

УДК [630*116.1:621.311.25](470.322)

**ФОРМИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
ДЕСНОГОРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА –
ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ СМОЛЕНСКОЙ АЭС**

Е.А. Кацман¹, М.А. Кучкина²

¹ *Институт проблем экологии эволюции им. А.Н. Северцова РАН
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33*

² *Московский государственный строительный университет
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: elenkz@bk.ru*

Поступила в редакцию 24.06.09 г.

Формирование сообществ высшей водной растительности Десногорского водохранилища – водоема-охладителя Смоленской АЭС. – Кацман Е.А., Кучкина М.А. – Приведены сведения о формировании сообществ высшей водной растительности Десногорского водохранилища – водоема-охладителя Смоленской АЭС, их пространственном распространении по акватории, образуемых ассоциациях гидрофитов, их фитомассах и фенологии.

Ключевые слова: высшая водная растительность, фитоценоз, ассоциация, фитомасса, фенологическая фаза, абиотические факторы.

The Desnogorskoe waterbody, the water reservoir-cooler of Smolenskaya APP, macrophytes community shaping. – Katzman E.A. and Kuchkina M.A. – The data about the Desnogorskoe waterbody, the water reservoir-cooler of Smolenskaya APP, macrophytes community shaping, distribution to the water area, hydrophytes formations arisen, their phytomass and phenology.

Key words: macrophytes, hydrophytes formations, associations, phenological phase, abiotic factors.

Флористический состав высших водных растений водоема-охладителя Смоленской АЭС (САЭС), структура образуемых ими ассоциаций, изменение их продуктивности и смещение фенологических фаз изучались в течение ряда лет при выполнении научно-исследовательских работ по оценке экологического состояния региона САЭС, выполнявшихся коллективом исследователей по поручению ГНИ-ИПКИ (ФГУП) «Атомэнергoproject». В результате выявлен ряд особенностей, присущих процессу формирования сообществ гидрофитов этого водоема.

Сведения о составе, распространении и развитии фитоценозов водоема-охладителя САЭС на первоначальных этапах его существования сразу после заполнения (1980 – 1983 гг.) известны из отчетов о научно-исследовательской работе специалистов Смоленского государственного педагогического института. Собственные исследования проводились в два этапа: в 1984 – 1989 гг. и в 1999 – 2004 гг. Работы выполнялись в соответствии с общепринятыми методиками (Катанская, 1981; Кокин, 1982; Кудряшов, Садчиков, 2002). Количественный учет растительности проводился методом трансектов (Кудряшов, Садчиков, 2002; Денисов, 1963). Определение сырой биомассы осуществлялось путем взвешивания массы отдель-

ных видов, обнаруженных на мерной площади с точностью до 5 г и последующего суммирования данных. Одновременно с картированием высшей водной растительности и определением ее биомассы проводилось измерение температуры воды и выполнялись стандартные гидрохимические анализы по ряду основных показателей, также использовались результаты гидрохимических анализов, проводимых лабораторией контроля качества воды САЭС.

Десногорское водохранилище является водоемом руслового типа, расположено в верховьях р. Десна. Его протяженность от потока реки до плотины составляет 98 км, объем – около 300 млн кубометров. Водоем существует с 1979 г., эксплуатация его как водоема-охладителя происходит с 1982 г., когда состоялся пуск первого энергоблока, второй энергоблок был запущен в 1985 г., третий – в 1991 г. Сброс подогретых вод осуществляется одновременно в двух участках акватории, его влиянию подвержена примерно одна треть площади.

За первые три года существования водохранилища в нем произошло распространение широколистного воздушно-водного разнотравья, особенно частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L.), айра обыкновенного (*Acorus calamus* L), стрелолиста (*Sagittaria sagitifolia* L.) и других.

Отмечались заметные изменения в распространении рдеста курчавого (*Potamogeton crispus* L.), роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum* L.), ряски маленькой (*Lemna minor* L.), многокоренника (*Spirodela polyrriza* (L) Schleid.) и пузырчатки обыкновенной (*Utricularia vulgaris* L.) в сообществах погруженных и плавающих растений. Роголистник, например, всего за год образовал мощные заросли. Но в целом лидирующее положение в этих сообществах занимала элодея (*Elodea Canadensis* Michx.).

