

BIORESOURCES AND ECOLOGY OF WATER BODIES / БІОРЕСУРСИ ТА ЕКОЛОГІЯ ВОДОЇМ

Ribogospod. nauka Ukr., 2023; 3(65): 3-19
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.03.003>
UDC 574.587:595.3

Received: 15.06.23
Received in revised form: 10.07.23
Accepted: 12.08.23

WINTERING OF THE EASTERN SUBTROPICAL FRESHWATER SHRIMP (*MACROBRACHIUM NIPPONENSE* DE HAAN, 1849) IN THE CONDITIONS OF THE DNISTER RIVER BASIN

P. Shekk, shekk@ukr.net, Odesa State
Ecological University, Odesa
Yu. Astafurov, astafurov.yu@ukr.net,
Odesa State Ecological University, Odesa

Purpose. To study the characteristics of wintering of *Macrobrachium nipponense* in natural conditions of the Lower Dniester basin and experimental assessment of the effect of physical condition, soil composition and type of shelter on the survival of wintering shrimps.

Methodology. The results of field and experimental studies conducted in 2018–2020 were used in the study. The locations and conditions of mass wintering of shrimps in natural conditions in the lower reaches of the Dniester River were studied. The abundance of wintering individuals was determined by the method of direct counting and their physical condition was analyzed.

Shrimps were kept in a RAS at the Laboratory of Aquatic Bioresources and Aquaculture of Odesa State Ecological University, where environmental parameters were maintained as close as possible to the conditions of wintering under natural conditions. In chronic experiments, the selectivity and effect of the composition of natural substrates and the thickness of the soil bed on shrimp survival were investigated. The selection and effectiveness of the shrimp's use of above-ground shelters of various natural and anthropogenic origin for shrimp wintering was assessed depending on their physical condition (presence or absence of injuries). Shrimp for experiments

ЗИМІВЛЯ СХІДНОЇ СУБТРОПІЧНОЇ ПРІСНОВОДНОЇ КРЕВЕТКИ (*MACROBRACHIUM NIPPONENSE* DE HAAN, 1849) В УМОВАХ БАСЕЙНУ Р. ДНІСТЕР

П. В. Шекк, shekk@ukr.net, Одеський
державний екологічний університет
м. Одеса
Ю. О. Астафуров, astafurov.yu@ukr.net,
Одеський державний екологічний уні-
верситет, м. Одеса

Мета. Дослідження особливостей зимівлі *Macrobrachium nipponense* в природних умовах басейну нижнього Дністра та експериментальна оцінка впливу на виживання зимуючих особин креветки, їх фізичного стану, складу ґрунтів та типу укриттів.

Методика. В ході роботи використовувалися результати польових та експериментальних досліджень, проведених у 2018–2020 рр.

Досліджувалися місця і умови масової зимівлі креветок в природних умовах пониззя ріки Дністер. Методом прямого обліку встановлювали кількість зимуючих особин, аналізували їхній фізичний стан.

У лабораторії водних біоресурсів та аквакультури Одеського державного екологічного університету (ОДЕКУ) креветок утримували в установках замкненого водопостачання (УЗВ), в яких підтримували параметри середовища, максимально наближені до зимівлі в природних умовах. У хронічних експериментах досліджували вибірковість та вплив на виживання креветок складу природних субстратів та товщини ґрунтової подушки при формуванні ложа. Оцінювали вибір та ефективність використання креветками надґрунтових укриттів різного природного та антропогенного походження для зимівлі



were caught in October - November in the lower reaches of the Dniester River and the Dniester estuary.

The location of mass wintering of shrimps was recorded using a GPS navigator.

