научный электронный журнал
ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

https://ecopri.ru **https://petrsu.ru**

Издатель
ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

https://ecopri.ru

№ 4 (20). Октябрь, 2016

Главный редактор
А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов
Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. М. Макаров

Редакционная коллегия

Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
J. P. Kurhinen
А. Ю. Мейгал
J. B. Jakovlev
B. Krasnov
A. Gugołek
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции
185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Ленина, 33.
E-mail: ecopri@petrsu.ru
https://ecopri.ru

12+

© ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

научный электронный журнал ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

https://ecopri.ru **https://petrsu.ru**

УДК 574.583 57.036

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗООПЛАНКТОНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

ФОМИНА Юлия Юрьевна — *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН (185030, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, д. 50), Rambler7780@rambler.ru*

СЯРКИ Мария Тагевна — *к. б. н., Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН (г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50), msyarki@yandex.ru*

Ключевые слова: сезонная динамика, скорости прироста биомассы, P/B-коэффициенты, влияние температуры

Рецензент: Н. М. Калинкина

Получена: 23 апреля 2016 года
Подписана к печати: 25 октября 2016 года

Аннотация. Определение динамических характеристик компонентов зоопланктона Онежского озера в годовом цикле производилось на основе среднемноголетней траектории сезонной динамики показателей. Анализ показал, что характер сезонных кривых отражает особенности биологии представителей рачкового и ротаторного зоопланктона. Максимальные относительные скорости прироста биомасс соответствуют среднесуточным P/B-коэффициентам массовых видов рачков и коловраток. Температура воды влияет на динамические параметры зоопланктона весной больше, чем в остальные сезоны.

© Петрозаводский государственный университет

Введение

Динамические характеристики внутриводоемных процессов определяются как внутренними, например структурой сообществ и биологией видов, так и внешними причинами, в частности температурой. Условия в открытом крупном озере, таком как Онежское, невоспроизводимы в малых объемах, поэтому приходится опираться на данные эмпирических съемок. К сожалению, временные ряды данных по открытой части озера нерегулярны, т. е. съемки проводились в различные сроки и сезонные фазы годового цикла. Кроме того, необходимо учесть также и межгодовую изменчивость температурного режима и синоптической ситуации, влияющую на состояние водных сообществ.

Сезонная динамика абсолютных показателей зоопланктона Онежского озера, его численности и биомассы описывалась многими авторами (Поливанная, 1950; Николаев, 1972; Смирнова, 1972; Сярки, 2015). В отдельные годы были проведены расчеты скорости прироста биомассы (Куликова, 1982; Куликова и др., 1997), но детализация их по времени была достаточно грубой. Подобные оценки являются недостаточно

информативными, особенно для весеннего периода, когда обстановка в планктоне меняется весьма быстро. Постепенное накопление данных с 80-х годов прошлого века позволило выявить основные закономерности сезонных процессов в планктоне, оценить их межгодовую изменчивость и провести формализацию среднемноголетней траектории годовой цикличности показателей. Все это создало предпосылки для оценки основных динамических характеристик, т. е. скоростей изменения обилия и биомассы зоопланктона, а также влияния на них температуры воды, реакция на которую водных сообществ является неоднозначной и сложной.

Актуальность данной работы связана с необходимостью определения динамических параметров внутриводоемных процессов в связи с возможным влиянием на них климатических изменений. Оценки абсолютных и относительных скоростей изменения обилия и биомассы планктона требуются для определения ресурсного потенциала озера, его трофического статуса. Также динамические характеристики необходимы для создания имитационных моделей и разработки прогнозов функционирования водных сообществ озера в условиях изменения климата (Ladoga and Onego…, 2010).

Целью работы является анализ среднемноголетних динамических характеристик пелагического зоопланктона Онежского озера в сезонном цикле.

Материалы

Работа основана на данных сетных уловов зоопланктона Онежского озера с середины 80-х годов прошлого века до 2015 г. включительно. Данные отбирались сетью Джеди и обрабатывались по стандартным методикам (Методические рекомендации…, 1984). Вся информация была организована в Базы данных (Сярки, Куликова, 2012; Сярки и др., 2015). Для работы были выбраны станции из центральной и глубоководной части Онежского озера (n = 60).

Методы

Для вычисления абсолютных и относительных скоростей изменения величин необходимо было определить траекторию среднемноголетней динамики величин и представить ее в виде непрерывной функции. Определение формы траектории сезонного изменения величин производилось с помощью модифицированного метода скользящих средних с шагом в 7 элементов (Сярки, 2013а). Для более точного описания формы кривой производилась аппроксимация траектории с помощью регрессионного метода минимизации ортогональных расстояний (Сярки, Чистяков, 2013) (рис. 1).

