

УДК 582.26:504.455

*О. Н. Климчик, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры мониторинга окружающей природной среды Житомирского национального агроэкологического университета*

*В. В. Лабеев, инженер отделения коммунальной гигиены Евпаторийской городской санэпидемстанции*

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ (CYANOPHYCEAE)

*Рассмотрено экологическое значение сине-зеленых водорослей как автотрофных организмов, обогащающих атмосферу кислородом, и как первого звена в пищевой цепи водоемов. Рассмотрены отрицательные последствия активного развития сине-зеленых водорослей для экосистем водоемов. Отмечено значение сине-зеленых водорослей в практической деятельности человека.*

*Ключевые слова: сине-зеленые водоросли, прокариоты, цианобактерии, цветение водоемов, биоудобрение, биологически активные добавки*

**Актуальность проблемы в общем виде.** Экологическая роль сине-зелёных водорослей многогранна. Так, они способствуют созданию плодородия почв; осуществляют азотфиксацию. Принимая участие в процессе фотосинтеза, они высвобождают растворенный кислород. Особое значение для большинства водоёмов имеет видовой состав водорослей, которые определяют уровень их биологической продуктивности, поскольку водоросли вместе с более крупными растениями составляют первое звено пищевой цепи водоемов.

Повсеместное распространение сине-зелёных водорослей в природе и массовое развитие в разных местообитаниях определяет их большую, неуклонно возрастающую роль в практической деятельности человека. Существуют съедобные водоросли – источники белков, жиров, углеводов, а также водоросли, идущие на изготовление лекарственных и биологически активных веществ и т. д. Вместе с тем, отрицательное значение водорослей связано с цветением воды. Встречаются также и токсические водоросли.

**Изложение основного материала.** В особую группу сине-зеленых водорослей выделяются цианобактерии (Cyanobacteria) или цианопрокариоты – одноклеточные, нитчатые и колониальные микроорганизмы. Являясь значительной составляющей океанического планктона, цианобактерии стоят в начале значительной части пищевых цепей и производят большую часть кислорода (вклад точно не определен: наиболее вероятные оценки колеблются от 20 % до 40 %) [1, 2, 5]. Они отличаются выдающейся способностью адаптировать состав фотосинтетических пигментов к спектральному составу света, так что их цвет варьирует от светло-зелёного до тёмно-синего. Кроме того, уникальное экологическое положение цианобактерий обусловлено наличием двух трудносочетаемых способностей: к фото-синтетической продукции кислорода и фиксации атмосферного азота (у 2/3 изученных видов). Азотфиксацию осуществляют около 250 штаммов эубактерий, половину из которых составляют разные виды цианобактерий [5].

Единственный организм, способный одновременно проводить и фиксацию азота, и фотосинтез – это цианобактерия *Anabaena*. Фотосинтез происходит в большинстве клеток на свету, и цианобактерия может использовать источники азота, растворенные в окружающей среде. Однако, если азота не хватает, она переходит к фиксации азота. В результате, днем нитчатая цианобактерия занимается фотосинтезом, а ночью – фиксацией азота. У одноклеточных цианобактерий пик фотосинтетической активности наблюдается в светлое, а пик нитрогеназной активности – в тёмное время суток [1, 2].

Следует отметить, что некоторые виды цианобактерий токсичны (наиболее изучен токсин микроцистин, продуцируемый *Microcystis*, и условно-патогенны (например, *Anabaena*). Летом, развиваясь в планктоне пресных водоемов, сине-зеленые водоросли делают воду непригодной для питья. Иногда их массовое развитие служит причиной так называемого замора рыбы. Многие формы сине-зеленых водорослей (*Oscillatoria*, *Lyngbia*) служат показателями степени загрязненности воды при ее биологическом анализе [3].

Цианобактерии – главные участники цветения воды. Цветение водоёмов – массовое развитие фитопланктона в водоеме, сопровождающееся изменением цветности воды.

Вызывается неблагоприятными изменениями водного режима (застой воды, загрязнение органическими веществами и минеральными удобрениями, засорение и др.), что ухудшает кислородный режим водоема, вызывает заморы рыб и других водных животных. Причем, цианобактерии начинают размножаться интенсивнее, когда в воде, в которой они обитают, растет концентрация питательных веществ, таких как фосфор и азот [2, 3]. Кроме того, современные моющие средства, содержащие фосфаты, попадая со стоками в водоемы, запускают механизм размножения сине-зеленых водорослей. Интенсивное цветение цианобактерий – вовсе не безобидное явление. Дело в том, что сине-зеленые водоросли токсичны как для людей, так и для других животных. Их бурное развитие нарушает всю экосистему озера и может полностью погубить жизнь на определенных участках, которые называют «мертвыми зонами». Причем, в экстремальных внешних условиях (к примеру, при засухе, резком изменении состава воды, повышении интенсивности УФ-облучения) водоросли могут повышать выработку токсинов и их действенность. Изменения климата в современном мире (потепление) также способствуют усиленному распространению водорослей [1, 5].

Вместе с тем, сине-зеленые водоросли имеют определенное хозяйственное значение, что обуславливается их химическим составом: около 60 % аминокислот и протеинов; каротиноиды (бета-каротин в них в 25 раз больше, чем в моркови); витамин В<sub>12</sub> (в 6 раз больше, чем в сырой говяжьей печени); витамин Е (в 3 раза больше, чем в зародышах пшеницы), витамины группы В, аскорбиновая кислота; макро- и микроэлементы: кальций, магний, медь, железо (в 50 раз больше, чем в шпинате), цинк, селен, и др.; липиды водорослей составляют 8,5 % сухого веса [1, 4].

