

УДК 582.263

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПРОДУКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И СОДЕРЖАНИЯ МАКРОМОЛЕКУЛ В КЛЕТКАХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ПЕРИОД РОСТА

А.Г. Недосекин, Г.А. Даллакян

(кафедра гидробиологии; e-mail: N-biolog@yandex.ru; honaris@bk.ru)

Установлена вариабельность величин первичной продукции и деструкции в процессе развития экспериментальной популяции *Scenedesmus quadricauda*. Накопление в клетках водорослей белков, суммарных липидов и углеводов связано с фазами развития популяции.

Ключевые слова: микроводоросли, первичная продукция, макромолекулы, хлорофилл.

В числе экологических изменений, указывающих на колебания качества воды, важное место занимает изменение степени продуктивности гидробионтов. Первичная продукция и деструкция, являясь признанными показателями состояния водоема, обладают достаточно быстрой реакцией на то или иное изменение условий водной среды [1]. Показатели первичной продукции и деструкции предлагалось использовать не только для оценки качества вод по аналогии с методом сапробности в системе биоиндикации [2–4], но также и для оценки токсического воздействия на водные экосистемы [4, 5]. Для того чтобы подобная схема могла эффективно работать, необходимы дополнительные исследования в этом направлении, которые прояснили бы картину естественной (фоновой) изменчивости продукционных показателей экспериментальной популяции и способствовали правильной интерпретации результатов при проведении гидробиологического обследования природных водоемов. Все это наиболее отчетливо может быть выявлено в опытах на альгологически чистых культурах.

В настоящей работе нами предпринята попытка сопоставить динамику накопления основных энергетических веществ в клетках первичных продуцентов и продукционно-деструкционных характеристик (показателей качества воды).

Материалы и методы

В опытах использовали аксеничные культуры зеленых микроводорослей *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Kütz. из коллекции кафедры микробиологии МГУ имени М.В. Ломоносова. Их культивирование проводили стандартными методами, учет клеток — прямым счетом.

Первичную продукцию рассчитывали по кислороду, содержание которого в темных и светлых склянках после экспозиции в течение 3 ч определяли с использованием платиново-серебряного мембранного электрода закрытого типа [6].

Количественное определение суммарных липидов проводили по модифицированной методике Блайя—Дайера [7]; углеводов — при добавлении в анализируемый раствор L-триптофана [8]; белков — методом Лоури после разрушения клеток жидким азотом [9]; хлорофиллов (a, b) — колориметрическим методом.

Результаты

Сопоставление первичной продукции и деструкции (в единицах кислорода), а также динамики их изменения на фоне изменений степени сапробности вод демонстрирует определенную зависимость между этими показателями [1, 10]. Но их использование до настоящего времени ограничено в силу методических трудностей и недостаточной изученности связи этих величин с динамикой накопления основных энергетических веществ в клетках первичных продуцентов.

Наши эксперименты на примере классического объекта — *Sc. quadricauda* — позволили выявить большие временные вариации этих величин (рис. 1).

Отношение первичной продукции (П) к деструкции (Д) по мере развития культуры водорослей из-

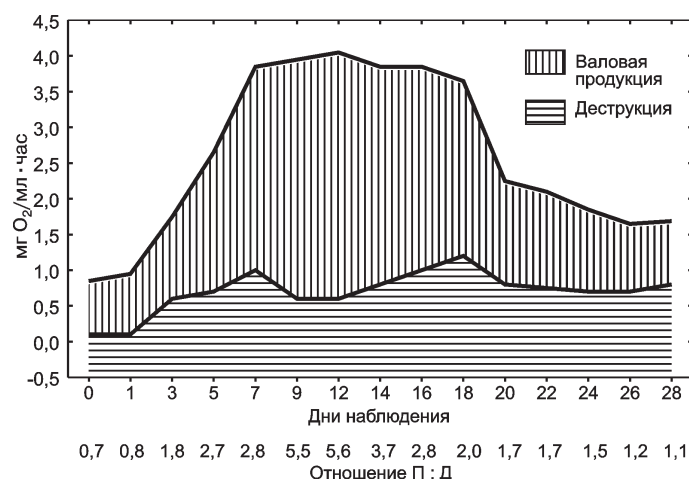


Рис. 1. Изменчивость первичной продукции и деструкции экспериментальной популяции *Sc. quadricauda*