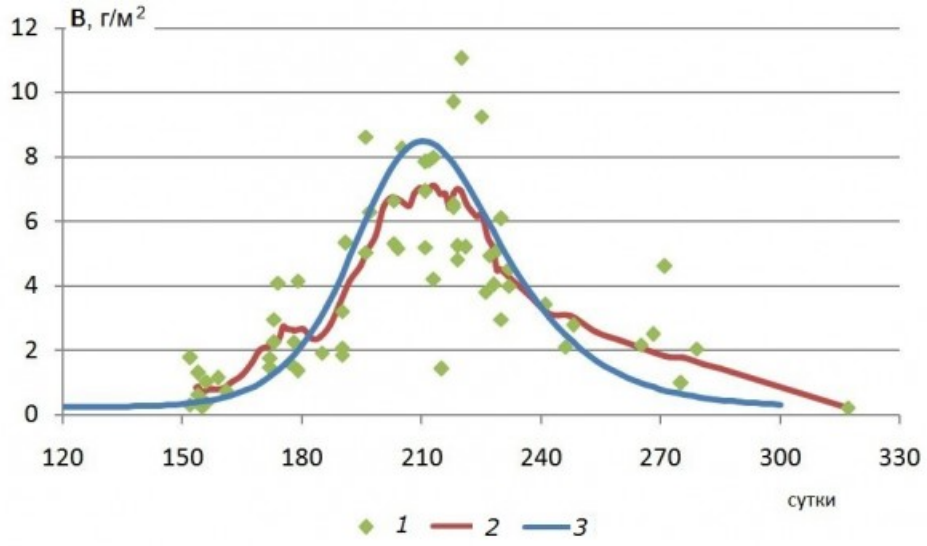

Рис. 1. Сезонное изменение биомассы рачкового планктона в центральном и глубоководном районах озера: *1* – эмпирические данные, *2* – кривая, сглаженная скользящими средними, *3* – аппроксимация

Fig. 1. Seasonal changing of crustacean biomass in the central and deepwater part of the lake: *1* – empirical data, *2* – curve smoothed by moving averages, *3* – approximate function

С помощью функции были определены среднемноголетние величины биомассы зоопланктона и его групп на каждые сутки вегетационного периода.

Абсолютные суточные скорости изменения биомасс определялись как

$v = b_i - b_{i-1}$.

Относительные скорости изменения

$a = (b_i - b_{i-1})/(b_i + b_{i-1})*0.5$,

где b_i и b_{i-1} – величины двух последовательных суток.

Результаты

С использованием аппроксимационной функции была рассчитана среднемноголетняя сезонная динамика биомассы зоопланктона и его групп (рачкового и ротаторного планктона), а также вычислены абсолютные и относительные скорости изменения их биомассы (рис. 2).

