

Таксономический состав нитчатых водорослей Черекского водохранилища

*Д.К. Кожаева, к.б.н., С.Ч. Казанчев, д.с.-х.н., профессор,
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ*

Первичная продукция водоёмов – результат жизнедеятельности населяющих его растительных организмов – существенно отличается от всех других видов биологической продукции тем, что представляет собой новообразование органических веществ из минеральных, требующее затраты определённого количества энергии.

Под продуктивностью водной массы понимается количество органического вещества, образованного фитопланктоном за определённый отрезок времени.

Признано, что главным и практически единственным источником первичной продукции в водоёмах служит фотосинтез, осуществляемый фитопланктонным сообществом [1, 2]. Фитопланктон состоит из водорослей, которые в подавляющем большинстве случаев имеют краткий цикл развития и способны к быстрому размножению. Многие

представители фитопланктона (зелёные нитчатые) непрерывно поступают в пищу гидрофауны.

Число исследований фотосинтеза нитчатых водорослей весьма ограничено. Некоторые сведения по этому вопросу можно найти в работах о продукции фитопланктона [3, 4]. Изучение нитчатых водорослей по определению первичной продукции Черекского водохранилища явилось частью комплексных исследований Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета.

Цель исследования — установить таксономическую принадлежность нитчатых водорослей, степень приуроченности их к субстрату, биомассу, районы сосредоточения, интенсивность фотосинтеза и дыхания, скорость продукционных процессов.

Материал и методы исследования. Отбор проб и обработку нитчатых водорослей осуществляли осадочным методом [5], качественный состав — по О.А. Коршиковой и Л.А. Свиренко [6, 7]. Количественную обработку проводили счётным методом. Биомассу определяли исходя из индивидуальной массы отдельных видов нитчатых водорослей.

Интенсивность фотосинтеза измеряли с помощью метода склянок (кислородная модификация) при экспозиции 24 час. [1]. Всего проведено 10 опытов и обработано 120 проб.

Величины суточного кислородного баланса нитчатых для отдельных участков водохранилища даны среднеарифметические, по мелководьям в целом за месяц — средневзвешенные.

Результаты исследования. По материалам многолетних исследований (2005–2010 гг.) фитопланктона Черекского водохранилища нами обнаружено свыше 50 видов зелёных нитчатых водорослей, относящихся к 4 классам: улотриховые (*Ulothrichosyceae*), сифоновые (*Siphonophyceae*), конъюгаты (*Conjugatophyceae*), протококковые (*Protococophyceae*).

За последние 2–3 года наметилось снижение среднегодовых значений общей численности нитчатых водорослей, а состав их стал менее разнообразным. К наиболее распространённым за последние годы отнесены *C. fracta*, *C. glomerata*, *Oe. vaucherii*, *Oedogonium* sp. St., *H. reticulatum*, *M. gracilis*, *M. laetevirens*, *neougeotia* sp., *S. crassa*, *S. maxima*, *S. subcrassa*, образовавшие в разнообразных сочетаниях между собой и с менее распространёнными нитчатыми (*Oedogonium bascii*, *Oe. urbicum*, *Oe. undulatum* Br), *Stigeclonium lubricum*, *S. tenul*, *Chaetophora elegans*, *Microspora amoena*, *Spirogyra fluviatilis*, *S. stictica*, *Sphaeroplea annulina* (табл. 1).

Первые данные по продукции названных видов нитчатых водорослей получены с разных участков в июне — июле 2007 г. В дальнейшем (2008–2010 гг.) исследование проводили с мая по октябрь — начало ноября на разных створах водохранилища. Таким образом, были охвачены все основные участки сосредоточения нитчатых.

Для выбора экспозиции и навески нитчатых водорослей в 2007 г. были проведены специальные

опыты, в результате которых установлено, что суточные величины фотосинтеза и дыхания, рассчитанные при одинаковых навесках, но разной экспозиции значительно возрастают по мере её уменьшения. При 6-часовой и более продолжительной экспозиции в светлых цилиндрах наблюдалось перенасыщение кислородом. При 12-часовой и суточной экспозиции в тёмных цилиндрах кислород не обнаружен.

