

in white muscles is 24%. It is established that the toxic effects of phenol, ammonia is largely determined by the period of winter starvation of fish.

The influence of the ions of heavy metals that were in water in the number 2 maximum allowable fish-farming concentrations caused an increase of the succinate dehydrogenase activity in the carp's liver and white muscle of 20-40%. It is proved that the changes of the index investigated depend not only on the nature of the toxicant, but also on the season of winter starvation.

Key words: succinate dehydrogenase, carp, phenol, heavy metals, ammonia, winter starvation

Рекомендує до друку

Надійшла 07.02.2017

В. З. Курант

УДК 591.524.1 : [595.371 : 556.114.5]

Ю. Г. КРОТ, Т. И. ЛЕКОНЦЕВА, А. Б. ПОДРУГИНА, М. Т. ГОНЧАРОВА,
Г. Б. БАБИЧ, М. В. МИРОШНИЧЕНКО

Институт гидробиологии НАН Украины
пр-т Героев Сталинграда, 12, Киев, 04210

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ *PONTOGAMMARUS ROBUSTOIDES* (S A R S) (CRUSTACEA: AMPHIPODA) К ИЗМЕНЕНИЮ СОЛЕНОСТИ ВОДЫ

Изучены особенности адаптации природной и лабораторной популяций *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894) при статическом и динамическом изменении солености воды. Природные популяции *P. robustoides* при статическом изменении солености воды в толерантном диапазоне характеризовались повышенной соленостной устойчивостью младших размерно-возрастных групп. В условиях динамического увеличения солености воды наблюдалось снижение их соленостной устойчивости и значительное повышение чувствительности при близком уровне резистентности особей старших возрастных групп. Обсуждаются особенности изменения соленостной устойчивости популяций *P. robustoides* при их длительной адаптации к повышенному уровню минерализации. Показано, что при адаптации (два и более поколений) особи *P. robustoides* обладают более широким толерантным диапазоном и высокой соленостной устойчивостью к статическому, стрессовому действию фактора по сравнению с природной популяцией.

Ключевые слова: гаммариды, соленость, адаптация, толерантность, соленостная устойчивость

Наличие у гаммарид понто-каспийского фаунистического комплекса целого ряда механизмов, позволяющих адаптироваться к различным условиям окружающей среды, их высокая пищевая ценность, наряду с возможностью достижения высокой численности и биомассы, делает данные виды перспективными объектами аквакультуры. Структурно-функциональные особенности осморегуляторной системы гаммарид, способность поддерживать водно-солевое равновесие, а также высокий адаптивный потенциал свидетельствует о возможности их массового культивирования в регулируемых системах [2, 3, 9].

Управление процессом роста, развития и размножения ракообразных, получение максимальной продуктивности невозможно без определения солевого оптимума и пессимума культивируемых видов на разных этапах онтогенеза. В работах И. И. Дедю [4] показано, что большинство каспийских видов гаммарид встречается при солености воды 5–7‰, а их наиболее высокая численность и биомасса наблюдается в диапазоне солености 0,5–3,0‰. При этом один и тот же вид может проявлять в различных частях своего ареала разную степень галлопатии.

Несмотря на достаточно хорошую изученность многих аспектов соленостной адаптации и ионной регуляции у водных животных [1, 2], изменение диапазона их толерантности в зависимости от условий обитания исследовано для ограниченного числа видов. В связи с этим, при культивировании понто-каспийских видов гаммарид пресноводного фаунистического комплекса в регулируемых системах особое значение приобретают вопросы, связанные с соленостной толерантностью вида в зависимости от характера изменения фактора, диапазона его действия.

Цель работы – изучение уровня соленостной устойчивости *P. robustoides* в зависимости от характера действия фактора (статический и динамический режимы), их адаптивных реакций к различным уровням минерализации воды, а также критическим концентрациям солености.