Findings. It was established that shrimp *M. nipponense* in natural conditions of the Lower Dniester river winters in aboveground shelters (of natural and anthropogenic origin) or by burrowing into the soil. The shrimp's choice of aboveground shelters for wintering in natural conditions depended on their physical condition. Injured individuals (lost claws and limbs) preferred easily accessible aboveground shelters (sheaves of grass, flooded snags). Healthy individuals wintered in cracks between plant roots and stones. A significant part of shrimps overwintered in aboveground shelters of anthropogenic origin. The most complex and reliable aboveground shelters of natural origin were occupied by the least damaged shrimp individuals.

More than 59% of shrimps are buried in the soil (soil shelters) for wintering. Healthy individuals prefer sandy soils or soils that contain sand. The highest yield of healthy shrimp overwintering was observed on sandy or sandy-gravel soils with a thicker soil layer.

The depth of burial of shrimp depended on soil composition. It was the maximum in soils consisting of sand, sand-gravel mixture and chernozem or chernozem with inclusions of gravel. The survival of wintering individuals was inversely dependent on the depth of burial.

The maximum yield of uninjured individuals from wintering was observed when they were buried in the soil, the minimum — when using aboveground shelters. The share of surviving injured shrimp in soil shelters decreased in proportion to the severity of the injury. Maximum survival of injured individuals was ensured by wintering in aboveground shelters.

Originality. For the first time, the data of field observations on wintering of alien shrimp *M. nipponense* in the conditions of the Lower Dniester basin are presented. Locations and conditions of mass wintering in natural conditions have been established.

As a result of experimental studies, an analysis of the selectivity and effectiveness of the use of soil and aboveground shelters of various natural and anthropogenic origins by shrimp dur-

особин у залежності від їхнього фізичного стану (наявність або відсутність травм). Креветок для експериментів вилловлювали в жовтні-листопаді в пониззі р. Дністер та Дністровському лимані.

Локацію місць масової зимівлі креветок встановлювали за допомогою супутникового GPS-навігатора.

Результати. Встановлено, що в природних умовах пониззя р. Дністер креветка *M. nipponense* зимує в надґрунтових укриттях (природного та антропогенного походження), або закопується в ґрунт. Вибір креветками надґрунтових укриттів для зимівлі в природних умовах залежить від їхнього фізичного стану. Травмовані особини (втрачені клешні та кінцівки) віддавали перевагу легкодоступним надґрунтовим укриттям (снопам трави, затопленим корчам). Здорові особини зимували в щілинах між корінням. Значна частина креветок зимувала в надґрунтових укриттях антропогенного походження. Найбільш складні та надійні надґрунтові укриття природного та антропогенного походження займали найменше пошкоджені особини креветки.

Понад 59% креветок закопується на зимівлю в ґрунт (ґрунтові укриття). Здорові особини віддавали перевагу піщаним ґрунтам або таким, до складу яких входив пісок. Найвищий вихід (від 80 до 95%) з зимівлі здорових креветок спостерігався на піщаних або піщано-гравійних ґрунтах при наявності більш товстого шару ґрунту.

Глибина закопування креветок залежала від складу ґрунту. Максимальною вона була в ґрунтах, які склалися з піску, піщано-гравійної суміші та чорнозему або чорнозему з включеннями гравію. Виживання зимуючих особин знаходилося у зворотній залежності від глибини закопування.

Максимальний вихід нетравмованих особин із зимівлі спостерігався при закопуванні в ґрунт, мінімальний — при використанні надґрунтових укриттів. Частка травмованих креветок, які вижили в ґрунтових укриттях, зменшувалась пропорційно силі травмування. Максимальне виживання травмованих особин забезпечувала зимівля в надґрунтових укриттях.

Наукова новизна. Вперше представлено дані польових спостережень за зимівлею вселенця — креветки *M. nipponense* в умовах басейну нижнього Дністра. Встановлені місця та умови масової зимівлі в природних умовах.



ing wintering, their selectivity depending on the physical condition of wintering individuals (presence or absence of injuries) is given.