На основании эмпирических точек построена теоретическая линия регрессии, отражающая зависимость величины расчётной суточной продукции от сроков экспозиции:

$$P_{\phi} = 20,4 e^{0,04 T}, \text{ или в логарифмическом виде:}$$

$$l_n P_{\phi} + 1,31 - 0,04 T,$$

где P_{ϕ} — фотосинтетическая продукция;

T — экспозиция в час.;

l — основание натурального логарифма.

Указанная зависимость выражается обратной экспонентной, иными словами, при увеличении сроков экспозиции продукция нитчатых водорослей снижается.

В ходе опытов установлено также, что с увеличением навески от 0,5 до 4,0 г количество выделенного кислорода уменьшается. В настоящей работе при навесках 0,25–0,50 г продолжительность опытов выбрана 3-часовая, при навеске 1,0 г — 1- или 2-часовая.

Для характеристики скорости продукционных процессов использован показатель фотосинтетической активности (фотосинтез единицы массы нитчатых, отнесённый к 1 час.). Суммарную суточную продукцию рассчитывали путём интеграции трёх — шести определений интенсивности фотосинтеза, выполненных на протяжении светлого времени суток.

Фотосинтетическая активность группировок нитчатых в Черекском водохранилище изменялась в значительных пределах (табл. 1).

Как показывают данные таблицы, величина ф.а. определялась видовой принадлежностью нитчатых, сезонной динамикой их развития, зависящей в свою очередь от гидрологических особенностей каждого года, степенью обрастания эпифитами, характером биотопа и другими факторами. Наиболее высокими величинами фотосинтетической активности отличаются группировки *H. reticulatum* и *C. glomerata*. Максимальная фитосинтетическая активность первого отмечена в июле 2009 г. — в период наибольшего прогрева воды (24–25°C). У представителей *Cladophora* наибольшие показатели приходились чаще на июнь или сентябрь, когда температура воды составляла 19–21°C. Интенсивность фотосинтеза *C. gracta* и смешанных группировок нитчатых (других представителей родов *Cladophora*, *Oedogonium*, *Mougeotia*, *Zygnema*, *S. perogyra*) была обычно ниже. Примечательно, что при массовом развитии эпифитов большинство

1. Фотосинтетическая активность (ф.а.) группировок нитчатых водорослей (доминирующие виды)

