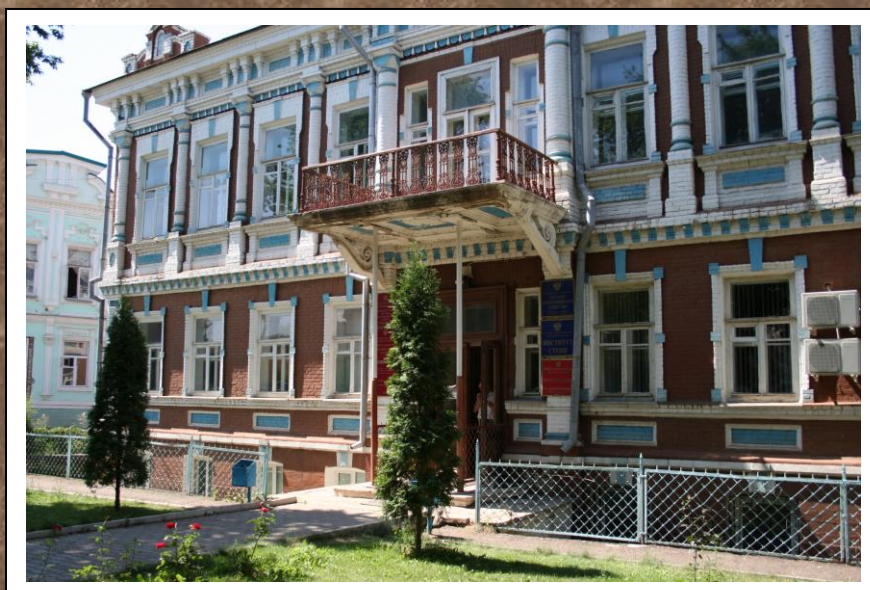


ISSN 2304-9081

Учредители:
Уральское отделение РАН
Оренбургский научный центр УрО РАН

Бюллетень
Оренбургского научного центра
УрО РАН
(электронный журнал)



2012 * № 2

On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>

© Н.В. Немцева, 2012

УДК 574.58

Н.В. Немцева

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ СИМБИОТИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРИРОДНЫХ ГИДРОБИОЦЕНОЗАХ

Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Оренбург, Россия

Представлен прикладной аспект изучения природных сообществ гидробионтов. Показано, что симбиотические взаимоотношения микроорганизмов могут быть использованы в качестве информативного компонента при оценке качества вод. Оригинальные микробиологические методы, разработанные в ходе выполнения исследований, включены в систему оценки экологического состояния водных объектов. Приведены примеры практического использования природных биоценозов в качестве источников ценных для биотехнологии микроорганизмов. Представленные материалы открывают новые возможности и перспективы исследований экологических аспектов жизнедеятельности водных биоценозов.

Ключевые слова: природные биоценозы, гидробионты, микроорганизмы, водоросли, простейшие, бактерии, симбиоз.

N. V. Nemtseva

APPLIED ASPECTS OF THE SYMBIOTIC RELATIONSHIP BETWEEN THE MICROORGANISMS LIVING IN NATURAL HYDROBIOCENOSSES

Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis UrB RAS, Orenburg, Russia

The study presents applied aspects of the relationship inside the natural aquatic communities. It was shown that the symbiotic relationship of the microorganisms may be used as an informative component in assessing of water quality. There some original microbiological methods, including a system for the evaluation of the ecological status of water reservoirs, were developed. There are also the examples of the practical use of natural biocenoses as a source of valuable microorganisms for biotechnology needs. Our data provide new opportunities and prospects for research into the environmental aspects of the aquatic biocenoses life.

Keywords: natural water biocenosis, hidrobionts, algae, protozoa, bacteria, symbiosis.

Гидробиоценозы, распространенные на значительной части нашей планеты, представляют собой многокомпонентные открытые системы. Их структура разнообразна и динамично меняется в зависимости от многих факторов абиотической и биотической природы.

В структуре гидробиоценозов встречаются как эндо-, так и эктосимбионты, относящиеся к одноклеточным водорослям, бактериям или археям. Симби-

онты обеспечивают хозяину возможность процветания в специфической окружающей среде, способствуют адаптации к условиям окружения, изменяя среду непосредственно вокруг организма-хозяина [7].

Эндосимбионты, широкий спектр которых был описан в ряде работ, распространены среди амёб, инфузорий, динофлагелят и др. [8, 12, 13, 15, 16].

Ряд ассоциаций стабильны и основаны не только на обмене жизненно важными продуктами [14], но и связаны с изменениями в геноме хозяина, ставящими последнего в зависимость от симбионта [10].

Примером эктобиоза являются альгобактериальные ассоциации. Водорослевые клетки образуют фикосферу, где поселяются бактериальные симбионты. Показано, что бактериальные партнеры могут усиливать скорость роста, урожайность водоросли, а также удлинять сроки хранения культуры [5, 9, 11].