Practical value. In the conditions of progressive climatic changes, one of the urgent tasks is the acclimatization of promising objects of aquaculture in new natural ecosystems. The obtained results can be used for the development of methods of anthropogenic reproduction and controlled cultivation of shrimp *M. nipponense* in aquaculture in the south of Ukraine.

Key words: Dniester River, *Macrobrachium nipponense*, wintering, aboveground shelters, ground shelters, physical condition of individuals, survival.

PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LATEST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

The shrimp *Macrobrachium nipponense* is a subtropical species common in freshwater and brackish water ecosystems. Due to its large size and excellent nutritional qualities, it is an important object of fishery and aquaculture.

Cultivation of *M. nipponense* is rapidly developing in regions with a tropical and subtropical climate [1, 2, 3, 4, 5]. Recently, the geography of *M. nipponense* has been significantly expanding [5, 6, 7, 8, 9, 10], which is connected with the use of warm waste water of thermal power plants (TPP) and recirculation aquaculture systems (RAS) for growing shrimp [11, 12, 13, 14, 15].

In the conditions of progressive climate changes, one of the urgent tasks of aquaculture is the anthropogenic restoration of natural populations of valuable aquatic organisms within the natural range and their acclimatization in new natural ecosystems. This trend of aquaculture demonstrates its high efficiency for many valuable species

У результаті експериментальних досліджень проаналізовано вибірковість та ефективність використання креветкою в період зимівлі ґрунтових та надґрунтових укриттів різного походження, їхню вибірковість у залежності від фізичного стану зимуючих особин (наявність або відсутність травм).

Практична значимість. В умовах кліматичних змін, що прогресують, одним із актуальних завдань є акліматизація перспективних об'єктів аквакультури в нових природних екосистемах. Отримані результати можуть бути використані для розробки методів штучного відтворення та контролюваного вирощування креветки *M. nipponense* в аквакультурі півдня України.

Ключові слова: ріка Дністер, креветка *Macrobrachium nipponense*, зимівля, надґрунтові та ґрунтові укриття, фізичний стан особин, виживання.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Креветка *Macrobrachium nipponense* — субтропічний вид, поширений в прісноводних та солонуватоводних екосистемах. Завдяки значним розмірам і чудовим харчовим якостям вона є важливим об'єктом промислу та аквакультури.

Культивування *M. nipponense* швидко розвивається в регіонах з тропічним та субтропічним кліматом [1–5]. Останнім часом географія *M. nipponense* суттєво розширюється [5–10], що пов'язано з використанням для вирощування креветки теплих скидних вод теплових електростанцій (ТЕС) та установок із замкненим циклом водообміну (УЗВ) [11–15].

В умовах прогресуючих кліматичних змін, одним із актуальних завдань аквакультури є штучне відновлення природних популяцій цінних гідробіонтів у межах природного ареалу та їхня акліматизація в нових природних екосистемах. Цей напрямок аквакультури демонструє свою високу ефективність



of fish and invertebrates such as decapods [14, 15, 16, 17, 18, 19].

Acclimatization of *M. nipponense* in the Dniester River basin created the prerequisites for the naturalization of the species and the formation of a natural population of subtropical shrimp in the Dniester River delta and the upper reaches of the Dniester estuary [5, 6, 10, 20].

Much material has been accumulated on the anatomy, morphology, physiology and behavior of *M. nipponense* in anthropogenic and natural conditions [4, 7, 8, 9, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27], but there is no work, which would describe the process of wintering of this species in natural conditions of the Dniester River basin.

HIGHLIGHT OF THE EARLIER UNRESOLVED PARTS OF THE GENERAL PROBLEM. AIM OF THE STUDY

Prospects for the development of commercial harvest and aquaculture of *M. nipponense* in the conditions of the Lower Dniester River require a thorough study of its ecological and biological features and productive characteristics in the conditions of its introduction range.