В 1984 – 1989 гг., после начала сброса подогретых вод, происходило быстрое развитие водных фитоценозов и увеличение их фитомассы. Это было обусловлено наличием большого количества гидромакрофитов на затопляемой территории и дрифтом зачатков водных растений из рек. Было обнаружено свыше 40 видов, входящих в состав нескольких формаций надводной и погруженной растительности, заметное место стали занимать формации растений с плавающими листьями. В формации надводных растений рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.) занимал значительную часть берегов в верхней части водохранилища. Биомасса в сообществах рогоза широколистного составляла до 10 кг/м². При этом надо заметить, что такой уровень развития рогозников не является предельным, например в Балахнинском водохранилище была отмечена фитомасса до 23 кг/м² (Павлинова, 1939).

В нижней части акватории среди фитоценозов надводной растительности в 1988 – 1989 гг. ведущее значение приобрела формация частухи подорожниковой. В последующий период (1999 – 2004 гг.) такие фитоценозы встречались лишь фрагментарно. Фитомасса в этих сообществах достигала 5 кг/м². Сообщество тростника южного (*Phragmites australis* (Cav) Trin. ex Steud.) было представлено в Десногорском водохранилище фрагментарно, занимая прибрежные мелководья. Фитомасса их не превышала 1 – 2 кг/м².

Формация погруженных растений по сравнению с предшествующим периодом значительно изменилась. Численность и фитомасса элодеи резко снизилась,

ФОРМИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

уменьшились занимаемые ею площади, уменьшились площади, занимаемые формацией роголистника. Эти явления связаны со снижением количества биогенов в воде в процессе естественной деэвтрофикации водохранилища. Формация же рдеста курчавого (*Potamogeton crispus* L.) к 1988 г. широко распространилась. Этот вид образовывал плотные и почти чистые заросли с практически сомкнутым покровом и проективным покрытием до 90%. По литературным данным (Катанская, 1979) ассоциации рдеста курчавого хорошо развиваются в зонах подогрева. Фитомасса сообществ составляла до 2.5 кг/м².

В формации растений с плавающими листьями основной группы стал горец земноводный (*Polygonum amphibium* L.), его зона произрастания многократно увеличилась, особенно в зоне влияния теплых вод. Фитомасса достигала 5 – 6 кг/м². В верхней части водоема значительное место стала занимать формация кубышки желтой (*Nuphar lutea* (L) Smith) и кувшинки чистобелой (*Nymphaea candida* Presl.). В большинстве случаев эти виды произрастали совместно, но отмечены случаи и отдельного их произрастания. Часто образовывались ассоциации с другими видами растений, с фитомассой до 8 кг/м².

Последующий этап исследований, проводившийся в 1999 – 2004 гг., показал, что характер растительных сообществ претерпел изменения. Значительно увеличилась степень зарастания водоема, лишены растительности остались только глубинные участки. Произошло вселение валлиснерии спиральной, образовавшей мощные заросли по всей обогреваемой части водохранилища, оттеснившей отсюда ранее существовавшие формации погруженной растительности.

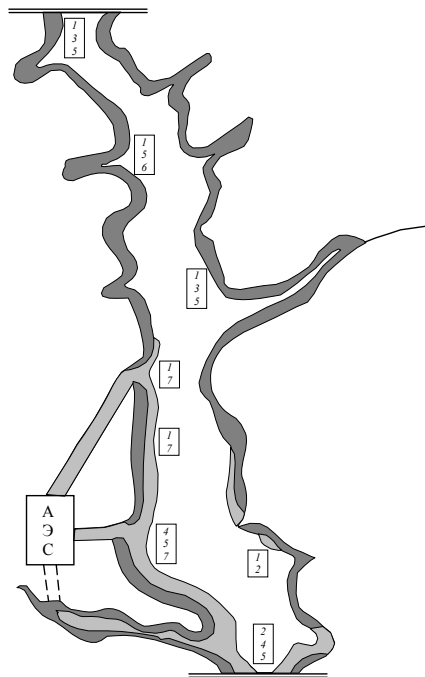
Среди надводных растений к 1999 г. формация частухи подорожниковой практически перестала встречаться, формация тростника сохранилась, но не приобрела широкого распространения. Формация рогоза широколистленного значительно не изменилась, в основном образуя одновидовую одноярусную ассоциацию.

