

ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТИВНОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА В ВОДОЁМАХ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

© 2009 З.П. Оглы

Читинский государственный университет

Биологическая продуктивность водоёма в целом определяется степенью утилизации солнечной энергии автотрофными организмами с последующей её трансформацией гидробионтами гетеротрофного типа питания. Региональными особенностями первичного продуцирования в водных экосистемах Забайкальского края являются: осуществление фотосинтеза фитопланктона в подледный период; фотосинтез, наблюдающийся до дна водоёмов; высокая фотосинтетическая активность биомассы фитопланктона. Перечисленные особенности являются следствием специфичности природных факторов региона – высокой интенсивности солнечной радиации и большого количества дней солнечного сияния.

Ключевые слова: продуктивность фитопланктона, утилизация солнечной энергии, фотосинтез, гидробионты

Забайкальский край обладает меньшими относительно соседних районов Сибири и Дальнего Востока запасами воды. Разработка эффективной стратегии водохозяйственного обустройства региона предопределяет анализ водно-ресурсного потенциала, с целью водопотребления и управления качеством вод, повышения рыбной продукции, использования для рекреации. Решение этих сложных задач невозможно без знаний основных принципов функционирования отдельных сообществ разных типов водных экосистем.

Фитопланктон, как часть биоресурсов, занимает ведущее место в водных экосистемах, так как биологическая продуктивность водоёма в целом определяется степенью утилизации солнечной энергии автотрофными организмами с последующей её трансформацией гидробионтами гетеротрофного типа питания.

Материал и методика. В работе анализируются результаты полевых наблюдений, выполненных автором в 1976-2000 гг. на 25 озерах и двух водохранилищах. Исследованные водоёмы расположены в Забайкальском крае в разнообразных природных зонах: горно-таёжной, степной,

лесостепной, характеризуются различной гидрологией, морфометрией, химическим составом вод [1, 2].

Сбор, обработка и анализ материала проводились унифицированными методами: фотосинтез определялся скляночным методом в кислородной модификации [3-5], хлорофилл определялся спектрофотометрическим методом при длине волн 630, 645, 663 и 750 нм. Расчет содержания хлорофилла велся по стандартным формулам рабочей группы при ЮНЕСКО (1966) [6, 7].

Материалом для работы послужили более 350 экспозиций на определение первичной продукции и деструкции органического вещества, более 150 проб на определение содержания хлорофилла в исследуемых водных экосистемах.

Полученные материалы и обсуждение.

Интенсивность фотосинтеза Региональной особенностью первичного продуцирования в водных экосистемах Забайкальского края, установленной в 1960-х годах, является фотосинтез фитопланктона в подледный период. За период ледостава, продолжительностью более 7,5 месяцев образуется до 30% органического вещества от годовой суммы [2, 8-11].

С конца 70-х годов зимний фотосинтез в большинстве лентических экосистем не фиксировался за счет того, что они были покрыты снегом. Круглогодично фото-

Оглы Зоя Петровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры водного хозяйства и инженерной экологии. E-mail: oglyzp@mail.ru

синтез наблюдался лишь в Краснокаменском вдхр., расположенном на юго-востоке Забайкалья в аридном климате, и в оз. Кенон – подогреваемом сбросными водами ТЭС, в котором имеется незамерзающая полынья. Показатели суточного фотосинтеза в исследованных водных экосистемах изменялись от 0,08 до 4,30 г O₂/м². Максимум первичной продукции приходился на летний период, причем в мелководных водоёмах он наступал раньше, чем в глубоководных.