Taking into account the subtropical origin of this species, it is important to study the conditions and locations of wintering in the natural water areas of the introduction range. This component of the biology of *M. nipponense* has practically not been studied, at the same time, understanding of the possibility of further use of the object for domestic commercial harvest, propagation and cultivation depends precisely on this information. The availability of data on the locations and wintering conditions of subtropical shrimp in the lower Dniester and the Dniester estuary allows assessing the prospects for its further distribution in waters of the northwestern Black Sea coast and other aquatic ecosystems of Ukraine under conditions of climate change.

для багатьох цінних видів риб та безхребетних – десятиногих ракоподібних [14–19].

Акліматизація *M. nipponense* в басейні р. Дністер створила передумови для натуралізації виду та формування природної популяції субтропічної креветки в дельті ріки Дністер та верхів'ях Дністровського лиману [5, 6, 10, 20].

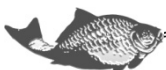
Накопичено значний обсяг матеріалу з анатомії, морфології, фізіології та поведінки *M. nipponense* в штучних і природних умовах [4, 7–9, 14, 15, 21–27], але немає жодної роботи, яка б описувала процес зимівлі вселенця в природних умовах басейну р. Дністер.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ МЕТА РОБОТИ

Перспективи розвитку промислу та аквакультури *M. nipponense* в умовах пониззя р. Дністер вимагають ретельного дослідження її еколого-біологічних особливостей та рибогосподарських характеристик в умовах ареалу вселення.

Враховуючи субтропічне походження акліматизанта, важливим є питанням вивчення умов та місць зимівлі в природних акваторіях ареалу вселення. Ця складова біології *M. nipponense* практично не досліджувалась; разом з тим, саме від цієї інформації залежить розуміння можливості подальшого використання об'єкта для вітчизняного промислу, відтворення та вирощування. Наявність даних щодо місць та умов зимівлі субтропічної креветки в пониззі Дністра та Дністровському лимані дозволяє оцінити перспективи її подальшого розповсюдження у водоймах північно-західного Причорномор'я та інших водних екосистемах України в умовах кліматичних змін.

Метою роботи було дослідження особливостей зимівлі *Macrobrachium*



The aim of the work was to study the characteristics of *M. nipponense* wintering in the natural conditions of the Lower Dniester River basin and to experimentally assess the effect of the physical condition, bottom soil composition and type of aboveground shelters on the survival of wintering shrimps.

The object of the study is the shrimp *M. nipponense* from the natural population, which was formed in the Lower Dniester River.

The subject of the study is the locations and conditions of wintering in natural water areas, the choice of shelters, the survival of shrimp depending on the nature of the bottom soil, the type of shelter and the physical condition of wintering individuals.

MATERIALS AND METHODS

Field observations of wintering freshwater shrimp *M. nipponense* in natural conditions in the Lower Dniester and Turunchuk rivers were conducted in 2018–2020. Experimental studies were conducted in the Aquarian Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of Odesa State Ecological University using shrimps taken from their natural population.

To determine the locations and conditions of shrimp wintering, we surveyed natural water areas in the Lower Dniester and Turunchuk rivers. Wintering conditions were recorded (water temperature and transparency, current speed, soil composition, type of shelters, etc.). The abundance of wintering individuals and their physical condition were determined by the method of direct counting.

In laboratory conditions, the shrimp were kept in a RAS of the original design, in which the environmental parameters were maintained as close as possible to wintering in the natural conditions of the river.

In chronic experiments, the selectivi-

nipponense в природних умовах басейну нижнього Дністра, та експериментальна оцінка впливу на виживання зимуючих особин креветки, їх фізичного стану, складу донних ґрунтів та типу надґрунтових укриттів.

Об'єкт дослідження — креветка *M. nipponense* з природної популяції, яка сформувалася в пониззі р. Дністер.

