

**БАССЕЙН ВОЛГИ В XXI-М ВЕКЕ:
СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ
ЭКОСИСТЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ**

**МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Россия, Борок, 22–26 октября 2012 г.**

l

УДК 574.5(282.247.11)+556.5"21"(063)

Бассейн Волги в XXI-м веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ //
Сборник материалов докладов участников Всероссийской конференции. Ин-т биологии внутр. вод
им. И.Д. Папанина РАН, Борок, 22–26 октября 2012 г. – Ижевск: Издатель Пермьяков С.А., 2012. – 380
с.

ISBN 978-5-9631-0147-6

В сборнике материалов Международной школы-конференции представлено содержание докладов участников по результатам изучения гидрологического, гидрохимического и биологического режима водохранилищ бассейна р. Волги в условиях изменяющихся факторов среды.

Сборник рассчитан на гидробиологов, ихтиологов и экологов широкого профиля.

Редакционная коллегия:

академик РАН, доктор биологических наук *Ю.Ю. Дгебуадзе*
доктор биологических наук *А.И. Копылов*
доктор географических наук *С.А. Поддубный*
доктор биологических наук *А.В. Крылов* (отв. редактор)

Проведение конференции осуществлено при поддержке РАН и гранта РФФИ 12-04-06094-г.

Сборник издан при поддержке гранта РФФИ 12-04-06094-г.

ISBN 978-5-9631-0147-6

© 2012 г. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, макет, оформление, верстка
© 2012 г. Коллектив авторов, текст

Подписано в печать 07.10.12.

Формат 60*84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Усл.-печ.л. 44,18. Уч.-изд.л. 16,88. Заказ № 1377.1. Тираж 250 экз.

Издательство и типография ИП Пермьяков С.А.
426008, г. Ижевск, Кирова, 172.
цифровая-типография-ижевск.рф

весеннего развития диатомовых и летнего — синезеленых как максимальные, так и средние оказались близки реально наблюдаемым. В модели рассчитывается также биомасса зеленых водорослей, которая как в модели, так и по наблюдениям оказалась крайне малой — < 1 мг/л.

Таким образом, наши первые попытки с помощью модели воспроизвести изменчивость биомассы основных групп фитопланктона в Рыбинском водохранилище в годы различной водности можно считать достаточно успешными. Однако для более глубокой валидации модели необходимо провести расчеты по длинному ряду наблюдений с проверкой полученных кинетических коэффициентов на независимом ряду. После такой проверки модель можно использовать для анализа откликов фитопланктонного сообщества на различные антропогенные и природные внешние воздействия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ: Проект № 12-05-00176.

Список литературы

- Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. Минск, 1960. 328 с.
Даценко Ю.С., Пуклаков В.В. Моделирование развития фитопланктона в Можайском водохранилище // Вестник МГУ. Сер. География. 2010. № 3. С. 41–47.
Корнева Л.Г. Фитопланктон Рыбинского водохранилища: состав, особенности распределения, последствия эвтрофирования // Современное состояние экосистемы Рыбинского водохранилища. СПб., 1993. С. 50–113.
Пуклаков В.В. Гидрологическая модель водохранилища: руководство для пользователей. М.: ГЕОС, 1999. 96 с.
Рыбинское водохранилище и его жизнь. Л.: Наука, 1972. 364 с.
Экология фитопланктона Рыбинского водохранилища. Тольятти, 1999. 262 с.

СОВРЕМЕННАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА В ПЕРИОД ЛЕТНЕЙ МЕЖЕНИ

В.К. Дебольский, И.Л. Григорьева, А.Б. Комиссаров

ГФБУН Институт водных проблем РАН, 119333 г. Москва, ул. Губкина, д.3,
vdebolsky@mail.ru, Irina_Grigorieva@list.ru, Alecol@inbox.ru

Самая крупная река Европы Волга из-за своего выгодного природно-экономического положения и полноводности всегда была главной рекой России. В результате гидростроительства, начатого в 30-е гг. прошлого столетия, сток реки зарегулирован 9 водохранилищами, восемь из которых представляют каскад. Водосборный бассейн Волги и ее притоков площадью 1360 тыс. км² расположен в нескольких географических зонах: лесной, преимущественно в подзоне южной тайги и смешанных лесов, степной, полупустыни и пустыни.