Некоторые виды с высоким содержанием протеинов (например, *Spirulina maxima*) используются в пищу населением Южной Америки, Африки, Китая и Японии. Спирулина (*Spirulina*) – это многоклеточная, спиральная, нитчатая микроводоросль. Она содержит большое количество питательных веществ, причём все ингредиенты сбалансированы в ней в оптимальных соотношениях. Спирулина богата белком (протеином), доля которого составляет от 50 % до 70 %. Белка в спирулине в 3 раза больше, чем в свинине, в 2 раза больше, чем в говядине и рыбе, а каротин – в несколько раз больше, чем в моркови. Спирулина содержит почти полный комплект важнейших витаминов – А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, С, Д, Е и др. Один грамм спирулины по питательности равнозначен одному килограмму овощей [1, 4].

Серия лабораторных экспериментов на грызунах показала, что регулярное употребление биологически активных добавок к пище, в состав которых входит данное растение, помогает предотвратить развитие нарушений умственной деятельности и двигательной активности, эффективно справиться с преждевременным появлением признаков старения. Такое действие водорослей объясняется тем, что они обладают противовоспалительным действием, содержат большое количество антиоксидантов и практически все известные витамины и микроэлементы [4]. Азотфиксирующие виды используются для повышения плодородия почв на рисовых полях (Китай, Япония). В определенных условиях массовое развитие синезеленых водорослей способствует образованию лечебных грязей. Рассматривается возможное применение цианобактерий в создании замкнутых циклов жизнеобеспечения, а также как массовой кормовой или пищевой добавки [4]. Кроме того, цианобактерии служат важнейшими модельными объектами исследований в биологии. В вопросе поиска альтернативных видов энергии весьма перспективным является использование сине-зеленых водорослей. Зловонные и уродливые водоросли несложно преобразовать в биоудобрения и биотопливо. Во время цветения водоемов сине-зеленые водоросли спонтанно частично превращаются в биогаз – метан. Если собрать водоросли в июле-августе и поместить их в закрытый резервуар, под воздействием солнечных лучей к осени будет происходить выделение газа. Процесс можно ускорить, установив ветряки для перемешивания водорослей и подогрева. И даже когда наступит зима, а водоросли не успеют отдать весь газ, то весной переработка завершится. В это время удобно собрать остатки и использовать их в качестве прекрасного биоудобрения, которое имеет 63-процентную долю органики, содержит микро-элементы: кальций и кремний, и повышенное содержание фосфора и калия [1]. Несмотря на то, что выход газа небольшой – только 15 % массы водорослей – это идеальное экологическое биотопливо, качественный энергетический продукт, калорийный и без вредных примесей. Содержание метана в нем – 85 %. Среди самых популярных источников биотоплива – рапс, но его, в отличие от сине-зеленых водорослей, надо выращивать.

**Выводы.** Роль и значение сине-зеленых водорослей (Cyanophyceae) в общем развитии биосферы двояко. С одной стороны оно весьма значительно: в историческом плане они представляют собой первый этап в развитии всего зелёного ствола растительного мира, а в общем круговороте веществ в природе играют огромную роль как первичное звено всех пищевых связей в водной среде и гигантский поставщик кислорода в атмосферу. С другой стороны, отрицательное значение сине-зеленых водорослей связано с цветением воды, что приводит к токсикации водных экосистем и их гибели.

Вместе с тем, повсеместное распространение водорослей в природе и массовое развитие в разных местообитаниях, а также их химический состав определяет неуклонно возрастающую роль сине-зеленых водорослей в практической деятельности человека, многие из которых используются для изготовления лекарственных и биологически активных веществ. Некоторые виды употребляются в пищу и являются источниками белков, жиров, углеводов.

Продукт процесса гниения и разложения сине-зеленых водорослей является биогазом – альтернативным, экологически чистым источником энергии. Остатки сине-зеленых водорослей – качественное биоудобрение.

#### Список использованных источников

1. Альгология: учеб. пособие для вузов по спец. ботаника. – М.: Высш. шк., 1991. – 256 с.
2. Водоросли. Справочник. – К.: Наукова Думка, Вассер С.П., 1989. – 608 с.
3. Горюнова С.В., Демина Н.С. Водоросли – продуценты токсических веществ / С.В. Горюнова, Н.С. Демина – М.: Наука, 1974. – 256 с.
4. Гурин И.С., Ажгихин И.С. Биологически активные вещества гидробионтов – источник новых лекарств и препаратов / И.С. Гурин, И.С. Ажгихин – М.: Наука, 1981. – 131 с.
5. Жизнь растений / под ред. Фёдорова А.А. – Т. 3. Водоросли и лишайники. – М.: Просвещение, 1977. – 487 с.

**Анотація.** Розглянуто екологічне значення синьо-зелених водоростей як автотрофних організмів, що збагачують атмосферу киснем, і як першої ланки в харчовому ланцюзі водоймищ. Розглянуті негативні наслідки активного розвитку синьо-зелених водоростей для екосистем водоймищ. Відзначено значення синьо-зелених водоростей в практичній діяльності людини.

**Ключові слова:** синьо-зелені водорості, прокаріоти, ціанобактерії, цвітіння водоймищ, біодобриво, біологічно активні добавки.

**Summary.** The ecological value of dark blue-green water-plants is considered as autotrophic organisms enriching an atmosphere by oxygen, and as the first link in the food chain of reservoirs is considered. The negative consequences of active development of dark blue-green water-plants for ecosystems of reservoirs are considered. The value of dark blue-green water-plants in practical activity of man is marked.

**Keywords:** dark blue-green water-plants, prokaryote, cyanobacterium, flowering of reservoirs, biofertilizer, biologically active additions.