Среди формаций погруженных растений в нижней части Десногорского водохранилища валлиснерия спиральная занимает наибольшую площадь, вытеснив распространенные там прежде рдестовые ассоциации. Места распространения границ термального воздействия (Безносов, Суздалева, 2001). В нижней необогреваемой части акватории этот вид не встречается совсем. В большинстве случаев образуются одноярусные фитоценозы с высокой плотностью и проективным покрытием до 100%. Кроме того, развитие получила формация зеленых нитчатых водорослей (*Cladophora* spp.), которые не могут быть включены в состав высшей водной растительности. Однако массовое развитие этих водорослей приводит к существенным изменениям в растительных сообществах. Фитомасса нитчаток составляла в период исследований до 5 кг сырого веса на квадратный метр. Площади, занимаемые этим фитоценозом, из года в год значительно увеличивались.

Среди формаций растений с плавающими листьями на втором этапе исследований лидирующей была формация горца земноводного, но при этом если сначала она была распространена повсеместно, то затем была вытеснена из подогреваемой зоны. Формации кубышки желтой и кувшинки чистобелой на втором этапе исследований особенно не изменились.

Распределение формаций высшей водной растительности по акватории водоема на втором этапе исследований представлено на рисунке.

К 2004 г. в водоеме насчитывалось 56 видов высших водных растений, принадлежащих к 25-ти семействам. Значительная часть этой флоры представлена многолетниками. В приведенном ниже списке видов растений звездочкой отмечены виды, встречавшиеся и на начальных этапах исследований.



Распределение основных формаций высшей водной растительности в водоеме-охладителе в 2004 г. (темной заливкой отмечены сплошные заросли надводной растительности, светлой – ассоциации валлиснерии, цифры в прямоугольниках – массовые виды: 1 – роголистник погруженный; 2 – рдест пронзеннолистный; 3 – рдест блестящий; 4 – частуха подорожниковая; 5 – горец земноводный; 6 – элодея канадская; 7 – зеленые нитчатые водоросли

CEAE (Водокрасовые) (23. *Vallisneria spiralis* L. – Валлиснерия спиральная, 24. *Hydrocharis morsus-ranae* L. – Водокрас лягушачий*, 25. *Elodea canadensis* Michx. – Элодея канадская, или Водяная чума*, 26. *Stratiotes aloides* – Телорез алоэвидный*), NYMPHAEACEAE (Кувшинковые) (27. *Nymphaea candida* J. et C. Presl – Кувшинка чистобелая, 28. *Nuphar lutea* (L.) Smith – Кубышка жёлтая), HALORAGACEAE (Сланягодниковые) (29. *Myriophyllum spicatum* L. – Уруть колосистая*), IRIDACEAE (Ирисовые или Касатиковые) (30. *Iris pseudacorus* L. – Ирис айровид-

EQUISETACEAE (Хвощевые) (1. *Equisetum fluvatile* L. – Хвощ речной*, 2. *Equisetum palustre* L. – Хвощ болотный), TYPHACEAE (Рогозовые) (3. *Typha latifolia* L. – Рогоз широколистный*), LEMNACEAE (Рясковые) (4. *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. – Многокоренник обыкновенный*, 5. *Lemna trisulca* L. – Ряска трехдольная*, 6. *Lemna minor* L. – Ряска маленькая*), CYPERACEAE (Осоковые) (7. *Carex acuta* L. – Осока острая*, 8. *Carex rostrata* Stokes – Осока вздутая*, 9. *Carex vesicaria* L. – Осока пузырчатая*, 10. *Carex limosa* L. – Осока топяная, 11. *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. et Schult. – Ситняг игольчатый (или Болотница игольчатая), 12. *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult. – Болотница болотная*, 13. *Scirpus lacustris* L. – Камыш озерный, 14. *Scirpus sylvaticus* L. – Камыш лесной*), JUNCACEAE (Ситниковые) (15. *Juncus filiformis* L. – Ситник нитевидный*, 16. *Juncus conglomeratus* L. – Ситник скупенный*), GRAMINEAE (POACEAE) (Злаки) (17. *Catabrosa aquatica* (L.) Beauv. – Поручейница водяная, 18. *Scolochloa festucacea* (Willd.) Link – Тростянка овсяницевидная, 19. *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb. – Манник большой, 20. *Glyceria fluitans* (L.) R. Br. – Манник плавающий*, 21. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. – Тростник обыкновенный или южный*, 22. *Leersia oryzoides* (L.) Sw. – Леерсия рисовидная), HYDROCHARITA-

ФОРМИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

ный, или водяной), CERATOPHYLLACEAE (Роголистниковые) (31. *Ceratophyllum demersum* L. – Роголистник погруженный*), LENTIBURIAEAE (Пузырчатковые) (32. *Utricularia vulgaris* L. – Пузырчатка обыкновенная*), CALLITRICHACEAE (Болотниковые) (33. *Callitriche palustris* L. – Болотник болотный), POTAMOGETONACEAE (Рдестовые) (34. *Potamogeton pectinatus* L. – Рдест гребенчатый*, 35. *Potamogeton perfoliatus* L. – Рдест пронзеннолистный*, 36. *Potamogeton crispus* L. – Рдест курчавый*, 37. *Potamogeton lucens* L. – Рдест блестящий*, 38. *Potamogeton natans* L. – Рдест плавающий*, 39. *Potamogeton compressus* L. – Рдест сплюснутый), ALISMATACEAE (Частуховые) (40. *Alisma plantago-aquatica* L. – Частуха подорожниковая*, 41. *Sagittaria sagittifolia* L. – Стрелолист обыкновенный*), BUTOMACEAE (Сусаковые) (42. *Butomus umbellatus* L. – Сусак зонтичный*), ARACEAE (Ароидные или Аронниковые) (43. *Acorus calamus* L. – Аир обыкновенный*, 44. *Calla palustris* L. – Белокрыльник болотный*), POLYGONACEAE (Гречишные) (45. *Polygonum amphibium* L. – Горец земноводный*), SPARGANIACEAE (Ежеголовниковые) (46. *Sparganium erectum* L. – Ежеголовник прямой*), UMBELIFERAE (APIACEAE) (Зонтичные) (47. *Cicuta virosa* L. – Вех ядовитый*, 48. *Oenanthe aquatica* (L.) Poig. – Омежник водяной, 49. *Sium latifolium* L. – Поручейник широколистный, 50. *Thyselinum palustre* (L.) Raf. – Тиселинум болотный), PRIMULACEAE (Первоцветные) (51. *Lysimachia vulgaris* L. – Взхербейник обыкновенный), RANUNCULACEAE (Лютиковые) (52. *Ranunculus circinatus* Sibth. – Лютик круглолистный, 53. *Ranunculus trichophyllus* Chaix – Лютик волосовидный), COMPOSITAE (ASTERACEAE) (Сложноцветные) (54. *Bidens tripartita* L. – Черда трёхраздельная*, 55. *Gnaphalium uliginosum* L. – Сушеница топяная*), CRUCIFERAE (BRASSICACEAE) (Крестоцветные) (56. *Rorippa amphibia* (L.) Bess. – Жерушник земноводный)

Среди абиотических факторов, оказывающих влияние на формирование сообществ высшей водной растительности, следует выделить сброс подогретых вод, формирование циркуляционного течения в результате водозабора и сброса и повышение минерализации вод за счет повышения температуры и постоянного испарения.

Искусственное повышение температуры до определенного предела стимулирует развитие макрофитов, но дальнейшее увеличение температуры вызывает их отмирание. При подогреве вод одни виды получают дополнительное преимущество в конкурентной борьбе с другими и вытесняют их. Наиболее ярким примером могут служить изменения, происшедшие в водоеме-охладителе САЭС при вселении валлиснерии спиральной. Этот вид может существовать в водоемах умеренной зоны только в условиях искусственного подогрева. Его развитие привело к исчезновению на больших площадях рдеста курчавого – вида, также отличающегося достаточно выраженной термофильностью (Катанская, 1979).

