

УДК [574:(574.586:574.63)](285.3)

А. А. Протасов, С. П. Бабарига, А. А. Силаева

### **БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИФИТОНА В ВОДОЕМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ ХМЕЛЬНИЦКОЙ АЭС**

Представлены данные по распределению перифитона в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС. Рассмотрены особенности распределения поселений дрейссены и других беспозвоночных, а также нитчатых водорослей в различных биотопах.

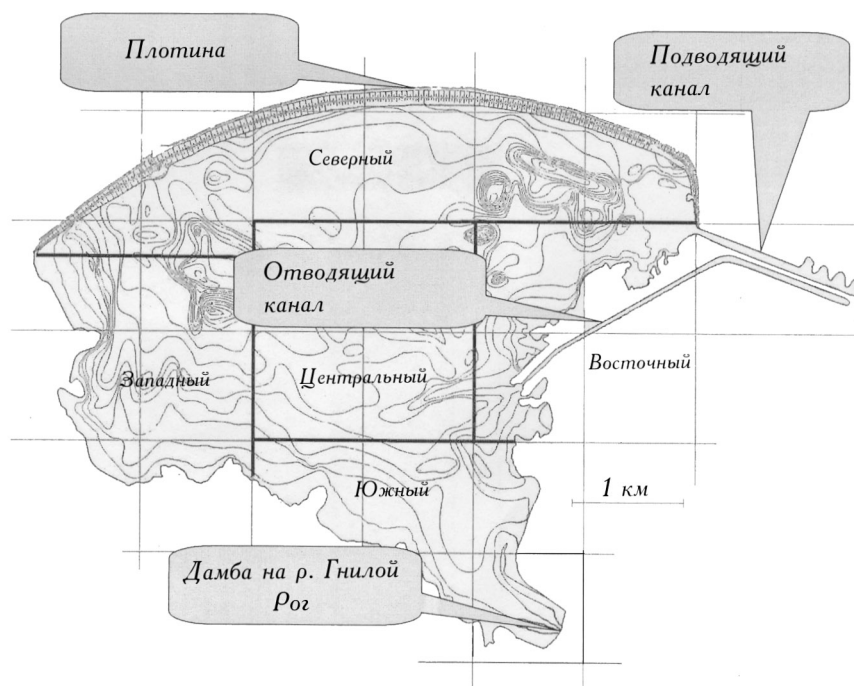
*Ключевые слова:* перифитон, дрейссена, биотоп, водоем-охладитель АЭС.

Развитию сообществ перифитона в водоемах технического назначения способствует наличие большого количества благоприятных для их развития биотопов, в первую очередь — антропогенных твердых субстратов, а в водоемах-охладителях энергетических станций разнообразие условий связано и со специфическим термическим режимом [3]. Сочетание этих двух факторов в различных зонах водоема-охладителя определяет формирование сообществ перифитона с характерным составом и структурой. При расположении биотопов, благоприятных для развития зооперифитона, в термическом градиенте (от района сброса подогретых вод до района водозабора) прослеживается последовательная смена сообществ с разной структурой и разными доминантами [2, 11].

Целью данной работы было изучение распределения и обилия беспозвоночных животных перифитона различных биотопов в водоеме-охладителе после вселения дрейссены и усиления техногенного воздействия в связи с вводом второго энергоблока.

**Материал и методика исследований.** Водоем-охладитель Хмельницкой АЭС (ХАЭС) расположен в северо-западной части Украины, представляет собой водный объект, созданный на р. Гнилой Рог (бассейн р. Припяти). В водоеме было выделено 5 районов, различающихся по своим условиям (рис. 1). На севере охладитель ограничивает плотина длиной около 7 км с бетонным укреплением откоса, достигающего до глубины 8 м. Облицовка плотины подвергается волновому воздействию, особенно при южных ветрах. В восточном районе расположены подводящий и отводящий каналы. Первый имеет длину около 1,5 км и глубину 7—9 м, откосы также укреплены монолитным бетоном, скорость течения составляет 0,3—0,4 м/с. Отводящий ка-

© Протасов А. А., Бабарига С. П., Силаева А. А., 2010



1. План-схема водоема-охладителя Хмельницкой АЭС. Сторона квадрата равна 1 км.

нал, по которому сбрасывается подогретая вода, имеет протяженность 3,5 км и глубину около 4 м. В первой трети длины берега канала также укреплены бетоном, далее — щебнем. Первый энергоблок АЭС был введен в эксплуатацию в конце 1987 г., второй — в 2004 г. В водоем, вероятно в 2002—2003 гг., спонтанно вселилась дрейссена *Dreissena polymorpha* Pallas [8].

В зависимости от преобладающих ветров западный, восточный и южный (частично) районы испытывают достаточно сильное влияние сброса подогретых вод энергетической станции. Введение в эксплуатацию второго энергоблока АЭС определило поступление подогретой воды в водоем в течение всего года при работе одного или двух блоков. Средние температуры в 2006 г., когда исследования проводились в течение четырех сезонов, были: в подводящем канале 23,5°C (с учетом зимнего периода), в районе плотины — 24,4°C. Разница температуры воды в подводящем и отводящем каналах в апреле и июле была около 10°C, в октябре — 6°C. Средняя температура в отводящем канале в апреле — октябре составляла 31,6°C, а наибольшая — 37,5°C (2006 г.).