Известные факты о ведущей роли водорослей и простейших в организации ассоциаций в пресных и соленых местообитаниях, матах, обрастаниях, биопленках позволили утверждать, что в микробном сообществе гидробионтов имеет место феномен ассоциативного симбиоза, особенности которого рассмотрены в монографии О.В. Бухарина с соавт. [2]. Используя терминологию ассоциативного симбиоза, в гидробиоценозах в качестве хозяина чаще всего выступают протисты или водоросли, вступающие в различного рода взаимодействия, как с постоянными, так и временными партнерами.

На примере устойчивого комплекса автотрофных микроорганизмов обоснован и применен симбиотический подход к оценке структурной организации фитопланктонного сообщества водоемов [3]. Установлено, что функционирование связей этой трехвекторной симбиотической системы определяется наличием основного партнера или «хозяина» (Chlorophyta), стабильных доминантных микропартнеров (обычно – Euglenophyta, Dinophyta, Bacillariophyta), и сопутствующих ассоциативных микросимбионтов (обычно – Cyanophyta, Xanthophyta). Схема структурно-функциональной организации водорослевого сообщества с позиций ассоциативного симбиоза представлена на рис. 1.

Анализ альгоценозов 9 разнотипных пойменных озер позволил на фоне универсальности структуры сообщества выявить особенности группировок взаимозаменяемых симбионтов, определяемых их зависимостью от экологического состояния водоемов. Так, в эвтрофных водоемах повышалась значимость представителей отдела Cyanophyta, тогда как в мезотрофных – Xanthophyta [3].

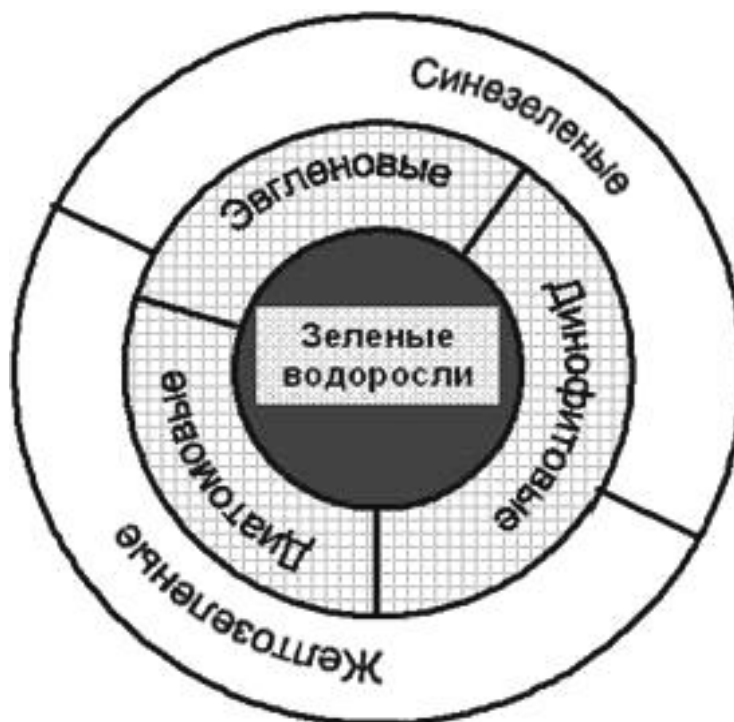


Рис. 1. Ассоциативно-симбионтные взаимоотношения в фитопланктонном сообществе.

■ - хозяин; ▣ - доминантный партнер; □ - ассоциативный партнер

Для расшифровки закономерностей функционирования симбиотических ассоциаций в природных водоемах необходим поиск новых модельных систем.

Проведенные в этом направлении исследования привели к разработке алгоритма, позволяющего определять структурированность фитопланктонного сообщества, сформированного по типу ассоциативного симбиоза, который включал: 1) анализ количественно-качественных связей симбионтов; 2) корреляционный анализ массива данных и поочередное удаление сочленов сообщества; 3) определение «цепочки замен». Состоятельность данного алгоритма была проверена на фитопланктонных сообществах 8 водоемов озерного типа, находящихся в пойме р. Урал, по морфометрическим и гидрохимическим показателям сходных с оз. Кресты, где были получены аналогичные результаты, что продемонстрировало его универсальность для оценки структурированности дистантно взаимодействующих популяций микроорганизмов [6].