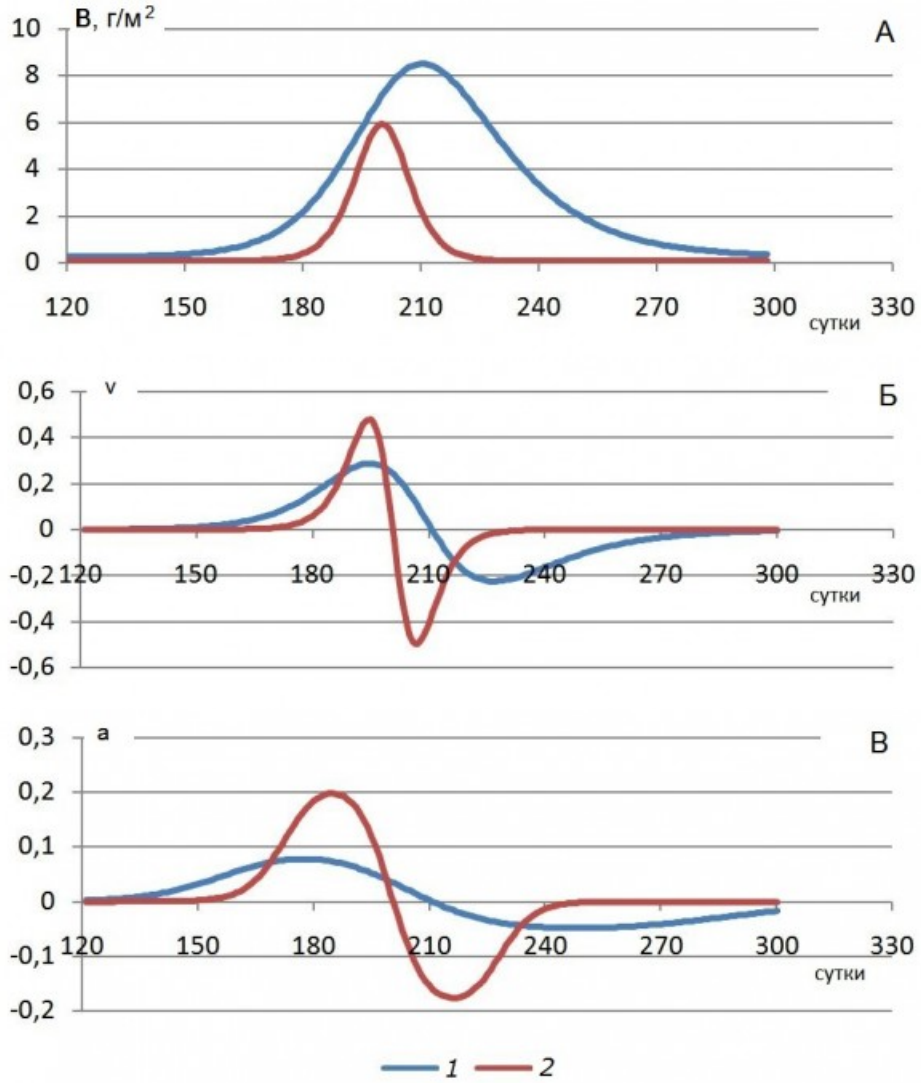

Рис. 2. Траектории сезонной динамики биомасс (А), абсолютных суточных (Б) и относительных (В) скоростей изменения биомассы рачкового (*1*) и ротаторного (*2*)

планктона (В, г/м^2)

Fig. 2. Trajectories of seasonal dynamics of biomass (A), absolute daily rate (Б) and relative rate (B) of crustacean (*1*) and rotarian (*2*) plankton biomass changes (B, g/m^2)

Судя по траекториям изменения биомасс, динамика рачкового и коловраточного планктона различается как по абсолютным значениям, так и по фазам сезонного цикла. Так, абсолютные максимумы биомасс их наступают в разное время и разнесены на 10 суток. Максимальные суточные приросты биомасс для обеих групп отмечаются синхронно на 195-е сутки, т. е. на середину июля. Именно в этот период отмечаются оптимальные трофические условия для роста коловраток и максимальные величины первичной продукции (Теканова, Сярки, 2015). В этот период происходит активный прогрев воды. Температура поверхностных слоев достигает 10 °С, и начинается период «биологического лета» (рис. 3). Затем количество коловраток быстро уменьшается, при одновременном росте доли ветвистоусых рачков, их трофических конкурентов. Максимальные биомассы для зоопланктона отмечаются в конце июля – начале августа. Смена соотношения основных групп зоопланктона (веслоногие, ветвистоусые и коловратки) является четким индикатором фенологических сезонных фаз в пелагиали озера (Сярки, 2013б).

Большая часть процессов в водных системах зависит от температуры. Но степень ее влияния различается по сезонам. Так, весной она является определяющим и лимитирующим фактором, в то время как летом и осенью ее влияние уменьшается.

