

УДК 551.482.214

ВЛИЯНИЕ БИООРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРЕКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

THE INFLUENCE OF MACROGEOGRAPHICAL ON HYDROCHEMICAL DATA FOR CHEREK RESERVOIR

Д. К. КОЖАЕВА, кандидат биологических наук, доцент

Д. В. ЖАНТЕГОЛОВ, аспирант

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет

D. K. KOZHAYEVA, candidate biological sciences, associate professor

D. V. ZHANTEGOLOV, post-graduate student

Kabardino-Balkarian state agrarian university

В статье рассматривается влияние круговорота биогенных элементов и биоорганических веществ в Черекском водохранилище. Установлено, что большинство гидрохимических показателей изменялось в основном с середины мая по сентябрь при температуре воды выше 18°C. Это связано с интенсивно протекающими в это время процессами фотосинтеза и деструкции органического вещества.

Среднее содержание растворенного в воде кислорода в эстуариях рек колебалось от 4,8 (2,08) до 15 мг/л, у монаха от 5,4 до 14,8 мг/л.

С мая по конец сентября в водохранилище растворенный CO_2 отсутствовал, что связано с его использованием в процессе фотосинтеза. Об интенсивно протекающих в это время процессах деструкции свидетельствовало снижение содержания растворенных органических форм С, К, Р и увеличение численности гетеротрофных микроорганизмов (от 28 до 63 тыс. кл/мл), сдвиг карбонатного равновесия в сторону образования CO_3^{2-} и совпадение максимума его содержания с максимумом фотосинтетической деятельности (концентрация ионов возрастала от 4–6 до 21–33 мг/л).

Величина РН колебалась от 8,2 до 9,5. Максимальное значение этого показателя совпадало с максимумом фотосинтетической активности. Минеральные формы азота (NH_4^+ , NO_3^-), содержание ионов аммония колебалось в среднем от 0,12 до 0,8, нитритов — от 0,2 до 0,78 мг N/л. Максимальной продукции отвечало минимальное содержание ионов аммония и нитратов (соответственно 0,12 и 0,08 мг N/л). Содержание факторов изменялось от аналитического нуля до 0,095 мгP/л. В вегетационный период оно возрастало до 0,3 мг P/л.

Бихроматная окисляемость изменялась с 23 до 100 мг O/л. Содержание белков в эстуариях рек колебалось на протяжении года от 0,2 до 0,45 мг/л.

Проведенные исследования позволили установить закономерности изменения водоема и выделить этапы круговорота ряда биогенных элементов.

Ключевые слова: эстуарий, монах, фитопланктон, nektonное сообщество, круговорот веществ, биопродуктивность, деструкции.

The paper considers the influence of individual formations of macrogeographical in the period of their vegetation to some hydrochemical data for Cherek reservoir. The main plant species affecting the hydrochemical parameters of reservoir macrophytes: reed (*Phragmites communis*), narrow-leaved cattail (*Typha august folia*), Soucek umbrella (*Butomus umbelatus*), floating pondweed (*Potamogeton natans*). Identified three group formation: air-water, floating, and submerged vegetation.

Our research shows, that some formations have a significant influence on the hydrochemical composition of the Cherek reservoir. The pH value in the daytime (the period of maximum photosynthesis) in the estuaries of rivers, in the southern and the Northern part is higher than in the open part of the reservoir. The high values observed in the southern part, where is a large number of developed Susak umbrella. A consequence of changes in pH in the direction of its increase in certain conditions promotes the formation of carbonate, calcium and its deposition on the surface of plants.

The least concentration of calcium observed in the Northern zone, where the variability was 10.9–12,2 mg/l.

Diurnal variation of dissolved oxygen concentration was different. In the southern zone in the daytime maximum (6,89–6,93 mg/l). In the open part of the reservoir these parameters were minimal (6,42–4,75 mg/l).

The level of individual ingredients largely depends on the location of the sampling sites and the availability of vegetation and its species

composition the number of sulfate ions ranges from 10 to 37, bicarbonates from 139 to 206,8 mg/l. are particularly large fluctuations in the content of trace elements, iron, copper, zinc, manganese.

Key words: macrogyria, reeds, pondweed, cattail, Susak, carbonate, estuary of rivers.

Химические анализы воды и простые подсчеты показывают, что в годовом приросте ихтиофауны содержится значительно больше азота и фосфора, чем в воде прудов. Явление это объясняется биологическим круговоротом веществ, происходящим в результате развития жизненных процессов в водоемах.

Биологический круговорот веществ в водоемах совершается с помощью большого количества групп и видов водных организмов, начиная с простейших, невидимых невооруженным глазом бактерий и водорослей, и кончая такими высокоорганизованными гидробионтами, как нектонное сообщество. Этот круговорот возникает в результате различной продолжительности жизни организмов и способности размножения.