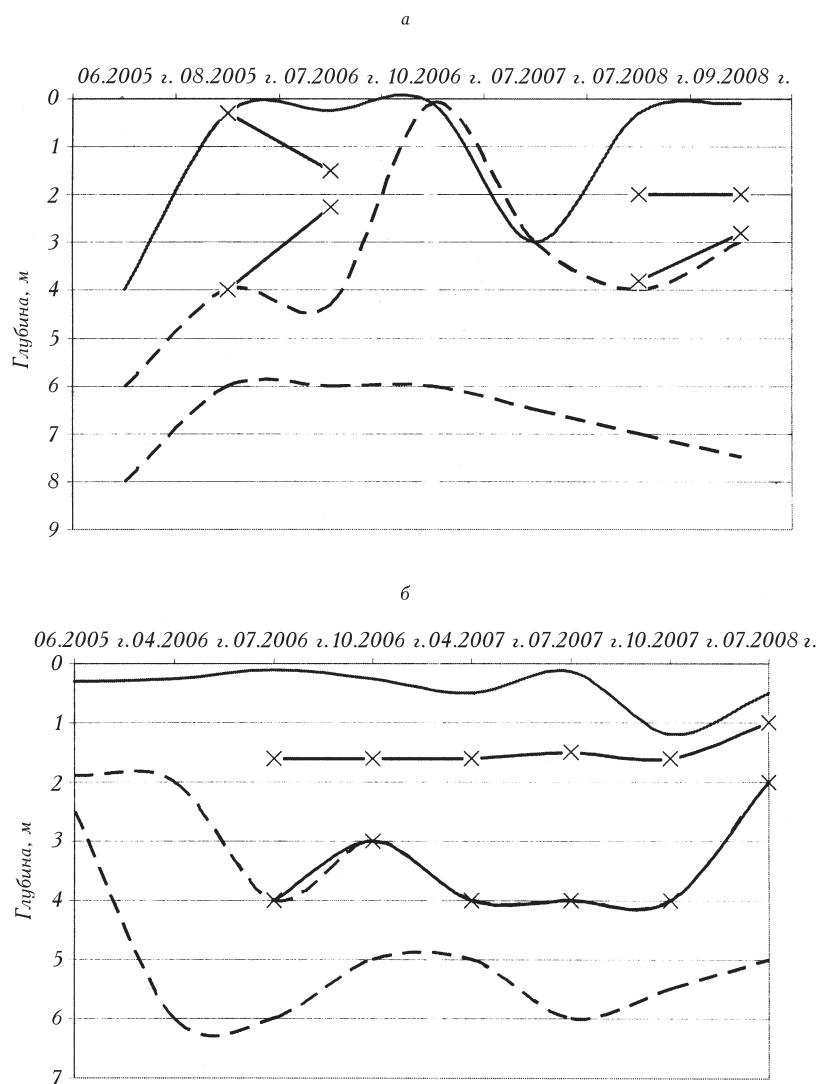
Исследования перифитона проводили в 2005—2008 гг. Для наблюдений и отбора проб использовали легководолазную технику, что позволило провести общую оценку развития сообществ перифитона, определить доминирующие формы, оценить долю покрытия субстрата поселениями прикреплен-

ных макроформ. Визуальная оценка распределения организмов перифитона при водолазном обследовании проведена в июне и августе 2005 г., в апреле, июле и октябре 2006 г., в июле и октябре 2007 г. и в июле и сентябре 2008 г. Всего проведено 12 водолазных обследований на плотине, 14 — в подводящем канале. На откосах плотины и подводящего канала от уреза до дна прокладывали трансекты протяженностью около 30 м. Пробы зооперифитона отбирали в июне и августе 2005 г., феврале, июле и октябре 2006 г. с бетонных субстратов — на откосах плотины, подводящего и отводящего каналов, с металлических конструкций — в отводящем канале, с камней — в южном районе на участке впадения р. Гнилой Рог. Проведено 12 измерений биомассы дрейссены в полевых условиях, в лаборатории обработано 117 проб. Обилие дрейссены определяли при условно 100%-ном покрытии как «плотность в поселении» и при учете реального покрытия как «плотность заселения субстрата». Сходство группировок определяли по методам Серенсена и таксономического анализа Смирнова, разнообразие — по индексу Шеннона [5]. Обработку материалов и создание баз данных проводили с помощью программного пакета WaCo [12]. При описании таксономического состава использовали термин «низший определяемый таксон» (НОТ) [1], большая часть организмов определена до видового уровня.

### *Результаты исследований*

Визуальное обследование различных субстратов водоема-охладителя показало, что распределение и пространственная структура зооперифитона достаточно сложны. Макроформы (нитчатые зеленые и синезеленые водоросли, губки, дрейссена), доступные для непосредственного наблюдения под водой, формировали свои поселения в виде поясов по глубине, достаточно сходных по протяженности таких биотопов как плотина и каналы. Бетонная облицовка подводящего канала и плотины представляла собой достаточно однородный биотоп, тем не менее характер и плотность поселений были достаточно разнообразны. На трансектах во все сезоны выделялись разнородные участки. По данным визуальной оценки установлено распределение поясов отмершей дрейссены (со скоплениями раковин живых моллюсков среди них) и пояса со 100%-ным покрытием субстрата поселениями дрейссены (рис. 2). Можно видеть, что эта картина на плотине и в канале была различной. На плотине зона 100%-ного покрытия за период исследований постепенно сузилась, в канале — напротив, расширилась, хотя середина этой зоны в обоих биотопах была на глубине около 5 м.

В июне 2005 г. в подводящем канале было выделено 6 поясов распределения перифитона. До глубины около 4 м распространялся пояс нитчатых зеленых водорослей в виде плотного мата. До глубины около 1,3 м водоросли были прикреплены непосредственно к субстрату — бетону, живая дрейссена отсутствовала. Ширина этой зоны по откосу составляла около 2 м. Вторая, глубинная, часть пояса имела более сложную структуру. Толстый слой зеленых нитчатых водорослей располагался на сплошном поселении дрейссены, большая ее часть (но не вся!) была погибшей. Протяженность этого «субпояса» составляла около 8 м до глубины 4 м. Глубже пояса нитчаток располагался пояс дрейссены с 80—100%-ным покрытием субстрата друзами. Такое покрытие сохранялось на протяжении 6—8 м по откосу до глубины



2. Границы поясов перифитона в подводящем канале — откос левого берега (а) и на плотине (б): сплошная линия — граница автотрофно-гетеротрофного пояса; между пунктирными линиями — пояс со 100%-ным покрытием поселениями дрейссены; между линиями с крестом — пояс отмершей дрейссены.

около 6 м. Глубже, до самого дна покрытие дрейссеной в виде отдельных прикрепленных к бетону друз составляло около 60%.

На вертикальной бетонной поверхности опор моста в канале описанная выше зональность не отмечена. Здесь почти от самого дна до глубины 1,3—1,5 м от поверхности воды зафиксировано обрастание дрейссеной в виде агрегатов друз со 100%-ным покрытием субстрата. Это распределение было характерно для вертикальных поверхностей как освещенной, так и затененной стороны опоры.

