

4. Хуторной С.А. Рыбы прибрежных акваторий г. Одессы / С.А. Хуторной / Иссл. многообразия животного мира. Научн. тр. зоол. музея Одесского гос. Университета. – Одесса: Астропринт, 1998. – Т. 3. – С. 42–45.
5. Хуторной С.А. Опыт создания экспериментальных искусственных нерестилищ в водоемах северо-западного причерноморья / Хуторной С.А., Юрченко Ю.Ю. / Экологичні проблеми Чорного моря. – Одеса: ОЦНТЕП, 2004. – С. 524–525.

С.А. Хуторний

Одеська філія Інституту біології південних морів НАН України

РОЗМНОЖЕННЯ ЧОТИРЬОХ МАСОВИХ ВИДІВ БИЧКІВ В АНТРОПОГЕННО ЗМІНЕНИХ БІОТОПАХ БЛЯ БЕРЕГІВ ОДЕСИ

В роботі розглядаються особливості нересту 4 масових видів бичків: кругляка, рижика, ратана, та бичка-мезогобіуса жабоголового в антропогенно змінених біотопах пляжних акваторій у берегів м. Одеси. Наведено дані щодо плодючості та кількості ікри в охоронюваних гніздах. Зроблено висновки щодо дефіциту нерестового субстрату в період масового нересту.

Ключові слова: розмноження, бички, біототи, Одеса

S.A. Khutornoy

Odesa Branch A.O. Kovalevsky Institute of Biology of Southern Seas NAS of Ukraine

REPRODUCTION OF FOUR MASS TYPES OF BULL-CALVES IN ANTHROPOGENIC CHANGED BIOTOPS AT BANKS ODESA

The spawning peculiarities of 4 mass species of goby: round goby, ginger goby, ratan goby and knout goby in the Odessa beach water area biotopes, that experienced anthropogenic changes, were studied in the work. The data about fertility and eggs quantity in the protected nests are obtained. Also the conclusions about deficiency of spawning substrate in mass spawning period are mad

Key words: reproduction, bull-calves, biotops, Odesa

УДК 581.526.325(262.5)

В.Д. ЧМЫР, М.И. СЕНИЧЕВА

Институт биологии южных морей НАН Украины
пр-т Нахимова 2, Севастополь 99011

ОТНОШЕНИЕ УГЛЕРОД/ХЛОРОФИЛЛ *a* КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ВОЗРАСТА ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ФИТОПЛАНКТОНА

По результатам регулярных измерений основных структурных параметров фитопланктона приустьевой зоны Севастопольской бухты: численности, размерного состава и биомассы основных её компонентов, содержания в них углерода и хлорофилла *a*, проводится анализ взаимосвязи между некоторыми структурными параметрами, а также между ними и условиями окружающей среды.

*Ключевые слова: биомасса фитопланктона, хлорофилл *a*, возраст популяций*

Содержание хлорофилла (Хл) в планктоне изначально рассматривалось как важнейший показатель биомассы фитопланктона [1]. Желая уточнить оценку биомассы по хлорофиллу, впервые показана [6, 7] аллометрическая зависимость содержания Хл *a* в клетках различных видов, культивируемых в сходных условиях, от их объёма и массы, выраженной в углероде (С), а впоследствии предложен метод определения отношения С/Хл *a* в эксперименте [12]. Накопленный в научной литературе материал по культивированию различных микроводорослей в разных условиях освещения, температуры и минерального питания, получил исчерпывающее обобщение в виде уравнений, позволяющих рассчитывать ожидаемые значения отношения С/Хл *a* для конкретных сообществ фитопланктона в данных условиях [11]. Следует, однако, отметить существенное отличие популяций, функционирующих в составе природных сообществ, от популяций отдельных видов, культивируемых на искусственных средах. Как правило, культуры водорослей поддерживаются в фазе логарифмического роста и все исследования на культурах, следовательно, можно отнести к начальной фазе развития популяций. Популяции же в составе природных сообществ проходят все стадии развития: от фазы логарифмического роста в начале до периода стагнации и отмирания.