Чем быстрее и интенсивнее совершается жизненный процесс в водоеме, тем интенсивнее развивается трофическая цепь, используемая рыбой в пищу. Но количество тех или иных солей в воде далеко еще не определяет интенсивность жизненных процессов и величину биопродуктивности. Не меньшее значение имеет количество биогенных и органических веществ, находящихся в почве. Вода выщелачивает из почвы эти вещества, растворяет их, и тем самым подготавливает пищу для низших водорослей.

Изучение состава, распределения, динамических компонентов воды, а также отдельных стадий их круговорота представляет несомненный интерес для теоретической и практической гидробиологии и гидрохимии.

Цель исследований — установить влияние круговорота биогенных и органических веществ на биопродуктивность водоемов.

Работы проведены в Черекском водохранилище с апреля 2012 по апрель 2013 г. на двух станциях в эстуариях рек (глубиной 2 м), у монаха (глубиной 5 м).

Пробы отбирали зимой один раз в месяц, весной и осенью дважды, летом — каждые пять дней. Гидрохимический анализ проводили по общепринятой методике [1, 2]. Определяли температуру, pH, O_2 , CO_2 , CO_3^{2-} , NO_2^- , NH_4^+ , NO_3^- , Nорг, растворимые фосфаты, Pорг, биохроматнадную окисляемость с улавливанием летучих органических соединений [1], аминокислоты [1], амины [2], растворимые белки [5].

Для объяснения некоторых процессов, связанных с круговоротом азотсодержащих органических

соединений, использованы литературные данные по первичной продукции фитопланктона и развитию микроорганизмов летом.

В течение года температура воды колебалась в пределах 0,2—26°. Большинство гидрохимических показателей изменялись, в основном, с середины мая по сентябрь при температуре воды выше 18°, что связано с интенсивно протекающими в это время процессами фотосинтеза и деструкции органического вещества.

Среднее содержание растворенного в воде кислорода в эстуариях рек колебалась от 4,8 (20 VIII) до 15 IX) мг/л, у монаха от 5,4 (5VII) до 14,8 (15VII) мг/л, и, следовательно, газовый режим водоема был сравнительно благоприятным.

Весной, осенью и зимой величина этого показателя не падает ниже 10 мг/л. С середины июня и до конца августа отмечены перепады концентраций растворенного кислорода, иногда достигавшие 10 мг/л, что можно отнести, главным образом, за счет усиленно протекавших продукционно-деструкционных процессов и в меньшей степени связано с метеорологическими условиями.

Действительно, содержание кислорода хорошо коррелирует с другими ингредиентами (pH, CO_2), определяющими интенсификацию деструкционных процессов. Весной и особенно летом наблюдалась вертикальная стратификация кислорода. Так, в эстуариях рек 20 мая его содержание на поверхности и в придонном слое воды составило 14,6 и 8,7 мг/л, у монаха — соответственно 13 и 5,5 мг/л. Летом в штилевую погоду стратификация еще более выражена (10 июля в эстуариях рек содержание кислорода на поверхности равнялось 20, в придонных слоях — 5,3 мг/л).

С мая по конец сентября растворенная CO_2 в водохранилище отсутствовала, что связано с ее потреблением в ходе фотосинтеза. Лишь 22 августа содержание CO_2 в эстуариях рек составило 2 мг/л. Об интенсивно протекающих в это время процессах деструкции свидетельствовали снижение содержания растворенных органических форм C, N, P и увеличение численности гетеротрофных микроорганизмов (от 28 до 63 тыс. кл./мл.). В целом же процесс фотосинтеза превалировал над деструкцией.

Летом отмечен сдвиг карбонатного равновесия в сторону образования CO_3^{2-} , причем максимум содержания ионов CO_3^{2-} совпадал с максимумом фотосинтетической деятельности (в течение семи дней концентрация ионов возрастала от 4—6 до 21—33 мг/л.).

Заметно увеличилось количество растворенной двуокиси углерода в середине сентября (9—10 мг/л). В это время процессы фотосинтеза замедляются и начинают превалировать процессы деструкции и минерализации органических соединений.

Величина рН колебалась на протяжении всего периода исследований от 7,5 до 9,5. Летом она изменялась за семь суток от 8,2 до 9,5. Максимальное значение этого показателя совпадало с максимумом фотосинтетической активности.

Минеральные формы азота (NH_4^+ , NO_3^-), содержание ионов аммония колебалось в среднем от 0,12 до 0,8, нитратов — от 0,02 до 0,78 мгN/л. Максимальной продукции отвечало минимальное содержание ионов аммония и нитратов (соответственно 0,12 и 0,08 мгN/л).