Географическая зональность в волжском каскаде проявляется в изменении ряда абиотических характеристик: увеличении с севера на юг прозрачности и общей минерализации, снижении цветности и взвешенных веществ, ослабления ФАР в толще воды. Монотонность изменений нарушается на участке Средней Волги, принимающем воды крупнейших притоков — Оки и Камы — и испытывающем наибольшее антропогенное воздействие (Минева, 2007).

Территория Волжского бассейна составляет примерно 8% от всей площади Российской Федерации, на этой территории частично или полностью расположены 39 субъектов Российской Федерации, сконцентрировано около 45% промышленного производства страны, производится примерно 50% сельскохозяйственной продукции (Состояние ..., 2005), что и предопределило высокую антропогенную нагрузку на р. Волгу и ее водохранилища.

По данным Росводресурсов в 2008 г. в водные объекты бассейна Волги было сброшено 16.1 млрд. куб. м сточных вод, из которых 6.7 млрд. куб. м (41.6%) составляли загрязненные (недостаточно очищенные или без очистки) сточные воды (тем не менее — на 7% меньше, по отношению к 2004 г.). На Волжский бассейн приходится более трети сброса сточных вод в России. Качество поверхностных вод бассейна Волги в большинстве случаев оценивается как "загрязненная вода" и "грязная вода".

Обзор литературных источников показал, что обобщающих работ, в которых вся Волга рассматривалась бы как единая экологическая система, в настоящее время практически нет. Поэтому остаются необходимыми комплексные масштабные экспедиционные исследования современного экологического состояния и гидрохимического режима всей реки и ее водохранилищ.

Такие исследования были выполнены Институтом водных проблем РАН совместно с Институтом океанологии РАН летом 2009 г. и Институтом водных проблем РАН летом 2011 г. на борту НИС «Валаам 1». Летом 2009 г. судно сначала двигалось вниз по течению от г. Конаково до г. Астрахань, а потом от г. Астрахань в г. Конаково. Летом 2011 г. наблюдения проводились только на водохранилищах волжского каскада при движении судна от г. Конаково вниз по течению реки. Станции наблюдений были приурочены, в основном, к затопленному руслу Волги. Отбор проб воды осуществлялся из поверхностного горизонта. В таблицах, представленных ниже, приводятся значения определяемых показателей и ингредиентов в пробах воды, отобранных в ВБ всех водохранилищ Волжского каскада в 2009 и 2011 гг.

Анализ полученных данных показал, что в период летней межени значения водородного показателя рН в воде ВБ водохранилищ волжского каскада изменяются в небольшом диапазоне и различаются год от года (табл. 1). Так летом 2009 г. значения рН изменялись в воде волжских водохранилищ от 7.9 (Рыбинское) до 8.3 (Саратовское), а летом 2011 г. от 6.8 (Горьковское) до 7.6 (Иваньковское).

Таблица 1. Физико-химические показатели воды ВБ водохранилищ Волжского каскада летом 2009 г. (числитель) и летом 2011 г. (знаменатель)

№ п/п	Водохранилище	pH	σ, мС/м	t, °С	O ₂ , мг/дм ³	% насыщения кислородом
1	Иваньковское	8.1/7.6	24.9/18.2	21.2/-	7.1/-	81/-
2	Угличское	8.2/7.6	21.8/20.4	22.1/-	7.6/-	88/-
3	Рыбинское	7.9/-	21.3/-	22.0/-	6.2/-	-
4	Горьковское	8.1/6.8	23.3/21.0	21.0/22.9	8.1/-	92/-
5	Чебоксарское	8.2/7.5	31.4/33.7	24.7/24.3	7.0/-	85/-
6	Куйбышевское	8.2/7.5	30.4/41.8	27.1/24.6	13.6/-	173/-
7	Саратовское	8.3/7.5	32.5/38.5	25.6/23.1	7.8/-	97/-
8	Волгоградское	8.0/7.6	31.7/41.3	30.8/25.5	9.7/-	133/-

Значения электропроводимости воды для водохранилищ Верхней Волги (Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Горьковское) в летний период варьируют в диапазоне от 18.2 (Иваньковское, 2011) до 24.9 мС/м (Иваньковское, 2009) и имеют межгодовую изменчивость (табл. 1).

