

# МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОПУЛЯЦИИ *VALLISNERIA SPIRALIS* L. В ВОДОЕМЕ- ОХЛАДИТЕЛЕ БЕЛОВСКОЙ ГРЭС (ЮГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

© 2010 Зарубина Е.Ю., Соколова М.И.

Институт водных и экологических проблем СО РАН,  
656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1, [zeur@iwep.asu.ru](mailto:zeur@iwep.asu.ru)

Поступила в редакцию 21.07.2010

В статье приведены данные о многолетних изменениях в популяциях вида-вселенца *Vallisneria spiralis* в водоеме-охладителе Беловской ГРЭС. Показано, что за 45-летний период эксплуатации водохранилища валлиснерия активно расселилась в водоеме в местах постоянного сильного подогрева воды и на отдельных участках умеренного подогрева. За этот период произошло увеличение ее биомассы в фитоценозах.

**Ключевые слова:** *Vallisneria spiralis*, водоем-охладитель, Беловская ГРЭС, вселение, высшая водная растительность, биомасса.

## Введение

Проблема биологических инвазий чужеродных видов в последние 50 лет стала одной из ключевых в исследованиях водных экосистем. Для оценки степени их трансформированности в результате вселения чужеродных видов необходимо изучение видов-вселенцев в новых для них местообитаниях.

Одним из видов-вселенцев, в настоящее время довольно часто отмечаемым в водоемах-охладителях Сибири, Урала и Европы, является валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis*) [Журавель, 1974; Ваулин, Зубарева, 1979; Катанская, 1979; Волобаев, 1989; Протасов, Здановски, 2001]. Это растение относится к группе термофильных евросубтропических видов, ареал которого, в связи с распространением на участках водоемов-охладителей, подверженных влиянию теплых сбросных вод, значительно расширился.

## Материалы и методы

Беловское водохранилище создано в 1964 г. зарегулированием стока р. Инья у

г. Белово Кемеровской области для охлаждения подогретых сбросных вод Беловской ГРЭС. Водоохранилище находится в центральной части Кузнецкой котловины. Поверхность котловины имеет холмисто-волнистый рельеф и в настоящее время распахана и занята сельскохозяйственными землями.