Также летом 2005 г. были проведены наблюдения и оценка состава и распределения макроформ обрастания на плотине в средней ее части и участке дна, расположенном вблизи бетонного откоса. Протяженность трансекты по бетонному откосу плотины составляла 30 м до глубины около 8 м. Картина распределения поясов оказалась достаточно сложной. Пояс зеленых нитчатых водорослей (*Cladophora* sp.) со 100%-ным покрытием от уреза воды до глубины около 0,3 м сменялся поясом нитчаток с мелкой дрейссеной — шириной не более 2 м до глубины 0,6 м. Глубже неширокий пояс со 100%-ным покрытием дрейссеной находился на глубине 1,9—2,5 м, зеленые нитчатые водоросли здесь практически не встречались. На глубине около 3,0—3,5 м (от 9 до 12 м по длине трансекты) был отмечен толстый слой (скопление) нитчатых водорослей (*Ulotrix* sp.), под которым была отмечена дрейссена, практически полностью покрывающая субстрат (около 80%). Далее по трансекте нитчатые водоросли уже не встречались, покрытие субстрата дрейссеной постепенно снижалось от 80% на глубине около 4 м до 50% на глубине 5—6 м и до 15% — вблизи дна. На дне (слабо заиленный песок) покрытие дрейссеной в виде друз составляло около 10%.

В августе 2005 г. было проведено подводное обследование подводящего канала. Зона отмершей дрейссены расширилась до глубины 4 м, здесь встречались лишь немногочисленные живые особи. От глубины 4 м доля покрытия субстрата поселениями дрейссены составляла около 90% и только на глубине 5—6 м достигала 100%.

В апреле 2006 г. на плотине в приурезной части была отмечена зона диатомовых водорослей до глубины 0,25 м, зона 100%-ного покрытия дрейссеной была широкой — от глубины 2 до 6 м. В июле 2006 г. для распределения перифитона на откосе плотины было характерно резкое снижение обилия дрейссены в зоне около 3-метровой глубины. В канале на левом откосе той же южной экспозиции что и на плотине также отмечено снижение доли покрытия на глубине около 2 м, но на противоположном откосе (правый берег) такого явления отмечено не было. Начиная с июля 2006 г. на плотине от глубины 1,5 м до 3—4 м во все периоды исследований отмечался пояс отмершей дрейссены с редким присутствием живых особей. Довольно резко за этим поясом начинался пояс поселений дрейссены со 100%-ным покрытием, который не распространялся, однако, глубже 6 м.

В осенний период 2005 г. в подводящем канале была произведена механическая очистка откосов от поселений дрейссены. Но уже в июле 2006 г. поселения дрейссены отмечались от глубины 0,3 м (10%) до глубины 1,5 м — при 80%-ном покрытии субстрата. Следует отметить, что на более освещенном откосе левого берега канала от глубины 1,5 до 2,3 м сохранялся пояс отмершей дрейссены. На правом, более затененном откосе такой зоны отмечено не было, поселения дрейссены распространялись от глубины 0,9 м до дна. Поселения со 100%-ным покрытием отмечались на глубине 6—8 м. Вертикальная поверхность быка, так же как и год назад, была полностью покрыта друзами дрейссены. Следует отметить, что эти поселения имели определенную динамику, часть из них отрывалась от вертикальной поверхности и, очевидно, достаточно быстро заменялась новыми. Под вертикальной стенкой наблюдались скопления опавших друз высотой около полуметра.

В октябре 2006 г. и апреле 2007 г. поселения дрейссены в канале начинались почти от поверхности — от глубины 10—15 см. Причем в апреле это были поселения со 100%-ным покрытием. Однако в июле на обоих откосах канала на глубине от 0,9 м до 3 м отмечена зона отмирания моллюсков, которая сохранилась и в октябре, расширившись на меньшую глубину.

В октябре 2007 г. на плотине от поверхности до глубины 1,5 м и на глубине 4—6 м отмечены поселения дрейссены полностью покрывающие субстрат, от глубины 1,5 м до 4 м сохранялся пояс раковин дрейссены. Уровень водоема был ниже обычного на 40—50 см, в этих условиях пояс дрейссены был отмечен и выше уровня воды, в зоне заплеска.

В июле 2008 г., при остановке обоих энергоблоков, для перифитона на плотине было характерно значительное распространение нитчатых водорослей, почти до глубины 5 м, а также сужение зоны отмершей дрейссены (глубина 1—2 м). Зона полного покрытия субстрата поселениями дрейссены была расположена на глубине от 2 до 5 м.

В подводящем канале распределение перифитона различалось на двух откосах. На левом откосе зона отмершей дрейссены была от глубины 2 до 4 м, на правом — от 1 до 3 м. Соответственно, от нижней границы этих поясов начиналась зона полного покрытия субстрата дрейссеной, которая распространялась практически до дна канала. Существенные изменения произошли в обрастании на вертикальных поверхностях опоры моста. Поселения дрейссены в виде друз сохранились только в нижней части, на расстоянии 1—1,5 м от дна канала, вернее — от поверхности скопления друз, обвалившихся с опор. Выше, от глубины 5 м общий габитус поселений определяли колонии губки *Eunapius carteri* (Bowerbank, 1863). Колонии этого очень редкого в водоемах Украины вида [10] на 50—80% покрывали субстрат, молодая дрейссена в виде небольших пятен покрывала бетон не более чем на 40%. Следует отметить, что на откосах канала и плотины губка практически не встречалась. По данным водолазов АЭС, губки в первой половине лета развивались на гидросооружениях насосных станций на глубине до 12 м. Также довольно большие их колонии были отмечены на камнях в южном районе. В июле 2008 г. покрытие губкой вертикального бетонного субстрата в канале достигало 90%. Молодь дрейссены заполняла только отдельные участки свободного субстрата, на глубине около 3 м соотношение губки и молоди дрейссены было почти равным.

В июле 2008 г. в подводящем канале было сделано наблюдение, связанное с отмиранием дрейссены. На глубине около 7 м в углублении между откосом и скоплением опавших с опоры моста друз была отмечена полоса шириной около 30 см и длиной в несколько метров. В этой полосе отмечена погибшая дрейссена, покрытая белым плотным сетчатым налетом (вероятно, гифы грибов). Установить, произошло ли поселение грибов после отмирания моллюсков, либо дрейссена погибла под их влиянием, не удалось. При последующем водолазном обследовании в сентябре 2008 г. такого явления отмечено не было.

