

УДК [594.125:591.524.12]:621.311.25(477.43)

Ю. Ф. Громова, А. А. Протасов

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ВЕЛИГЕРОВ *DREISSENA* В ВОДОЕМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ
ХМЕЛЬНИЦКОЙ АЭС И ИХ РОЛЬ В СТРУКТУРЕ
ЗООПЛАНКТОНА**

По данным многолетних наблюдений (2005—2015 гг.) в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС установлена динамика обилия велигеров *Dreissena* на фоне количественного развития зоопланктона, показаны особенности распределения личинок дрейссенид в водоеме. Установлено, что средняя численность и биомасса велигеров в водоеме в летний и раннеосенний сезоны в разные годы изменялись от 38 экз/м³ и 0,1 мг/м³ до 103 353 экз/м³ и 694,4 мг/м³. В периоды массового развития (июнь — июль) велигеры являлись важным компонентом зоопланктона (в среднем до 32,8% общей численности и 19,4% биомассы). В начальный период инвазии (2005 г.) после вселения в водоем моллюсков *Dreissena polymorpha* (Pall.) (в 2002—2003 гг.) обилие велигеров было высоким, их доля в численности и биомассе зоопланктона в среднем составляла 15,0%. Максимумы отмечали в июле 2008 и июне 2009 г., минимум — в сентябре 2010 г. Вселение в водоем в 2012 г. *Dreissena bugensis* (Andr.) не повлияло заметно на структуру зоопланктона. Распределение велигеров дрейссены по акватории водоема, как правило, было неоднородным. Высокие количественные показатели были характерны для средней части диапазона термической удаленности (отношение температуры на данной станции к максимальной в водоеме (на сбросе подогретых вод)). Гетерогенность распределения велигеров определялась не только температурой, но и гидродинамическими процессами, с которыми связан и характер распределения показателей температуры в этом техногенном водоеме. Их количественные показатели уменьшались по ходу направленного ветром техногенного потока.

Ключевые слова: велигеры *Dreissena*, зоопланктон, обилие, структура, распределение, водоем-охладитель АЭС, гидродинамическая циркуляция.

После расселения моллюсков каспийского происхождения р. *Dreissena* в большинстве пресных водоемов Европы их свободноплавающие личинки — велигеры — стали важной составляющей планктона. В периоды массового размножения обильных популяций моллюсков количество планктонных личинок может исчисляться сотнями и тысячами экземпляров на кубический метр, в отдельных случаях — миллионами [7, 10, 17, 19 и др.]. В водохранилищах Днестра велигеры дрейссены составляли от 2,6% до 51% численности и 0,1%—54% биомассы зоопланктона [14]. Временное присутствие большого количества личинок дрейссены в планктоне оказывает существенное влияние на его структуру и обилие. Численность велигеров определяется коли-

© Ю. Ф. Громова, А. А. Протасов, 2016

чеством взрослых моллюсков в водоеме, интенсивностью их размножения, длительностью развития пелагической стадии, а также условиями их оседания [4, 7, 9, 19].

Личинки дрейссены занимают определенное место в трофической структуре водных сообществ. Они являются трофическими конкурентами с пелагическими фильтраторами — простейшими и коловратками, сами служат объектом питания для планктонных беспозвоночных и молоди рыб. Вклад личинок *Dreissena* в процессы фильтрации существенно ниже, чем у планктонных ракообразных и взрослых моллюсков, оценивается значениями от 2,6 до 17,5 мкл/экз·ч [23, 26]. В частности, в Рыбинском водохранилище интенсивность фильтрации воды велигерами была близка к таковой коловратками и не превышала 3% общей интенсивности фильтрации зоопланктоном и дрейссенидами, что было в 20 раз меньше, чем планктонными ракообразными и в 10—14 раз — чем взрослыми моллюсками [8]. Конкуренция за пищевые ресурсы и присутствие в рационе взрослых дрейссен коловраток и мелких планктонных ракообразных, вероятно, являются основной причиной снижения количественного развития зоопланктона в некоторых водоемах после вселения дрейссены [2, 5, 7, 18 и др.].

Цель данной работы — изучить количественное развитие и особенности распределения велигеров дрейссены в многолетней динамике зоопланктона, а также особенности их пространственного распределения в условиях водоема-охладителя АЭС.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в водоеме-охладителе (ВО) Хмельницкой АЭС (ХАЭС) в 2005, 2006—2010, 2012—2015 гг. в летний и раннеосенний (сентябрь) сезоны. Для характеристики сезонной динамики велигеров использовали частично опубликованные данные за 2006, 2007 и 2008 гг. [2, 3]. Следует учесть, что первой в водоем вселилась *Dreissena polymorpha* (Pallas) и только в 2012 г. был отмечен второй вид — *Dreissena bugensis* (Andrusov). Поскольку определение видовой принадлежности велигеров практически невозможно, после 2012 г. речь идет о планктонных личинках обоих видов. Подсчет велигеров производили при обработке проб зоопланктона, которые отбирали планктонной сетью Апштейна (размер ячеек 80 мкм) методом вертикальных тотальных ловов и батометром Паталаса с глубинных горизонтов. Обработывали материал по общепринятым в гидробиологии методикам [11]. Оценку гетерогенности количественных показателей проводили с помощью коэффициента вариации (CV , %) [13]. Степень термического влияния подогретой сбросной воды АЭС на определенный участок водоема оценивали с помощью показателя «термической удаленности» T/T_{max} (отношение температуры воды в точке отбора проб к максимальной температуре в водоеме) [20] и его вариантов — T_{cp}/T_{max} (отношение средней температуры воды к максимальной) и T_{min}/T_{max} (отношение минимальной температуры воды к максимальной) для оценки термического влияния на водоем в целом.