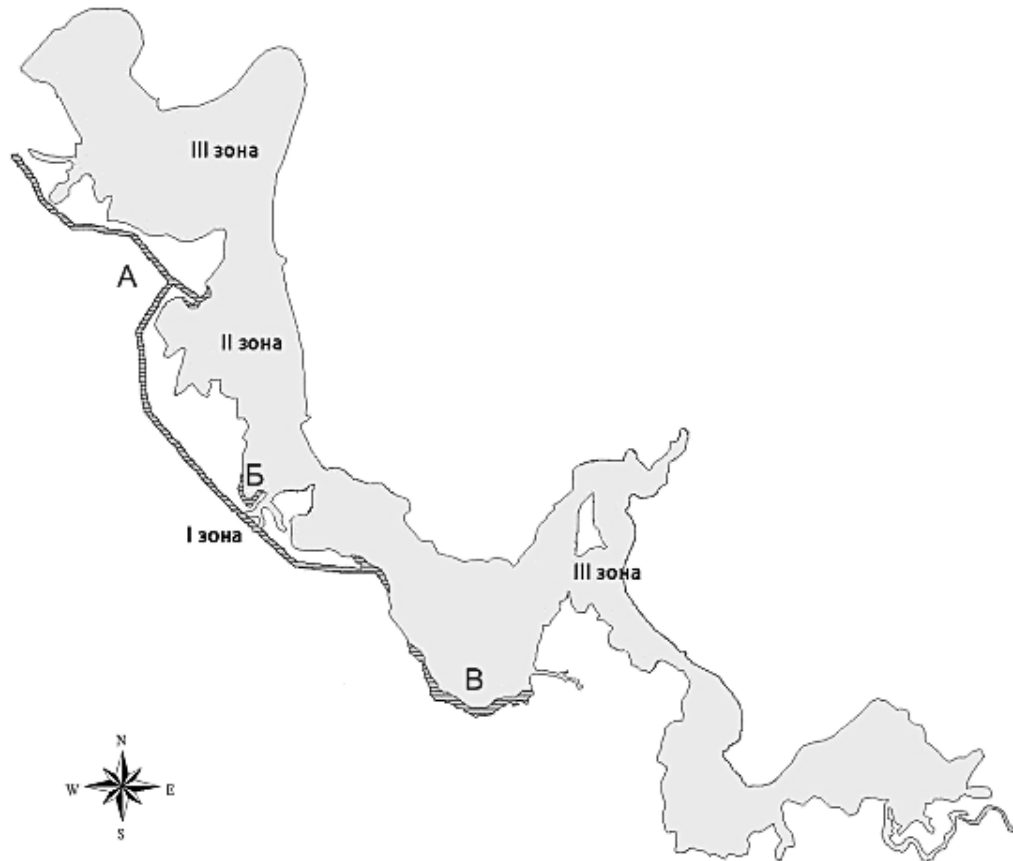
Водоохранилище озерно-речного типа с достаточно сильно развитой береговой линией. Длина водоема 10 км, максимальная ширина 2.3 км, минимальная – 1.0 км, максимальная глубина 12.0 м, средняя – 4.4 м по проектным данным. Объем водных масс 60 млн м<sup>3</sup>. Площадь зеркала при нормальном подпорном уровне (НПУ) 13.6 км<sup>2</sup>, площадь мелководий до 2.0 м при НПУ – 5.4 км<sup>2</sup>. Площадь водосборного бассейна до створа плотины – 1970 км<sup>2</sup>. По площади акватории водоем относится к малым водохранилищам, по средней глубине – к мелководным водоемам [Кириллов и др., 1983].

Амплитуда колебаний уровня воды в течение года незначительна, максимально допустимая сработка – 1.9

м. Одна из особенностей Беловского водохранилища, как и других водоемов-охладителей с оборотной системой водоснабжения, – большая интенсивность внутреннего водообмена (около 25 раз в год) [Кривоносов и др., 1984].

Гидротермический режим водохранилища наряду с естественными факторами определяется в значительной степени сбросом подогретых вод ГРЭС.

Вода поступает на ГРЭС по водозаборному каналу из приплотинного участка и сбрасывается по сбросному каналу длиной около 7 км в среднюю часть водохранилища. В результате образуется циркуляционный поток охлаждающейся воды, охватывающий около 40% акватории. По степени влияния подогрева в водоеме можно выделить три зоны (рис.):



**Рис.** Схема распространения валлиснерии спиральной в водоеме-охладителе Беловской ГРЭС (сбросной канал – зона постоянного сильного подогрева (А); зона умеренного подогрева (Б, В); штриховкой обозначены заросли валлиснерии).

I зона – постоянного сильного подогрева, расположенная непосредственно в месте сброса теплых вод. Это сбросной канал и часть водохранилища в районе его устья. Максимальная температура воды (в июле) здесь может достигать 36 °С.

II зона – умеренного подогрева, включающая часть акватории, где распространяется циркуляционный поток нагретой воды. В течение всей зимы за счет поступления теплых вод из

сбросного канала на этом участке ледяной покров не образуется или существует короткое время.

III зона – слабо подогреваемая, расположенная в верхнем плесе и приплотинной части водохранилища. Температурный режим здесь близок к естественному.

Наибольшее отличие термического режима различных зон водохранилища наблюдается в холодное время года. В теплое время года разница между

температурой воды в подогреваемой и неподогреваемой зонах около 5 °С, в холодное время года 8–15 °С. По степени влияния теплых сбросных вод ГРЭС, согласно классификации М.Л. Пидгайко [Пидгайко и др., 1970], водохранилище относится к водоемам с умеренным подогревом.