В сентябре 2008 г. обследования проводили только в подводящем канале. На обоих откосах общий облик поселений животных и растительных организмов был сходным: нитчатые зеленые водоросли распространялись до глубины 2—4 м, только в самой приурезной зоне можно было выделить их четкий пояс. На левом откосе канала между глубинами 1 и 2 м отмечена зона 100%-ного покрытия субстрата дрейссеной и нитчатками, глубже распространялась зона раковин дрейссены и отдельных друз. Зона 100%-ного покрытия после этого пояса распространялась до самого дна. Поселения дрейссены представляли собой довольно сильно заиленные друзы на рыхлой подложке из раковин. Аналогичный пояс отмечен на правом откосе с глубины 3 м. На откосах, среди дрейссенных поселений губка встречалась очень редко — одна маленькая колония на несколько м<sup>2</sup>. На вертикальной бетонной поверхности в подводящем канале колонии губок, которые покрывали до 60% субстрата, уже находились на стадии отмирания. Поселения дрейссены в виде друз сохранились только на глубине более 5,5 м. На остальной поверхности дрейссена не играла существенной роли.

В отводящем канале на малой глубине (до 0,5 м) наблюдалась смена водорослевого обрастания по сезонам: диатомовые — в холодное время года, зеленые — в начале лета, синезеленые нитчатые — при наибольших температурах. Последние образовывали широкий пояс (1,5 м) водорослевой массы вдоль берега.

В южном районе, на участке впадения р. Гнилой Рог в водоем, где крупнокаменная отсыпка укрепляет дамбу до глубины 1,5—2 м, на камнях, почти от уреза воды, сразу за небольшим поясом зеленых нитчатых водорослей наблюдались поселения дрейссены, практически полностью покрывающие субстрат (90—100%). Этот характер поселений сохранялся во все сезоны исследований.

Общий список таксонов зооперифитона охладителя за период исследований насчитывал 106 НОТ из 21 группы. Наибольшим богатством характеризовались олигохеты и личинки хирономид (соответственно 26 и 29 НОТ). Большим количеством НОТ характеризовались брюхоногие моллюски — 13. Постоянно встречались губки, гидры, наидиды, ювенильные тубифициды, личинки хирономид *Limnochironomus nervosus* Staeg. *Cricotopus* gr. *silvestris* Fabr. *Polypedilum convictum* Walker, *Procladius ferrugineus* Kieff.

В трех изученных биотопах (табл. 1) на протяжении периода исследований выявлены определенные тенденции изменения богатства НОТ перифитона. В подводящем канале минимальное и максимальное значения количества НОТ в пробе устойчиво возрастало. На плотине количество НОТ увеличивалось до октября 2006 г., а затем снижалось, однако именно на плотине отмечены максимальные значения количества НОТ. Такая же, как и на плотине динамика изменения НОТ, отмечена и в южном районе, но при более низких показателях.

Основными факторами, определяющими как состав, так и обилие организмов зооперифитона являются подводная освещенность, температура, глубина, а также гетерогенность биотопа, связанная с характером поселе-

**1. Минимальное (а) и максимальное (б) количество НОТ в различные периоды на отдельных станциях в различных биотопах**

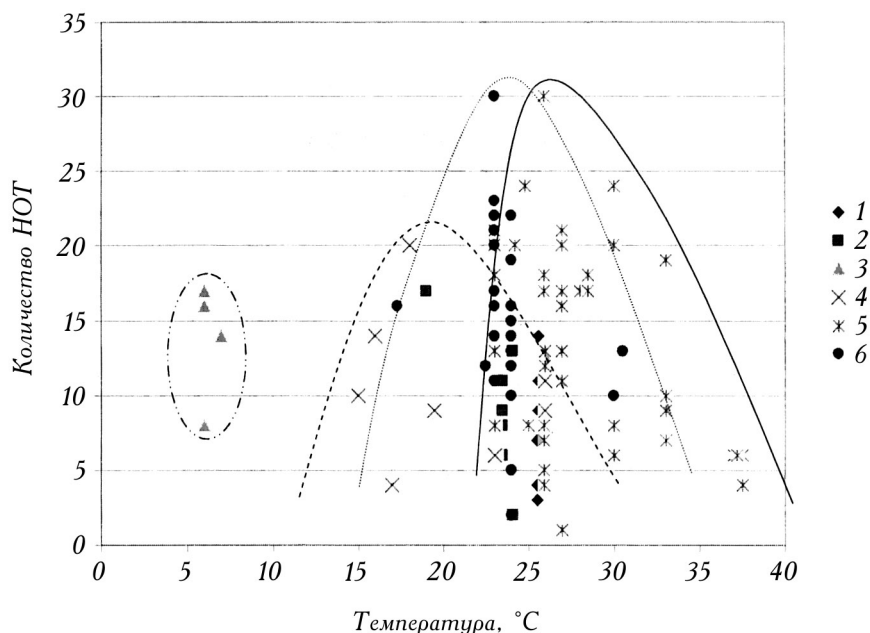
Периоды	Подводящий канал		Плотина		Южный район	
	а	б	а	б	а	б
Июнь 2005 г.	3	7	4	11	—	—
Август 2005 г.	2	13	9	11	8	17
Февраль 2006 г.	8	17	—	—	—	—
Апрель 2006 г.	4	10	9	14	—	—
Июль 2006 г.	13	21	5	30	8	21
Октябрь 2006 г.	2	22	11	30	16	21
Апрель 2007 г.	9	19	6	24	12	17
Июль 2007 г.	7	20	4	20	7	14
Октябрь 2007 г.	—	—	9	12	—	—
Июль 2008 г.	14	22	11	19	—	—
Сентябрь 2008 г.	17	25	—	—	—	—

Примечание. «—» — исследования не проводили.

ний макроформ — нитчатых водорослей и дрейссены [3, 9]. Рассматривая весь массив данных, можно выявить определенные закономерности изменений структурных характеристик сообществ в связи с указанными факторами. Освещенность определяет выделение двух поясов на откосах плотины и каналов — автотрофно-гетеротрофного, с доминированием нитчатых в теплое время года и диатомовых водорослей — в холодный период и гетеротрофного — с доминированием дрейссены. Довольно размытая граница между ними проходила в летний период на глубине около 3—4 м, в некоторых случаях поселения дрейссены распространялись почти до уреза воды, а нитчатки встречались и глубже 4 м. Следует отметить, что довольно значительные скопления нитчаток были отмечены в 2006 и 2007 гг. на глубине около 3 м в бентосе в западном районе водоема.