Наличие в составе природных популяций значительного количества отмирающих и мёртвых клеток было показано при использовании люминесцентного микроскопирования, в том числе автором настоящего сообщения [2, 3]. При обычном микроскопировании можно отличить только пустые створки крупных клеток, а отмирающие и мёртвые клетки учитываются в общей массе наряду с живыми. Так как содержание $Xl a$ в этих клетках будет низким, или равным нулю, а содержание C принимается равным таковому в живых клетках, при этом следует ожидать получения завышенных значений отношения $C/Xl a$. Следовательно, при исследовании отношения $C/Xl a$ природных сообществ фитопланктона определяющим может оказаться возраст популяций массовых видов на момент измерения, а не только обычно учитываемое воздействие абиогенных факторов [5]. Поэтому была поставлена задача проанализировать колебания отношения $C/Xl a$ сообществ фитопланктона приустьевой зоны Севастопольской бухты и возможные воздействия на него комплекса факторов, учитывая также и предполагаемый возраст популяции, относительным показателем которого можно рассматривать величину биомассы [8, 9].

Материал и методы исследований

Материал собран в порядке проводимого отделом марикультуры и прикладной океанографии мониторинга приустьевой зоны Севастопольской бухты на нескольких прибрежных станциях, расположенных внутри и вне бухты, в её фарватере и мористее, в километре от бухты. В течение 2008 г. ежемесячно выполняли 2–3 съёмки, в том числе одну комплексную с определением концентрации биогенных элементов и других параметров среды. На каждой съёмке с поверхности моря отбирали пробы для определения фитопланктона, а на комплексной съёмке также и для определения концентрации $Xl a$. В общем для анализа использованы 73 параллельных определения биомассы фитопланктона и хлорофилла в пробах, 42 из которых собраны в 2008 г. и 31 проба – в 2006–2007 гг. [8, 9, 12].

Определение фитопланктона выполнено с использованием обычного микроскопирования, поскольку массовый материал мониторинга исключал возможность детального люминесцентного анализа. Биомассу отдельных видов в углеродном выражении рассчитывали по уравнениям [10]. Более детальное описание методики приведено в наших предыдущих публикациях [8, 9].

Исходя из углеродной биомассы фитопланктона, для 52 проб рассчитывали также концентрацию $Xl a$ по уравнениям, соответствующим стандартным условиям культур, выращиваемых при избытке биогенных элементов и освещённости около 40% от максимальной у поверхности моря [7].

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам обработки проб фитопланктона рассчитывали содержание C и $Xl a$ в клетках водорослей, а затем и в составе биомассы, ожидаемые согласно уравнениям, соответствующим стандартным условиям культур [7, 10]. Ввиду отсутствия более точных данных о содержании C в клетках водорослей в составе естественных популяций, принимаем, что оно соответствует рассчитанному. Что касается $Xl a$, получаем возможность сопоставить интегральные значения рассчитанных его концентраций с измеренными инструментально и соответствующими условиям “in situ”.

В результате непосредственных измерений и расчётов получены параметры природных сообществ фитопланктона на 52 станциях. Минимальные значения биомассы – менее 20 мг С/м^3 – соответствуют, как правило, февралю, когда температура воды опускалась ниже $8\text{--}9^\circ\text{C}$ и даже 7°C при интенсивности света около 4 Е/м^2 в сутки. Максимальные значения получены во время весеннего максимума в апреле (до 477 мг С/м^3) и осеннего максимума в октябре (до $1341\text{--}2392 \text{ мг С/м}^3$). В стандартных условиях культур такой биомассе соответствует концентрация хлорофилла (EChl) от $0,1\text{--}0,2$ в феврале до 15 мг/м^3 в апреле и до $30\text{--}54 \text{ мг/м}^3$ в октябре. В действительности же в естественных сообществах «in situ» концентрация $Xl a$ (Chl) находилась в пределах от $0,4\text{--}1,0 \text{ мг/м}^3$ в феврале до $4\text{--}5 \text{ мг/м}^3$ в октябре.

Соотношение содержания $Xl a$ в стандартных условиях (EChl) и “in situ” (Chl) представлено на графиках их зависимости от содержания углерода (рис. 1). Резкое различие рассчитанных и действительных значений $Xl a$ в области минимальных значений биомассы можно объяснить вероятными потерями клеток в процессе сгущения и, следовательно, заниженными значениями биомассы. При таких же потерях в более богатых пробах они практически не влияют на конечный результат. Однако расхождение значений в противоположном направлении в правой части графика

свидетельствует о падении относительного содержания хлорофилла в составе природных сообществ по мере возрастания их биомассы.