Участок, место обитания, месяц	Глубина, см	Зелёные нитчатые	Микроэпифиты	Ф.а., мг О ₂ /г сухая масса
1	2	3	4	5
2008 г.				
Южная часть литорали ивняка, июнь	30–50	<i>C. fracta</i> , <i>oedagbnum</i> sp. st.	<i>Cocconeis placentula</i> , <i>Cymbella vantrivosa</i> (4)	6,0
Рдест пронзеннолистный, июль	100	<i>C. fracta</i>	<i>Rhoicosphaenia curvata</i> , <i>C. Ventricosa</i> , <i>Sydraulna</i> , <i>Melosira</i> , <i>Varians</i> , <i>Gomphanema acuminatum</i> , <i>Lyngbya kuetzingii</i> (5)	3,1
Стрелолист и манник, июль	50–80	<i>C. fracta</i> , <i>Oedogonium</i>	<i>C. placentula</i> , <i>C. Ventricosa</i> , <i>Fragilaria Virescens</i> <i>Eunotia gracilis</i> , <i>G. constrictum</i> , <i>Gacuminatum</i> (5)	3,3
Частуха, июль	30–40	<i>Cladophora</i> s.p. <i>M. leaetevirens</i> , <i>Z. vaginatum</i>	<i>F. virescens</i> , <i>C. ventricosa</i> , <i>Eunotia fada</i> (6)	12,3
Коряги и кусты ивняка, июль	50–70	<i>C. fracta</i>	<i>C. ventricosa</i> , <i>C. placentula</i> (1)	4,0
Страховский камыш, июль	35	<i>C. fracta</i>	<i>C. placentula</i> , <i>Rh. curvata</i> (3)	6,2
Рдест пронзеннолистный, июль	60	<i>C. fracta</i>	<i>C. placentula</i> , <i>G. acuminatum</i> , <i>L. Kuetzingii</i> (4)	6,3
Ежеголовник, июль	30–60	<i>C. fracta</i> , <i>C. trispata</i>	<i>F. viridulum</i> (4)	14,7
2009				
Рогоз узколистный, июль	30–80	<i>C. fracta</i>	<i>C. placentula</i> , <i>F. virescens</i> , <i>G. constrictum</i> (3)	2,7
Рогоз узколистный, июль и камыш, июнь	20–40	<i>C. fracta</i>	<i>M. varians</i> , <i>Cymbella prostrata</i> (2)	6,5
Рогоз узколистный, июль	18–55	<i>C. fracta</i> , <i>Mocegotia</i> sp. st.	<i>C. placentula</i> , <i>Cosmarium granatum</i> , <i>Navicula cryptocephala</i> (5)	17,3
Рдест пронзеннолистный, июль	40–80	<i>C. fracta</i>	<i>C. placentula</i> , <i>L. kuetzingii</i> , <i>G. constrictum</i> . M.v, <i>N. cryptocephala</i> (5)	18,2
Восточная часть литорали, коряги, ивняка, камни, июль	20–30	<i>C. gloverata</i>	<i>G. constrictum</i> , <i>Osillatoria tenuis</i> Ag., <i>F. virescens</i> (3)	19,5
Восточная часть литорали коряги, ивняка, камни, июль	20–30	<i>C. gloverata</i>	<i>Rh. curvata</i> , <i>G. olivaceum</i> , <i>D. vulgare</i> , <i>C. ventricosa</i> (3)	18,0
Коряги и пни, сентябрь	20–40	<i>C. gloverata</i>	<i>Rh. curvata</i> , <i>D. vulgare</i> (1)	31,2
Восточная часть литорали, рдест пронзеннолистный, июль	у поверхности воды	<i>C. fracta</i>	<i>M. varians</i> , <i>S. ulna</i> , <i>Rhopalodia gibba</i> , <i>C. placentula</i> (4)	10,6
Стрелолист, июль	20–50	<i>C. fracta</i>	<i>G. constrictum</i> , <i>F. virescens</i> , <i>D. vulgare</i> , <i>E. zebra</i> , <i>Rh. curvata</i> , <i>C. ventricosa</i> (5)	1,9
Дно, октябрь	20–40	<i>C. fracta</i> , <i>oedagbnum</i> sp. st.	<i>C. placentula</i> , <i>Rh. curvata</i> , <i>G. constrictum</i> (6)	4,7
Горец земноводный, октябрь	у поверхности воды	<i>C. fracta</i>	<i>C. placentula</i> , <i>D. vulgare</i> , <i>Rh. curvata</i> (4)	20,8
Гелорез алоэвидный, октябрь	102	<i>C. fracta</i>	<i>F. zebra</i> , <i>G. constrictum</i> , <i>M. varians</i> , <i>Rh. curvata</i> (5)	15,6
Сусак зонтичный, октябрь	50–70	<i>S. erassa</i> , <i>S. subarassa</i> , <i>M. gracilis</i> , <i>C. fracta</i> , <i>oedagbnum</i> sp. st.	<i>Cymbella cistula</i> , <i>C. tumida</i> , <i>M. varians</i> , <i>C. placentula</i> , <i>E. zebra</i> , <i>G. constrictum</i> (6)	7,8
2010 г.				
Северная часть литорали, рогоз узколистный, май	30–80	<i>C. fracta</i>	<i>C. placentula</i> , <i>F. virescens</i> , <i>G. constrictum</i> (2)	2,7
Рогоз узколистный и камыш, июнь	20–40	<i>C. fracta</i>	<i>M. varians</i> , <i>Cymbella prostrata</i> (3)	6,5
Рогоз узколистный, июль	18–55	<i>C. fracta</i> , <i>Mougeotia</i> sp.st.	<i>C. placentula</i> , <i>Cosmarium granatum</i> , <i>Navicula cryptocephala</i> (4)	17,3