Работа основана на результатах натурных исследований, проведенных в апреле, июле и сентябре 2002 г., июле 2006 г., апреле, августе и октябре 2008 г. Полевые исследования осуществляли с применением стандартных методов [Белавская, 1979; Катанская, Распопов, 1983]. Для определения фитомассы валлиснерии делали укусы с площадок размером 0.25 м<sup>2</sup>. После сушки на воздухе пробы, согласно рекомендациям В.Г. Папченкова [2001], досушивали в сушильном шкафу при 65 °С до постоянного веса с точность до 0.1 г.

Запасы фитомассы валлиснерии в сбросном канале были рассчитаны по формуле, предложенной И.Л. Кореляковой [1972], для равномерно распределенных одновидовых сообществ с густым травостоем:

$$p = B \cdot S, \text{ где}$$

$p$  – запасы фитомассы,  $B$  – фитомасса на 1 м<sup>2</sup>,  $S$  – площадь участка зарослей данного вида.

### Результаты исследования

Вселение валлиснерии спиральной в Беловское водохранилище, вероятно, произошло, на втором десятилетии его существования. В.М. Катанской [1979], обследовавшей водоем в начале семидесятых годов прошлого века, этот вид обнаружен не был. А уже в 1978–1979 гг., то есть через 14 лет эксплуатации водоема-охладителя, В.В. Кириллов с соавторами [1983] отмечают заросли валлиснерии в виде полос шириной около 1 м вдоль обоих берегов сбросного канала в 1.5–2.0 км ниже истока до самого устья (см. рис.).

В 2002 г. валлиснерия также была обнаружена в сбросном канале значительно ниже истока. В 2006 и 2008 гг. валлиснерия распространилась до

истока сбросного канала – места максимального подогрева воды. Заросли валлиснерии шириной 3–5 м отмечены по всему каналу от истока до устья. В этот же период валлиснерия обнаружена и на отдельных участках водохранилища в зоне умеренного подогрева (см. рис.). Сообщества валлиснерии в виде полос или отдельных пятен встречены как в заливах, так и на участках с сильным течением (устье сбросного канала) в береговой зоне на глубине от 0.3 до 1.5 м. На мелководных участках валлиснерия имела высокую жизненность, ее листья заполняли всю толщу воды от дна до поверхности. Длина листа в сбросном канале в летний период составляла 20–25 см при ширине – до 0.4 см; в водохранилище в зоне умеренного подогрева эти показатели были значительно выше – 65–70 см и до 1.5 см соответственно. Численность в фитоценозах составляла более 28 экз./м<sup>2</sup>, средняя высота растений – 54.9±3.6 см.

Несмотря на массовое развитие валлиснерии в подогреваемой части водоема, в неподогреваемой части валлиснерия не обнаружена. Температура воды на участках распространения валлиснерии в летний период колебалась в пределах 23–30 °С, в весенний и осенний периоды – 11.2–17.5 °С.

Так как сбросной канал не замерзает в зимний период, вегетация валлиснерии продолжается круглогодично. При этом в 2002, 2006 и 2008 гг. наблюдалось обильное цветение валлиснерии два раза в год – в апреле и октябре.

Валлиснерия образует как моновидовые сообщества, так и ценозы с другими видами погруженных и плавающих растений. Фитоценозы валлиснерии в большинстве случаев одноярусные, редко – двухъярусные, с густым травостоем и проективным покрытием 70–80% (в двухъярусных – до 95%). В умеренно подогреваемой зоне валлиснерия встречается в составе фитоценозов с доминированием других видов (рдестов гребчатого и курчавого, роголистника погруженного, урути сибирской).

В Беловском водохранилище и сбросном канале было обнаружено 6 ассоциаций валлиснерии спиральной, первые три из которых В.М. Катанской [1979] ранее были отмечены как типичные для водоемов-охладителей:

1. Ассоциация валлиснерии одновидовая или почти одновидовая. Кроме доминанта валлиснерии спиральной, имеющей проективное покрытие 80–95%, для ассоциации отмечены также *Ceratophyllum demersum* L., *Potamogeton crispus* L., *Lemna minor* L. Эти виды отмечены в небольших количествах и имеют проективное покрытие около 5%.