Предмет дослідження — місця та умови зимівлі в природних акваторіях, вибір укриттів, виживання креветки в залежності від характеру ґрунтів дна, типу укриття та фізичного стану зимуючих особин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Польові спостереження за зимівлею прісноводної креветки *M. nipponense* в природних умовах пониззя рік Дністер та Турунчук проводились в 2018–2020 рр. Експериментальні дослідження здійснювали в акваріальній кафедрі водних біоресурсів та аквакультури ОДЕКУ на креветках, вилучених з природної популяції.

Для визначення місць і умов зимівлі креветок обстежували природні акваторії в пониззі рік Дністер та Турунчук. Фіксували умови зимівлі (температуру та прозорість вод, швидкість течії, склад ґрунтів, вид укриттів тощо). Методом прямого обліку встановлювали кількість зимуючих особин та їхній фізичний стан.

У лабораторних умовах креветок утримували в УЗВ оригінальної конструкції, в яких підтримували параметри середовища, максимально наближені до зимівлі в природних умовах ріки.

У хронічних експериментах досліджували вибірковість та вплив на виживання креветок різних за скла-



ty and effect of the composition of natural substrates and the thickness of the soil bed on shrimp survival were investigated. The selection and effectiveness of the shrimp's use of above-ground shelters of various natural and anthropogenic origin for shrimp wintering was assessed depending on their physical condition (presence or absence of injuries).

Shrimps for experiments were caught in October — November with the help of dip nets and special traps in various water areas of the Lower Dniester River and the Dniester estuary. The selected individuals were delivered to the Aquarian Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of Odesa State Ecological University and kept during the winter in experimental recirculation aquaculture systems, where environmental conditions were maintained as close as possible to natural ones during this period. The species identification to the shrimp was performed with the help of the appropriate identification keys [9].

The locations of mass wintering of shrimps were registered using a GPS navigator. Statistical processing of data was carried out in MS Excel.

STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

A survey of the river bottom showed more than 1,000 wintering places of the shrimp *M. nipponense* on an area of more than 800 m². The main ones were located in the coastal, shallow stretch of the river (up to a depth of 1.5–2.5 m) with a relatively slow current according to the coordinates: Dniester estuary - 46.209301, 30.774211; Dniester River (Mayaki village) - 46.411363, 30.261390; Karagol Bay - 46.327147, 30.326624; Turunchuk River - 46.445972, 30.206976; Hlyboky Turunchuk River e - 46.373239, 30.252123; Mertvyi Turunchuk River - 46.398180, 30.249746; Bile Lake - 46.447324, 30.187776. They practically

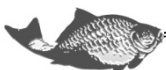
дом та товщиною ґрунтових подушок, які використовувались для формування ложа дна; вибір та ефективність використання креветкою надґрунтових укриттів різного природного та антропогенного походження для зимівлі особин у залежності від їхнього фізичного стану (наявність або відсутність травм).

Креветок для експериментів вилучували в жовтні–листопаді за допомогою сачків та спеціальних пасток в різних акваторіях пониззя р. Дністер та Дністровського лиману. Відібраних особин доставляли до акваріальної ОДЕКУ і утримували протягом зими в експериментальних рециркуляційних установках, де підтримувались умови середовища, максимально наближені до природних в цей період. Видову приналежність креветок визначали за допомогою відповідного довідника [9].

Локацію місць масової зимівлі креветок встановлювали за допомогою супутникового GPS-навігатора. Статистичну обробку даних проводили за допомогою програми «Microsoft Excel».

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті обстеження дна ріки, на площі понад 800 м² було встановлено понад 1000 місць зимівлі креветки *M. nipponense*. Основні з них розміщувались в прибережній, мілководній смузі ріки (до глибини 1,5–2,5 м) з відносно повільною течією за координатами: Дністровський лиман — 46.209301, 30.774211; р. Дністер (с. Маяки) — 46.411363, 30.261390; Карагольська затока — 46.327147, 30.326624; р. Турунчук — 46.445972, 30.206976; р. Глибокий Турунчук — 46.373239, 30.252123; р. Мертвий Турунчук — 46.398180, 30.249746; оз. Біле — 46.447324, 30.187776. Вони практично



coincided with the places of the greatest concentration of shrimps in other seasons of the year.