Термические условия обитания организмов зооперифитона изменялись как по сезонам, так в пространстве по водоему. Общее количество НОТ было минимальным в зимний период. В феврале на всех станциях исследования отмечено 8—17 видов, в июле — от 5 до 30. Изменения видового богатства по сезонам были связаны с температурой, зависимость эта не была линейной (рис. 3). В апреле наибольшее количество видов отмечено при 17°C, в июле — при 23, а в октябре — при 27°C. При высоких температурах таксономическое богатство снижалось (4—6 видов при 37°C). Глубина в целом не оказывала существенного влияния на видовое богатство, наибольшее количество видов было отмечено в приурезной зоне.

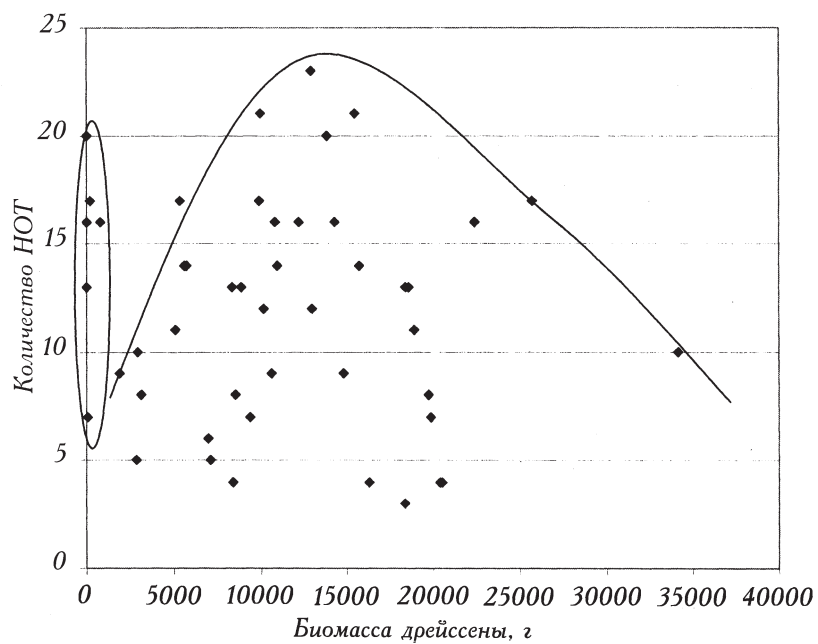
Видовое богатство связано не только с температурой и сезоном года, но и с развитием эдифицирующих форм, в частности с обилием дрейссены.



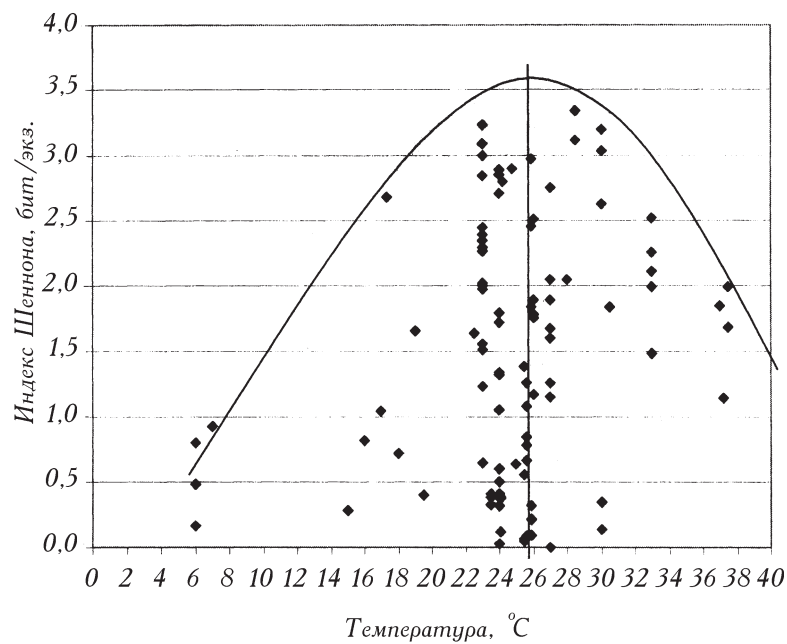
3. Зависимость количества НОТ от температуры на отдельных станциях в различные сезоны (огибающие линии: точка, пунктир — данные за февраль, пунктир — за апрель, сплошная линия — за июль, точки — за октябрь): 1 — 06.2005 г.; 2 — 08.2005 г.; 3 — 02.2006 г.; 4 — 04.2006 г.; 5 — 07.2006 г.; 6 — 10.2006 г.

Здесь также нет прямой зависимости — наибольшее количество НОТ отмечено при биомассе дрейссены около  $13 \text{ кг/м}^2$  (в поселениях с условно 100%-ным покрытием) (рис. 4). Следует отметить, что в приуездной зоне, на малой глубине, где биомасса дрейссены очень мала, на богатство состава и обилие прочих организмов оказывают влияние поселения нитчатых водорослей.

Зимой при небольшой численности и малом видовом богатстве, при отсутствии выраженного доминирования НОТ-разнообразие было невысоким — не более 1 бит/экз. В апреле наибольшее разнообразие отмечено при максимальной в этот сезон температуре  $26^\circ\text{C}$  — 2,5 бит/экз. Летом наибольшее разнообразие — 3,3 бит/экз. было при  $28^\circ\text{C}$  и значительно снижалось при  $37^\circ\text{C}$  — до 1,1 бит/экз. Эта же закономерность сохранялась и осенью: максимум разнообразия — при  $23^\circ\text{C}$  и снижение — при  $30^\circ\text{C}$ . Таким образом, наибольшее разнообразие отмечалось в средней части термического градиента. При объединении всех данных наибольшее разнообразие отмечено при температуре около  $26^\circ\text{C}$  (рис. 5). Что касается изменения видового разнообразия с глубиной, то здесь свое влияние на структуру сообществ оказывает, вероятнее всего, присутствие эдифицирующих форм: на малых глубинах — нитчаток, на больших — дрейссены. При расчете разнообразия всего состава сообщества оно снижалось с глубиной довольно значительно, как на плотине, так и в канале (рис. 6), а при расчете без ценопопуляции



4. Изменение видового богатства зооперифитона (НОТ) в поселениях дрейссены различной биомассы.



