А. Третьяков, М. В. Механикова, Т. С. Кулакова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 6.5 (110.5). – С. 102-105. 12 мая 2020. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/110/27466/>
17. Туманова А.Л. Применение пищевого концентрата «Живая хлорелла»: методические рекомендации / А.Л. Туманова// – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 32 с.
18. Хайбуллина Л.С., Суханова Н.В., Кабиров Р.Р. Флора и синтаксономия почвенных водорослей и цианобактерий урбанизированных территорий / С.Л. Хайбуллина, Н.В. Суханова, Р.Р. Кабиров // Уфа: АН РБ, Гилем, 2011. 216 с.
19. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей / П.М. Царенко // Украинской ССР. АН УССР. Ин-т ботаники им. Н.Г. Холодного. Под ред. Паламарь-Мордвинцевой Г.М. Киев. 1990.
20. Becker E. Micro-algae as a source of protein. Biotechnology Advances. 2008 – [Электронный ресурс] 20 мая 2020. – Режим доступа: <https://clck.ru/Qk4Pn>
21. Fukuda H., Kondo A., Noda H. Biodiesel fuel production by transesterification of oils // J. Biosci. Bioeng. 2001. Vol. 92. P. 405-16.
22. leroymmerlin [Электронный ресурс] 13 июня 2020 – Режим доступа: <https://clck.ru/Qk4UF>
23. Liang S., Liu, X., Chen F., & Chen Z. (2004). Current microalgal health food R & D activities in China. Asian Pacific Phycology in the 21st Century: Prospects and Challenges. pp. 45–48. [Электронный ресурс] 5 августа 18. – Режим доступа: <https://clck.ru/Qk4Yd>
24. Safi C., Zebib B., Merah O., Pontalier P.Y., & Vaca-Garcia, C. (2014). "Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review". Renewable and Sustainable Energy Reviews. 35: 265–278.
25. uBio [Электронный ресурс] 16 августа 2020. – Режим доступа: <https://clck.ru/Qk4aB>
26. Zelitch I. (1971). Photosynthesis, Photorespiration and Plant Productivity. Academic Press. p. 275