ВО ХАЭС — искусственный водоем на р. Гнилой Рог (бассейн р. Припяти), площадью около 20 км² и объемом около 120 млн. м³. Период исследований характеризовался усилением техногенной нагрузки на водоем в связи

с введением в эксплуатацию (в 2004 г.) второго энергоблока АЭС. Температура воды в ВО была на 3—6°C выше, чем в природных фоновых водоемах [20]. Наибольшую термическую нагрузку испытывал восточный район ВО, который имеет непосредственную связь с подводящим (ПК) и отводящим (ОК) каналами. Температура воды возле выхода из ОК при работе одного энергоблока была на 3,4—6,5°C выше минимальной в ВО, при работе двух энергоблоков — на 4,7—8,0°C. Наибольшая отмеченная здесь температура составляла 32°C (2005 и 2013 гг.) При отсутствии подогретых сбросов VII.2008 г. (оба энергоблока АЭС не работали) температура воды по акватории ВО была однородной (табл. 1). Среднее значение показателя T_{min}/T_{max} составило 0,78, то есть температура на станции в наименьшей степени подверженной техногенному нагреву, была в 1,3 раз ниже, чем в районе сброса подогретых вод.

Результаты исследований и их обсуждение

В 2002—2003 гг. в ВО ХАЭС спонтанно вселился моллюск *D. polymorpha* [20]. Наряду с увеличением техногенной нагрузки на водоем после введения в эксплуатацию второго энергоблока, это привело к изменению гидробиологического режима. На первом этапе (2005—2006 гг.) на фоне увеличения видового богатства зоопланктона показатели обилия изменились незначительно, роль коловраток и веслоногих ракообразных уменьшилась [2]. В дальнейшем количественное развитие и структура зоопланктона сильно варьировали из года в год. Влияние велигеров дрейссены на динамику количественных характеристик и структуру зоопланктона было существенным лишь в периоды их наибольшего развития (рис. 1).

Следует принять во внимание, что личинки дрейссенид являются временным компонентом планктона (меропланктоном), уровень развития которого в значительной степени зависит от периода размножения моллюсков и времени их нахождения в планктоне до оседания. Пребывание личинок в планктоне в летний сезон не превышает десяти дней [5]. Неблагоприятные условия среды, например, отсутствие подходящего субстрата для оседания, осеннее понижение температуры воды и др. могут приводить к удлинению этого срока [1]. В течение теплого периода года в естественных водоемах наблюдается один и более пиков численности личинок, связанных с периодами массового нереста моллюсков. В озерах восточной Европы обычно регистрируют один — три пика с наибольшими значениями в июне или июле [25]. Максимумы численности велигеров в Каневском водохранилище Днестра приходятся на июнь — июль, реже — на сентябрь [14], в водохранилищах верхней Волги — на июль — август [8, 9, 17]. Однако период нереста в водоемах-охладителях со своеобразным термическим режимом и естественных водоемах может существенно различаться. Так, исследования динамики сообществ перифитона в ВО ХАЭС [20] показали, что период оседания велигеров на субстрат очень растянут. В ВО количество пиков численности может быть больше, чем в ненарушенных водных экосистемах [21]. Например, в зоне влияния подогретых вод ВО Чернобыльской АЭС наблюдали дополнительный пик заселения молодью дрейссены в октябре, более того, в зимний сезон происходило довольно интенсивное заселение дрейссеной бетонных субстратов в ОК [1]. В наших исследованиях, в связи с отсутствием регуля-

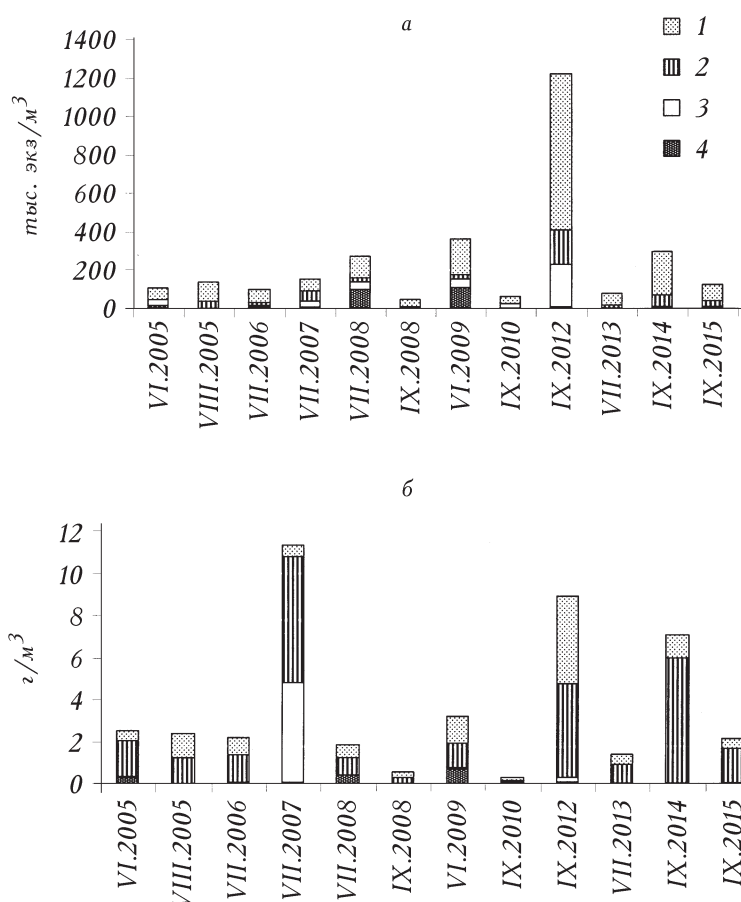
1. Поверхностная температура воды (°C) и значения T_{cp}/T_{max} , T_{cp}/T_{max} в ВО ХАЭС в разные периоды исследований