Материал и методы исследований

Гаммариды природной популяции отловлены в литоральной зоне Киевского водохранилища, урочище Голокунь (июнь, 2016 г.). Отбор проб проводили согласно общепринятых методов [5]. Видовую принадлежность беспозвоночных устанавливали с помощью определителей [7, 8].

Особенности соленостной устойчивости *P. robustoides* изучено на природной и лабораторной популяциях рачков. Лабораторная популяция – линия гаммарид содержащаяся в биотехнологическом комплексе Института гидробиологии НАН Украины в аквакамерах (объем 100 дм³) с регулируемыми параметрами водной среды (минерализация – 1300–1500 мг/дм³, кислородный режим 6–8 мг/дм³, температура 18–23 °С, фотопериод 12С:12Т). Представители природной популяции до начала эксперимента проходили акклимацию (в течение двух недель) в емкостях (объем 100 дм³) с исходной речной водой (минерализация – 228–261 мг/дм³) при таком же фотопериоде, кислородном и температурном режимах.

Моделирование уровня солености осуществляли с помощью добавления в воду необходимого количества концентрированного раствора NaCl. Для лабораторной популяции использовали воду, в которой гаммариды содержались до начала эксперимента. Кормом служили личинки хирономид *Chironomus sp.*, ряска *Lemna minor L.*, а также сухой растительный корм «Tetramin».

Оценку резистентности гаммарид к изменению уровня солености воды проводили в условиях статического и динамического действия фактора.

При «статическом» методе опытных животных выдерживали в среде с константной соленостью (исходная соленость воды (контроль); 2; 4; 8; 12; 15; 18; 21 и 24 ‰), определяли диапазон толерантности, учитывая время переживания и смертность животных.

В «динамическом» методе – повышение солености воды со скоростью 5 ‰/ч определяли верхнюю и нижнюю границу солености, а также время переживания гаммарид при критических уровнях солености. Рачков двух размерных групп 4–8 и 12–20 мм по 6–12 особей помещали в плавающие садки с сетчатым дном (планктонный газ № 72, объем 250 см³), которые располагались в аэрируемых стеклянных емкостях объемом 5 и 10 дм³ (соответственно статический и динамический режимы).

Верхней границей соленостной устойчивости считали момент наступления полного обездвиживания ракообразных. По окончании эксперимента определяли массо-размерные характеристики гаммарид [5]. Обработку полученных результатов проводили с использованием стандартной статистической программы [Statistica 6.0] и электронных таблиц «Excel».

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ полученных результатов показал (рис. 1), что у особей разных размерно-возрастных групп природной популяции *P. robustoides* в условиях статического изменения солености воды отсутствие гибели (экспозиция 24 ч) отмечено при 5 ‰, стопроцентная, смертность животных наблюдалась при 12 ‰.

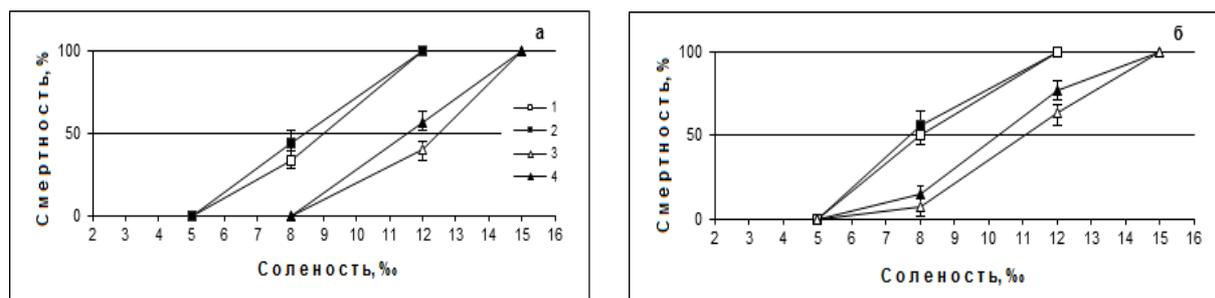


Рис. 1. Соленостная устойчивость гаммарид *P. robustoides* при статическом повышении уровня солености воды (1, 2 – природная, 3, 4 – лабораторная популяция; 1, 3 – младшие, 2, 4 – старшие размерно-возрастные группы, время экспозиции: а – 24, б – 48 ч).