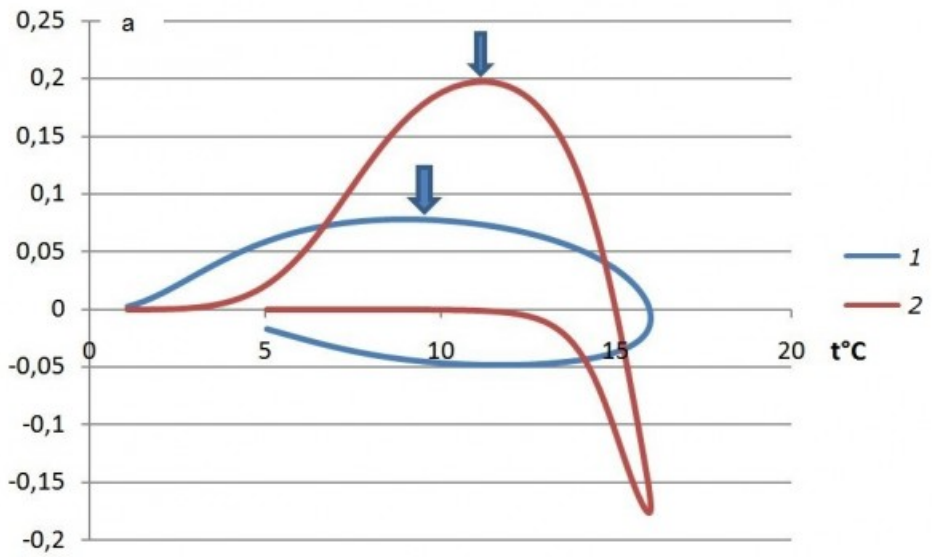

Рис. 3. Относительные скорости прироста биомасс рачкового (*1*) и ротаторного (*2*) планктона и температура поверхностного (0.5 м) слоя воды. Стрелками отмечены максимальные значения скоростей

Fig. 3. Relative rates of crustacean (*1*) and rotarian (*2*) biomass vs. temperature of surface water layer (0.5 m). The arrows indicate maximum rates

Анализируя соотношение изменений относительных скоростей или интенсивности прироста биомасс и температуры, можно отметить, что в весенний период скорости растут пропорционально росту температуры (см. рис. 3). В остальные периоды прямое влияние температурного фактора не прослеживается. Снижение показателей осенью обусловлено скорее биологическими свойствами популяций (подготовкой к зиме), чем прямым воздействием температуры. Таким образом, температура воды определяет скорости приростов биомасс и количество планктона только в весенний период. При климатических изменениях именно скорости и сроки прогревания воды будут основным прямым фактором непосредственного влияния на зоопланктон. Абсолютные значения численности и биомассы зоопланктона будут

зависеть от температуры незначительно, т. к. они больше зависят от трофической обстановки в озере и хорошо адаптированы к межгодовым ее колебаниям.

Обсуждение

Абсолютные значения биомассы зоопланктона и скорости ее изменения значительно колеблются в сезонном цикле. Если максимальные суточные приросты биомасс зависят от обилия зоопланктона, то относительные скорости прироста можно соотнести с потенциальной продуктивностью видов, составляющих планктон. Для коловраток они выше, чем для рачкового планктона (0.20 против 0.08), что хорошо объясняется биологией видов. Короткие жизненные циклы коловраток и партеногенетический способ размножения обеспечивают более высокие скорости прироста популяций и их биомассы, чем у рачков, многие из которых имеют длительные сроки развития и половой способ размножения. Полученные нами относительные скорости изменения биомасс соотносятся по величинам со среднесуточными P/B-коэффициентами массовых видов зоопланктона, вычисленными другими методами (Куликова и др., 1997; Куликова, Сярки, 1999) (таблица).

Таблица. Среднесуточные P/B-коэффициенты и их колебания для массовых видов зоопланктона в центральном районе Онежского озера

Вид	Среднесуточный P/B-коэффициент	Амплитуда колебаний среднесуточных P/B-коэффициентов по месяцам
Kellicottia longispina	0.213	0.082–0.274
Polyarthra dolychoptera	0.200	0.120–0.208
Eudiaptomus gracilis	0.069	0.004–0.077
Termocyclops oithonoides	0.100	0.035–0.130
Mesocyclops leuckarti	0.080	0.032–0.113
Daphnia cristata	0.080	0.025–0.109
Bosmina longispina	0.073	0.035–0.107

Применение метода аппроксимации для вычисления динамических показателей для массового рачка *Daphnia cristata* Sars из Кондопожской губы Онежского озера также показало сходство их величин с данными для популяции рачков в натурных и лабораторных условиях. Кроме того, они изменялись в соответствии с трофическими и токсическими условиями среды их обитания (Сярки, Калинкина, 2010).

Таким образом, можно заключить, что среднемноголетняя траектория сезонного изменения биомассы зоопланктона несет в себе информацию о его продукционном потенциале. То, что максимальные относительные скорости прироста биомасс соответствуют по величине его среднесуточным P/B-коэффициентам, еще требует своего объяснения. Можно предположить, что в период максимальных приростов практически полностью реализуется потенциал роста сообщества.

Заключение

Среднемноголетняя траектория сезонного изменения биомассы зоопланктона несет информацию о его продукционном потенциале, и по ней можно вычислить динамические характеристики как всего зоопланктона, так и его групп. Максимальная интенсивность прироста биомассы зоопланктона и его групп по величинам соответствует их среднесуточным P/B-коэффициентам. Температура воды определяет скорости прироста биомассы зоопланктона в весенний период. Можно ожидать, что при климатических колебаниях изменятся именно динамические характеристики

водных сообществ и сроки весеннего прогревания воды будут основным фактором влияния на зоопланктон.