С севера на юг наблюдалось увеличение температуры воды, особенно значительное летом 2009 г.

Кислородный режим в летний период в поверхностных горизонтах ВБ всех водохранилищ Волжского каскада, как правило, благоприятный. Летом 2009 г. содержание растворенного кислорода в поверхностном горизонте в верхних бьефах большинства водохранилищ было в пределах нормы и лишь в Куйбышевском и Волгоградском водохранилищах наблюдалось значительное перенасыщение воды кислородом, что явилось следствием бурного развития фитопланктона.

Преобладающая часть стока Волги формируется в зоне избыточного увлажнения (лесной), что обуславливает относительно низкое содержание солей в воде на всем протяжении реки (Волга и ее жизнь, 1978). Вода всех волжских водохранилищ среднеминерализована и относится к гидрокарбонатному классу вод кальциевой группы, к категории нейтрально-щелочных водоемов (Корнева, 2009). Наиболее низкие значения минерализации характерны для Верхневолжских водохранилищ. Увеличение минерализации воды в замыкающем створе Чебоксарского водохранилища, по сравнению с расположенным выше Горьковским, объясняется влиянием более минерализованных Окских вод. За счет притока Камских вод в Куйбышевское водохранилище происходит дальнейшее увеличение минерализации воды Волги и увеличение концентраций главных ионов и особенно кальция, натрия, калия, сульфатов и хлоридов. В летний период 2009 г. минерализация воды в ВБ волжских водохранилищ изменялась в диапазоне от 129 (Рыбинское) до 278 мг/дм³ (Волгоградское). В летний период 2011 г. минерализация воды в большинстве водохранилищ (кроме Чебоксарского и Куйбышевского) была ниже, чем летом 2009 г. (табл. 2).

Таблица 2. Концентрации главных ионов и минерализация воды ВБ водохранилищ Волжского каскада летом 2009 г. (числитель) и 2011 г. (знаменатель)

№ п/п	Водохранилище	Ca ²⁺ , мг/дм ³	Mg ²⁺ , мг/дм ³	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³	M
1	Иваньковское	36/26	9.1/6.1	1.9/2.0	116/97.6	7.0/8.5	4.0/2.8	174/143
2	Угличское	32/28	8.5/6.1	2.7/2.0	129.6/103.7	8.0/9.1	2.2/2.1	183/151
3	Рыбинское	31/-	7.9/-	1.5/-	76.2/-	10.0/-	2.2/-	129/-
4	Горьковское	32/30.1	10.9/7.3	1.7/2.8	91.5/109.8	34/10.0	3.9/5.0	174/165
5	Чебоксарское	48/46.1	10.3/10.9	2.5/4.6	103.7/140.3	36.0/30.6	9.5/11.5	210/244
6	Куйбышевское	46/44.1	10.9/8.5	7.8/22.5	109.8/115.9	37.0/47.8	21.5/30.2	233/269
7	Саратовское	45/42.1	11.5/9.7	9.7/10	115.9/115.9	44/24.5	20.9/28.8	247/231
8	Волгоградское	50/44.1	10.9/13.4	12.8/3	134.2/128.1	46/24.5	24.1/25.9	278/239

Следует отметить значительное увеличение с севера на юг в воде волжских водохранилищ концентраций хлоридов, сульфатов, натрия и калия и их изменчивость по годам (табл. 2).

Оценка содержания органического вещества в воде ВБ Верхневолжских водохранилищ производилась по таким показателям как: БПК₅, цветность, перманганатная окисляемость.

В воде ВБ большинства волжских водохранилищ в летние периоды 2009 и 2011 гг. наблюдались значения БПК₅, не превышающие 2.0 мгО₂/дм³. Высокие значения БПК₅ были отмечены в воде ВБ Чебоксарского, Куйбышевского и Волгоградского водохранилищ, что вызвано, в основном, интенсивным развитием фитопланктона. Значения БПК₅ у г. Тетюш и Ульяновска достигали 7.8–7.9 мгО₂/дм³ (3.9 ПДК), а у г. Тольятти — 7.5 мгО₂/дм³ (3.75 ПДК).