При этом представители лабораторной популяции *P. robustoides* адаптированные к повышенному уровню минерализации воды (1300–1500 мг/дм³) по сравнению с природной, характеризовались более высоким уровнем соленостной устойчивости. Отсутствие гибели (экспозиция 24 ч) зарегистрировано при 8 ‰, стопроцентная смертность при 15 ‰ (см. рис. 1 а). Гибель половины и более особей младшей возрастной группы природной популяции было отмечено при 9 ‰, старшей 8,5 ‰, лабораторной соответственно 12,5 и 11,5 ‰, что может характеризовать рачков младших возрастных групп как более устойчивых к уровню минерализации воды.

Необходимо отметить, что в разных частях ареала своего существования *P. robustoides* способен проявлять себя то мезогалинной формой (соленость до 5–7 ‰), например, в Днепро-Бугском лимане, то олигогалинно-пресноводной в дельтах Днестра и Дуная [4], что свидетельствует о достаточно широких адаптивных возможностях данного вида.

Увеличение времени экспозиции до 48 ч (см. рис. 1 б), привело к уменьшению уровня солености, не вызывающего гибель рачков лабораторной популяции до 5 ‰, приблизившись к величине, установленной для особей природной популяции. При этом гибель половины и более особей природной популяции у младших и старших возрастных группах наблюдали соответственно при 8 и 7,7 ‰, лабораторной 11,2 и 10,5 ‰, что подтверждает выше высказанное предположение. Стопроцентную смертность регистрировали соответственно при 12 и 15 ‰.

Таким образом, более широким толерантным диапазоном и высокими критическими уровнями солености характеризуются особи *P. robustoides* лабораторной популяции по сравнению с природной. При этом характерной чертой для обеих популяций при статическом, стрессовом действии фактора является повышенная соленостная устойчивость младших размерно-возрастных групп, по сравнению со старшими.

Изучение летального времени выживания особей природной и лабораторной популяций *P. robustoides* при критических уровнях солености воды (статический режим) показало (рис. 2), что при 15 ‰ природная популяция *P. robustoides* проявила более высокую жизнеспособность по сравнению с лабораторной, статистически достоверное увеличение летального времени было отмечено у особей старших возрастных групп.

Относительно жизнеспособности гаммарид при константной солености 15, 18, 21 ‰ необходимо отметить, что в общем градиенте солености для *P. robustoides* она имела определенные особенности.

Так, при уровне солености 18 ‰ отмечено повышение летального времени переживания рачков у обеих размерно-возрастных групп *P. robustoides* по сравнению с 15 ‰, за исключением младшей возрастной группы природной популяции, где регистрировали его незначительное снижение. У обеих популяций *P. robustoides* при 21 ‰ зарегистрировано резкое снижение летального времени выживания рачков младшей размерно-возрастной группы, а старшей только у природной популяции. При 24 ‰ у особей обеих популяций

значительное снижение летального времени регистрировали только для особей старшей возрастной группы лабораторной популяции.