Библиография

Куликова Т. П., Сярки М. Т. Особенности структуры и функционирования биологических сообществ под влиянием природных и антропогенных факторов. Структура и количественные показатели зоопланктона // Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1999. С. 191–211.

Куликова Т. П. Зоопланктон залива Большое Онего и его продуктивность // Лимнологические исследования на заливе Онежского озера Большое Онего. Л.: Наука, 1982. С. 130–155.

Куликова Т. П., Кустовлянкина Н. Б., Сярки М. Т. Зоопланктон как компонент экосистемы Онежского озера . Петрозаводск, 1997. 112 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов в гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / Под ред. Г. Г. Винберг, Г. М. Лаврентьева. Л.: ГосНИОРХ, 1984. 33 с.

Николаев И. И. Сравнительно-лимнологическая характеристика зоопланктона Онежского озера // Зоопланктон Онежского озера. Л.: Наука, 1972. С. 283–304.

Поливанная М. Ф. Материалы к познанию зоопланктона Онежского озера: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Карело-Фин. гос. ун-т. Петрозаводск, 1950. 18 с.

Смирнова Т. С. Планктонные коловратки и ракообразные // Зоопланктон Онежского озера. Л.: Наука, 1972. С. 126–240.

Сярки М. Т. Изучение траекторий сезонной динамики планктона с помощью метода двойного сглаживания // Принципы экологии. 2013а. № 1. С. 62–68. DOI: 10.15393/j1.art.2013.2141

Сярки М. Т. Как долго длится лето для зоопланктона Онежского озера? // Принципы экологии. 2013б. № 4. С. 70–75. DOI: 10.15393/j1.art.2013.2781

Сярки М. Т., Калинкина Н. М. Оценка влияния лигносульфоната натрия на состояние природных и лабораторных популяций ветвистоусых ракообразных // Биология внутренних вод. 2010. № 4. С. 80–86.

Сярки М. Т. Оценка современного состояния экосистемы Онежского озера по гидробиологическим показателям и устойчивости функционирования водных сообществ. Зоопланктон // Крупнейшие озера-водохранилища северо-запада европейской территории России. Современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. С. 121–127.

Сярки М. Т., Куликова Т. П. Зоопланктон Онежского озера: База данных . Рег. номер 2012621150 (9/11/2012). Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (ИВПС КарНЦ РАН) (RU).

Сярки М. Т., Теканова Е. В., Чекрыжева Т. А. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620274 «Планктон пелагиали Онежского озера» . Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (ИВПС КарНЦ РАН) (RU). Дата регистрации в реестре баз данных 13 февраля 2015 г.

Сярки М. Т., Чистяков С. П. О применении метода ортогональных расстояний для моделирования сезонной динамики планктона Онежского озера // Экология. 2013. № 3. С. 234–236.

Теканова Е. В., Сярки М. Т. Особенности фенологии первично-продукционного процесса в пелагиали Онежского озера // Известия РАН. Сер. Биологическая. 2015. № 6. С. 645–652.

Ladoga and Onego Great European Lakes: Observations and Modelling / Eds. L. Rukhovets and N. Filatov. Berlin: Springer, 2010 c.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-17-00766).

DETERMINATION OF DYNAMIC ZOOPLANKTON CHARACTERISTICS OF THE LAKE ONEGO

FOMINA Yulia *Northern water problems Institute KRC RAN (Petrozavodsk, A.Nevskij st., 50), Rambler7780@rambler.ru*

SYARKI Maria *Northern water problems Institute KRC RAN (Petrozavodsk, A.Nevskij st., 50), msyarki@yandex.ru*

Keywords: seasonal dynamics, growth rate of biomass, P/B-coefficients, temperature influence

Reviewer: N. M. Kalinkina

Received on: 23 April 2016
Published on: 25 October 2016

Summary: The dynamic zooplankton characteristics in the annual cycle were calculated based on the average year-to-year seasonal dynamics trajectories. The analysis showed that the seasonal curves reflect the biologycal features of the zooplankton groups: Crustaceans and Rotarians. The maximum biomass growth rates of the both groups were observed at the same time, approximately 195 days from the beginning of the year. In the both groups the biomass peaks and zero growth rate were separated by 10 days. The maximum intensity of biomass growth complies well with daily P / B-coefficients of mass species of crustaceans and rotifers. It was shown that water temperature influences the dynamic zooplankton parameters stronger in the spring than in other seasons.