Вниз по течению р. Волги наблюдается значительное снижение цветности воды, что объясняется, прежде всего, географической зональностью. Наиболее высокие значения цветности наблюдаются в верхневолжских водохранилищах, что связано со значительной заболоченностью их водосборных бассейнов и поступлением высоко окрашенных болотных вод с притоками в Иваньковское, Угличское, Рыбинское водохранилища (табл. 3). Максимальное значение цветности в 120° Pt-Co шкалы было зафиксировано в Угличском водохранилище летом 2009 г. Ниже г. Нижний Новгород наблюдалось снижение значений цветности до 50° Pt-Co шкалы. В Саратовском и Волгоградском водохранилищах значения цветности снижались до 25–35° Pt-Co шкалы.

Перманганатная окисляемость (ПО) является косвенной характеристикой содержания в воде органических и минеральных веществ. Величины ПО в большой степени зависят от цветности воды, наибольшие значения

ПО наблюдались в водохранилищах Верхней и Средней Волги, а наименьшие значения в водохранилищах Нижней Волги. Максимальные значения в 17.7 и 20.3 мгО/дм³ наблюдались в Угличском и Ивановском водохранилищах летом 2011 г. В ВБ Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ летом 2009 г. значения ПО не превышали 6–7.1 мгО/дм³ (табл. 3).

Таблица 3. Показатели содержания органического вещества в воде ВБ водохранилищ Волжского каскада летом 2009 г. (числитель) и летом 2011 г. (знаменатель)

№ п/п	Водохранилище	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Цветность, град.	ПО, мгО/дм ³
1	Иваньковское	1.9/2.2	80/73	12.2/20.3
2	Угличское	1.5/2.6	120/85	14.7/17.7
3	Рыбинское	1.5/-	80/-	13.9/-
4	Горьковское	0.9/-	60/30	11.6/11.6
5	Чебоксарское	6.8/-	50/28	9.9/11.6
6	Куйбышевское	7.4/-	45/28	7.1/8.8
7	Саратовское	1.0/-	25/28	7.2/10.3
8	Волгоградское	6.5/-	25/27	6/9.1

Фосфор является одним из главных биогенных элементов, определяющих продуктивность водного объекта. Концентрация общего растворенного фосфора (минерального и органического) в незагрязненных природных водах изменяется от 0.005 до 0.2 мг/дм³ и зависит от многих факторов: процессов выветривания почв и пород, скорости распада органических веществ, гидробиологических процессов и др.

Важным фактором повышения содержания фосфора в природных водах, нередко приводящим к значительному евтрофированию водных объектов, является хозяйственная деятельность человека. Загрязнению природных вод фосфором способствует широкое применение фосфорных удобрений, полифосфатов как мощных средств, флотореагентов и умягчителей воды. Органические и минеральные соединения фосфора образуются при биологической переработке остатков животных и растительных организмов, а также в процессах биологической очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод (Зенин, Белоусова, 1988).

Во всех отобранных пробах определены минеральный растворенный и общий растворенный фосфор, результаты химического анализа помещены в таблицу 4.

Таблица 4. Содержание биогенных элементов в воде ВБ волжских водохранилищ летом 2009 г. (числитель) и летом 2011 г. (знаменатель)

№ п/п	Водохранилище	(P _{мин}) _{раств.} , мкг/дм ³	(P _{общ}) _{раств.} , мкг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мгN/дм ³	NO ₂ ⁻ , мгN/дм ³	NO ₃ ⁻ , мгN/дм ³
1	Иваньковское	44/38	49/76	0.21/0.39	0.018/0.014	0.47/0.21
2	Угличское	36/14	41/57	0.33/0.28	0.020/0.001	0.40/0.08
3	Рыбинское	18/-	41/-	0.25/-	0.013/-	0.32/-
4	Горьковское	35/35	56/59	0.26/0.50	0.018/0.005	0.42/0.34
5	Чебоксарское	75/89	101/117	0.19/0.14	0.013/0.022	0.59/0.18
6	Куйбышевское	43/11	65/26	0.91/0.14	0.013/0.051	0.10/0.23
7	Саратовское	24/65	44/102	0.04/0.15	0.015/0.018	0.45/0.34
8	Волгоградское	50/25	65/39	0.12/0.33	0.061/0.064	0.73/0.34