Весной, начиная с марта-апреля под льдом происходила активизация процессов первичного продуцирования во всех лентических экосистемах. В оз. Кенон – водоёме-охладителе, весной фотосинтез фитопланктона шел с большей интенсивностью в зоне влияния подогретых вод. Летом наблюдались наибольшие показатели первичной продукции планктона во всех водных экосистемах кроме оз. Зун-Торей, в котором была отмечена длительная летняя депрессия, соответствовавшая депрессии фитопланктона, которая была обусловлена низкой прозрачностью вод. Осенью в большинстве водоёмов наблюдалось снижение процессов фотосинтеза. В целом сезонная динамика первичной продукции повторяла таковую численности и биомассы фитопланктона.

Оптимальный слой фотосинтеза в исследованных водоёмах располагался как у поверхности, так и на глубине, равной 0,5...1 прозрачности, во втором случае высокая солнечная радиация подавляла фотосинтез у поверхности воды. В целом фотосинтез регистрировался до дна, что составляет 2-3 прозрачности. За год в исследованных водных экосистемах образовывалось от 839 до 4234 ккал/м² органического вещества (табл.).

Считается, что годовая продукция фитопланктона водоёмов умеренной зоны приблизительно в 100 раз выше средних за год суточных значений фотосинтеза [12]. Годовая продукция модельных для данного региона Ивано-Арахлейских озёр была выше средних за год суточных значений фотосинтеза в 244-278 раз, это в среднем составляет 250 раз, что определяется подледным фотосинтезом, более высокой летней температурой и интенсивной инсоляцией в регионе (см. табл.).

Баланс органического вещества, оцениваемый по соотношению $\Sigma\Sigma A/\Sigma\Sigma R$ в годовом цикле лентических экосистем, варьировал за годы исследования от 0,22 до 1,46. Считается, что сбалансированность процессов синтеза и деструкции органического вещества наиболее характерны для мезотрофных и слабоэвтрофных водоёмов, где элементы минерального питания в основном автохтонного происхождения [12]. Повышение данного коэффициента рассматривается как увеличение трофности озёр. В исследованных водоёмах отношение $\Sigma\Sigma A/\Sigma\Sigma R$ за период наблюдений заметно увеличилось: в оз. Иван – с 0,25 до 1,46; в оз. Иргень – с 0,43 до 1,14, что также подтверждается элементами баланса органического вещества ($\Sigma\Sigma A - \Sigma\Sigma R$) в этих озёрах (см. табл.).

Фотосинтетическая активность единицы биомассы фитопланктона. Синхронный сбор материалов по продукции фитопланктона и его биомассе позволил рассчитать фотосинтетическую активность единицы биомассы фитопланктона (P/V коэффициенты) за единицу времени. Суточные P/V коэффициенты рассчитаны для всего столба воды, поскольку фотосинтез в исследованных озёрах наблюдался до дна. Их величины варьировали по исследованным водоёмам от 0,04 до 4,71, что вписывается в пределы широко известные по литературе [13, 14].

Наибольшие величины фотосинтетической активности единицы биомассы фитопланктона исследованных водоёмов приходилось на периоды массовой вегетации синезеленых и хлорококковых (например, в оз. Арахлей, Кенон, Баин-Цаган), т. е. в периоды преобладания в планктоне мелкоклеточных форм водорослей. В период массового развития диатомовых (Арахлей, Кенон) суточные P/V коэффициенты снижались. Очевидно, высокие значения среднегодовых суточных P/V коэффициентов определяются именно мелкоразмерными фракциями фитопланктона. Годовые P/V коэффициенты фитопланктона Ивано-Арахлейских озёр и оз. Кенон варьировали в пределах 10-399. Самые высокие из них характеризовали озёра Арахлей (374), Кенон (399). Причиной высоких P/V коэффициентов в других исследованных водоёмах очевидно является их

мелководность, постоянное поступление минеральных форм азота и фосфора со дна, низкие биомассы фитопланктона и мелкие размеры его клеток. Подобное отмечалось в мелководных озерах Северо-Запада [15]. Очевидно, для водоемов

Забайкалья: мелководных, с достаточным количеством биогенных элементов, высокой инсоляцией значение высоких годовых Р/В коэффициентов достаточно характерно и это было отмечено и в предыдущие годы [10].

