

Особенности накопления взвешенных веществ ВОДНЫМИ РАСТЕНИЯМИ *Potamogeton perfoliatus* L., *Ceratophyllum demersum* L. Волгоградского водохранилища

Приведен анализ данных по накоплению взвешенных веществ на поверхности побегов в *Potamogeton perfoliatus* L. и *Ceratophyllum demersum* L. в условиях Волгоградского водохранилища. Выведены уравнения для просчета количества взвеси на непромытых растениях данных видов. Проведено сравнение зольности растений *P. perfoliatus* и *C. demersum* в Волгоградском водохранилище с их зольностью в других водоемах.

Введение

Важным элементом природного аквального комплекса является высшая водная растительность (ВВР), принимающая участие в биотическом балансе, процессах формирования качества воды и биологического режима водохранилища. ВВР образует геохимический барьер для различных веществ, эффективность которого зависит от структуры растительного покрова и параметров водных масс. Заросли макрофитов оказывают гидравлическое сопротивление водному потоку, с одной стороны снижают его энергию, а с другой увеличивают скорость осаждения взвешенных веществ, активизируя процесс заиления акватории [1].

Объектом исследования является Волгоградское водохранилище – водоём равнинного типа, последнее в сети Волжского каскада. Его площадь составляет более 3,1 тыс. км², полный объём – свыше 31,4 км³, полезный объём – 8,2 км³; длина водохранилища по фарватеру достигает 526 км, средние значения ширины и глубины – 5,9 км и 10,1 м, соответственно, при этом наибольшая ширина акватории, не прерываемая береговой линией островов, достигает 13,7 км, а глубина – 42 м [2].

А.И. Кочеткова*,
аспирант,
ФГБОУ ВПО
Волгоградский
государственный
университет

Количество взвесей на растениях прямо или косвенно связано с мутностью и количеством взвешенных веществ в толще воды, что определяет её относительную прозрачность (далее прозрачность). Мутность в открытой части Волгоградского водохранилища колеблется, в основном, от единицы до десятков граммов на кубический метр и может достигать во время шторма 300-500 г/м³ [3].

По данным [3] средняя величина прозрачности для озерного участка водохранилища составляет 2,2-2,8 м. В период интенсивных штормов в прибрежной зоне прозрачность воды резко уменьшается и может составлять лишь несколько сантиметров. На вертикали г. Вольск (речной участок водохранилища) средняя прозрачность воды составляет 1,37 м, максимальная – 2,4 м, минимальная – 0,4 м.

Среднегодовое содержание взвешенных веществ в воде Волгоградского водохранилища за период с 2008-2010 гг. на гидрологических створах составляет по годам, соответственно: 5,2, 4,2 и 3 мг/дм³ (в 2,5 км выше ГЭС, г. Волжский); 5,3, 5 и 3,5 мг/дм³ (в 3 км ниже г. Камышин) и 4,8, 4,8 и 3,2 мг/дм³ (в 1,5 км выше г. Камышин) [4-6].

Цель работы заключалась в анализе зольности растений *Potamogeton perfoliatus* L. и *Ceratophyllum demersum* L. и массы сорбированных взвешенных веществ поверхностью листьев и стеблей и известковых отложений на листьях в условиях Волгоградского водохранилища.

* Адрес для корреспонденции: AIKochetkova@mail.ru

Материалом для исследования послужили пробы макрофитов, отобранные в ходе экспедиций «Волжского плавучего университета» в период максимальной физиологической активности ВВР (июль) 2006–2011 гг. Образцы промытых и непромытых от взвесей и известковых отложений на поверхности растений подвергались сжиганию в муфельной печи сухим методом до полного сгорания органического вещества при температуре 400-450 °С.

Анализ зольности в пробах промытых и непромытых растениях показал значительные расхождения данного показателя. Основная причина несоответствия заключается в наличии взвеси и известковой корки на листьях и стеблях растений в непромы-

тых образцах. В результате проделанной работы были получены формулы для расчета процента взвеси в непромытых растениях *P. perfoliatus* (1) и *C. demersum* (2):