Месяцы, годы	T_{cp}	T_{min}	T_{max}	T_{cp}/T_{max}	T_{min}/T_{max}
VI.2005	27,2	25,5	32,0	0,85	0,79
VIII.2005	25,4	23,0	31,0	0,82	0,74
II.2006	9,1	6,3	13,5	0,67	0,47
IV.2006	17,0	14,5	23,0	0,74	0,63
VII.2006	27,1	26,0	29,0	0,93	0,90
X.2006	22,8	21,8	24,8	0,92	0,88
IV.2007	17,5	15,2	23,0	0,76	0,66
VII.2007	25,1	22,3	30,0	0,84	0,74
X.2007	17,8	16,5	22	0,75	0,81
VII.2008	21,0	21,0	21,0	1,00	1,00
IX.2008	16,7	15,6	19,0	0,88	0,82
VI.2009	24,9	23,8	28,5	0,87	0,84
IX.2010	22,6	21,0	25,5	0,89	0,82
IX.2012	25,4	22,4	28,3	0,90	0,79
VIII.2013	28,6	26,9	32,0	0,89	0,84
IX.2014	22,9	22,1	26,2	0,87	0,84
IX.2015	21,3	20,0	26,5	0,80	0,75

ных ежемесячных наблюдений, сравнение количественных показателей проводили между одними месяцами разных лет.

Практически прямое соответствие численности велигеров ходу сезонной температуры отмечено в разных частях ареала дрейссенид [24]. Обычно они появляются в планктоне при температуре воды 12—17°C [5]. В пелагиали ВО ХАЭС личинки дрейссены появлялись с апреля. Так, в третьей декаде апреля 2006 г. единичные экземпляры (20—40 экз/м³) велигеров были отмечены на некоторых станциях восточного, центрального и южного районов ВО и в ПК. Температура воды в этот период составляла от 15 (ПК) до 26°C (ОК), а на станциях обнаружения велигеров — 15—18°C. В тех же числах апреля в 2007 г. при сходных температурных условиях (T_{cp} в ВО 17,5°C) нерест дрейссены, вероятно, еще не начался — личинки в ВО и каналах не встречались. Также они не были отмечены на экспериментальных субстратах в ПК. В 2008 г. осевших велигеров на экспериментальных субстратах в ПК регистрировали в мае [20].

В начале октября 2006 г. при достаточно высокой температуре воды (в среднем 22,8°C) численность велигеров в ВО достигала 375 экз/м³ (в ПК — 500 экз/м³), хотя они присутствовали не на всех станциях. В середине октября 2007 г. температура воды была ниже (в среднем 17,8°C), велигеры встре-



1. Многолетняя динамика численности (а) и биомассы (б) зоопланктона в ВО ХАЭС в летний и раннеосенний сезон: 1 — Copepoda; 2 — Cladocera; 3 — Rotifera; 4 — велигеры *Dreissena*.

чались единичными экземплярами (не больше 40 экз/м³) в восточном, северном и южном районах ВО. Максимум численности (100 экз/м³) отмечали в ОК при температуре 25°C. Вероятно, нерестовый период в ВО ХАЭС заканчивается в октябре при температуре около 17,0°C. Доля велигеров в численности и биомассе зоопланктона в это время составляет < 0,1%.

Личинки дрейссены встречаются и в зимний сезон при температуре ниже 10°C, когда рост и развитие моллюсков не происходит. Это связывают с зимующими личинками (т. е. замедляющими или временно прекращающими рост при наступлении неблагоприятных условий) или перенесенными из более теплых участков водоема [5]. В водоемах с искусственным подогревом воды они могут встречаться круглогодично, развиваясь в зонах с благоприятными температурными условиями. В ВО ХАЭС в феврале 2006 г. личинки были обнаружены в восточном районе, в районе выхода из ОК при температуре воды 9,0—13,5°C (10—40 экз/м³) и в центральном районе при температуре воды 6,5—8,2°C (200—500 экз/м³). Вопрос о происхождении велигеров, которые регистрировались в зимний период, требует отдельного

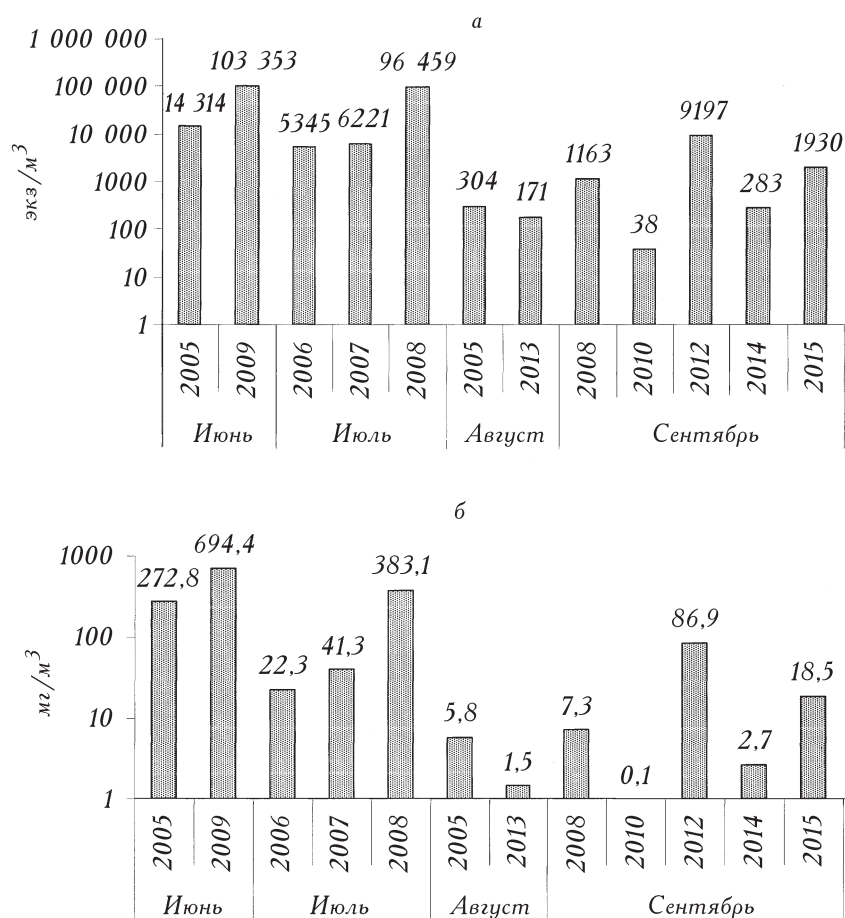
исследования. При этом следует учитывать, что в условиях ВО численность велигеров в холодное время года может быть значительной. Так, в отводящем канале Чернобыльской АЭС уже ранней весной отмечались значительные поселения молодежи дрейссены, которая отмирала при повышении температуры [1, 15].