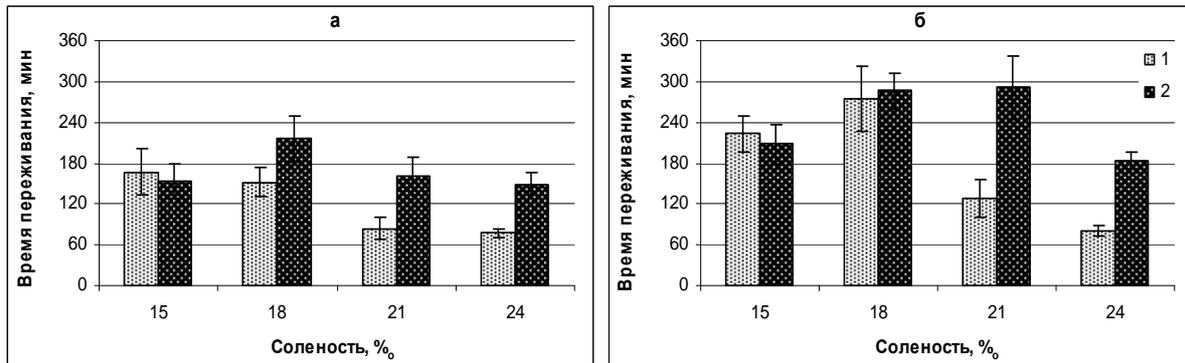


Рис. 2. Соленостная устойчивость гаммарид *P. robustoides* при статическом действии критических уровней солености воды (1 – природная, 2 – лабораторная популяции; а – младшие, б – старшие размерно-возрастные группы)

Необходимо отметить, что у лабораторной популяции (соленость 21 ‰) летальное время переживания рачков младшей и старшей возрастных групп 2,5 раза выше, чем у природной, а при 24 ‰ соответственно в 1,9 и 2,3 раза. Можно предположить, что более длительный период противостояния негативному действию фактора особей лабораторной популяции в границах указанного солевого интервала связан с длительной адаптацией (два и более поколений) животных к повышенному уровню минерализации воды. При этом особи младшей размерно-возрастной группы природной и лабораторной популяций (соленость 21 ‰) значительно уступают особям старшей, соответственно 1,4 и 1,8 раза. Для данной размерно-возрастной группы обеих популяций также характерны незначительные изменения летального времени в градиенте солености 21 и 24 ‰. У старшей размерно-возрастной группы отмечено значительное, более чем в 1,5 раза, снижение данного показателя.

Полученные результаты подтверждают предположение, что барьерная роль интервала солености 5–8 и 22–26 ‰ связана с изменением физико-химических свойств воды, а также раствора хлорида натрия, как основного компонента солевой массы морской воды [10]. При этом особое влияние на жизнеспособность гаммарид оказывает постоянство состава их биологических жидкостей. Показано [6], что рачки *P. robustoides* из Каспия удерживали постоянство концентрации солей в полостной жидкости при нахождении длительный период в воде с соленостью 15 ‰, повышение концентрации до 25 ‰ приводило к резкому повышению концентрации солей в организме животных и их гибели.

Таким образом, в общем градиенте константной, критической солености природная популяция *P. robustoides* проявила более высокую жизнеспособность при уровнях солености воды 15 и 18 ‰. При этом в условиях резкого снижения летального времени переживания рачков (21 и 24 ‰) лабораторная популяция, адаптированная к высокому уровню минерализации, характеризовалась большей резистентностью особей.

В условиях динамического повышения уровня солености воды 5 ‰/ч характерным для природной популяции *P. robustoides* является большая чувствительность и меньшая соленостная устойчивость младшей размерно-возрастной группы ($28,6 \pm 0,7$ ‰, $p < 0,05$) по сравнению со старшей ($32,5 \pm 0,8$ ‰, $p > 0,05$), проявляющей большую пластичность особей при летальной солености (рис. 3).