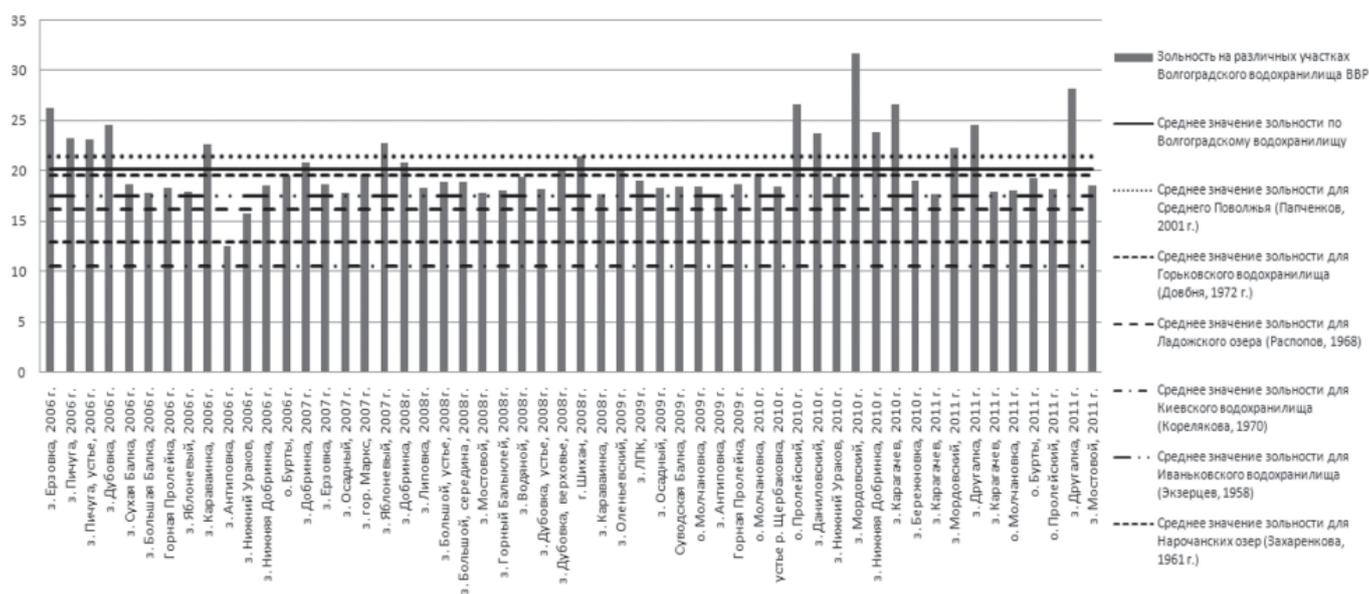
$$y = 0,0076x^2, R^2 = 0,57 \quad (1)$$

$$y = 20,69 \ln(x) - 59,725, R^2 = 0,68 \quad (2)$$

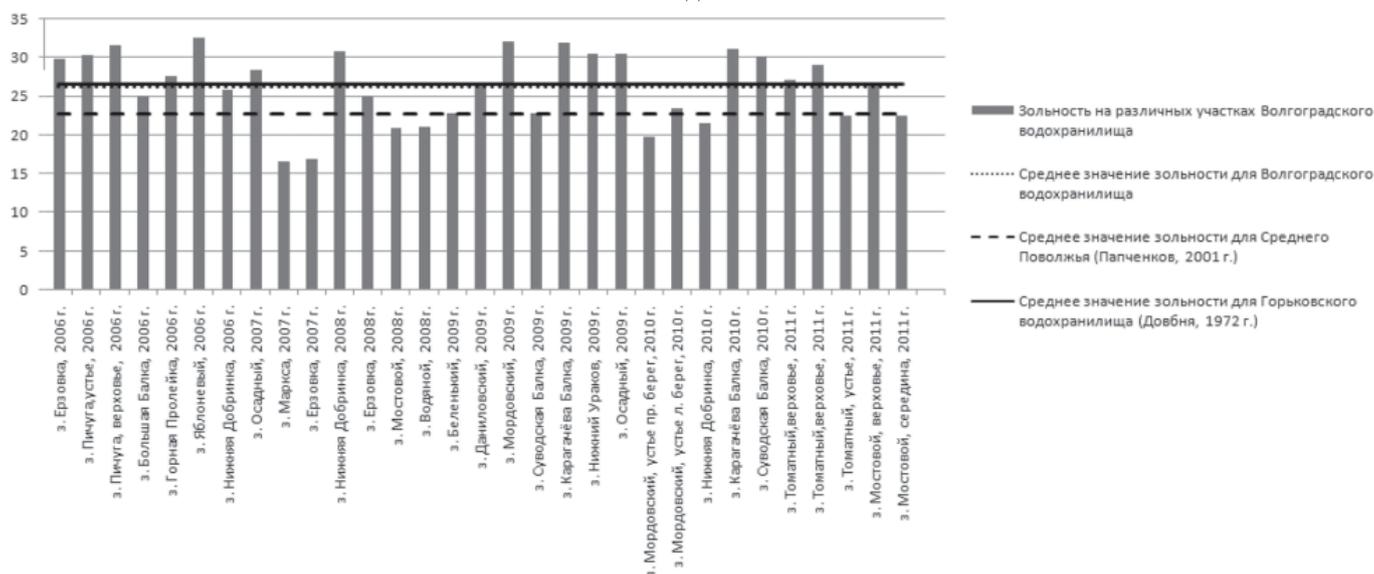
где x – зольность непромытых растений (%), R – коэффициент детерминации.