В летний и раннеосенний сезон обилие велигеров было наиболее высоким. Пики количественных показателей приходились на июнь — июль, в отдельные годы — и на сентябрь (рис. 2). Максимумы количественных показателей в ВО отмечены в июле 2008 г. ($96\,459 \pm 27\,340$ экз/м³, $383,1 \pm 108,6$ мг/м³) и июне 2009 г. ($103\,353 \pm 28\,596$ экз/м³, $694,4 \pm 274,2$ мг/м³). В эти периоды они входили в состав доминирующего комплекса зоопланктона. Их доля в численности и биомассе зоопланктона в июле 2008 г. составляла в среднем соответственно 32,8 и 19,4%, в июне 2009 г. — 28,1 и 19,2%. При этом по акватории ВО она изменялась в широких пределах. Например, в июне 2009 г. на разных станциях ВО личинки составляли от 9,0 до 50,9% численности (максимум за период исследований) и от 7,0 до 39,3% биомассы. После вселения дрейссены в июне 2005 г. (см. рис. 2) на разных станциях доля личинок в численности зоопланктона изменялась от 0,1 до 48,0%, в биомассе — от 0,3 до 42,6% (максимум за период исследований) и в среднем составляла соответственно 15,0 и 14,7%. Следует отметить, что в 2005—2006 гг. отмечали наиболее высокие показатели развития дрейссены в бентосе и перифитоне ВО [15].

В конце лета количественное развитие личинок дрейссены снижалось (см. рис. 2), например в августе 2005 г. в 47 раз по сравнению с июнем. Их доля в численности и биомассе зоопланктона в среднем составляла соответственно 0,4 и 0,3%. Минимальные летние значения количественных показателей отмечали в августе 2013 г. (171 ± 112 экз/м³ и $1,5 \pm 0,9$ мг/м³), при этом их доля в численности и биомассе составляла 0,1%.

В начале осени в одни годы происходил спад численности велигеров, в другие — значительное развитие. При этом их доля изменялась в среднем в пределах 0,1—2,5% численности и 0,2—1,2% биомассы, существенно не влияя на структуру всего сообщества (см. рис. 1). Максимум обилия велигеров в осенний период — 9197 ± 5399 экз/м³ и $87,0 \pm 52,0$ мг/м³ отмечен в 2012 г., когда в водоем вселился второй вид дрейссенид — *D. bugensis*. Это произошло на фоне значительного увеличения всего зоопланктона ($1\,222\,982 \pm 130\,733$ экз/м³ и $9906,1 \pm 1753,9$ мг/м³) (см. рис. 1). Несмотря на увеличение количества велигеров на два порядка по сравнению с 2010 г., их доля в зоопланктоне почти не изменилась, в среднем составляя 0,7% численности и 0,6% биомассы. В сентябре 2010 г. были зарегистрированы наименьшие значения — 38 ± 14 экз/м³ и 0,1 мг/м³. Численность осевших велигеров на экспериментальных субстратах, установленных на глубине 2 м в ПК, в сентябре 2007 г. была довольно высокой — $11\,746$ экз/м² [20].

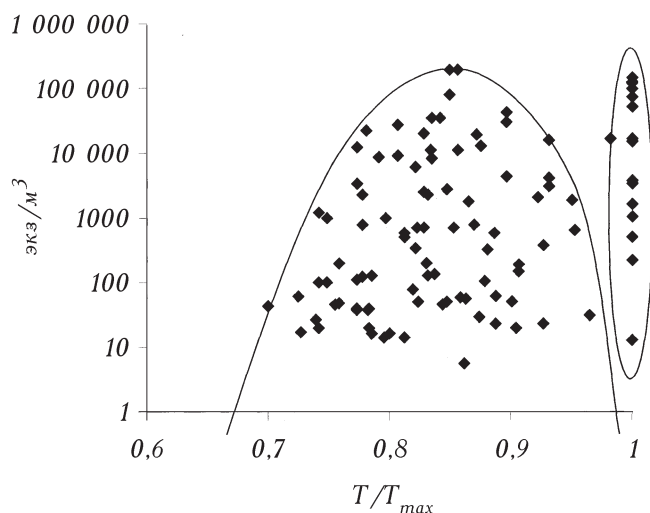
Максимумы количественного развития велигеров наиболее часто отмечали в восточном (участок выхода из ОК), центральном и западном районах ВО. Частота встречаемости по районам ВО по данным летнего и раннеосеннего сезона составляла в восточном районе 100%, в центральном — 91%, се-



2. Многолетняя динамика численности (а) и биомассы (б) велигеров *Dreissena* в ВО ХАЭС.

верном — 83%, западном — 80%, южном — 67%, что, вероятно, зависело от особенностей расселения моллюсков и гидродинамических циркуляций в водоеме.

Температурные условия обитания моллюсков р. *Dreissena* являются важным фактором, определяющим их развитие и распространение по водоему. Наибольшая зафиксированная температура воды в ОК, при которой регистрировали велигеров дрейссены, составляла 37,5°C (VII.2006 г.). Очевидно, личинки транзитом прошли через систему охлаждения АЭС из ПК. При 34,6°C в ОК в августе 2013 г. велигеры отсутствовали, а на выходе из ПК при 32°C их количество составляло 1600 экз/м³. Вероятно, источником их поступления были моллюски из участка ВО, прилегающего к каналу. Согласно данным [5], дрейссена из ОК Приднепровской ГРЭС и Кучурганского лимана-охладителя Молдавской ГРЭС выдерживала температуру 32°C, однако более высокая считается для нее летальной [1, 15].