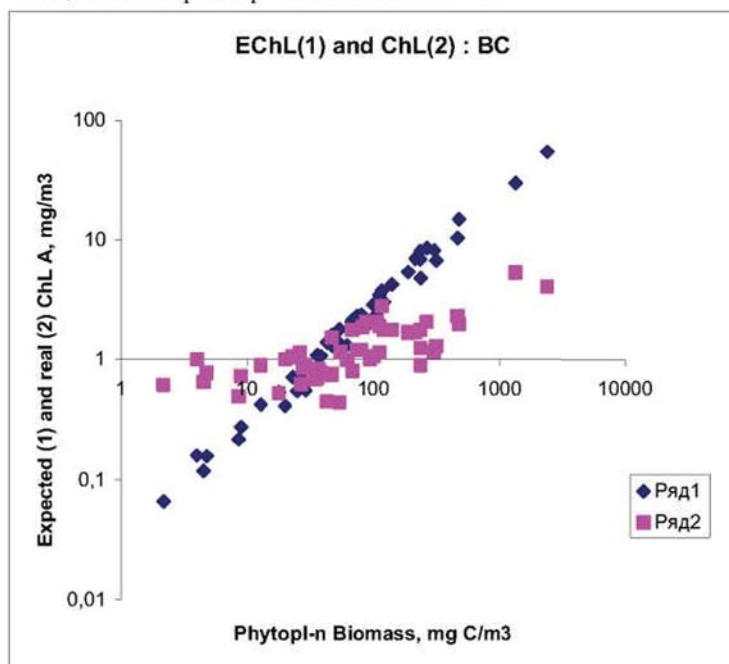


Рис. 1. Зависимость ожидаемой (1) и реальной (2) концентрации хлорофилла *a* от биомассы фитопланктона BC

Это предположение подтверждается при анализе графиков зависимости отношений C/Chl и $C/Echl$ от биомассы (BC), представленных на рисунке 2. В стационарных условиях культур при изменении биомассы в 1000 раз рассчитанные значения $C/Echl$ изменяются всего в два раза – от 25 до 52. Эти изменения соответствуют различиям в размерной структуре сообществ. Поэтому даты $C/Echl$ располагаются на графике горизонтально, т. е. не зависят от биомассы. Значения C/Chl на графике возрастают с увеличением биомассы примерно в 100 раз – от 3,5–7 при минимальных её значениях до 240–584 при максимальных. Ход обеих дат на графике пересекается в области расположения минимальных значений основной группы дат C/Chl , где они также находятся в пределах, близких к 25–52. Минимальные значения отношения, близкие к 30–50 получены в этой акватории в январе–феврале и другими авторами [5]. Следовательно, в данном конкретном случае отношение C/Chl , соответствующее стандартным условиям культур, численно приближается к минимальным значениям этого отношения в природных сообществах в период температурного и светового минимума и близким к 20–30 мг C/mg $Chl a$. Это позволяет откорректировать минимальные заниженные значения биомассы BC, используя рассчитанные по ним значения $BC/Echl$ и измеренные «in situ» концентрации Chl . При такой коррекции для 12 из 52 дат, у которых значение BC/Chl оказалось ниже $BC/Echl$, биомассу фитопланктона пересчитывали по уравнению $BC_{cor} = Chl * BC/Echl$. Откорректированные значения биомассы в дальнейшем были использованы при расчётах корреляционных связей между структурными параметрами сообществ, а также между ними и абиотическими показателями, хотя коррекция и не оказала существенного воздействия на результаты вычислений.

Коэффициенты корреляции рассчитывали между основными структурными параметрами сообществ фитопланктона ($n = 52$): суммарная биомасса (BC), биомасса диатомовых (DC), концентрация хлорофилла *a* (Chl), отношение BC/Chl и отношение DC/BC . Для выяснения воздействия окружающей среды на структуру сообществ рассчитывали коэффициенты корреляции между структурными и следующими абиотическими показателями ($n = 42$): свет, температура, нитраты + нитриты ($NO_3^- + NO_2^-$), аммиак (NH_4^+), фосфаты (PO_4^{3-}), кремний (Si), органический азот (N_{org}) и органический фосфор (P_{org}). Рассчитывали также корреляционные связи и между абиотическими факторами. Коэффициенты корреляции (R^2) были получены при расчёте линейной регрессии каждого из 13 показателей от каждого из остальных 12. Всего получено 78 коэффициентов корреляции.