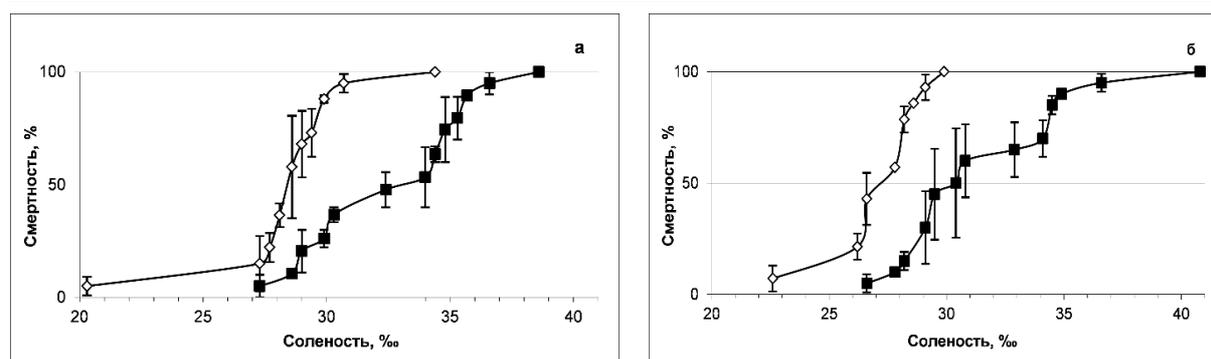


Рис. 3. Солоностная устойчивость гаммарид *P. robustoides* при повышении уровня солёности воды со скоростью 5 ‰/ч (а – природная, в – лабораторная популяции; –◇– младшие, –■– старшие размерно-возрастные группы).

При этом для рачков старшей размерно-возрастной группы *P. robustoides* можно выделить два интервала солоностной устойчивости – 28,5–30,5 и 34–36 ‰, что свидетельствует об разнокачественности особей по отношению к уровню солёности. Необходимо отметить то, что природная популяция *P. robustoides* выдерживает краткосрочное повышение уровня солёности до 27–28 ‰, что сопровождается массовой гибелью младшей размерно-возрастной группы. При этом наличие в составе популяции взрослых, половозрелых особей с более высоким уровнем солоностной устойчивости (34–36 ‰) может при определенных условиях дать преимущество в восстановлении численности популяции рачков.

Полученные результаты солоностной устойчивости *P. robustoides* лабораторной популяции показали, что у гаммарид обеих размерно-возрастных групп, более выражено у младшей, произошло незначительное снижение (~1 ‰) уровня солоностной устойчивости. Средние значения летальной солёности для особей младшей и старшей размерно-возрастной группы были соответственно $27,4 \pm 0,5$ и $31,7 \pm 0,8$ ‰. Для младшей возрастной группы рачков, характерным было снижение чувствительности и индивидуальной изменчивости летального уровня солёности.

В целом можно отметить, что при динамическом повышении солёности воды существенных изменений в уровне солоностной устойчивости у популяции *P. Robustoides*, адаптированной к повышенной минерализации воды по сравнению с природной, не выявлено. Популяция по-прежнему характеризуется разнокачественностью при меньшей солоностной устойчивости младшей размерно-возрастной группы.

Выводы

На основании полученных экспериментальных данных о солоностной устойчивости *P. robustoides* к статическому стрессовому действию фактора установлено, что более широким толерантным диапазоном и высокими критическими уровнями солёности характеризуются особи, адаптированные к повышенному уровню минерализации воды по сравнению с особями природной популяции. При этом характерной чертой для обеих популяций гаммарид является повышенная солоностная устойчивость младших размерно-возрастных групп, по сравнению со старшими.

В общем градиенте на этапах константной солёности 15 и 18 ‰ природная популяция *P. robustoides* проявила более высокую жизнеспособность. Увеличение летального времени переживания рачков при 18 ‰ по сравнению с 15 ‰, может быть обусловлено физико-химическими свойствами раствора натрия хлорида – снижением интегральной теплоты растворения. Критические уровни солёности воды 21 и 24 ‰, приведшие к резкому снижению выживаемости могли быть обусловлены нарушением постоянства концентрации солей в полостной жидкости гаммарид. При этом большей устойчивостью характеризовались рачки популяции *P. Robustoides*, адаптированной к высокому уровню минерализации воды.

В условиях динамического повышения солёности воды существенных различий между природной и адаптированной к повышенному уровню минерализации воды популяциями не

виявлено. Однак, остання характеризувалась більшою різноякісністю і меншою солоністю стійкістю молодшої розмірно-вікової групи.