1	2	3	4	5
Рдест пронзённолистный, июль	40–80	<i>H. reticulatum</i> <i>C. fracta</i>	<i>C. placentula</i> , <i>L. kuctzingit</i> , <i>G. cjnstri-ctum</i> , <i>M. varians</i> , <i>N. cryptocephala</i> , <i>Rh. curvala</i> , <i>D. vulgare</i> (5)	18,2
Коряги и пни, сентябрь	20–40	<i>C. glomerata</i>	<i>Rh. curvata</i> (5)	31,2
Рдест гребенчатый, сентябрь	50	<i>C. fracta</i>	<i>Cymbella lauceolata</i> , <i>C. ventricosa</i> , <i>G. constrictum</i> , <i>Rh. curvata</i> , <i>Epithema zebra</i> (5)	10,1
Дно, октябрь	20–40	<i>C. fracta</i> <i>Oedogonium</i> sp.st.	<i>C. placentula</i> , <i>Rh. curvata</i> , <i>G. constrictum</i> (4)	4,7
Горец земноводный, октябрь	у поверх-ности воды	<i>C. fracta</i>	<i>C. placentula</i> , <i>D.v.</i> , <i>Rh. curvata</i> (7)	20,8
Гелорез алоэвидный, октябрь	102	<i>C. fracta</i>	<i>E. zebra</i> , <i>G. congstrictum</i> , <i>M. varians</i> . <i>Rh.c</i> (4)	15,6
Сусек зонтичный, октябрь	50–70	<i>S. crassa</i> , <i>S. suberassa</i> , <i>M. gracilis</i> , <i>C. fracta</i> , <i>Oedogonium</i> sp. st.	<i>Cumbella cistula</i> , <i>C. tumida</i> , <i>M. varians</i> , <i>C. placentula</i> , <i>E. zebra</i> , <i>G. constrictum</i> (5)	7,8

Примечание: Водоросли приводятся в порядке значимости; цифра в скобках – количественная оценка: 1 – единично, 2 – мало, 3 – среднее, 4 – много, 5–6 – массово

клеток *Cladophora* и *Oedogonium* имели бесформенные или совсем разрушенные хроматофоры. В этих случаях основными продуцентами кислорода, вероятно, являлись эпифиты.

Сравнение величин фотосинтетической активности, полученных нами для группировок нитчатых Черекского водохранилища, с приведёнными в литературе [8] показало, что, несмотря на расхождение условий наблюдения, те и другие одного порядка.

Кривая суточного хода фотосинтеза группировок нитчатых имела характер одно- или двухвершинной кривой с максимумами в пред- и послеполуденные, реже полуденные часы. Наиболее высокие величины суточного фотосинтеза в расчёте на единицу массы приходятся на июнь и сентябрь. В июле интенсивность фотосинтеза ниже. Аналогичные данные получены и на расположенном у шлюза участке водохранилища (табл. 2).

Так как исследование фитопланктона (нитчатые) проводили с мая по конец сентября при довольно высоких температурах воды, перечисленные виды встречались в течение всего вегетационного сезона. На протяжении вегетационного сезона происходит смена форм; в каждый период исследования регистрировали 5–10 форм, хотя массовое развитие вызвало небольшое число видов.

Продукция скоплений нитчатых с единицы площади (м²) по месяцам вегетации зависит от годового хода температурного режима (табл. 2, 3). В июне – июле она выше, чем в другие месяцы наблюдений, в связи с тем, что на эти месяцы приходится максимальные величины биомассы и продолжительность светового дня. В сентябре эти показатели заметно изменяются, и, несмотря на высокую ф.а., продукция нитчатых с 1 м² скопления равна июньской и июльской или несколько меньше её.