Последующее повышение содержания ионов аммония, несмотря на высокие значения продукции фитопланктона, связано с усилением деструкционных процессов по мере накопления биомассы водорослей. Однако и в этом случае изменение содержания ионов аммония носило ступенчатый характер, что было обусловлено цикличностью процесса продукция — деструкция.

Аналогично изменялась концентрация нитрат-ионов. Начиная с середины сентября, создались благоприятные условия для развития нитрифицирующих бактерий (увеличилось содержание кислорода, уменьшилось количество органических веществ), в связи с чем концентрация нитрат-ионов постепенно возросла до максимального значения — 0,78 мгN/л в первой декаде апреля 2013 г. Концентрации NO_3^- в начале вегетационного периода снижались более интенсивно, чем ионов аммония, по-видимому, в связи с преимущественным потреблением NO_3^- водорослями в процессе фотосинтеза.

Содержание растворенных фосфатов в период исследований в эстуариях рек было выше, чем у монаха и изменялось от аналитического нуля до 0,095 мгP/л (у монаха оно составляло 0,005 и 0,016 мг P/д), а с октября по апрель содержание PO_4^{3-} было равно 0,03 и 0,015 мгP/л, соответственно. В вегетационный период оно иногда резко возрастало. Пики отмечены 5—10 и 25 июля, 15 августа и 1 сентября. С начала мая по конец июня значение этого показателя на обеих точках было близко к нулю. В те же сроки имело место количественное нарастание органических форм фосфора. По всей вероятности, в это время происходила и десорбция фосфатов из донных отложений, чем можно объяснить увеличение количества фосфорсодержащих соединений ($\text{PO}_4^{3-} + \text{P}_{\text{орг}}$) в летние месяцы в несколько раз, по сравнению с начальным периодом вегетации.

Следует также учесть, что процессы регенерации фосфора при разложении органических соединений протекают намного быстрее, чем азота. Время полного обращения фосфора в водоеме равно 5,4 сут [4]. Было установлено также, что при деструкции основная масса органического вещества фитопланктона разлагается в течение четырех суток. Причем на четвертые сутки количество продуктов достигает максимума.

Динамика содержания $\text{P}_{\text{орг}}$ на протяжении вегетационного сезона характеризуется четырьмя экстремальными значениями, связанными с фотосинтетическими процессами. Максимум приходится на начало августа. Уменьшение до нуля зафиксировано в период с середины октября до середины ноября, после чего количество органического фосфора постепенно нарастало до 0,02 мг/л к концу марта 2013 г.

Снижение до нулевых значений совпадает по фазе с некоторым увеличением количества ионов PO_4^{3-} . Иными словами, происходит полная минерализация фосфорсодержащих органических соединений. Максимальные величины содержания $\text{P}_{\text{орг}}$ коррелируют с возрастанием содержания аминокислот и уровнем бихроматной окисляемости.

Бихроматная окисляемость (БО) — показатель общего содержания органических веществ — изменялась от 23 до 100 мг O/л и в среднем на обеих станциях была практически одинаковой. Соотношение летучих и нелетучих компонентов колебалось летом в широких пределах (в среднем 1:4—1:1).

Установлению четкой картины изменений этого соотношения во времени препятствовал ряд побочных явлений: течение, вертикальные перемещения масс воды. В то же время сам факт увеличения содержания в воде летучих метаболитов в период «цветения» сине-зеленых водорослей представляет определенный интерес, так как он позволяет судить об интенсивности развития и отмирания фитопланктона [5].

В вегетационный период величина БО, как и других ингредиентов, характеризовалась цикличностью изменений. Соответствующие максимумы отмечены 10 и 18 июля, 5 августа и 10 сентября. В течение семи, восьми дней величина БО изменилась на 30—80 мгO/л. В осенние, весенние и зимние месяцы содержание летучих органических соединений не превышало 5—10% от общего их количества, величина БО стабилизировалась на уровне 30 мг O/л. [3]

В динамике содержания $\text{N}_{\text{орг}}$ отмечено несколько ярко выраженных пиков. Первые дни (15—25 июля и конец августа) связаны с максимальной фотосинтетической деятельностью фитопланктона. Третий приходился на середину октября, когда продукция фитопланктона упала до минимальных значений, хотя его биомасса была высокой. Этот пик содержания $\text{N}_{\text{орг}}$ коррелирует с количеством $\text{P}_{\text{орг}}$ и БО, что можно объяснить лизисом фитопланктона.

В это время значительно снижается содержание минеральных форм фосфора, что, по-видимому, связано с другими процессами, в частности с сорбцией — десорбцией на границе грунт — вода.