Таблица. Показатели функционирования фитопланктона Ивано-Арахлейских озер (модельных для Забайкальского края)

Озера	Годы	ΣA	$\Sigma\Sigma A$	Chl «а»	Р/В _{сут.}	Р/В _{год.}	$\Sigma\Sigma R$	$\frac{\Sigma\Sigma A}{\Sigma\Sigma R}$	$\frac{\Sigma\Sigma A - \Sigma\Sigma R}{\Sigma\Sigma R}$
Арахлей	1977	-	3440	-	-	-	9010	0,38	- 5570
Арахлей	1978	14,98	1865	-	1,39	179	3745	0,50	- 1880
Арахлей	1979	-	3962	-	-	-	14979	0,26	-11017
Арахлей	1988	10,84	4234	$\frac{0,3-4,2}{2,2}$	1,17	374	7388	0,57	- 3154
Шакша	1977	-	1823	-	-	-	3060	0,60	- 1237
Шакша	1978	15,08	2458	-	1,38	129	1970	1,25	+ 488
Шакша	1979	-	900	-	-	-	1970	1,25	-1070
Шакша	1988	4,56	1780	$\frac{0,25-12,1}{5,5}$	0,04	18	3395	0,52	- 1615
Иргень	1977	-	2028	-	-	-	4730	0,43	- 2702
Иргень	1978	13,92	1367	-	0,10	10	2320	0,59	- 953
Иргень	1979	-	332	-	-	-	1520	0,22	- 1188
Иргень	1988	4,88	1903	$\frac{11,0-58,0}{27}$	0,29	120	1675	1,14	+ 228
Иван	1977	-	2101	-	-	-	2370	0,97	- 269
Иван	1978	7,96	839	-	1,29	141	3420	0,25	- 2581
Иван	1979	-	722	-	-	-	2170	0,33	- 1448
Иван	1988	6,42	2505	$\frac{2,6-30,2}{11,4}$	0,18	111	1711	1,46	+ 794

Примечание: продукция: ΣA - суточная и $\Sigma\Sigma A$ – годовая продукция, ΣR – суточная и $\Sigma\Sigma R$ годовая деструкция, в ккал/м². Chl «а» - хлорофилл «а», мг/м³: числитель – пределы, знаменатель – средние значения.

Содержание хлорофилла в планктоне исследованных экосистем. Определение содержания хлорофиллов (а, в, с) в планктоне водных экосистем Забайкалья проводилось впервые. Концентрация суммарного хлорофилла (а+в+с) в планктоне исследованных озер значительно различалась по водоемам и в целом варьировала от 2,07 до 81,2, при этом содержание хлорофилла "а" изменялось от 0,31 до 58,0 мг/м³ (см. табл.).

Сезонная динамика содержания хлорофилла "а" в планктоне озер изменялась в соответствии с ходом сезонной динамики биомассы фитопланктона. Относительное содержание хлорофилла "а" в единице биомассы фитопланктона исследованных

озер изменялось по озерам от 0,07 до 7,56%.

В ходе сезонной динамики относительного содержания хлорофилла "а" по озерам отмечалась тенденция: высокое содержание хлорофилла "а" в единице биомассы зимой, уменьшение его количества весной, затем окончательный спад в конце лета и вновь увеличение осенью. Сравнение с литературными данными показывает, что сезонная динамика концентрации хлорофилла "а" в единице биомассы фитопланктона, установленная нами для водоемов Забайкальского края, типична для мелководных водоемов, подверженных постоянному ветровому перемешиванию [16-19].

Как известно, содержание хлорофилла "а" в планктоне положено наряду с показателями интенсивности фотосинтеза в основу классификации водоемов по их продуктивности [20]. При типизации трофности исследованных водоемов по содержанию хлорофилла "а" в планктоне их градация совпадала с нижней границей таковой.