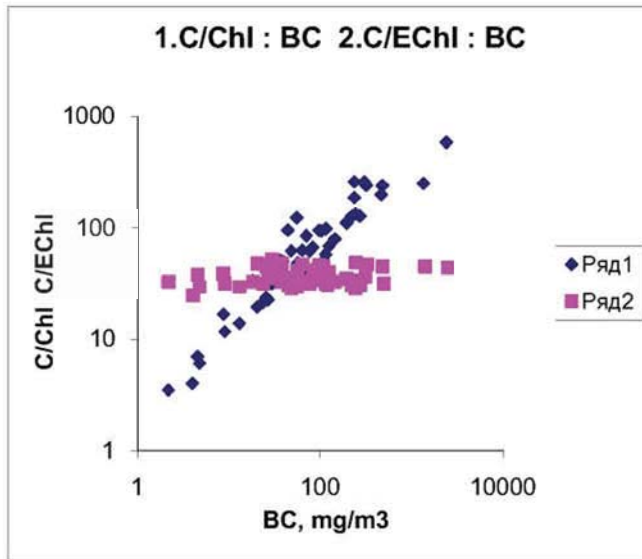


Рис. 2. Зависимость отношений C/Chl и C/EChl от биомассы фитопланктона BC

Самый высокий коэффициент корреляции ($R^2 = 0,987$) получен при расчёте линейной регрессии биомассы диатомовых от суммарной биомассы фитопланктона (DC : BC), что объясняется высоким содержанием диатомовых. При среднем значении отношения DC/BC, равном 0,52, на 4-х станциях с максимальными биомассами оно достигало 0,96–0,99. Без учёта этих 4-х дат ($n = 48$) коэффициент корреляции равен 0,736. Такой же коэффициент корреляции ($R^2 = 0,740$) получен при расчёте степенной функции DC : BC для всех 52 дат.

Довольно высокий коэффициент корреляции ($R^2 = 0,595$) получен также при расчёте линейной регрессии биомассы фитопланктона от концентрации хлорофилла (BC : Chl) в природных сообществах. Однако этот коэффициент является неустойчивым. В различных группировках исходных дат значения R^2 , полученные при расчёте линейных и степенных функций BC : Chl изменяются в пределах 0,276–0,640.

Высокие и устойчивые коэффициенты корреляции получены при расчёте регрессии отношения C/Chl от биомассы фитопланктона (BC/Chl : BC). Линейная регрессия для 52 откорректированных дат даёт $R^2 = 0,775$. При расчёте линейной регрессии для 31 даты 2006–2007 гг. получено значение $R^2 = 0,911$, для 42 дат 2008 г. $R^2 = 0,783$, а для тех же 73 дат вместе $R^2 = 0,744$. При расчёте степенной функции по тем же датам получены значения R^2 соответственно 0,786, 0,907 и 0,842 (рис. 3).

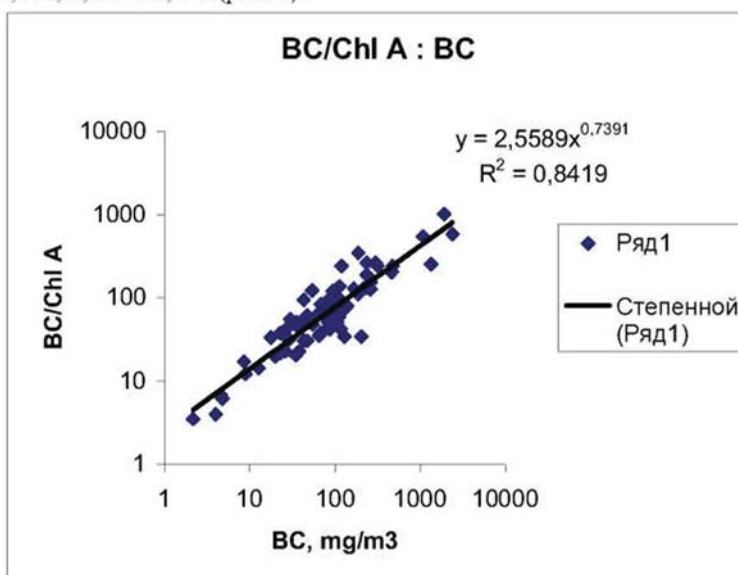


Рис. 3. Зависимость отношения углерод/хлорофилл *a* от биомассы фитопланктона

Выводы

Приведенные результаты показывают, что с увеличением биомассы природных сообществ фитопланктона содержание Хла в них падает, что подтверждает предположение о старении основных популяций в их составе и позволяет рассматривать величину биомассы как косвенный показатель их возраста. Влияние других факторов на содержание Хла, судя по низким коэффициентам корреляции (0,001–0,068,) является второстепенным. Чтобы выделить его на фоне мощного воздействия основного фактора – возраста популяции – требуется специальное исследование.