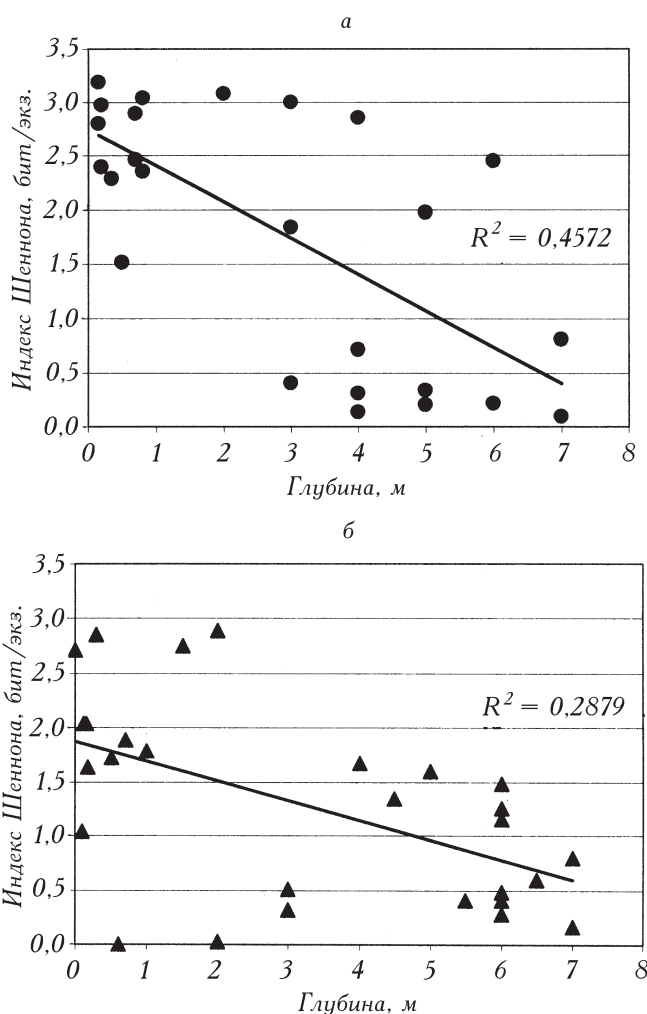
5. Изменение видового разнообразия зооперифитона по численности (бит/экз.) в зависимости от температуры.

дрейссены оказалось, что изменение имеет характер выпуклой кривой с максимумом между 3 и 4 м (рис. 7).

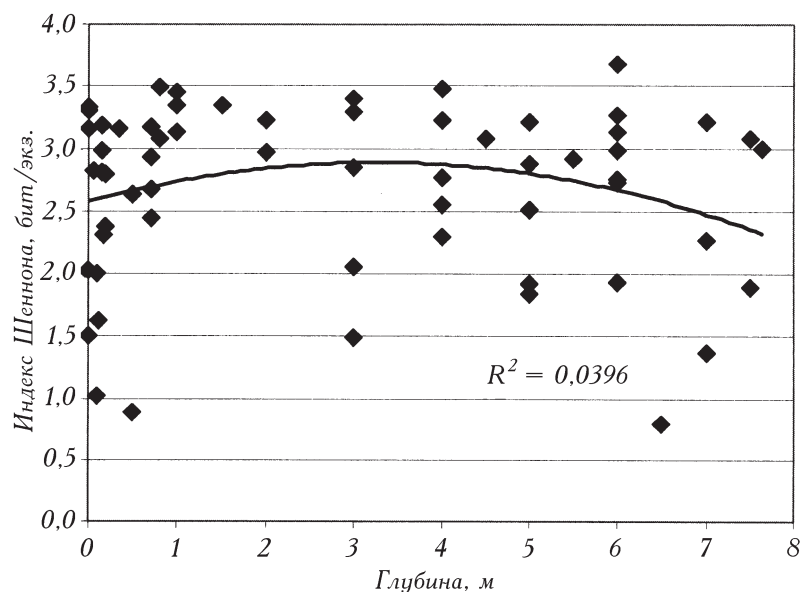
В силу особенностей условий обилие наиболее значимого вида — дрейссены в двух биотопах — подводный канал и плотина — достаточно существенно различалось. В подводном канале плотность в поселениях дрейссены (биомасса без учета доли покрытия) возрастала до глубины 3 м, затем при достаточно сильных колебаниях изменялась от 6 до 20 кг/м<sup>2</sup>, в среднем составляя около 13—15 кг/м<sup>2</sup>. При учете покрытия показатели обилия были несколько ниже (рис. 8).

На плотине зависимость распределения биомассы дрейссены от глубины была более сложной. Биомасса возрастала до глубины 1 м, а затем снижалась к 2-метровой глубине. От 3 до 6 м биомасса дрейссены в поселениях возрастала до 20 кг/м<sup>2</sup> (при учете плотности заселения субстрата — не превышала 17 кг/м<sup>2</sup>) и биомасса резко снижалась с глубины 4 м, а на глубине 7 м — не превышала 4 кг/м<sup>2</sup> (рис. 9). Таким образом, на плотине и в подводном канале характер распределения поселений дрейссены по глубине был различным.

На каменной отсыпке дамбы в районе впадения р. Гнилой Рог, где твердые субстраты были только на относительно малой глубине, отличий в распределении по глубине не отмечено.



6. Зависимость разнообразия зооперифитона по численности (бит/экз.) от глубины (с учетом дрейссены): а — плотина; б — подводный канал.



7. Зависимость разнообразия зооперифитона по численности (бит/экз.) от глубины (без учета дрейссены, все данные).

Структура сообществ с доминированием дрейссены, преобладавших в перифитоне водоема-охладителя, носила консортивный характер: дрейссена выступала не только как доминант, но и как вид-эдификатор. Субсообщество консортов изменяло свою структуру в зависимости от обилия вида-эдификатора (рис. 10). До биомассы дрейссены несколько более  $10 \text{ кг/м}^2$  разнообразие консортивной группы беспозвоночных возрастало, а затем, при увеличении биомассы — снижалось.