Применение формул (1) и (2) позволяет рассчитать реальную зольность непромытых растений, необходимую для расчета количества органического вещества и калорийности растений (рис. 1 и 2).

↓ **Рис. 1.** Сравнительный анализ значения зольности (%) *Potamogeton perfoliatus* L. Волгоградского водохранилища с другими водоемами.



↓ **Рис. 2.** Сравнительный анализ значения зольности (%) *Ceratophyllum demersum* L. Волгоградского водохранилища с другими водоемами.



Результаты и их обсуждение

При сравнении полученных данных с результатами анализов тех же видов растений, взятых из других водоемов, можно заметить, что колебания содержания зольной фракции у растений значительны. Зольность *P. perfoliatus* из Волгоградского водохранилища в среднем составляет 20,2%. В условиях других водоемов она колеблется от 10,5% на Киевском водохранилище до 21,4% в водоемах и водотоках Среднего Поволжья [7, 8]. Средняя зольность, произрастающего на Волгоградском водохранилище *C. demersum* составляет 26,3%. Она близка к данным по Среднему Поволжью (22,8%) и Горьковскому водохранилищу (26,6%) [7, 8]. Таким образом, зольность *C. demersum* в большей степени определяется его биологией, чем типом водоема. Расхождения же в результатах с другими водоемами по *P. perfoliatus* скорее всего объясняется различиями в объемах накопления известковых отложений на поверхности листьев, что не всегда учитывается при подготовке проб для анализа [7].

На зольность растений, безусловно, влияет химический состав воды. Вода Волгоградского водохранилища относится к среднеминерализованной с содержанием ионов от 204 до 235 мг/л (данные по основным створам за июль 2011 г.). По характеру ионного состава это гидрокарбонатно-кальциевая вода со значениями HCO_3^- 109,8–229 мг/л и Ca^{2+} 36,8–50,0 мг/л [9]. Киевское водохранилище, также как и Волгоградское, относится к среднеминерализованным и имеет сходные пределы колебания минерализации в летний сезон – от 162 до 335 мг/л. Содержание ионов гидрокарбонатов и кальция в его воде 102–177 мг/л и 27–53 мг/л, соответственно [10]. Из этого следует, что вариабельность значений зольности *P. perfoliatus* связана не только с минерализацией, содержанием кальция и гидрокарбонатов в воде, но и дру-

Ключевые слова:

высшая водная растительность, Волгоградское водохранилище, взвешенные вещества, *Potamogeton perfoliatus* L., *Ceratophyllum demersum* L., зольность

гими условиями среды, влияющими на накопление веществ растениями.

При описании структуры растительного покрова в гео- и гидробиологии принято уделять внимание проективному покрытию (процентная доля растений в горизонтальной проекции на поверхность дна от поверхности пробной площадки) и биомассе (количество вещества, накопленного растительным сообществом на единицу площади к моменту наблюдения) [11, 12]. Между проективным покрытием и биомассой растений существует положительная связь. При этом для сообществ *P. perfoliatus* одним и тем же классом проективного покрытия надземная воздушно-сухая биомасса выше, чем у сообществ *C. demersum* (табл. 1).

Для сопоставления данных по массе взвесей, сорбированных исследуемыми видами ВВР, нами был произведен их перерасчет на воздушно-сухую биомассу растений 100 г/м². Эти данные методом статистической группировки дифференцируются на три кластера с произвольным интервалом: от 8-20 г, 21-30 г, 31-46 г (табл. 2).