1. *Винберг Г.Г.* Первичная продукция водоемов / Г.Г. Винберг. – Минск: Изд-во АН БССР, 1960. – 329 с.
2. *Горюнова С.В.* Применение метода флуоресцентной микроскопии для определения живых и мёртвых клеток водорослей / С.В. Горюнова // Вестник АН СССР. – 1951. – Т. 6. – С. 100–102.
3. *Сеничева М.И.* Динамика популяции *Skeletonema costatum* (Grev.) в Севастопольской бухте / М.И. Сеничева // Экология моря. – 1980. – № 1. – С. 11–15.
4. *Сорокин Ю.И.* Первичная продукция и фитопланктон района экваториальной дивергенции в восточной части Тихого океана / Ю.И. Сорокин и др. // Тр. ИОАН СССР. – 1975. – Т. 102. – С. 108–122.
5. *Стельмах Л.В.* Сезонная изменчивость отношения органического углерода к хлорофиллу *a* и факторы её определяющие в фитопланктоне прибрежных вод Чёрного моря / Стельмах Л.В., Бабич И.И. // МЭЖ. – 2006. – Т. 5, № 2. – С. 74–87.
6. *Чмыр В.Д.* Продукция и биомасса фитопланктона экваториальной Атлантики : автореф. дисс. ... канд. биол. наук / В.Д. Чмыр. – Севастополь, 1979. – 24 с.
7. *Чмыр В.Д.* Содержание углерода и хлорофилла в планктонных водорослях / Чмыр В.Д., Берсенева Г.П. // Экология. – 1983. – № 5. – С. 19–25.
8. *Чмыр В.Д.* Структурно-функциональные параметры планктона Черноморского побережья / В.Д. Чмыр // Системы контроля окружающей среды: средства, модели и мониторинг: сб. науч. трудов. – Севастополь, 2007. – С. 335–338.
9. *Чмыр В.Д.* Особенности структуры сообществ фитопланктона приустьевой зоны Севастопольской бухты / Чмыр В.Д., Сеничева М.И. // Системы контроля окружающей среды: средства, информационные технологии и мониторинг: сб. науч. трудов. – Севастополь, 2009. – С. 401–406.
10. *Menden-Deuer S., Lessard E.J.* // Limnol. Oceanogr. – 2000. – Vol. 45. – P. 569–579.
11. *Finenko Z.Z.* Phytoplankton carbon to chlorophyll *a* ratio: response to light, temperature and nutrient limitation / Z.Z. Finenko // Mar. Ecol. J. – 2003. – Vol. 2, N 2. – P. 40–46.
12. *Tchmyr V.D.* Experimental determination of the carbon biomass of natural phytoplankton / V.D. Tchmyr // Системы контроля окружающей среды: средства и информационные технологии. – Севастополь, 2006. – С. 357–360.

В.Д. Чмыр, М.И. Сеничева

Институт біології південних морів НАН України, Севастополь

ВІДНОШЕННЯ ВУГЛЕЦЬ/ХЛОРОФІЛ *a* ЯК ПОКАЗНИК ВІКУ ПРИРОДНИХ ПОПУЛЯЦІЙ ФІТОПЛАНКТОНУ

За результатами регулярних вимірів основних структурних параметрів фітопланктону навкологірлової зони Севастопольської бухти: чисельності, розмірного складу і біомаси основних її компонентів, вмісту в них вуглецю і хлорофілу *a*, проведено аналіз взаємозв'язку між деякими структурними параметрами, а також між ними та умовами навколишнього середовища.

*Ключові слова: біомаса фітопланктону, хлорофіл *a*, популяції*

V.D. Chmyr, M.I. Sencheva

Institute of Biology of the Southern Seas of NAS of Ukraine, Sevastopol

A RELATION OF UGLEROD/CHLOROPHYLL *a* BUT AS INDEX OF AGE OF NATURAL POPULYATION OF PHYTOPLANKTON

The results of the regular measuring of main structural parameters of phytoplankton in near mouth waters of the Sevastopol Bay are presented: numbers, dimensional composition and biomasses of general its components, carbon and chlorophyll *a* contents. Analysis of relationship between some structural parameters, and also between them and environment conditions are carried out.

*Key words: biomasses of phytoplankton, chlorophyll *a*, population*