3. Численность велигеров дрейссены в ВО ХАЭС в летний и весенне-осенний сезон в диапазоне значений T/T_{max} .

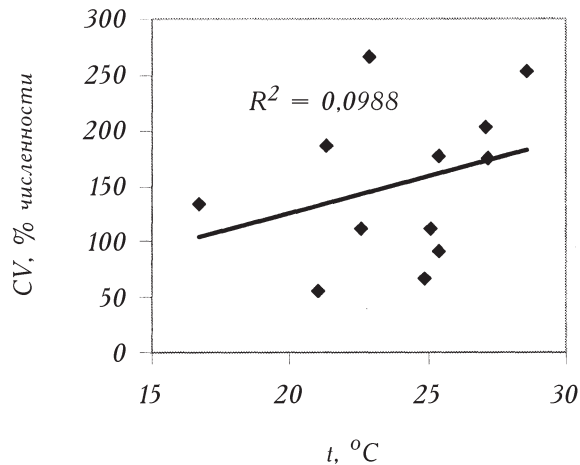
В водоемах-охладителях ТЭС и АЭС умеренной климатической зоны отмечали увеличение численности и биомассы взрослых особей дрейссены в зонах среднего и слабого подогрева [5]. В наших исследованиях наибольшая численность велигеров была характерна для средней части диапазона термической удаленности — при $T/T_{max} = 0,85$ (рис. 3). Кривая на графике, огибающая поле распределения точек, отражает предельно возможное

развитие гидробионтов в диапазоне значений T/T_{max} [6, 22]. На графике не отражены значения зимнего сезона. Соответственно, наибольшее среднее значение численности, которое относилось к VI.2009 г., находилось в средней части диапазона $T_{cp}/T_{max} = 0,87$ и было немного выше средней части диапазона T_{min}/T_{max} (0,84) (см. табл. 1, зимние значения не учитывались). Высокое обилие велигеров дрейссены в районе выхода из ОК, в зоне максимальных температур ($T/T_{max} = 1$), вероятно, обусловлено поступлением их из канала, а также со дна, где обитают взрослые особи [16, 20]. Кроме того, высокие значения численности при $T/T_{max} = 1$ соответствовали VII.2008 г. при однородных температурных условиях по всему водоему, когда подогрев воды отсутствовал.

Отмечена тенденция к возрастанию неравномерности распределения велигеров дрейссены при увеличении средней температуры воды в ВО (рис. 4).

Распределение велигеров дрейссены по акватории ВО было более выровненным в периоды их высокой численности (рис. 5). Так, при наибольшей численности VII.2008 г. и VI.2009 г. значения CV составляли соответственно 56,69 и 67,77%. В июне 2008 г. при отсутствии техногенной циркуляции и однородности температурных условий (см. табл. 1) численность и биомасса личинок изменялась в пределах 15 942—137 681 экз/м³ и 63,3—546,9 мг/м³, максимальные значения были в западном, центральном и северном районах ВО. Минимальные показатели обилия в районе выхода ОК в период отсутствия циркуляции были характерны как для личинок, так и для бентосных поселений дрейссены [20]. В июне 2009 г., при двух работающих энергоблоках и средней температуре по ВО $24,9 \pm 0,7^\circ\text{C}$, показатели обилия

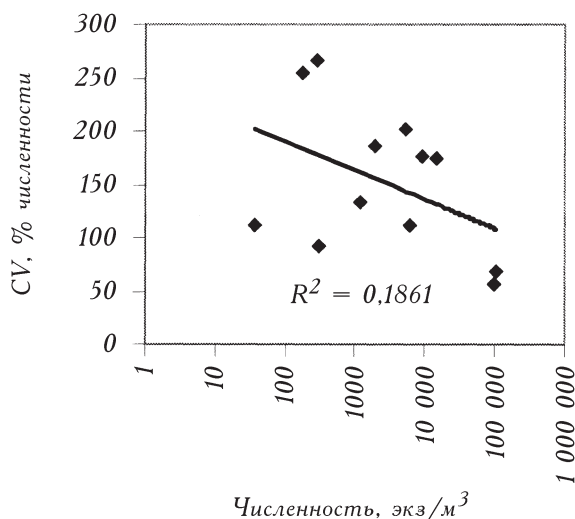
велигеров составляли 34 783—188 466 экз/м³ и 138,2—1809,9 мг/м³ с наибольшими значениями в восточном и южном районах. Вероятно, их достаточно равномерному распределению в этот период способствовала гидродинамическая циркуляция, которая при восточном ветре охватывает почти весь водоем. В периоды с более низким количественным развитием велигеров их распределение по водоему было неоднородным, о чем свидетельствуют высокие значения CV — 91,92—267,24%.



4. Зависимость коэффициента вариации (CV , %) численности велигеров дрейссены от средней температуры воды в ВО ХАЭС в летний и раннеосенний сезон.

На распределение велигеров дрейссены в водоеме, как и на зоопланктон в целом, могут влиять техногенная циркуляция и ветровые течения [12, 20]. Поток, возникающий в восточной части ВО в результате работы станции и направленный от выхода из ОК к входу в ПК, изменяет траекторию в зависимости от направления и скорости ветра. Обнаружено, что при разной траектории потока численность велигеров дрейссены снижалась по ходу направленного ветром техногенного потока. При ветрах восточных румбов техногенный поток имел более длинную траекторию, поэтому изменения численности велигеров по его ходу были более выражены (рис. 6). Численность личинок от выхода из ОК до входа в ПК в разные периоды снижалась в 1,3—70 раз. В отдельные периоды в районе входа в ПК велигеров отмечено не было (рис. 7).