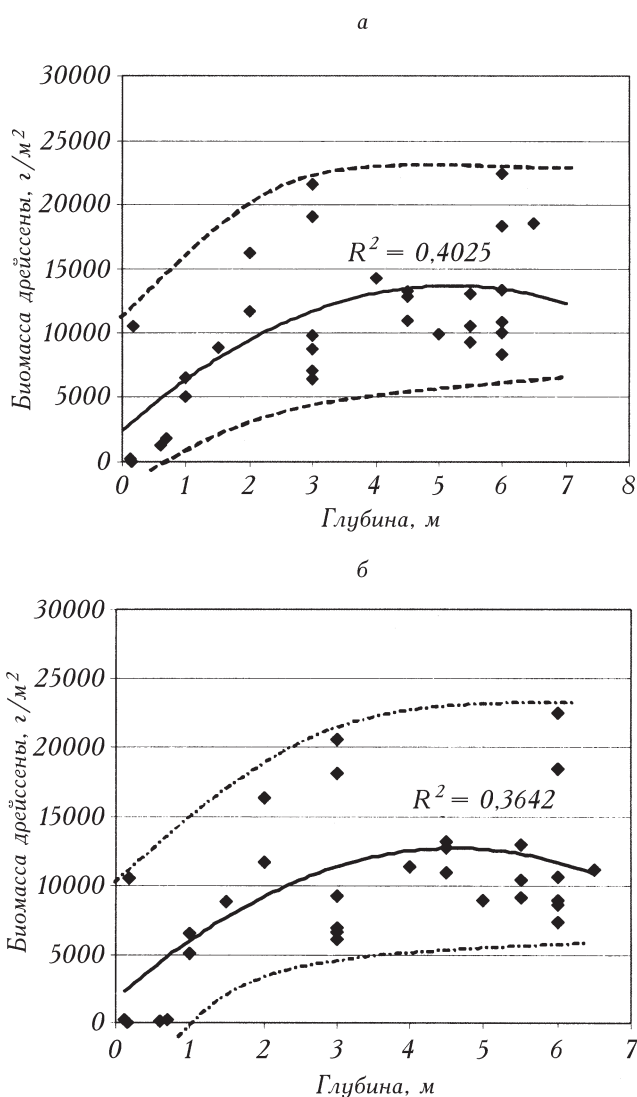
### Обсуждение результатов исследований

Изучение состава и структуры перифитона начиналось в период эксплуатации одного энергоблока и при отсутствии дрейссены в водоеме. Исследования, проведенные в 1998, 1999 и 2001 гг., показали, что до вселения дрейссены макроформы перифитона были представлены только нитчатыми водорослями, губками и, локально, в восточном районе — мшанками *Plumatella fungosa* Pall. [2, 7]. На плотине пояс зеленых нитчатых водорослей достигал в этот период глубины 2,0—2,3 м, в подводном канале ширина пояса составляла не более 0,8 м. Нитчатки создавали разнообразный и достаточно благоприятный биотоп для развития многочисленных подвижных беспозвоночных, которых насчитывалось более 60 НОТ. Наибольшая биомасса была отмечена при доминировании губок *Spongilla lacustris* L. и достигала  $238,7 \text{ г/м}^2$ .

После вселения дрейссены биомасса перифитона за счет моллюсков возросла на 1—2 порядка. Дрейссена также создала пространственно сложные поселения, что способствовало увеличению обилия ассоциированных с ней

организмов. Однако такое увеличение не имело характера прямой связи во всем диапазоне биомассы моллюсков.

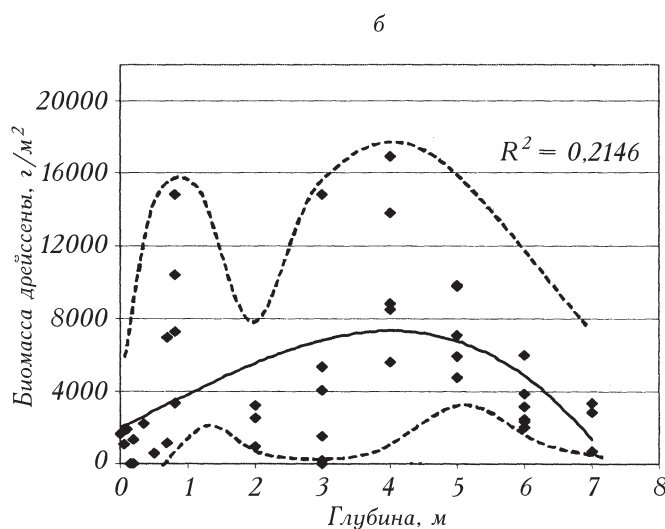
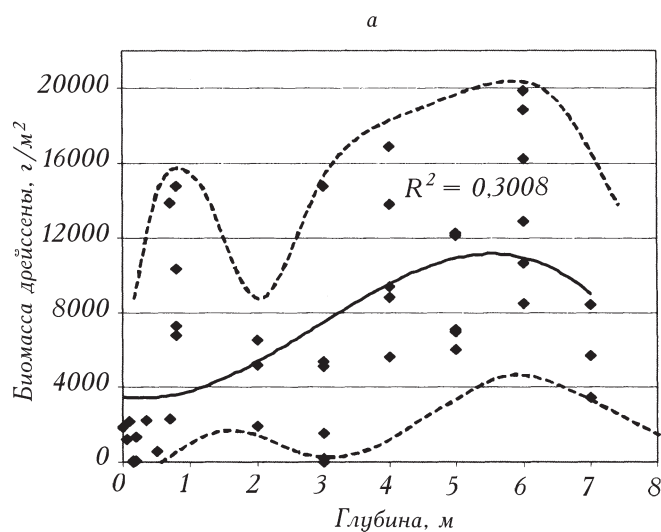
Следует обратить внимание на существование зоны, которая при визуальной оценке выглядела как зона погибшей дрейссены. В действительности здесь всегда в небольшом количестве присутствовала живая дрейссена. Образование этой зоны было прослежено в 2005 г. в подводном канале и было связано с интенсивным развитием зеленых нитчатых водорослей. И хотя в последующие годы не приходилось наблюдать столь значительного развития нитчаток, вероятнее всего именно их развитие лимитирует развитие поселений дрейссены. Кроме того, скопления раковин на субстрате представляют, очевидно, менее благоприятный субстрат для поселения молодежи дрейссены.



8. Распределение биомассы дрейссены по глубине в подводном канале: без учета доли покрытия субстрата поселениями (а) и с учетом покрытия (б).

Вселение дрейссены в охладитель привело в 2004 г. к возникновению серьезных проблем в системах техводоснабжения и охлаждения АЭС из-за массового развития этого моллюска. В осенний период 2005 г. были проведены мероприятия по очистке канала от дрейссены, однако, как показали наблюдения, уже на следующий год поселения в значительной мере восстановились.