1. Бергер В. Я. Адаптації морських моллюсків к змінностям середовища / В.Я. Бергер. — Л.: Наука, 1986. — 214 с.
2. Виноградов Г. А. Процеси іонної регуляції у прісноводних риб і беспозвоночних / Г.А. Виноградов. — М.; Л: Наука, 2000. — 216 с.
3. Вороб'єва А. А. Гаммариди *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald) и *Niphargoides taеoticus* (Sowinsky) як об'єкт культивування / А.А. Вороб'єва, Р.С. Ніконова // Гідробіологічний журнал. — 1987. — Т. 23, № 6. — С. 52—56.
4. Дедю І. І. Амфіподи прісних і солоноватих вод юго-западу СРСР / І.І. Дедю. — Кишинев : Штиинца, 1980. — 222 с.
5. Жадин В. І. Методи гідробіологічного дослідження / В. І. Жадин. — М. : Высш. школа, 1960. — 190 с.
6. Мордухай-Болтовської Ф. Д. Каспійська фауна в Азово-Чорноморському басейні / Ф. Д. Мордухай-Болтовської. — М., Л.: Изд-во АН СРСР. — 1960. — 287 с.
7. *Определитель* прісноводних беспозвоночных России и сопредельных территорий / [Под общ. ред. С.Я. Цалоліхіна]. — СПб.: Наука, 2004. — Т. 6: Моллюски, Полихеты, Немертины. — 2004. — 528 с.
8. *Определитель* фауны Чорного и Азовского морей: в 3 т. / [Под рук. Ф.Д. Мордухай-Болтовского]. — К.: Наук. думка, 1969. — Т. 2: Свободноживущие ракообразные. — 1969. — 545 с.
9. Романенко В. Д. Биотехнология культивирования гидробионтов / В.Д. Романенко, Ю.Г. Крот, Л.А. Сиренко, В.Д. Соломатина. — Киев, 1999. — 264 с.
10. Хлебович В. В. Критическая солоність биологических процессов / В.В. Хлебович. — Л.: Наука, 1974 — 235 с.

Ю. Г. Крот, Т. І. Леконцева, А. В. Подругіна, М. Т. Гончарова, Г. В. Бабич, М. В. Мірошніченко
Інститут гідробіології НАН України, Київ

РЕЗИСТЕНТНІСТЬ *PONTOGAMMARUS ROBUSTOIDES* SARS (CRUSTACEA: AMPHIPODA) ДО ЗМІНИ СОЛОНОСТІ ВОДИ

Вивчено особливості адаптації природної та лабораторної популяції *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894) при статичній і динамічній змінах солоності води. Природні популяції *P. robustoides* при статичній зміні солоності води в толерантному діапазоні характеризувалися підвищеною сольовою стійкістю молодших розмірно-вікових груп. В умовах динамічного збільшення солоності води спостерігалася зниження їх сольової стійкості і значне підвищення чутливості при близькому рівні резистентності особин старших вікових груп. Обговорюються особливості зміни сольової стійкості популяції *P. robustoides* за їх тривалої адаптації до підвищеного рівня мінералізації. Показано, що при адаптації (два і більше поколінь) особинам *P. robustoides* притаманний більш широкий толерантний діапазон і висока сольова стійкість до статичного, стресового дії фактора в порівнянні з природною популяцією.