Сравнение с величиной БО показывает, что соотношение C:N уменьшается до 3—4. Это свиде-

тельствует об образовании низкомолекулярных азотсодержащих органических соединений типа аминов и аминокислот. Действительно, количество аминокислот и белков повышается, но не в такой степени, чтобы компенсировать увеличение содержания Норг. Последнее сопровождается заметным увеличением численности гетеротрофных микроорганизмов. Период нарастания и убыли Норг зависит также и от условий протекания процессов фотосинтеза — деструкция. При максимальной температуре воды (июль — август) полный цикл нарастание — уменьшение содержания Норг составил около 20 дней, осенью же (начиная с сентября, он увеличивался до 3,5 месяца).

Содержание белков в эстуариях рек колебалось на протяжении года от 0,2 до 0,45 мг/л, достигая максимальных значений в осенние — зимние месяцы при интенсивном течении продукционно — деструкционных процессов (колебания июль — август).

Количество растворенных белков незначительно (0,2—0,35 мг/л). Их периодичность составляет 10—15 дней соответственно. Но со сдвигом во времени изменяется и содержание аминокислот. Их концентрация колеблется от 10 до 25 мг/л и только к концу августа достигает 50 мкг/л.

Сравнительно постоянное содержание белков в водохранилище определяется суммой двух противоположно протекающих процессов: поступлением белков в результате лизиса клеток гидробионтов и их деструкцией. В летние месяцы эти процессы довольно интенсивны. Как показали лабораторные исследования, постоянная скорость распада белков при температуре 20—25° и достаточном насыщении кислородом равна 0,2—0,3 сут⁻¹. При понижении температуры и таком же насыщении кислородом она уменьшается на порядок и более. Отмечено возрастание содержания метилamina в эстуариях рек в зимнее время.

В целом образование аминов носит эпизодический характер, и можно заключить, что распад аминокислот в водохранилище идет в основном по пути дезаминирования.

Проведенные исследования позволили установить закономерности изменения гидрохимического изменения водоема и выделить этапы круговорота ряда биогенных элементов. Обнаружена четкая корреляция содержания отдельных химических ингредиентов с продукционно-деструкционными процессами. Так, максимальная фотосинтетическая деятельность фитопланктона (июнь — сен-

тябрь) совпадала по времени с циклическими изменениями содержания основных химических ингредиентов: кислорода, минеральных органических форм углерода, азота и фосфора, уровня pH.

Увеличение содержания органических соединений совпадает с максимумом продукционных процессов. После некоторого накопления органических соединений наступал период снижения интенсивности фотосинтеза, сменявшихся деструкцией, которая сопровождалась увеличением численности гетеротрофных микроорганизмов.

Результатом деструкционных процессов было ухудшение кислородного режима водоема. Образующиеся в процессе деструкции органических соединений минеральные формы азота и фосфора вновь вступали в круговорот, усиливая фотосинтетическую активность фитопланктона.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Установлена продолжительность периодов процесса «продукция — деструкция», которая для летнего сезона составляет 15—20 дней. В течение осенне-зимнего сезона деструкция и минерализация органических соединений неполные, что наиболее четко видно на примере растворимых белков.

2. В связи с «открытостью» рассматриваемого объекта не представляется возможным установить количественные отношения изучаемых ингредиентов. Некоторое искажение полученных взаимосвязей было следствием перемешивания под влиянием течений сгонно-нагонных явлений.

3. Более детальное исследование внутри водоемных процессов должно осуществляться путем искусственного выделения большого участка водохранилища и тщательного изучения объекта во времени и пространстве.

● ЛИТЕРАТУРА

1. Алексин О. А., Семенов А. Д., Скопцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод и суши. / О. А. Алексин, А. Д. Семенов, Б. А. Скопцев. // Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 269 с.
2. Бессонов Н. М. Рыбохозяйственная гидрохимия. / Н. М. Бессонов, Ю. В. Привезенцев. // М.: Агропромиздат, 1987. — С. 150—165.
3. Кожеева Д. К. Биоразнообразие и таксономические группы фитопланктона Черекского водохранилища. / Кожеева Д. К., С. Ч. Казанчев. // Известия Оренбургского ГАУ, 2010. — № 4. — С. 212—215.
4. Кожеева Д. К. Гидроэкологическая характеристика Черекского водохранилища КБР. / Д. К. Кожеева, С. Ч. Казанчев. // Известия Оренбургского ГАУ, 2010. — № 3. — С. 241—244.
5. Пешков В. М. Практические руководства по спектрофотометрии и касометрии. / В. М. Пешков, М. И. Громова. // Изд. МГУ, 1975. — 42 с.

e-mail: Kozhaeva-52@mail.ru