Ассоциация встречается на глубине 0.3–0.7 м вдоль обоих берегов сбросного канала на каменистых искусственных грунтах с наилком (рис. 1, А).

2. Ассоциация *Vallisneria spiralis* – *Ceratophyllum demersum*. Двухъярусное сообщество, в котором роголистник образует нижний ярус. Это сообщество встречается только в ранневесенний период и, возможно, является временной группировкой. Приурочено к мелководным участкам умеренно подогреваемой зоны водоема и илистым грунтам (рис., Б). В момент наблюдения (начало апреля) роголистник находился на начальной стадии развития (частично в виде турионов), длина его стебля не превышала 15 см. Проективное покрытие валлиснерии – 60–70%, роголистника – 20–40%.

3. Ассоциация *Vallisneria spiralis* – *submersa mixta herbosum* (по М.В. Катанской [1979]). Погруженноразнотравно-валлиснериевое сообщество, также двухъярусное с густым травостоем и общим проективным покрытием до 95%. Сопутствующие виды – *Potamogeton pectinatus* L., *P. crispus*, *P. perfoliatus* L., *Ceratophyllum demersum*. В небольшом количестве на поверхности воды встречается *Lemna minor*. Эта ассоциация распространена в водохранилище в зоне умеренного подогрева на участке интенсивного эвтрофирования в районе

рыбного хозяйства на глубине до 1.5 м (см. рис., В).

4. Ассоциация *Vallisneria spiralis* – водяной мох. Тоже двухъярусная ассоциация, второй ярус образован водяным мхом, невысоко поднимающимся над дном (0.3 м) и покрывающим его на 20–80%. В качестве сопутствующего вида иногда встречается *Potamogeton sp.* Это сообщество встречается изредка и только в ранневесенний период как в сбросном канале в районе его устья, так и в водохранилище в умеренно-подогреваемой зоне (рис., Б) на участках, свободных ото льда, когда другие виды еще не успели появиться после зимы. Летом и осенью это сообщество замещается на рдестовые ценозы. Глубина распространения 0.3–0.7 м, грунт разнообразный – от каменистого до илесто-песчаного.

5. Ассоциация *Vallisneria spiralis* + *Potamogeton crispus* (как субдоминант). Общее проективное покрытие до 95%. Это сообщество одноярусное, среди сопутствующих видов – нитчатые водоросли (*Cladophora sp.*), которые обильно развиваются на валлиснерии и рдесте. Данный фитоценоз достаточно распространен в сбросном канале, образует здесь отдельные пятна между валунов вдоль обоих берегов на глубине 0.5–0.7 м.

6. Ассоциация *Vallisneria spiralis* – зеленые нитчатые водоросли (*Cladophora sp.*). Эта ассоциация описана Кацман Е.А., Кучкиной М.А. [2009] в Десногорском водохранилище, возможно, как временная группировка. В Беловском водохранилище эта ассоциация, также как и в Десногорском, обнаружена на участках постоянного сильного подогрева в сбросном канале. Нитчатка развивается не только на грунте и на валлиснерии, но и на поверхности воды. В апреле на отдельных участках нитчатка вместе с валлиснерией образовывали на воде сплошной ковер с проективным покрытием почти 100%.

Моновидовые сообщества валлиснерии спиральной во все периоды исследований были значительно продуктивней и имели большую биомассу, чем сообщества с доминированием нескольких видов (табл.). Биомасса в моновидовых сообществах валлиснерии в ранневесенний период в водохранилище была почти в два раза выше, чем в среднем по сбросному каналу. В сбросном канале максимальные значения фитомассы отмечены в устье, что может быть следствием наиболее благоприятных условий (оптимальная температура воды, достаточное количество биогенов и т. п.). Низкая биомасса валлиснерии в истоке сбросного канала может быть следствием ее регулярного выкашивания.