Одной из важных проблем экологии является управление микробиоценозом при микроэкологических нарушениях. Такое явление хорошо известно и

наблюдается в периоды «цветения» водоемов, то есть массового развития сине-зеленых водорослей (цианопрокариот), приводящего к ухудшению качества вод. Практиками предлагаются биотехнологии, основанные на конкуренции цианобактерий и водорослей за места обитания в водоеме [1]. Показано, что обогащение водоемов зеленой водорослью хлореллой в весенний период предотвращает последующее развитие цианей. С позиций представленных нами данных, демонстрирующих ведущее влияние зеленых водорослей в качестве хозяина ассоциативного симбиоза водорослевого сообщества, можно объяснить результаты Н.И. Богданова [1], который подошел эмпирически к решению проблемы цветения водоемов путем усиления зеленых водорослей для восстановления структуры водорослевого сообщества. Указанный факт открывает перспективы для широкого использования симбиотического подхода в экологической практике.

Экологическая обусловленность реакции компонентов ассоциативного симбиоза нашла практическое применение в оценке уровня трофности водоемов озерного типа. С учетом особенностей симбиотической структуры фитопланктонного сообщества отобраны абиотические и биотические параметры, информативные для определения уровня трофности водоемов, что позволило предложить алгоритм определения границ уровня трофности и разработать метод дифференцировки мезотрофного и эвтрофного состояния пресных непроточных водоемов [4]. Обоснован алгоритм определения границ уровня трофности и поиска информативных параметров, являющийся «методическим ключом» для построения математических моделей, пригодных для диагностики уровня трофности водоемов других физико-географических территорий. Апробация разработанного нового метода экологического состояния лентических водоемов Степного Приуралья показала простоту его практического применения, возможность ускоренного получения достоверных результатов, что послужило основанием для использования разработанного метода в системе мониторинга экологического состояния водоемов озерного типа, результаты которого служат предпосылкой для принятия своевременных природоохранных мер.

Кроме того из природных биоценозов выделены биотехнологически перспективные штаммы одноклеточных зеленых водорослей *Dunaliella salina* Teod. и *Asteromonas gracilis* Artari. Штамм *D. salina*, обладающие антиоксидантной

активностью, депонированные в Коллекции одноклеточных водорослей (IPRAS) Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН (рис. 2, 3).

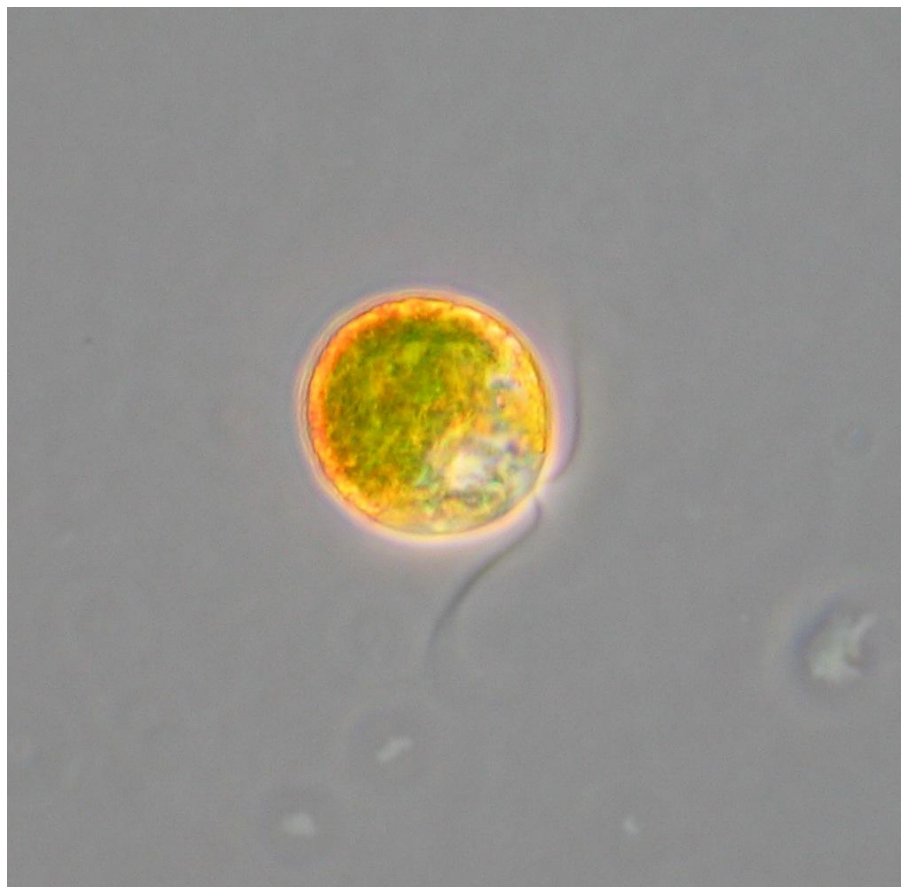


Рис. 2. *Dunaliella salina* Теод. Ув. x1000, фазовый контраст.



Рис. 3. *Asteromonas gracilis* Artari. Ув. x1000, фазовый контраст.