Наибольшие концентрации общего и минерального фосфора были зафиксированы в ВБ Чебоксарского водохранилища. Из верхневолжских водохранилищ наибольшие концентрации отмечены в Ивановском водохранилище. Исследования показали, что на станциях в черте больших городов и ниже крупных городов концентрации фосфора увеличиваются по сравнению со станциями выше городов, что является следствием влияния хозяйственно-бытовых стоков.

Неорганические соединения азота (аммоний, нитриты и нитраты) образуются в воде в результате биохимического разложения и окисления органических остатков, как природного происхождения, так и попадающих в реки и водоемы со сточными водами (Зенин, Белоусова, 1988).

Концентрации иона аммония летом 2009 и 2011 гг. во всех волжских водохранилищах, в основном, не превышали ПДК (0.5 мг/дм³). Высокие концентрации (свыше 1 мг/дм³) отмечались ниже крупных городов (Кострома, Казань, Ульяновск, Тольятти, Саратов, Астрахань), у г. Тетюш и Ульяновска содержание ионов аммония достигало 1.50 мг/дм³ (3 ПДК), у г. Тольятти — 1.20 мг/дм³ (2.8 ПДК), что можно объяснить влиянием хозяйственно-бытовых и промышленных стоков.

Все наблюдаемые концентрации нитрит-иона были, в основном, ниже ПДК для рыбохозяйственных водоемов (0.08 мг/дм³). Повышенные, по сравнению, с другими водохранилищами концентрации нитритов в верхнем бьефе Волгоградского водохранилища связаны главным образом с процессами разложения органических веществ и нитрификацией.

Концентрации нитрат-иона летом 2009 г. в воде волжских водохранилищ изменялись в широком диапазоне: от 0.3 до 3.8 мг/дм³. В пунктах наблюдений, где были зафиксированы наименьшие концентрации нитрат-иона (Конаково, Кимры, Тетюши, Ульяновск, Тольятти, Саратов, Волгоград) отмечалось бурное «цветение» фитопланктона.

Исследования гидрохимического режима водохранилищ Волжского каскада летом 2009 и 2011 гг. показали, что вниз по течению происходит значительная трансформация химического состава воды Верхней Волги,

что обусловлено как природными, так и антропогенными факторами. Географическая зональность в волжском каскаде проявляется в изменении ряда гидрохимических характеристик: в снижении от ВВ Ивановского водохранилища к ВВ Волгоградского водохранилища значений цветности, перманганатной окисляемости и величины взвешенных веществ и в увеличении минерализации воды, общей жесткости, концентрации хлоридов, сульфатов, натрия, прозрачности воды. Влиянием сточных вод крупных городов обусловлены высокие концентрации в воде ряда Волжских водохранилищ аммонийного азота, фосфатов, нитратов. Повышенные значения БПК₅ являются свидетельством высокой органической нагрузки на водохранилища.

Сравнительный анализ некоторых показателей гидрохимического режима волжских водохранилищ за 2009 г. со средними летними значениями за период с 1969 по 1974 гг. (Волга и ее жизнь, 1978) показал, что однозначной тенденции в изменении значений суммы главных ионов за многолетний период для всех водохранилищ волжского каскада не наблюдалось. В одних водохранилищах (Горьковское, Волгоградское) за многолетний период произошло увеличение суммы главных ионов в летний период, а в других (Иваньковское, Рыбинское, Саратовское) уменьшение, или значения были близки к средним многолетним (Угличское водохранилище).

Что касается концентраций отдельных компонентов, то за многолетний период произошло увеличение концентраций магния в воде большинства водохранилищ по сравнению со средними многолетними значениями.