В течение вегетационного сезона биомасса валлиснерии спиральной изменялась в значительных пределах (см. табл.) и достигала наибольших величин к концу сезона (октябрь).

В межгодовой динамике биомассы валлиснерии в Беловском водохранилище отмечен пик в 2006 г. – до 1896 г/м<sup>2</sup>, что, вероятно, связано с остановкой нескольких турбин на ГРЭС, приведшей к резкому уменьшению водооборота в водохранилище. В результате чего, температура воды в истоке сбросного канала (месте сброса теплых вод) была ниже, чем на остальных участках канала и умеренно-подогреваемой зоны водохранилища (в июле 26 °С и 29 °С соответственно).

**Таблица.** Сезонная динамика биомассы (в г/м<sup>2</sup>) валлиснерии спиральной в сбросном канале и Беловском водохранилище в 2008 г.

Ассоциации	Участки водохранилища и сбросного канала	Апрель		Август		Октябрь	
		СБ	ВСБ	СБ	ВСБ	СБ	ВСБ
Валлиснерия	Исток канала	1428	120	3560	264	1976	120
Валлиснерия	Середина канала	1028	104	-	-	2200	160
Валлиснерия	Устье канала	2056	248	8152	560	8848	1072
Валлиснерия + роголистник	Умеренно подогреваемая зона водохранилища (рис. 1, Б)	1504	112	-	-	1672	201.6
Валлиснерия + водяной мох		1112	112	-	-	-	-
Валлиснерия спиральная	Умеренно подогреваемая зона водохранилища (рис. 1, В)	3824	376	-	-	-	-

Примечание: СБ – сырая биомасса, ВСБ – воздушно-сухая биомасса.

В целом за 30-летний период прослеживается тенденция увеличения биомассы валлиснерии в сбросном канале. Так, в 1978–1979 гг., по данным В.В. Кириллова с соавторами [1983], пределы колебания воздушно-сухой биомассы валлиснерии составляли 30–167 г/м<sup>2</sup>, в 2002 г. – 158–171 г/м<sup>2</sup>, в 2008 г. – 264–560 г/м<sup>2</sup>.

Площадь зарослей валлиснерии в сбросном канале около 22330 м<sup>2</sup> (длина зарослей 6380 м при средней ширине 3.5 м). При величине воздушно-сухой биомассы 450.7 г/м<sup>2</sup> (среднее за октябрь) запасы надземной фитомассы валлиснерии в 2008 г. составили 10064131 г, или 10.1 т.

### Обсуждение результатов

Воздействие вида-вселенца на экосистему, как правило, слабо предсказуемо. Вид, не оказывающий явно отрицательного воздействия в естественном ареале, может причинить ущерб экосистеме в новых для него условиях обитания. По мнению ряда авторов [Свирский, Барабанщиков, 2009; Салахутдинов, Шакирова, 2005], последствия от вселения чужеродных видов могут быть нейтральные, благоприятные и нежелательные (негативные). Результатом последних может быть нарушение сформировавшегося равновесия в экосистеме, вследствие конкуренции с местными видами, упрощения структуры сообществ, гибридизационных процессов с местными представителями, и, как крайний вариант, замены аборигенного вида – экзотом. Прогнозирование возможных инвазий требует комплексного подхода и всестороннего рассмотрения, как свойств чужеродного вида, так и особенностей территории и отдельных экосистем [Морозова, 2005].

Валлиснерия спиральная, обнаруженная в Беловском водохранилище на втором десятилетии его эксплуатации, приспособилась к достаточно жестким для этого вида условиям существования. Это проявляется в первую очередь в температурном режиме водоема. В летний период температура воды в местах распространения достигает 30 °С, что значительно превышает температурный оптимум (22–25 °С), указанный для валлиснерии рядом авторов [Hutorowicz, Hutorowicz, 2008]. В весенний и осенний периоды температура воды на этих же участках находится в пределах 11.2–17.5 °С и наблюдается ее цветение (два раза в год). Таким образом, валлиснерия в Беловском водохранилище имеет высокую жизнеспособность, несмотря на то, что температурный режим, являясь для нее наиболее значимым экологическим фактором [Korschgen, Green, 1988], не вполне соответствует ее естественным местообитаниям.