Таким образом, в прикладном аспекте сообщества гидробионтов могут быть использованы в качестве информативного компонента биоты для оценки качества вод поверхностных водоемов. Разработанные в ходе выполнения исследований оригинальные микробиологические методы, созданные на основе анализа симбиотических связей гидробионтов, включены в систему оценки экологического состояния водных объектов. С другой стороны, природные биоценозы могут служить источниками перспективных для биотехнологии микроорганизмов – продуцентов ценных биологически активных веществ. В частности, выделены новые штаммы микроводорослей *D. salina* и *A. gracilis*, обладающие антиоксидантными свойствами. Полученные знания открывают новые возможности и перспективы исследований экологических аспектов жизнедеятельности водных биоценозов.

(Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа» (проект № 12-П-4-1039) и гранта УрО РАН № 12-И-4-2034).

Литература.

1. Богданов Н.И. Биологическая реабилитация водоемов. Пенза: РИО ПГСХА, 2008. 126 с.
2. Бухарин О.В., Лобакова Е.С., Немцева Н.В., С.В. Черкасов Ассоциативный симбиоз, Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 264 с
3. Бухарин О.В., Немцева Н.В., Яценко-Степанова Т.Н. Оценка взаимоотношений симбионтов фитопланктонного сообщества. Экология. 2010.1: 17-21.
4. Немцева Н.В., Яценко-Степанова Т.Н., Бухарин О.В. Определение уровня трофии водоемов озерного типа // Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунобиол., 2008. 4.:101-103.
5. Николаев Ю.А., Плакунов В.К., Воронина Н.А., Немцева Н.В., Плотников А.О., Гоголева О.А., Муравьева М.Е. (Игнатенко М.Е.), Овечкина Г.В. Влияние бактерий-спутников на рост *Chlamydomonas reinhardtii* в альго-бактериальном сообществе. Микробиология, 2008. 77 (1): 89-95.
6. Яценко-Стапанова Т.Н., Немцева Н.В., Бухарин О.В. Структурно-функциональная характеристика водорослевого сообщества и ее использование для определения экологического состояния пойменных водоемов// Проблемы региональной экологии, 2011. 5: 81-86
7. Gast R.J., Sanders R. W., Caron D. A. Ecological strategies of protists and their symbiotic relationships with prokaryotic microbes. Trends in Microbiology, 2009. 17 (12):563-569.
8. Horn M., Wagner M. Bacterial endosymbionts of free-living amoebae. J. Eukaryot. Microbiol., 2004. 51: 509–515.
9. Imase M., Watanabe K., Aoyagi H., Tanaka H. Construction of an artificial symbiotic community using a *Chlorella* symbiont association as a model. FEMS Microbiol. Ecol., 2008. 63: 273–282.
10. Jeon K.W. Symbiogenesis of bacteria within amoebae // Enigmatic Microorganisms and Life in Extreme Environments / by Seckbach. J. Ed. Kluwer Academic Publishers, 1999: 587-598.

11. Ogbonna J.C., Yoshizawa H., Tanaka H. Treatment of high strength organic wastewater by a mixed culture of photosynthetic microorganisms. *J. Appl. Phycol.*, 2000. 12:277–284.
12. Pagnier I. et al. Isolation and identification of amoeba-resisting bacteria from water in human environment by using an *Acanthamoeba polyphaga* co-culture procedure. *Environ. Microbiol.*, 2008. 10: 1135–1144.
13. Schweikert M. and Meyer B. Characterization of intracellular bacteria in the freshwater dinoflagellate *Peridinium cinctum* // *Protoplasma*, 2001. 217: 177–184.
14. Thomas V., McDonnell G., Denyer S. P., Maillard J.-Y. Free-living amoebae and their intracellular pathogenic microorganisms: risks for water quality. *FEMS Microbiol. Rev.*, 2010. 34: 231–259.
15. Vannini C., Ferrantini F., Schleifer K.-H., Ludwig W., Verni F., Petroni G. "Candidatus *Anadelfobacter veles*" and "Candidatus *Cyrtobacter comes*," Two New Rickettsiales Species Hosted by the Protist Ciliate *Euplotes harpa* (Ciliophora, Spirotrichea) // *Applied and Environmental Microbiology*, 2010, 76 (12): 4047-4054.
16. Vannini C., Lucchesi S., Rosati G. Polynucleobacter: symbiotic bacteria in ciliates compensate for a genetic disorder in glycogenolysis. *Symbiosis*, 2007. 44: 85–91.

Поступила 27.06.2012

(Контактная информация: Немцева Наталия Вячеславовна – д.м.н., профессор, заведующая лабораторией водной микробиологии Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН; адрес: 460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11, тел/факс (3532) 77-54-17; E-mail: nemtsevanv@rambler.ru)