Другой причиной, обуславливающей неоднозначность воздействия умеренного подогрева, является нарушение фенологии развития. Более ранние сроки начала вегетации часто сопровождаются и более ранним отмиранием макрофитов. По нашим наблюдениям, более ранняя вегетация надводных растений часто приводит к гибели их проростков, расположенных выше уровня воды во время заморозков.

Напротив, на некоторых участках обогреваемой зоны отмечалась тенденция к снижению темпов развития надводных растений в весенний период. Основываясь на некоторых наблюдениях, можно предположить, что это связано с развитием и отмиранием молодых побегов в период, когда температурные условия в наземной среде еще неблагоприятны для вегетации. На участках сброса подогретых вод наблюдалось и значительно более раннее массовое отмирание погруженной растительности, начинающееся уже в середине лета.

На основании анализа полученных материалов можно прийти к заключению, что среди представителей погруженной растительности наиболее заметные фенологические изменения отмечаются у теплолюбивых форм.

Влияние подогрева на сезонное развитие погруженных растений отчетливо отразилось и в динамике их фитомассы. В ряде случаев развитие рдестов на необогреваемых участках акватории достигало максимума в то время, когда в районах сброса подогретых вод заросли этих видов отмирали. На удаленных от сброса участках сроки наступления фенофаз имели промежуточные значения. Увеличение фитомассы шло более медленными темпами, чем на участках подогрева, но более высокими, чем на участках периферических водных масс. Это связано с тем, что хотя в летнее время температуры воды на водозаборе АЭС обычно не превышает естественного уровня, в весенний период температура здесь существенно выше естественной.

Известно, что сброс подогретых вод вызывает в водоемах значительное увеличение сроков вегетации растений. Считается, что на европейской части территории России в естественных водоемах вегетационный период длится 9 месяцев, а в зонах наибольшего подогрева водоемов-охладителей – все 12 месяцев (Павлинова, 1939; Лукина, 1972). Но в целом распространено мнение, что подогрев воды ускоряет наступление периода вегетации высших водных растений в умеренной зоне в среднем на месяц. Например, в Верхне-Тагильском водоеме-охладителе развитие высшей водной растительности отмечалось уже в феврале (Биоцино, 1974).

На основании проведенных нами исследований можно прийти к выводу, что среди представителей погруженной растительности наиболее заметные фенологические изменения отмечаются у теплолюбивых форм, например у рдеста курчавого, заросли которого в обогреваемой зоне встречались уже в марте. В июне же заканчивалось плодоношение, происходило отмирание и опускание на дно, эти сроки значительно опережают известные для обычных водоемов в той же климатической зоне.

Кроме того, на сообществах макрофитов в значительной мере сказывалось воздействие экстремального повышения температуры воды, значительно превышающего пороговые для жизнедеятельности растений показатели, равные 39 – 41С° (Биоцино, 1974). По нашим наблюдениям самыми выносливыми являются не теплолюбивые, а эвритермные формы. Так, в июле 1988 г. в Десногорском водохранилище наблюдалось отмирание рдеста курчавого при температуре воды 32 – 35С°, при этом эвритермные растения сохранились полностью. Следует отметить, что условия водоемов-охладителей более благоприятны для эвритермных, а не термофильных форм (Катанская, 1979). Непосредственно на участках сброса по-

ФОРМИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

подогретых вод состав фитоценозов резко обедняется под влиянием экстремальных температур. Следует отметить, что сброс подогретых вод не приводит к полному исчезновению из состава флоры каких-либо видов, но состав отдельных растительных сообществ значительно меняется. Особенно заметны различия между подогреваемыми и неподогреваемыми участками с момента вселения валлиснерии спиральной.

Кроме подогрева вод на формирование сообществ высшей водной растительности оказывают влияние гидрологические и гидрохимические факторы. Структура водных масс водоемов-охладителей имеет характерные черты, отличающие их от водных масс водоемов других типов (Безносков, Суздалева, 2001). Так, нагрев воды всегда создает предпосылки для повышения концентрации солей в воде (Топачевский, Пидгайко, 1971; Кошелева, 1991), и наиболее интенсивно это происходит в первые годы работы электростанции. Химические компоненты вовлекаются в циркуляционное течение воды, создающееся в водоемах-охладителях в процессе водозабора и сброса водных масс, при этом распределение консервативных компонентов выравнивается, а неравномерность распределения мобильных компонентов сохраняется (Безносков, Суздалева, 2001). В результате сочетания гидрологических и гидрохимических факторов в водоеме-охладителе формируются различные типы водных масс, в разной степени вовлеченные в циркуляцию, отличающиеся по химическим показателям.