The abundance of shrimps, which wintered in aboveground and soil shelters, was approximately the same (43–48 and 52–55%, respectively). The temperature of the river waters in the places where the shrimp wintered ranged within 4.2–0.8°C, the transparency - from 0.6 to 1.1 m. The length of wintering individuals varied from 3.5 to 13.5 cm. The modal group (67% of the wintering individuals) had a length of 9.7±0.5 cm.

The most common aboveground shelters of natural origin were: flooded snags, plant roots, flooded grass, cracks between stones. Aboveground shelters of anthropogenic origin included: car tires, plastic containers, bags and other garbage.

The frequency of shrimp use of aboveground shelters of different types of natural origin in river conditions during wintering depended on their physical condition. More than 45% of shrimps (injured and not injured) wintered in cracks between stones and soil, up to 27% of shrimps chose the root system of higher plants for wintering, flooded snags and sheaves of flooded grass were chosen for wintering by 17–18% and 11–13% of shrimps, respectively (Fig. 1).

Individuals with damages (absence of claws) chose the least protected but easily accessible shelters flooded snags and bundles of flooded grass). Uninjured shrimps used hard-to-reach but more protected shelters (cracks between stones, plant root systems, etc.) for wintering.

A significant part of the wintering shrimps were individuals, which used aboveground shelters of anthropogenic origin for wintering. Car tires were chosen by 77% of individuals, plastic containers – 11%, plastic bags – 4%, other plastic garbage – 8% (Fig. 2).

As with wintering in shelters of natu-

співпадали з місцями найбільшої концентрації креветок в інші сезони року.

Кількість креветок які зимували в надгрунтових та ґрунтових укриттях була приблизно однаковою (43–48 та 52–55% відповідно). Температура річкових вод в місцях, де зимували креветки, коливалась в межах 0,8–4,2°C, прозорість — від 0,6 до 1,1 м. Довжина зимуючих особин змінювалась від 3,5 до 13,5 см. Модальна група (67% зимуючих особин) мала довжину 9,7±0,5 см.

Найпоширенішими надгрунтовими укриттями природного походження були затоплені корчі, коріння рослин, затоплена трава, щілини між камінням. Надгрунтові укриття антропогенного походження включали: автомобільні покришки, пластикову тару, пакети та інше сміття.

Частота використання креветкою під час зимівлі надгрунтових укриттів природного походження різного типу в умовах ріки, залежала від їхнього фізичного стану. Понад 45% креветок (травмованих та нетравмованих) зимувало в щілинах між камінням і ґрунтом, до 27% обирало для зимівлі кореневу систему вищих рослин; затоплені корчі та снопи затопленої трави обирало для зимівлі відповідно 17–18% і 11–13% креветок (рис. 1).

Особини, які мали ушкодження (відсутність клешень), обирали найменш захищені, але легкодоступні укриття (затоплені корчі та снопи затопленої трави) Нетравмовані креветки використовували для зимівлі важкодоступні, але більш захищені укриття (щілини між камінням, кореневу систему рослин тощо).

Значну частину зимуючих креветок склали особини, які використовували для зимівлі надгрунтові укриття антропогенного походження. Автомобільні покришки обирало 77% особин, пластикову тару — 11%, пластикові пакети — 4%, інше пластикове сміття — 8% (рис. 2).