В некоторых случаях на станциях, которые при определенных ветровых ситуациях не были задействованы в техногенный циркуляционный поток, личинки не встречались или были малочисленны, что свидетельствует об их вероятном поступлении из участка вблизи выхода из ОК. Например, 30.07.2013 г. при юго-восточном ветре скоростью 3 м/с численность велигеров дрейссены изменялась по ходу направленного ветром циркуляционного потока от 1600 экз/м³ при выходе из ОК до 0 экз/м³ при входе в ПК (см. рис. 6). На остальной акватории личинки дрейссены не встречались. Даже при довольно высокой концентрации в потоке (11 111—14 935 экз/м³) 9—11.07.2007 г. при западном и юго-западном ветре скоростью 4 м/с за пределами техногенного потока личинки дрейссены обнаружены не были. Незначительные изменения численности по ходу потока, вероятно, связаны с тем, что при ветрах западных румбов техногенный поток движется по короткой траектории.



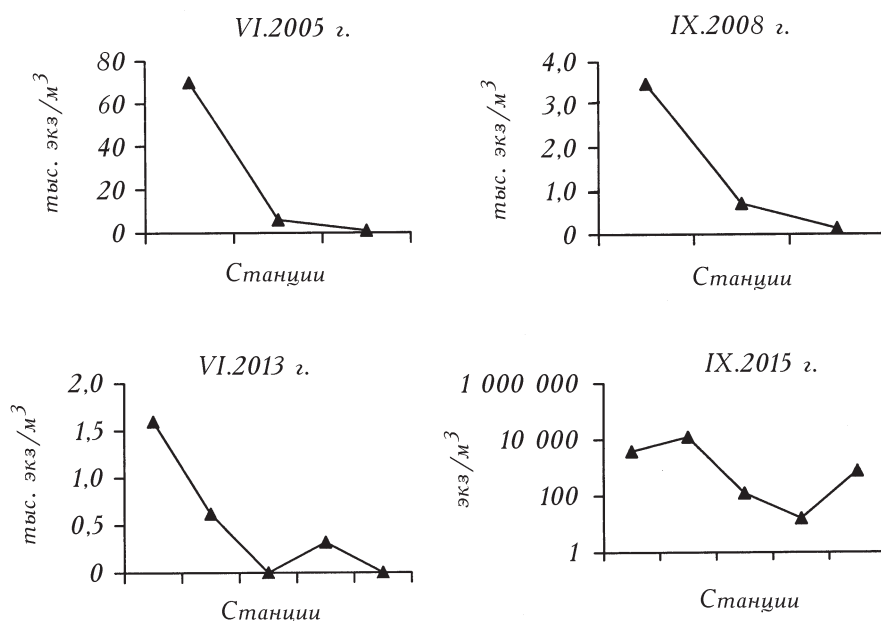
5. Зависимость коэффициента вариации (CV, %) численности от средней численности велигеров дрейссены в ВО ХАЭС (летний и раннеосенний сезон).

Следует обратить внимание на особенности пространственного распределения велигеров в центре ВО и по краю гидродинамических циркуляций, формирующихся в водоеме. Так, 26.06.2009 г. при северо-восточном ветре скоростью 3,8 м/с, когда большим антициклональным потоком был охвачен почти весь водоем, по ходу потока численность велигеров снижалась от 95 652 до 34 785 экз/м³, минимум отмечен в поверхностных слоях центральной части водоема. В центре циклональной циркуляции, сформировавшейся в западной части ВО

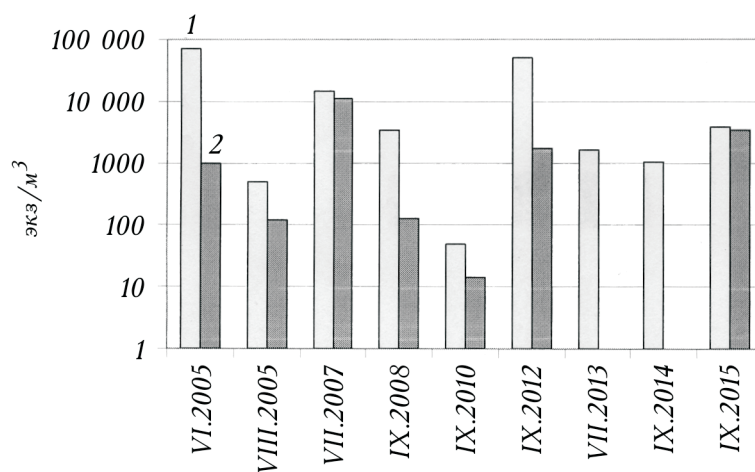
30.08.2012 г. при северо-западном ветре скоростью 1,3 м/с, численность личинок была выше (16 176 экз/м³), чем по краю циркуляционного потока (588—3050 экз/м³). Таким образом, гетерогенность распределения велигеров определялась не столько температурой, сколько гидродинамическими процессами, от которых зависело, в свою очередь, и распределение показателей температуры.

Вертикальные перемещения воды, связанные с формирующимися в водоеме циклональными и антициклональными циркуляциями, вероятно, влияли и на вертикальное распределение велигеров. В центре антициклональных циркуляций (нисходящие токи) регистрировали увеличение их численности с глубиной. Так, 16.VI.2005 г. при северо-восточном ветре скоростью 1,4 м/с в центре антициклональной циркуляции в центральной части ВО численность увеличивалась от 6000 экз/м³ у поверхности до 21 739 экз/м³ на глубине 5—6 м. При такой же ветровой ситуации 6.9.2014 г. на этой станции у поверхности велигеры отсутствовали, а на глубине 3 м их численность составляла 214 экз/м³.

В центре циклональных циркуляций (восходящие токи) численность велигеров с глубиной уменьшалась. Например, 20.07.2006 г. при северо-западном ветре скоростью 1,6 м/с в западной части водоема, в центре циклональной циркуляции, численность снижалась от 188 экз/м³ у поверхности до 11—24 экз/м³ на глубине 3—5 м. При этом в циклональном потоке численность личинок увеличивалась с глубиной (в центре ВО — 4071 экз/м³ у поверхности, 8148 экз/м³ на глубине 3 м, 19 630 экз/м³ на глубине 5 м). Увели-



6. Изменение численности велигеров дрейссены по ходу техногенного потока при ветрах восточных румбов.