Количество взвеси, сорбированной ВВР, обуславливается экологическими условиями произрастания *P. perfoliatus* и *C. demersum*. Первое растение относится к экогруппе погруженных укореняющихся гидрофитов, произрастающих в стоячей и текущей воде, а также в прибойной зоне. Второе относится к экогруппе гидрофитов, свободно плавающих в толще воды с предпочтением глухих заливов водохранилищ с малоподвижной водой (табл. 1) [13, 14]. На Волгоградском водохранилище экологически пластичный вид *P. perfoliatus* встречается на всех мелководьях с глубиной до 6 м и довольно значительной скоростью течения. Сообщества *P. perfoliatus* занимают большие площади в устьях заливов, образуют протяженные полосы зарослей на открытых мелководных участках, незащищенных от ветро-волнового воздействия, имеющих высокую скорость течения, что способствует переносу значительных объемов взвешенных веществ (табл. 1 и 2). Очевидно, этим обусловлен такой высокий процент проб (76,9 %) с содержанием взвеси и известковых отложений в пределах 31–46 г. и обстановка

Таблица 1

Надземная воздушно-сухая биомасса *Potamogeton perfoliatus* L. и *Ceratophyllum demersum* L. (г/м²) и средняя скорость потока движения воды в их зарослях (м/с)

| вид | Классы проективного покрытия, % [8] | | | | Средняя скорость движения воды [1] |
|-----------------------|-------------------------------------|-------|-------|--------|------------------------------------|
| | до 30 | 31-60 | 61-90 | 91-100 | |
| <i>C. demersum</i> | 20 | 60 | 140 | 340 | 0,05 |
| <i>P. perfoliatus</i> | - | 95 | 250 | 450 | 0,12 * |

* скоростные характеристики течений в зарослях *P. perfoliatus* приняты по данным для сообществ *P. lucens*,

« - » данные отсутствуют.



Таблица 2

Количество проб (%) при различной массе взвеси на поверхности растений с надземной воздушно-сухой биомассой 100 г/м²

| Вид | Масса взвеси на поверхности ВВР, г | | |
|-----------------------|------------------------------------|-------|-------|
| | 8-20 | 21-30 | 31-46 |
| <i>P. perfoliatus</i> | 11,54 | 11,54 | 76,92 |
| <i>C. demersum</i> | 13,3 | 40 | 46,7 |

для сорбирования взвеси поверхностью тела у растений *C. demersum* менее благоприятна. Это показывают и наши данные, согласно которым у роголистника масса взвеси и отложений от 31 до 46 г была отмечена лишь в 46,7 % проб.

По данным, приведенным в [15], площадь зарастания Волгоградского водохранилища в 2003 г. составила 24 тыс. га, или 7,5 % от всей акватории водоёма. На большинстве волжских водохранилищ наиболее распространенным гидрофитом является *P. perfoliatus* [16]. Например, в условиях залива Рыбинского водохранилища и подпорного участка по рекам Юхоть и Улейма, которые по морфологии и гидрологическим условиям могут быть моделью Волгоградского водохранилища, этот рдест занимает 40 % площади зарастания водоёма [17]. Интерпретируя эти данные, можно подсчитать, что на Волгоградском водохранилище заросли *P. perfoliatus* занимают площадь около 9600 га и аккумулируют в себе 14,1 тыс. т взвешенных веществ, что составляет приблизительно 0,6 % среднего годового стока наносов с бассейна водосбора водохранилища. Расчет производился по среднему арифметическому значению надземной воздушно-сухой массы *P. perfoliatus*, составляющей 450 г/м². Но это только воздушно-сухая масса веществ и взвесей, которые накапливают растения на своей поверхности. Вместе с тем, хорошо известно, что растительность оказывает существенное сопротивление движению воды, способствуя осаждению взвешенных веществ на поверхность растений и дно водоёма до 10 % от годового твердого стока реки [1].

Заключение

При определении зольности водных растений необходимо учитывать наличие взвеси и известковых отложений на их поверхности.

Путем смывания с поверхности водных растений, накопленных ими взвесей и отложений можно судить о их роли в осадконакоплении и освобождения воды от взвесей.

Способность водных растений накапливать взвеси зависит не только от физиологических особенностей, но и от условий произрастания в водоеме.