На участках с выраженным циркуляционным течением водные растения, как правило, целенаправленно уничтожаются во избежание технических помех при работе станции, поэтому растительные сообщества развиваются только там, где циркуляционное течение может захватывать береговую зону. На таких местах развиваются сообщества надводной растительности с доминированием тростника обыкновенного – эвритермного вида, способного существовать в большом диапазоне солености воды. Из погруженной растительности чаще всего на открытых участках доминируют виды, которые могут хорошо закрепляться на грунте, как правило, это валлиснерия и рдесты, прежде всего рдест гребенчатый, характеризующийся широким диапазоном солевойносливости (Кудряшов, Садчиков, 2002).

На периферических участках водоема с автохтонными водными массами, формирование которых происходит без непосредственного воздействия сброса АЭС (это, как правило, прибрежные мелководья) могут произрастать виды с плавающими листьями, возможно развитие неприкрепленных форм. Типичны для подобных местообитаний формации роголистника погруженного в ассоциации с ряской, также встречается горец земноводный. Распространена и тростниковая формация.

Для вторичных водных масс, испытывающих влияние источников подпитки водоема-охладителя, характерна высокая подвижность вод, здесь состав растительности в большой степени зависит от притока биогенов. На подобных участках развиваются массивные заросли рдеста блестящего.

На основании анализа данных проведенных исследований следует заключить, что сброс подогретых вод, особенности гидрологического и гидрохимического режимов водоема-охладителя САЭС являются ведущими факторами в формировании сообществ высшей водной растительности этого водохранилища. Их влияние

проявляется в изменении состава сообществ, фенологии растений, динамике фитомассы. Подобные процессы, происходящие в водоемах-охладителях, являются наглядным примером антропогенного технологического воздействия на окружающую среду, оказывающего на нее модифицирующее воздействие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Изменение видового состава континентальных водоемов в условиях теплового загрязнения как модель возможных биотических изменений в периоды потепления климата // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы / Палеонтологический ин-т им. А.А. Борисяка РАН. М., 2001. Вып. 4. С. 142 – 146.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Классификация основных компонентов водной среды и влияние процессов внутреннего водообмена на характер их распределения в водоемах-охладителях АЭМ И ТЭС // Природообустройство сельскохозяйственных территорий: Материалы науч.-техн. конф. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та природообустройства, 2001. С. 32 – 34.

Биочино А.А. Высшая водная растительность в зоне подогретых вод Канаковской ГРЭС в 1972 г. // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов: Материалы второго симп. / Ин-т биологии внутренних водоемов АН СССР. Борок, 1974. С. 13 – 16.

Денисов Н.Е. Некоторые вопросы методики исследований водных сообществ // Океанология. 1963. Т. 12, №3. С. 32 – 34.

Катанская В.М. Растительность водохранилищ-охладителей тепловых электростанций Советского Союза. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1979. 279 с.

Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1981. 188 с.

Кокин К.А. Экология высших водных растений. М.: Изд-во МГУ, 1982.

Кошелева С.И. Формирование гидрохимического режима // Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных станций Украины. Киев: Наук. думка, 1991. С. 24 – 28.

Кудряшов М.А., Садчиков А.П. Введение в гидробиологию континентальных водоемов (гидробиологические аспекты). М.: МАКС Пресс, 2002.

Лукина Е.В. Водная и прибрежноводная растительность водохранилища ГоГРЭС им. А.В. Винтера // Биол. внутр. вод: Информ. бюл. 1972. № 15. С. 17 – 21.

Павлинова Р.М. К вопросу о зарастании водохранилищ на примере Горьковской энергетической станции // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1939. Т. 48, вып. 1. С. 46 – 50.

Топачевский А.В., Пидгайко М.Л. Цели и задачи гидробиологического исследования водоемов-охладителей тепловых электростанций СССР // Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей СССР. Киев: Наук. думка, 1971. С. 6 – 10.