Концентрация хлоридов и сульфатов, практических во всех замыкающих створах водохранилищ летом 2009 г., были меньше значений средних за период с 1969 по 1974 гг. (Волга и ее жизнь, 1978). Можно полагать, что это связано с некоторым уменьшением количества сульфатов и хлоридов, поступающих со сточными водами городов волжского бассейна, хотя о значительном улучшении качества воды волжских водохранилищ пока говорить рано.

Список литературы

- Волга и ее жизнь. Л.: Наука, 1978. 350 с.
Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 240 с.
Корнева Л.Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. д.б.н. СПб, 2009. 48 с.
Минеева Н.М. Водохранилища как среда обитания гидробионтов // Тр. междунаучно-практ. конф. «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Т. II, Пермь, 2007. С. 254–259.
Состояние окружающей природной среды бассейна реки Волги (1992–2004 гг.). Н. Новгород, 2005. 167 с.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛИТОРАЛЬНОГО ФИТОПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В.Г. Девяткин, Н.Ю. Метелева, П.А. Вайновский

Институт биологии внутренних вод имени И.Д. Папанова РАН, 152742, Борок, robinson@mail.ru

Начиная со второй половины XX века многими авторами отмечается возрастание неустойчивости климатической ситуации, что определяет актуальность исследования кратковременных климатических колебаний на биоту водоемов. Фитопланктон — основной накопитель и преобразователь солнечной энергии — рассматривается нами в единстве биоты с климатической составляющей экосистемы водоема на основе анализа результатов статистической обработки многолетнего архива систематических гидробиологических и гидрометеорологических наблюдений за 1979–2011 гг.

Продуктивность фитопланктона в озерах и водохранилищах, прежде всего, зависит от внутриводоемных процессов — состава и обилия планктонных водорослей, их обеспеченности минеральным питанием, взаимодействием водорослей с другими планктонными организмами и ряда других факторов. С другой стороны, существенную роль в реализации продукционного потенциала фитопланктона могут играть внешние по отношению к водоему факторы — интенсивность достигающей поверхности водоема солнечной радиации, которая вместе с температурой воздуха и ветровым режимом определяют термику водоема, количество привносящих биогенные элементы атмосферных осадков, и другие факторы, которые в целом можно охарактеризовать как совокупность погодных условий. Поскольку климат определяется именно как совокупность погодных условий в некотором временном интервале, можно предположить, что относительно кратковременные климатические вариации могут оказывать воздействие на продуктивность фитопланктона — основного поставщика энергии в водоемах с замедленным стоком.

Материалом для данного сообщения послужили многолетние (1979–2011 гг.) ежедневные и еженедельные с мая по октябрь определения интенсивности фотосинтеза фитопланктона *in situ* на глубине 0.25 м. Последняя близка к оптимальной глубине фотосинтеза (Пырина, 1995). С 1984 г. определялось также содержание фотосинтетических пигментов. Наблюдения проводились в литорали Рыбинского водохранилища в районе стационара ИБВВ РАН «Сунога» (Девяткин, 1983, 2003). Использовалась стандартная методика скляночного метода в его кислородной модификации (Винберг, 1960; Методика ..., 1975). Полученные хронологические ряды данных исследовались совместно с синхронными многолетними наблюдениями параметров окружающей среды. В ряде случаев применялось ранговое усреднение данных по градиенту тех или иных факторов. Как правило, число переменных в пределах каждого ранга было не менее 25–30 значений.

Среди множества климатических факторов для фитопланктона наиболее важны свет и температура, так как именно они определяют энергетику водорослей и их способность к новообразованию органического вещества. Продуктивность фитопланктона, как и других автотрофных организмов, в большой степени зависит от

энергии
Adrian et
следуем
ема солн
ленные р
Так сезо
зультате
топланк
декаде а
«западе
растворе
конце л
руются л
Ме
го показ
фитопла
В
скими у
дящей с
lnⁿ
O₂/л в с
lnⁿ
тки, Iz -
Сг
кислоро
ln O₂=
сыщен
Тг
смещен
достига
происх
зультат
др., 200
Т
темпер
фотоси
наших
Т
0.0053
М
(уравн
валов
Е
темпе
0.0000
М
(Net)
ется (с
синте
(
чение
прогр
!
+ 0.00
тона
держ
шени
есть
Здесь