7. Численность велигеров дрейссены при выходе из ОК (1) и при входе в ПК (2) в разные периоды исследований.

чение численности с глубиной в пределах циклонального потока отмечали и в другие периоды исследований. Так, 11.VII.2005 г. при южном ветре скоростью 3,3 м/с в северо-западной части водоема она возрастала от 100 экз./м³ в поверхностном слое до 1200 экз./м³ на глубинах 4 и 8 м. При северо-запад-

ном ветре скоростью 1,3 м/с 30.08.2012 г. в северо-западной части центрального района (циклональный поток) личинки у поверхности воды отсутствовали, на глубине 3 м их численность составляла 40 экз/м³, а на глубине 5—6 м — около 2000 экз/м³.

Вертикальное распределение велигеров в техногенном потоке чаще всего также было неравномерным, однако какой-либо закономерности установить не удалось. В отдельных случаях достаточно однородным было распределение велигеров по вертикали при входе в ПК.

Заключение

За десять лет наблюдений в ВО ХАЭС в летний и раннеосенний сезон количественные показатели велигеров дрейссены изменялись в широких пределах — в среднем по водоему от 38 экз/м³ и 0,1 мг/м³ (IX.2010 г.) до 103 353 экз/м³ и 694,4 мг/м³ (VI.2009 г.). Их доля в численности зоопланктона в среднем составляла 0,1—32,8%, в биомассе — 0,1—19,4%. В периоды наиболее высоких показателей обилия, которые приходились преимущественно на июнь — июль, велигеры существенно влияли на структуру зоопланктона, входя в состав доминирующего комплекса.

В начальный период инвазии, после вселения в водоем *D. polymorpha* в 2002—2003 гг., доля велигеров составляла в среднем 15,0% численности и 14,7% биомассы зоопланктона (2005 г.). Вселение в ВО в 2012 г. второго вида дрейссенид — *D. bugensis* заметно не повлияло на структуру зоопланктона, доля велигеров почти не изменилась по сравнению с 2010 г., в среднем составляя 0,7% численности и 0,6% биомассы сообщества.

Распределение велигеров дрейссены по акватории ВО, как правило, было неоднородным, о чем свидетельствуют высокие значения коэффициента вариации CV (91,92—267,24% по численности). Более однородным было распределение личинок в периоды их высокого обилия — значение CV по численности составляло 56,69% (VII.2008 г.) и 67,77% (VI.2009 г.).

Наибольшее количественное развитие личинок дрейссены было характерно для средней части диапазона термической удаленности. Гетерогенность распределения велигеров определялась не столько температурой, сколько гидродинамическими процессами, от которых зависело и распределение температуры в техногенном водоеме. Количественные показатели велигеров уменьшались по ходу направленного ветром техногенного потока.

Необходимо отметить, что исследования планктонной части популяции дрейссенид в водоемах-охладителях энергогенерирующих станций крайне важны, потому, что именно распространение велигеров определяет формирование и поддержание поселений дрейссенид в системах водоснабжения АЭС и ТЭС, вызывающих существенные биопомехи.

**

За даними багаторічних спостережень (2005—2015 рр.) у водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС розглянуто динаміку рясності велігерів *Dreissena* на фоні кількісного розвитку зоопланктону, показано особливості їх розподілу у водоймі. Встановлено, що середня чисельність і біомаса велігерів у водоймі у літній та ранньоосінній сезони у різні роки змінювалась від 38 екз/м³ і 0,1 мг/м³ до 103 353 екз/м³ і 694,4 мг/м³. У періоди масового розвитку (червень — липень) велігери були важливим компонентом зоопланктону (у середньому до 32,8% загальної чисельності і 19,4% біомаси). У початковий період інвазії (2005 р.), після вселення у водойму (в 2002—2003 рр.) молюсків *Dreissena polymorpha*, відмічено високий кількісний розвиток велігерів, їх частка у чисельності і біомасі зоопланктону в середньому складала 15,0%. Максимуми рясності відмічали у липні 2008 і червні 2009 р., мінімум — у вересні 2010 р. Вселення у водойму у 2012 р. *Dreissena bugensis* помітно не вплинуло на структуру зоопланктону. Розподіл велігерів по акваторії водойми, як правило, був неоднорідним. Високий кількісний розвиток велігерів дрейссени характерний для середньої частини діапазону термічної віддаленості (відношення температури на даній станції до максимальної у водоймі, на скиді підігрітих вод). Гетерогенність розподілу велігерів визначалась не лише температурою, а і гідродинамічними процесами, з якими пов'язаний і характер розподілу показників температури у цій техногенній водоймі. Кількісний розвиток велігерів дрейссени зменшувався по ходу направленої вітром техногенного потоку.

**

Dynamics of abundance of Dreissena veligers along with quantitative characteristics of zooplankton in the cooling pond of the Khmelnytsk NPP was considered on the basis of the long-term data (2005—2015). Average numbers and biomass of veligers in the cooling pond in summer and early autumn varied within the limits 38—103 353 specimens/m³ and 0,1—694,4 mg/m³. Over mass development (June—July) Dreissena veligers was an important component of zooplankton (on average up to 32,8% of total numbers and 19,4% of biomass). At the initial stage (2005), after Dreissena polymorpha (Pall.) invasion into the cooling pond (in 2002—2003) veligers were abundant, their portion in zooplankton numbers and biomass on average amounted to 15,0%. Maximums of their abundance were registered in July 2008 and June 2009, minimum — in September 2010. Invasion of Dreissena bugensis (Andr.) in 2012 did not notably affect zooplankton structure. Distribution of Dreissena veligers over sections of the cooling pond as a rule was uneven. High abundance was character for the middle section of diapason of the thermal remoteness (ratio of temperature at the certain site and maximal temperature in the cooling pond — at the heated waters discharge). Heterogeneity of the veligers distribution was conditioned by both temperature and hydrodynamic processes, which determine patterns of temperature characteristics in the given technogeneus water body. Quantitative characteristics of veligers decreased along with wind-directed technogeneus current.