Литература

1. Казмирук В.Д. Зарастающие водотоки и водоемы: динамические процессы формирования донных отложений / В.Д. Казмирук, Т.Н. Казмирук, В.Ф. Бреховских. М.: Наука, 2004. 310 с.
2. Филиппов О.В. Абразия на Волгоградском водохранилище: современное состояние и перспективы развития процесса // Проблемы комплексного исследования Волгоградского водохранилища. Сб. науч. статей / Под. ред А.В. Плякина. Волгоград: Волгоградское науч. изд-во, 2009. С. 6-24.
3. Филиппов О.В. Формирование природных аквальных комплексов озерной части Волгоградского водохранилища в условиях измененного гидрологического режима. Дис. к-та. геогр. наук. Волгоград, 2004. 217 с.
4. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2008 г. / Ред. колл.: В.И. Новиков и др. Комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации Волгоградской области. Волгоград: Панорама, 2009. 384 с.
5. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2009г. / Ред. колл.: В.И. Новиков и др. Комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации Волгоградской области. М.: Глобус, 2010. 304 с.
6. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2010 г. / Ред. колл.: О.В. Горелов и др.; Комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации Волгоградской области. Волгоград: Смотри, 2011. 352 с.



7. Довбня И.В. Содержание зольных элементов в прибрежно-водных и водных растениях Горьковского водохранилища // Биология внутренних вод. 1972. Информ. бюлл. № 15. С. 13-21.
8. Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. С. 142-153.
9. Сиденко В.И. Гидрохимический режим Волгоградского водохранилища в 1968-1972 гг. // Волгоградское водохранилище (гидрохимический режим, кормовая база и состояние запасов рыб после создания Саратовского гидроузла) / Ред. коллегия А.И. Яковлева, Г.К. Небольсина, В.П. Вьюшкова. Приволжское книжное изд-во. 1976. Т. 14, С. 3-16.
10. Денисова А.И. Растворенные газы, биогенные элементы и солевой состав водохранилища // Киевское водохранилище (гидрохимия, биология, продуктивность) / Отв. ред. Я.Я. Цееб, Ю.Г. Майстренко. Киев: Наукова Думка. 1972.. С. 18-63.
11. Садчиков А.П. Экология прибрежно-водной растительности (учебное пособие для студентов ВУЗов) / Садчиков А.П., Кудряшов М.А. М.: НИИ-Природа, РЭФИА, 2004. 220 с.
12. Папченков В.Г. Основные гидробиологические понятия и сопутствующие им термины / В.Г. Папченков, А.В. Щербаков, А.Г. Лапиров // Гидробиология: методология, методы. Материалы Школы по гидробиологии. 2003. Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. С. 27-38
13. Лисицина Л.И. Флора водоемов волжского бассейна. Определитель сосудистых растений / Л.И. Лисицина, В.Г. Папченков, В.И. Артеминко. М.: Товар-во науч. изданий КМК, 2009. 219 с.
14. Папченков В.Г. О классификации растительных водоемов и водотоков // Гидробиология: методология, методы. Материалы Школы по гидробиологии. Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. С. 23 -26.
15. Шашуловский В.А. Формирование биологических ресурсов Волгоградского водохранилища в ходе сукцессии его экосистемы / В.А. Шашуловский, С.С. Мосияш. М.: Товар-во научных изданий КМК, 2010. 250 с.
16. Папченков В.Г. Особенности зарастания водохранилища / В.Г. Папченков, О.И. Козловская // Современное состояние Шекнинского водохранилища. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2002. С. 199-210.
17. Папченков В.Г. Растительный покров залива и подпорного участка рек Юхоть и Улейма // Ярославский педагогический вестник. 2011. Т. 3 (естественные науки), № 1. С. 119-127.



A.I.Kochetkova

ACCUMULATION OF SUSPENDED PARTICLES BY AQUATIC PLANTS *Potamogeton perfoliatus* L., *Ceratophyllum demersum* L. OF VOLGOGRAD RESERVOIR

Data on accumulation of suspended particles of *Potamogeton perfoliatus* L. and *Ceratophyllum demersum* L. offshoots in Volgograd region have been analyzed. Equations for suspension calculation of unwashed plants of these species have been developed. A comparison of the ash content of plant *P. perfoliatus* and *C. demersum* of Volgograd Reservoir with ash content of plants from different reservoirs has been made.

Key words: higher aquatic vegetation, Volgograd Reservoir, suspended solids, *Potamogeton perfoliatus* L., *Ceratophyllum demersum* L., ash