2. Средние величины продукции и деструкции зелёных нитчатых водорослей Черекского водохранилища (мг О₂/г)

Показатель	2008 г., месяц					2009 г., месяц					2010 г., месяц				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
Фотосинтетическое выделение кислорода за световой день	8,28	24,41	21,12	22,10	17,12	20,54	39,22	9,44	2,07	15,3	12,40	27,40	11,10	15,10	9,20
Деструкция	1,2	3,0	3,98	4,01	3,10	2,87	5,35	2,96	3,07	2,3	1,70	2,80	4,40	3,60	1,90
Суточная продукция	7,8	21,44	17,14	17,14	11,82	17,67	32,87	6,48	7,05	12,65	10,70	24,60	12,70	11,50	10,0

3. Биомасса (сырая масса) и суммарная продукция зелёных нитчатых водорослей Черекского водохранилища

Показатель	2008 г., месяц					2009 г., месяц					2010 г., месяц				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
Биомасса, г/м ²	510	1000	1500	1600	355	500	600	750	650	350	350	700	740	730	305
Продукция с площади скопления нитчатых, г О ₂ /м ²	501,1	521,4	468,7	459,1	347,2	109,7	385,8	398,6	374,7	345,7	191,7	690,2	125,2	115,7	110,3

Суммарная продукция нитчатых за сентябрь ниже, чем в летние месяцы (табл. 3).

Полученные величины продукции нитчатых водорослей не являются абсолютными, поскольку в разные месяцы было выполнено неодинаковое количество опытов при разных метеорологических условиях. Эти данные могут служить для сопоставления продуктивности нитчатых в разные месяцы года, кроме того, суммируя величины продукции с мая по октябрь, получим, с некоторыми допущениями, продукцию нитчатых водорослей за вегетационный период. В 2009 г. она составила примерно 1160 г O₂ «скоплений» нитчатых. Эта величина ниже продукции фитомикробентоса, но выше продукции фитопланктона на 1 м².

Оценивая роль нитчатых на мелководьях Черекского водохранилища, следует учитывать, что общая занятая ими площадь по сравнению с таковой фитопланктона и фитомикробентоса небольшая: она составляла около 490 га (20% и площади мелководий).

По вопросу структуры фитопланктона, наиболее благоприятного и экономичного для рыбопродуктивности, в литературе нет единого мнения. Ряд авторов считают, что для получения высокой рыбопродуктивности необходимо содействовать развитию зелёных нитчатых водорослей, особенно протококковых, служащих пищей зоопланктонным организмам [1, 6, 9]. Значение нитчатых в создании органического вещества в мелководной зоне

Черекского водохранилища значительно выше, чем фитопланктона.

Выводы. За период 2005–2014 гг. наблюдений выявлены значительные межгодовые колебания количественных показателей развития зелёных нитчатых водорослей, отражающие экологическое состояние водохранилища.

В продукционно-диструкционных процессах диструкция преобладает над продукцией, а в диструкционных процессах аллохтонная органика превалирует над автохтонной. Для улучшения гидробиологической продуктивности водоёмов необходимо содействовать развитию зелёных нитчатых водорослей.

Литература

1. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоёмов. Минск: Изд-во АНБССР, 1960. С. 158–171.
2. Кожаяева Д.К., Казанчев С.Ч. Биоразнообразие и таксономические группы фитопланктона Черекского водохранилища // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 3 (27). С. 212–215.
3. Бессонов Н.М., Привезенцев Ю.А. Рыбохозяйственная гидробиология. М.: Агропромиздат, 1987. С. 131–142.
4. Кожаяева Д.К., Казанчев С.Ч. Трофическая цепь водоёмов КБР. М.: МАКБ, 2008. С. 97–100.
5. Усачёв Т.И. Методы определения гидробионтов. М.: Наука, 1961. 170 с.
6. Коршикова О.А. Значение пресных водорослей. Киев, 1953. С. 430–437.
7. Свиренко Л.А. Определение видового состава, численности и биомассы фитопланктона. Л.: Наука, 1938.
8. Кожаяева Д.К., Казанчев С.Ч. Гидроэкологическая характеристика Черекского водохранилища КБР // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 3 (27). С. 241–244.
9. Воробьёва Н.Б. Изменения структуры биоценозов озера Балхаш как индикаторы антропогенного воздействия // Биомониторинг в мониторинге пресноводных экосистем. 2-е изд. СПб.: Любавич, 2011. С. 54–59.