Ключові слова: гаммариди, солоність, адаптація, сольова стійкість, толерантність

Y. G. Krot, T. I. Lekontseva, A. V. Podrugina, M. T. Goncharova, G. V. Babich, M. V. Miroshnichenko
Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

RESISTANCE OF *PONTOGAMMARUS ROBUSTOIDES* (SARS) (CRUSTACEA: AMPHIPODA) TO CHANGE IN WATER SALINITY

The resistance of gammarids *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894) to an increase in water salinity in a static (0.3–24 ‰, 24 and 48 h) and dynamic (5 ‰ per hour) regimes was studied on individuals of two size-age groups (4–8 and 12–20 mm) from natural (water mineralization 260–350 mg/dm³) and laboratory (adapted to the mineralization 1000–1200 mg/dm³) populations. The salinity level not causing death of animals (48 h) was 5 ‰ for both populations, absolutely lethal level – 12 ‰ for representatives of the natural population, 15 ‰ – for individuals adapted to increased mineralization. LC₅₀ values for the younger and older age groups of the natural population were 8.0 and 7.7 ‰, laboratory population – 11.2 and 10.5 ‰, respectively.

The dynamic salinity increase regime revealed lower resistance of younger size-age group in both natural and laboratory populations. The average lethal salinity for the younger and older individuals of the natural population was 28.6 ± 0.7 and 32.5 ± 0.8 ‰, for the gammarids adapted to higher mineralization was 27.4 ± 0.5 and 31.7 ± 0.8 ‰, respectively.

It is shown that adaptation of *P. robustoides* to an increased water mineralization during two or more generation leads to an increase in resistance of individuals to the static action of salinity. At the dynamic salinity increase regime, the adapted animals did not take advantage before the individuals of natural population.

Key words: gammarids, salinity, adaptation, resistance, tolerance

Рекомендує до друку

Надійшла 02.02.2017

В. З. Курант

УДК 581.526.325:546.17

А. В. КУРЕЙШЕВИЧ, О. О. ЯРОВИЙ, О. В. МАНТУРОВА

Інститут гідробіології НАН України
пр-т Героїв Сталінграду, 12, Київ, 04210

ВПЛИВ ЕКСТРЕМАЛЬНО ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ НЕОРГАНІЧНОГО АЗОТУ НА ПРОДУКЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФІТОПЛАНКТОНУ

В умовах екстремально високого забруднення води сполуками неорганічного азоту каскаду ставків парку «Олександрія» (м. Біла Церква) показники чисельності, біомаси фітопланктону, концентрації хлорофілу *a*, валової продукції фітопланктону значно знижуються порівняно з незабрудненими ставками. У найбільш забруднених азотом ставках у фітопланктоні за чисельністю домінують види Chlorophyta (до 60% загальної), за біомасою – Euglenophyta (до 85% загальної).

Ключові слова: азотне забруднення, аммонійний азот, нітратний азот, фітопланктон, Euglenophyta, Chlorophyta, хлорофіл a, продукція

Азотне забруднення є одним з головних чинників антропогенного впливу на прісноводні екосистеми, що часом призводить до довготривалих негативних наслідків. Дослідження каскаду ставків дендропарку “Олександрія” (м. Біла Церква) виявили надзвичайно високі рівні сполук азоту у воді, що надходять у верхні водойми каскаду, джерелом яких очевидно є захоронені добрива. У 2004 р. у другому по каскаду ставку було зареєстровано такі концентрації неорганічних форм азоту: амонійного 862,2, нітритного 24,7 і нітратного 115,4 мгN/дм³ [3].

Як відомо, азот є необхідним біогенним елементом для водоростей. У той же час високі концентрації амонійного азоту і, особливо, вільного аміаку, токсичні для багатьох живих організмів. Вони викликають порушення метаболічних процесів, що призводить до деградації угруповань гідробіонтів в екосистемах. Так, у другому в каскаді, найбільш забрудненому сполуками амонійного азоту ставку, зникли риби, біля берега, де розташований витік забруднення, відсутні вищі водні рослини [2, 3, 5].

Відомості стосовно фітопланктону та його продукційних характеристик у водних об'єктах з такими високими концентраціями амонійного азоту вкрай обмежені [9, 12]. У той же час вони становлять інтерес для розуміння закономірностей формування та функціонування альгоугруповань у забруднених водах. Інформація такого плану може бути використана як при моделюванні залежності продукційних характеристик від абіотичних чинників, так і