WINTERING OF THE EASTERN SUBTROPICAL FRESHWATER SHRIMP (*MACROBRACHIUM NIPPONENSE* DE HAAN, 1849) IN THE CONDITIONS OF THE DNISTER RIVER BASIN

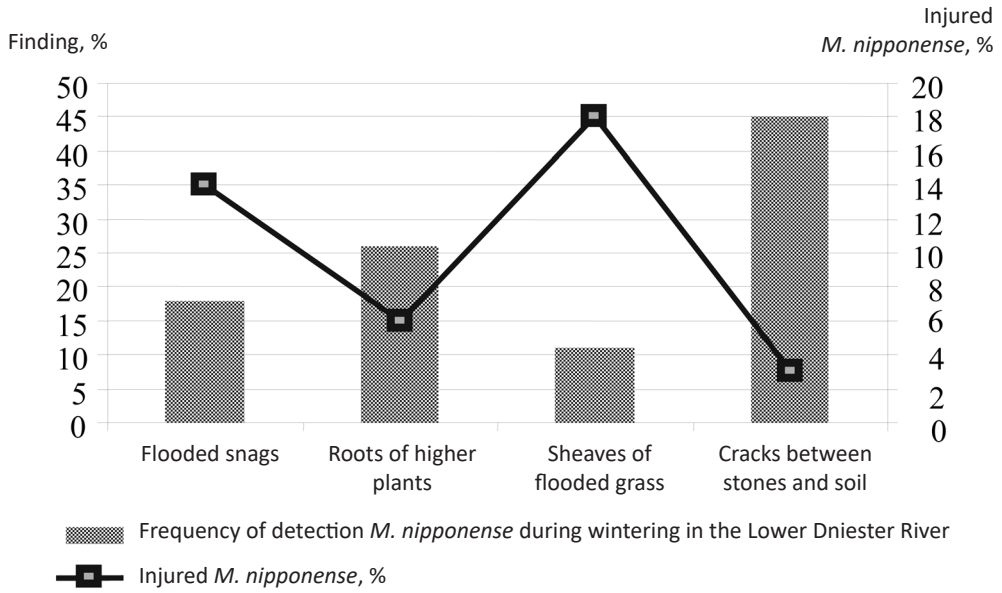


Fig. 1. Findings of *M. nipponense* during wintering in the Lower Dniester River basin in aboveground shelters of natural origin

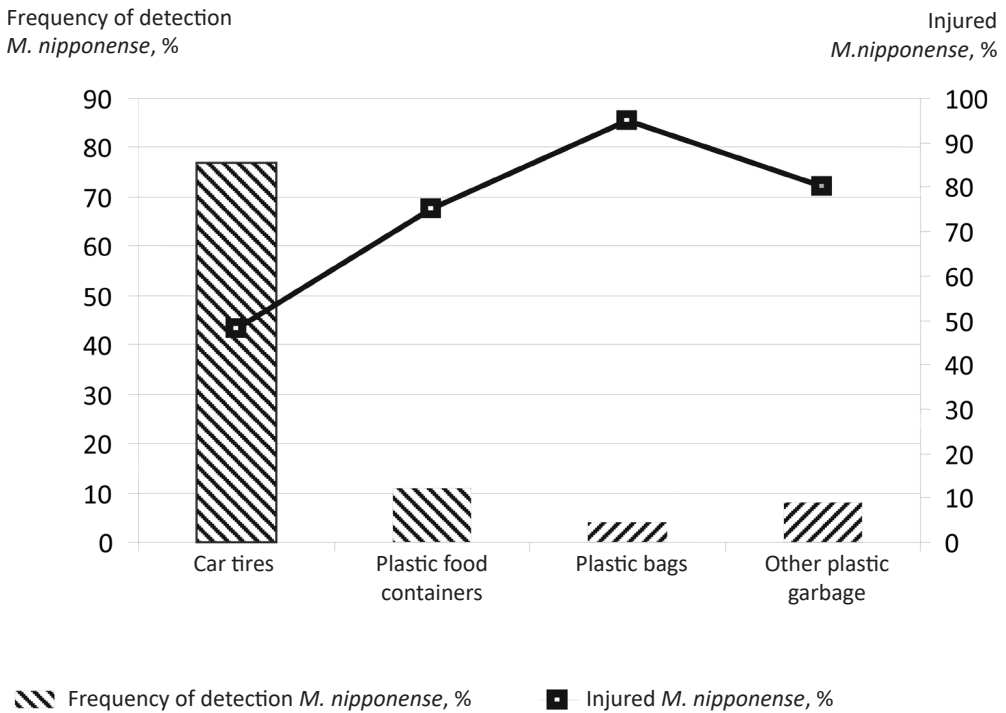
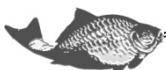