Многолетние изменения продукционно-деструкционных процессов в озерных экосистемах. Многолетние изменения первичной продукции планктона в Ивано-Арахлейских озерах и оз. Кенон сводились к увеличению интенсивности их процессов и уменьшению пиков в их сезонной динамике, что является признаками эвтрофирования водоемов. Наибольшие изменения отмечены в оз. Арахлей, где процессы образования органического вещества по сравнению с 60-70-ми годами увеличилась в пять раз. Следует упомянуть, что в оз. Арахлей с 1977 г. производилось постоянное вселение сигов-планктофагов. В озерах Иван и Кенон первичная продукция планктона за период 1967-1988 гг. возросла более, чем в два раза. В оз. Иван сказывается влияние водосбора и интродукции рыб. В оз. Кенон наиболее отчетливо проявляются черты техногенного воздействия: здесь продукционные процессы идут достаточно интенсивно в течение всего года, но особенно выделяется зона влияния подогретых ТЭС вод в зимний и весенний периоды.

Выводы: в 1966 г. Лимнологический институт СО РАН СССР, координируя исследовательские работы на водоемах Восточной Сибири (озера Путоранского нагорья, каскад Ангаро-Енисейских водохранилищ, притрассовые озера БАМа), определил модельными для Забайкальского региона озера Ивано-Арахлейской системы (оз. Арахлей, Иван, Шакша, Иргень и др.). Комплексные исследования на данных озёрах проводились по многим программам и в том числе по МБП, программе «Сибирь». Многолетние собственные и предыдущие исследования на данных озёрах и многочисленных других позволили выявить особенности продуцирования фитопланктона в лентических экосистемах Забайкальского края:

- фотосинтез в водоёмах Забайкальского края наблюдается до дна водоёмов, что составляет 2-3 прозрачности;

- годовой цикл новообразования органического вещества характеризуется редукцией (2-2,5 месяца – до полного исчезновения) биологической зимы. Редукция биологической зимы определяется практически круглогодичной вегетацией фитопланктона. Возможность вегетации фитопланктона обеспечивается специфическими природными факторами региона: большим количеством дней солнечного сияния, высокой подледной освещенностью вследствие малоснежья и высоким уровнем солнечной радиации, обусловленных господством в Забайкалье антициклональных типов погод в холодную часть года;

- высокая фотосинтетическая активность единицы биомассы фитопланктона в водоёмах Забайкальского края обусловлена мелководностью водоёмов, мелкими размерами клеток фитопланктона, низкими биомассами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Оглы, З.П.* Фитопланктон разнотипных озер Забайкалья / автореф. дис. ... канд. дис.: 03.00.18. - СПб., 1993. – 18 с.
2. *Оглы, З.П.* Структура фитопланктона разнотипных водоемов Восточного Забайкалья // Водное хоз-во России. – 2006. - №5. – С. 94-103.
3. *Винберг, Г.Г.* Первичная продукция водоемов // Минск, 1960. – 329 с.
4. *Романенко, В.И.* Экология микроорганизмов пресных водоёмов / *В.И. Романенко, С.И. Кузнецов* //Л., Наука. Ленингр. отд., 1974. – 194 с.
5. *Лаврентьева, Г.М.* Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах / *Г.М. Лаврентьева, В.В. Бульон* // Фитопланктон и его продукция. -Л.: ЗИН АН СССР, ГОСНИИОРХ, 1981. – 28 с.
6. *Сиренко, Л.А.* Определение содержания хлорофилла в планктоне пресных вод / *Л.А. Сиренко, А.В. Курейшевич* // Киев. Наук. думка. – 1982. – 52 с.
7. *Трифопова, И.С.* Определение трофического статуса озер двух озерных районов северо-запада СССР по первичной продукции, содержанию хлорофилла и трофическим индексам // Продукционно-