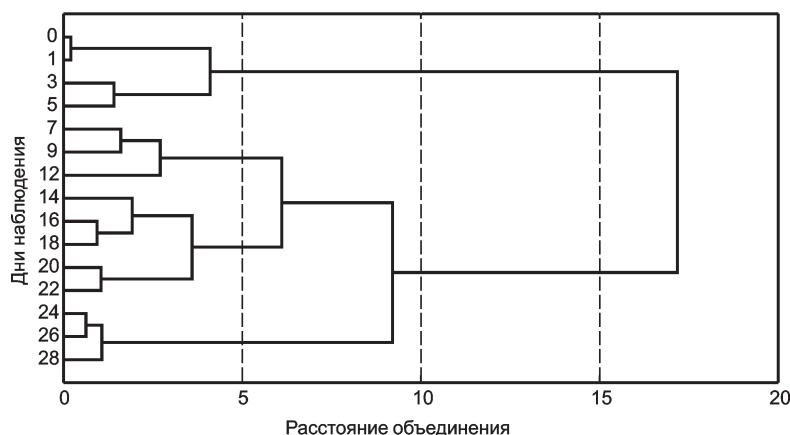


Рис. 2. Группировка наблюдений (данные стандартизованы)

менялось в широких пределах (коэффициент вариации $CV = 64,5\%$), при этом активность продуцирования по мере старения культуры водорослей несколько снижалась, а процессы деструкции усиливались.

Общий характер изменений в экспериментальной системе выявляется на основании анализа выходных параметров: численность клеток водорослей, концентрация хлорофилла *a* и *b*, валовая продукция, деструкция, содержание суммарных липидов, белков и углеводов в тканях водорослей. Результаты объединения (рис. 2) мы рассматриваем как указание на определенную фазность развития популяции.

В эксперименте численность клеток водорослей последовательно увеличивалась от 0,3–0,35 млн/мл в начале опытов до 9,6–10 млн/мл к концу 4-й недели культивирования. При этом происходило подщелачивание среды (от pH 6,6 до 9,1). Концентрация хлорофилла *a* и *b* изменялась в разном темпе. Это указывает на изменение физиологической активности клеток. В свою очередь изменение физиологической активности водорослей — первичных продуцентов сказывалось на динамике накопления в их клетках основных энергетических веществ, которые являются значительной частью создаваемого ими органического материала.

На рис. 3 дается схематическая картина внутриклеточных перестроек, наблюдаемых по мере формирования экспериментальной популяции.

Из сопоставления данных можно заключить, что в первую фазу роста (1–7 сут после посева), когда физиологически активные клетки (по показателю % живых) составляли наибольшую часть водорослей, в клетках происходил преимущественно синтез белков, тогда как содержание углеводов падало. Наоборот, во вторую фазу роста (8–18-е сут), когда структура популяции прошла первый период формирования, в клетках

происходило преимущественное накопление углеводов и некоторое снижение содержания белков. Содержание липидов в клетках падает в течение обеих фаз роста, а тенденция к восстановлению первоначального уровня липидов происходит в еще более позднее время “старения” культуры. Характеризуя изменение “качественного” состава клеток во времени, можно выделить 3 последовательных этапа, которые мы рассматриваем как переход популяции микроводорослей из одного стационарного состояния в другое. На каждом этапе развития изучаемой популяции роль отдельных органических составляющих ее биомассы меняется. Кроме того, проведенные эксперименты однозначно указывают на разнокачественность состава популяции в разные периоды ее развития.

При рассмотрении спектральных плоскостей 1, 2 и 3 (рис. 4), видно, что в указанные стационарные состояния изменяется характер соотношения процессов продукции и деструкции.

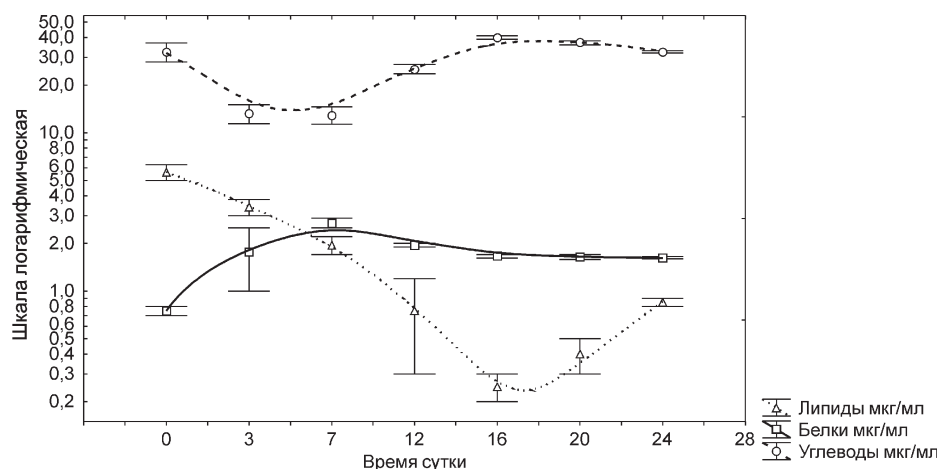


Рис. 3. Картина внутриклеточных перестроек *Sc. quadricauda*. Данные приведены в пересчете на 1 млн клеток водорослей

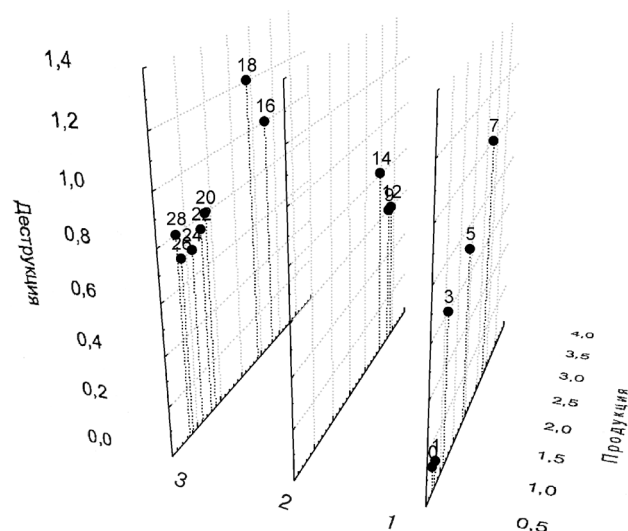


Рис. 4. Характер соотношения продукции и деструкции при различных уровнях численности водорослей

В первый период изменение продукционно-деструкционных характеристик происходит в более широком диапазоне и стремительно. В это время водоросли проходят период первичной адаптации и наиболее чувствительны к различным воздействиям. По-видимому, этот период предпочтителен для проведения биотестов.

Таким образом, проведенные нами исследования показали непосредственную связь процессов синтеза вновь образуемого органического вещества в ходе фотосинтеза (первичная продукция) и его распада в ходе

внутриклеточной окислительной деструкции с функциональным состоянием первичных продуцентов.

Рассмотренные нами показатели — численность клеток водорослей, содержание в них хлорофиллов (*a*, *b*), белков, липидов, углеводов, содержание кислорода в темных и светлых продукционных склянках — являются взаимодополняющими. Использование какого-либо из них по отдельности не обосновано. При проведении тестовых испытаний необходимо учитывать их связь с фазами развития экспериментальных популяций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хромов В.М. Растительные сообщества в мониторинге пресных вод — источников водоснабжения: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2004. 4 с.
2. Knöpp H. Über Situation und Entwicklungstendenzen des sapro biologie // Int. Rev. ges. Hydrobiol. 1952. Vol. 47. P. 85—99.
3. Odum H.T. Primary production in flowing waters // Limnol. Oceanogr. 1956. N 1. P. 102—117.
4. Состояние и проблемы продукционной гидробиологии // Сб. науч. работ по мат-лам докл. на Междунар. конф. “Водная экология на заре XXI века”, посвященной 100-летию со дня рождения проф. Г.Г. Винберга. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 329 с.
5. Брагинский Л.П., Величко И.М., Щербань Э.П. Пресноводный планктон в токсической среде. Киев: Наукова думка, 1987. 180 с.
6. Коваленко Е.А., Березовский В.А., Энштейн И.М. Полярнографическое определение кислорода в организме. М.: Медицина, 1975. 231 с.
7. Кеймс М. Техника липидологии. М.: МИР, 1975. 322 с.
8. Joseffson B., Uppzöm V., Ostling G. Automatic spectrophotometric procedures for the determination of the total amount of dissolved carbohydrates in Sea Water // Deep-Sea research. 1972. Vol. 19. C. 385—395.
9. Lowry O.H., Rosebrough N.S., Forr A.L., Randall R.S. Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193. P. 265—275.
10. Семин В.А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды М.: Высшая школа, 2001. 320 с.

Поступила в редакцию
24.05.11

VARIABILITY IN CHARACTERISTICS OF PRODUCTION AND MACROMOLECULES CONTENT WITHIN MICROALGAE CELLS DURING GROWTH PERIOD

A.G. Nedosekin, G.A. Dallakyan

Variability in primary production and destruction during growth of experimental population of *Scenedesmus quadricauda* has been determined. Accumulation of proteins, total lipids and carbohydrates in algae cells is dependant on phases of algae population lifecycle.

Key words: *microalgae, primary production, macromolecules, chlorophyll.*

Сведения об авторах

Недосекин Андрей Георгиевич — канд. биол. наук, доц., ст. науч. сотр. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-433-37-83; +7-915-450-10-23; e-mail: N-biolog@yandex.ru

Даллакян Генарис Арменакович — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-388-56-41; +7-916-676-18-99; e-mail: honaris@bk.ru