В водохранилище валлиснерия встречается только на участках постоянного сильного или умеренного подогрева воды, где образует б ассоциаций. В истоке сбросного канала валлиснерия образует только моновидовые сообщества и, вероятно, не составляет конкуренцию аборигенным видам. На участках с более низкими температурами воды в сообществах валлиснерии появляются местные эвритермные виды, такие как *Potamogeton crispus*, *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor* и др., способные выносить краткие повышения температуры воды. Встречаясь в незначительных количествах в сбросном канале, эти виды не могут здесь конкурировать с валлиснерией вследствие высокой термической нагрузки. Однако, в самом водохранилище, на участках умеренного подогрева валлиснерия выступает уже как содоминант или как сопутствующий вид в сообществах рдестов, роголистника, урути, за исключением короткого периода ранней весны.

Об адаптированности субтропической валлиснерии спиральной к существованию в водохранилище Сибири свидетельствует и высокая величина биомассы ее фитоценозов. В европейской части России, по данным В.М. Катанской [1979], воздушно-сухая фитомасса фитоценозов *Vallisneria spiralis* колеблется в пределах 50–670 г/м<sup>2</sup>, в Беловском водохранилище – 112–1072 г/м<sup>2</sup>.

В целом для водохранилища, валлиснерия, предпочитающая высокие температуры и грунты, богатые питательными веществами [Keuan Xiao et al., 2006], является благоприятным видом-вселенцем, обогащая его флору и занимая определенную экологическую нишу. Вселившись в водоем на ранних периодах его эксплуатации, этот вид, вероятно, не нарушил сформировавшееся равновесие и не нанес серьезный ущерб сложившимся связям и структуре популяций.

### Выводы

Таким образом, валлиснерия спиральная в водохранилище проходит все стадии развития, цветет два раза в год (апрель, октябрь), создает высокую биомассу, и, следовательно, приспособилась к специфическим для водоема-охладителя Сибири термическим условиям.

За 45-летний период эксплуатации водохранилища валлиснерия активно расселилась в водоеме в местах постоянного сильного подогрева воды и на отдельных участках умеренного подогрева. За этот период произошло увеличение ее биомассы в фитоценозах.

В целом для водохранилища, валлиснерия является благоприятным видом-вселенцем, обогащая ее флору и занимая определенную экологическую нишу. Несмотря на то, что некоторые эвритермные аборигенные виды и встречаются как сопутствующие в ее сообществах в сбросном канале, в самом водохранилище валлиснерия не составляет им конкуренции из-за своей термофильности. Вселение этого синантропного вида в водоем-охладитель связано с комплексом благоприятных факторов, основным из которых является повышенная температура воды.

### Литература

Белавская А.П. К методике изучения водной растительности // Бот. журнал. 1979. Т. 64, № 1. С. 32–41.

Ваулин Г.Н., Зубарева Э.Л. Валлиснерия в Верхне-Тагильском водоеме-охладителе // В сб.: Структура и функции водных биоценозов, их рациональное использование и охрана вод на Урале. Свердловск, 1979. С. 23–24.

Волобаев П.А. О формировании термофильного элемента флоры макрофитов водохранилища-охладителя Южно-Кузбасской ГРЭС. Деп. в ВИНТИ. Кемерово, 1989. № 7410-В89. 18 с.

Журавель П.А. К экологии теплолюбивых гидробионтов в водоемах с теплыми водами ГРЭС Днепропетровской области // Влияние

тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Матер. II симпозиума, 26–28 августа 1974 г. Борок, 1974. С.65–67.

Катанская В.М. Растительность водохранилищ-охладителей тепловых электростанций Советского Союза. Л., 1979. 278 с.

Катанская В.М., Распопов И.М. Методы изучения высшей водной растительности // В кн.: Руководство по методам гидробиол. анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. С. 129–176.