**

1. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / Отв. ред. М. Ф. Поливанная. — Киев: Наук. думка, 1991. — 192 с.
2. Гулейкова Л.В., Протасов А.А. Зоопланктон водоема-охладителя Хмельницкой АЭС в условиях увеличения техногенного влияния и вселения дрейссены // Гидробиол. журн. — 2009. — Т. 45, № 1. — С. 19—36.
3. Гулейкова Л.В., Протасов А.А. Распределение и сезонная динамика велигеров дрейссены в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС // Дрейссене-

- ниды: эволюция, систематика, экология: лекции и материалы I Междунар. шк.-конф., Борок, 28 окт. — 1 нояб. 2008 г. — Борок, 2008. — С. 70—72.
4. Гусева Д.О. Сезонная динамика численности личинок и оседание молоди дрейссены (*Dreissena polymorpha* Pallas) в карьере Прибрежный (Калининградская область) // Вестн. Росс. гос. ун-та им. Канта. — 2009. — Вып. 7. — С. 23—29.
 5. Дрейссена: Систематика, экология, практическое значение / Под ред. Я. И. Старобогатова. — М.: Наука, 1994. — 240 с.
 6. Иванова М.Б. Влияние активной реакции и общей минерализации воды на формирование сообщества зоопланктона в озерах при приближении значений этих факторов к экстремальным // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. — СПб., 1997. — С. 71—86.
 7. Лазарева В.И. Структура и динамика зоопланктона Рыбинского водохранилища. — М.: КМК, 2010. — 183 с.
 8. Лазарева В.И., Копылов А.И., Соколова Е.А., Пряничникова Е.Г. Велигеры дрейссенид в трофической сети планктона водохранилищ Волги // Дрейссениды: эволюция, систематика, экология: лекции и материалы II Междунар. шк.-конф., Борок, 11—15 нояб. 2013 г. — Борок, 2013. — С. 18—35.
 9. Лазарева В.И., Соколова Е.А., Столбунова В.Н. Велигеры дрейссенид в зоопланктоне водохранилищ верхней Волги // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. — 2014. — Т. 23, № 2. — С. 40—49.
 10. Лазарева В.И., Жданова С.М. Велигеры дрейссен в планктоне Рыбинского водохранилища: распределение и значение в сообществе // Дрейссениды: эволюция, систематика, экология: лекции и материалы I Междунар. шк.-конф., Борок, 28 окт. — 1 нояб. 2008 г. — Борок, 2008. — С. 86—90.
 11. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Д. Романенка. — К. : Логос, 2006. — 408 с.
 12. Новоселова Т.Н., Громова Ю.Ф., Протасов А.А. Пространственная гетерогенность планктона в техно-экосистеме АЭС // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біологія. — 2015. — № 3—4. — С. 506—509.
 13. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — М.: Наука, 1982. — 287 с.
 14. Примак А.Б., Калиниченко К.П. Велигеры моллюсков р. *Dreissena* в планктоне верхнего участка Каневского водохранилища // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біологія. — 2015. — № 3—4. — С. 543—546.
 15. Протасов А.А., Силаева А.А. Контурные группировки гидробионтов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС. — Киев, 2012. — 274 с.
 16. Силаева А.А., Степанова Т.І. Зміни у зообентосі водойми-охолоджувача Хмельницької АЕС за умов інвазії двох видів моллюсків-дрейсенід // Гидробиол. журн. — 2015. — Т. 51, № 5. — С. 75—85.

17. Столбунова В.Н. Велигеры дрейссены в верхневолжских водохранилищах: многолетняя и сезонная динамика численности, распределение // Поволжский экол. журн. — 2013. — № 1. — С. 71—80.
18. Столбунова В.Н., Жганова С.М., Кафиева Г.М. Велигеры рода *Dreissena* в планктоне оз. Плещеево // Дрейссениды: эволюция, систематика, экология: лекции и материалы II Междунар. шк.-конф., Борок, 11—15 нояб. 2013 г. — Борок, 2013. — С. 106—108.
19. Столбунова В.Н., Лазарева В.И. Распределение велигеров рода в планктоне Рыбинского и Шекснинского водохранилищ // Дрейссениды: эволюция, систематика, экология: лекции и материалы II Междунар. шк.-конф., Борок, 11—15 нояб. 2013 г. — Борок, 2013. — С.108—113.
20. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / Под ред. А.А. Протасова. — Киев, 2011. — 234 с.
21. Харченко Т.А. Дрейссена: ареал, экология, биопомехи // Гидробиол. журн. — 1995. — Т. 31, № 3. — С. 3—21.
22. Широков Л.В. К разработке методики составления экологических прогнозов // Выращивание ценных видов рыб для вселения в водохранилище. — Л., 1982. — С. 127—188.
23. Dionisio Pires L.M., Jonker R.R., Van Donk E., Laanbroek H.J. Selective grazing by adults and larvae of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*: application on flow cytometry to natural seston // Freshwater Biol. — 2004. — Vol. 49. — P. 116—126.
24. Fraleigh P.C., Klerks P., Matisoff G., Stevenson R. Abundance and setting of Zebra mussel (*D. polymorpha*) veligers in western and central lake Erie // Zebra mussel: Biology, impact, and control. — Boca Raton; Ann Arbor; London: Lewis Publ., 1993. — P. 129—140.
25. Lewandowski K. Development of populations of *Dreissena polymorpha* (Pallas) in lakes // Fol. Malacologica. — 2001. — Vol. 9, N 4. — P. 171—216.
26. MacIssac H.J., Sprules W.G., Johannsson O.E., Leach J.H. Filtering impacts of larval and sessile zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie // Oecologia. — 1992. — Vol. 92. — P. 30—39.