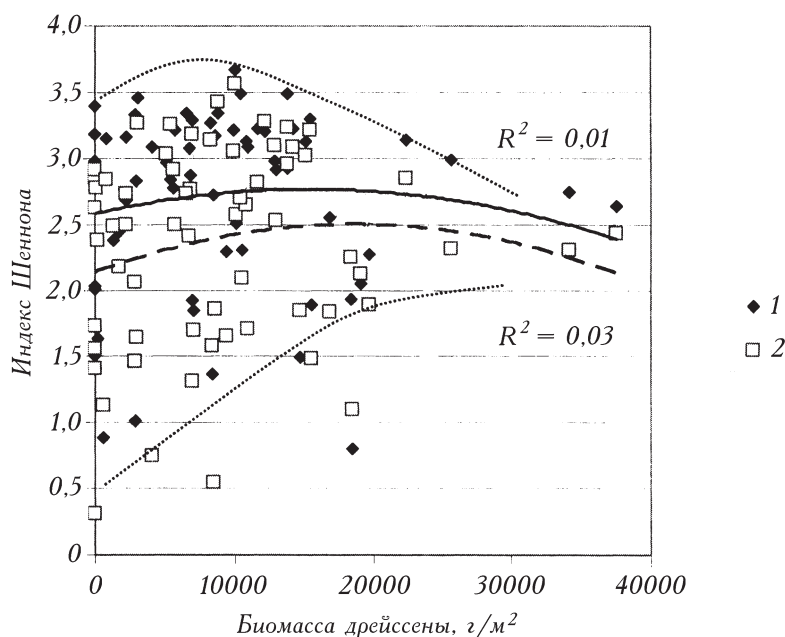
Биомасса дрейссены в сообществах перифитона и ее доминирование были значительными, что существенно снижало выравненность по биомас-



9. Распределение биомассы дрейссены по глубине на плотине: без учета доли покрытия субстрата поселениями (а) и с учетом покрытия (б).

се и показатели разнообразия сообществ. Сохранялась отрицательная корреляция между биомассой дрейссены и видовым разнообразием сообщества в целом. Так, в летний период 2006 г. коэффициент корреляции между этими показателями составлял  $-0,651$ .

Как было показано для сообществ зооперифитона в водоеме Чернобыльской АЭС [6], разнообразие, рассчитанное по численности, изменялось уни-модально при увеличении биомассы и было наибольшим при биомассе около  $7000 \text{ г/м}^2$ . В водоеме ХАЭС максимум видового разнообразия группировки консортов приходился на биомассу дрейссены несколько более  $10 \text{ кг/м}^2$ .



10. Изменение разнообразия консортивной группы беспозвоночных в зависимости от биомассы дрейссены: 1 —  $H$ , бит/экз. (сплошная линия); 2 —  $H$ , бит/г (пунктирная линия).

### Заклучение

На основании подводных обследований биотопов перифитона на ряде трансект в водоеме-охладителе ХАЭС установлено, что общий габитус сообществ значительно различался. Вселение дрейссены коренным образом изменило структуру сообществ перифитона в водоеме-охладителе. Увеличение прозрачности воды до 3 м, а в некоторые периоды и до 4 м по диску Секки, за счет фильтрационной деятельности моллюсков привело к тому, что пояс нитчатых водорослей распространился до значительных глубин, развитие их угнетало поселения дрейссены. Термические условия в охладителе достаточно разнообразны, при этом наибольшие показатели обилия и видового разнообразия зооперифитона были связаны со средними показателями температурного градиента.

\*\*

*Представлено дані по розподілу перифітону у водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС. Розглянуто особливості розподілу поселень дрейссени та інших безхребетних у різних біотопах.*

\*\*

*Data on development of zooperiphyton in a cooling reservoir of the Khmel'nitskiy Nuclear Power Plant are presented. The peculiarities of distribution of Zebra mussel settlements and others invertebrates in various biotopes are considered.*

\*\*

1. Баканов А.И. Использование характеристик разнообразия зообентоса для мониторинга состояния пресноводных экосистем // Мониторинг биоразнообразия. — М., 1997. — С. 278—282.
2. Биоразнообразие и качество среды антропогенно измененных гидроэкосистем Украины / Харченко Т.А., Протасов А.А., Ляшенко А.В. и др. — Киев: Институт гидробиологии НАН Украины, 2005. — 314 с.
3. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / А.А.Протасов, О.А.Сергеева, С.И.Кошелева и др. — Киев: Наук. думка, 1991. — 192 с.
4. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Проблемы влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов (обзор) // Экология организмов водохранилищ-охладителей. — Л.: Наука, 1975. — 291 с.
5. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — М.: Наука, 1982. — 287 с.
6. Протасов А.А., Силаева А.А. Сообщества беспозвоночных водоема-охладителя Чернобыльской АЭС. Сообщение 2. Сообщества зооперифитона, их состав и структура // Гидробиол. журн. — 2005. — Т. 41, № 6. — С. 13—32.
7. Протасов А.А., Синицына О.О., Калиниченко Р.А. и др. Планктон, бентос и перифитон водоема-охладителя Хмельницкой АЭС // Там же. — 2000. — Т. 36, № 1. — С. 14—29.
8. Протасов А.А., Юришинец В.И. О вселении *Dreissena polymorpha* Pallas в водоем-охладитель Хмельницкой АЭС // Вестн. зоологии. — 2005. — Т. 39, № 5. — С. 74.
9. Скальская И.А. Зооперифитон водоемов бассейна Верхней Волги. — Рыбинск, 2002. — 256 с.
10. Трылис В.В., Бабарига С.П., Протасов А.А. Первая находка пресноводной губки *Eunapius carteri* (Porifera, Spongillidae) в Украине за пределами ее природного ареала в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС // Вестн. зоологии. — 2009. — Т. 43, № 4. — С. 347—350.
11. Protasov A.A., Afanasjev S.A. Structure of Periphytite Communities in Cooling Pond of Nuclear Power Plant // Intern. Revue der gesamten Hydrobiol. und Hydrographie. — 1986. — N 3. — P. 335—346.
12. Protasov A.A., Sinitsina O.O., Kolomiets A.V. Use of the WaCo (Water Communities) package to process the hydrobiological samples and create the databases on zoology and algology (FoxPro) // Information retrieval systems in biodiversity research. — Тр. Зоол. ин-та РАН. — 1999. — Т. 278. — С. 132.