Кацман Е.А., Кучкина М.А. Вселение валлиснерии спиральной (*Vallisneria spiralis* L.) в Десногорское водохранилище // Российский журнал биологических инвазий. 2009. №2. С. 9–13.

Кириллов В.В., Гладкова З.И., Козлова С.В. и др. Высшая водная растительность водохранилища – охладителя Беловской ГРЭС (1978–1979 гг.) // В сб.: Комплексные исследования водных ресурсов Сибири. Тр. ЗапСибНИИ. М.: Гидрометеиздат, 1983. Вып. 56. С. 98–105.

Корелякова И.Л. Продукция высшей водной растительности Киевского водохранилища // В кн.: Киевское водохранилище. Киев: Наукова думка, 1972. С. 155–162.

Кривоносов Б.М., Кузнецова М.А., Лавринович О.В. Гидрометеорологический режим водохранилища-охладителя Беловской ГРЭС // В сб.: Современное состояние и прогнозируемые изменения в окружающей среде под влиянием КАТЭКа. М.: Гидрометеиздат, 1984. С. 115–129.

Морозова О.В. Прогнозирование инвазий растений: подходы и возможности // Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2). Тез. докл. Второго межд. симпоз. по изучению инвазийных видов. Борок, 27 сент. – 1 окт. 2005 г. Рыбинск; Борок, 2005. С. 53–54.

Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего

- Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.
- Пидгайко М.Л., Гринь В.Г., Поливанная М.Л. и др. Итоги изучения гидробиологического режима пресных водоемов-охладителей юга УССР // Гидробиол. журнал. 1970. Т. 6, № 2. С. 36–44.
- Протасов А.А., Здановски Б. К определению воздействия тепловых и атомных электростанций на гидроэкосистемы с помощью экспертных оценок // Гидробиол. журнал. 2001. Т. 38, № 1. С. 95–105.
- Салахутдинов А.Н., Шакирова Ф.М. Возможные последствия вселения чужеродных видов в Куйбышевское водохранилище // Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2). Тез. докл. Второго межд. симпоз. по изучению инвазийных видов. Борок, 27 сент. – 1 окт. 2005 г. Рыбинск; Борок, 2005. С. 26–27.
- Свирский В.Г., Барабанщиков Е.И. Биологические инвазии как элемент антропогенного давления на сообщество гидробионтов озера Ханка // Российский Журнал Биологических Инвазий. 2009. № 2. С. 29–36.
- Hutorowicz A., Hutorowicz J. Seasonal development of *Vallisneria spiralis* L. in a heated lake // Ecological Questions. 2008. 9. P. 79–86.
- Korschgen C., Green W. American wild celery (*Vallisneria americana*): Ecological considerations for restoration // U.S. Fish and Wildlife Service, Fish and Wildlife Technical. 1988. 19. 24 pp.
- Keyan Xiao, Dan Yu, Jinwang Wang. Habitat selection in spatially heterogeneous environments: a test of foraging behavior in the clonal submerged macrophyte *Vallisneria spiralis* // Freshwater Biology. 2006. 51. P. 1552–1559.



**LONG-TERM CHANGES OF *VALLISNERIA SPIRALIS* L. POPULATION IN THE COOLING RESERVOIR OF BELOVSKAYA POWER PLANT (SOUTHWEST SIBERIA)**

© 2010 Zarubina E.Y., Sokolova M.I.

Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia; [zeur@iwep.asu.ru](mailto:zeur@iwep.asu.ru)

The paper presents the data on the long-term changes of the population of *Vallisneria spiralis* L. in the Cooling Reservoir of the Belovskaya Power Plant. For the 45-year period of the reservoir operation *Vallisneria spiralis* L. expansion was observed in the areas of maximal water heating and in some sites of moderate one. This period clearly demonstrates *Vallisneria spiralis* L. biomass augmentation in phytocenoses.

**Key words:** *Vallisneria spiralis*, Cooling Reservoir, Belovskaja Power Plant, high water vegetation, biomass.