- гидробиологические исследования на внутренних водоемах: научн. тр. ГОСНИОРХ. - СПб. - 1986. - Вып. 252. - С. 78-86.
8. *Шишкин, Б.А.* Динамика кислородного режима и первичная продукция Ивано-Арахлейских озер (Забайкалье) в подледный период / *Б.А. Шишкин, Э.Е. Лескова, Е.И. Бондарева* // Изв. Заб. фил. Геогр. о-ва СССР. - Чита, 1966. - Т. 2, вып. 4. - С. 3-25.
 9. *Шишкин, Б.А.* Первичная продукция озера Кенон / *Б.А. Шишкин, Г.Н. Спиглазова, Л.И. Локоть* // Термический режим и биология озера Кенон: Зап. Забайкальск. фил. Геогр. о-ва СССР. - Чита. - 1972. - Вып. 62. - С. 24-37.
 10. *Бондарева, Е.И.* Первичная продукция и деструкция органического вещества Ивано-Арахлейских озер (Забайкалье): автореф. дис...канд. биол. наук: 03.00.16. Иркутск: 1974. - 18 с.
 11. *Оглы, З.П.* Фитопланктон, первичная продукция и деструкция органического вещества в озерах Центрального Забайкалья // Круговорот вещества и энергии в водоемах: сб. тр. всец. совещ. лимнологов на Байкале. - Иркутск, 1985. - Вып. 2 - С. 68-70.
 12. *Бульон, В.В.* Первичная продукция планктона внутренних водоемов // Л.: Наука, 1983. - 148 с.
 13. *Михеева, Т.М.* Фитопланктон оз. Дривяты // Тр. ВГБО, 1970. - Т. 15. - С. 34-49.
 14. *Михеева, Т.М.* О показателях удельной активности и некоторых причинах их определяющих // Гидробиол.журн. - 1977. - № 3. - С. 11-16.
 15. *Терешенкова, Т.В.* Вертикальное распределение фитопланктона в подледный период в Малых озерах Ленинградской области // Изв. ГОСНИОРХ. - Л., 1983. - № 132. - С. 34-39.
 16. *Пырина, И.Л.* Содержание фотосинтетических пигментов в фитопланктоне Онежского озера и их значение для оценки уровня продуктивности водоёма / *И.Л. Пырина, В.А. Елизарова, И.И. Николаев* // Микробиология и первичная продукция Онежского озера. М. - Наука. - 1973. - С. 108-122.
 17. *Пырина, И.Л.* Исследования продуктивности фитопланктона Ладожского озера / *И.Л. Пырина, И.С. Трифонова* // Гидробиол. ж.. - 1979. - Т. 15, № 4. - С. 26-31.
 18. *Ковалевская, Р.З.* Содержание хлорофилла в планктоне // Общие основы изучения водных экосистем. Л., Наука. - 1979. - С. 207-213.
 19. *Авинская, Е.В.* Особенности развития и функционирования фитопланктона больших мелководных озер северо-запада (на примере озера Ильмень): автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.16. Л., 1983. - 21 с.
 20. *Трифорова, И.С.* Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озер Карельского перешейка. Л.: 1979. - 168 с.

PARAMETERS OF PHYTOPLANKTON EFFICIENCY IN RESERVOIRS OF ZABAİKALSKIY KRAI

© 2009 Z.P. Ogly
Chita State University

Biological efficiency of a reservoir as a whole is defined by a degree of solar energy recycling by autotrophic organisms with its subsequent transformation by aquatic organisms of heterotrophic type of a feed. Regional features of primary production in water ecosystems in Zabaikalskiy Krai are: realization of phytoplankton photosynthesis during the subglacial period; the photosynthesis observed to the bottom of reservoirs; high photosynthetic activity of a phytoplankton biomass. The listed features are consequence of specific natural factors of region - high intensity of solar radiation and a plenty of days of solar light.

Keywords: phytoplankton efficiency, recycling of a solar energy, photosynthesis, aquatic organisms