Fig. 2. Findings of *M. nipponense* during wintering in the Lower Dniester River basin in aboveground shelters of anthropogenic origin



ral origin, injured shrimp used less reliable but more accessible anthropogenic shelters (plastic containers, bags and other garbage).

The results of the study indicate the adaptation and unpretentiousness of shrimps in the selection of various substrates of anthropogenic origin in the Lower Dniester basin as shelters for wintering.

A significant share of the shrimps (more than 59%) was buried in the soil (soil shelters) for the winter. The mechanisms of burying in the soil as well as the advantages when choosing certain soil substrates during the wintering period were studied experimentally.

It was found that the vast majority of *M. nipponense* individuals, which were buried in the soil, had approximately the same typical body position (Fig. 3).

Shrimps were placed in the soil at different angles (in most cases – 45°), their whiskers were located in the upper part of the soil bed, and the tail part (telson) in the lower part.

To determine the advantages of *M. nipponense* when choosing the substrate of the soil bed for wintering, the experiment used soil mixtures of different composition, which were similar to natural

Як і при зимівлі в укриттях природного походження, травмовані креветки використовували менш надійні, але більш доступні антропогенні укриття (пластикову тару, пакети та інше сміття).

Результати досліджень свідчать про адаптацію та невибагливість креветок щодо вибору в якості укриттів для зимівлі різноманітних субстратів антропогенного походження в басейні нижнього Дністра.

Значна частина креветок (понад 59%) закопувалася на зимівлю в ґрунт (ґрунтові укриття). Механізми закопування в ґрунт, а також переваги при виборі тих чи інших ґрунтових субстратів у період зимівлі досліджувались експериментально.

Встановлено, що переважна більшість особин *M. nipponense*, які закопувались в ґрунт, мала приблизно однакове, характерне положення тіла (рис. 3).

Ракоподібні розміщувались у ґрунті під різним кутом (у більшості випадків — 45°), їхні вуса знаходились у верхній частині ґрунтової подушки, а хвостова частина (тельсон) в нижній.

Для визначення переваг *M. nipponense* при виборі субстрату ґрунтової подушки для зимівлі в експерименті використовували ґрунтові суміші різного складу, які були подібні природ-



Fig. 3. The common geometry of the body of *M. nipponense* in the soil bed (0 — the position of the body in the soil; 1 — whisker direction vector; 2 — telson direction vector; 3 — the upper part of the soil bed; 4 — the lower part of the soil bed)



substrates in places of mass wintering of shrimps (Table 1).

It was found that healthy (without defects) shrimps always preferred sandy soils – mixture No. 10 or those containing sand – mixtures No. 5, 6, 7 during the wintering period (Fig. 4).

The more shrimp were buried in the soil, the higher was the percentage of their sur-

нім субстратам в місцях масової зимівлі креветок (табл. 1).

Встановлено, що здорові (без вад) особини креветки в період зимівлі завжди віддавали перевагу піщаним ґрунтам — суміш № 10, або таким, до складу яких входив пісок, — суміші № 5, 6, 7 (рис. 4).

Чим більше креветок закопувалось в

Table 1. Composition of soil beds used in experimental installations during the wintering period of the shrimp *M. nipponense*

| Composition of the soil bed | Soil composition, № |
|--------------------------------------------|---------------------|
| Clay (±) 90%, rubble (±) 10% | №1 |
| Clay (±) 60%, rubble (±) 40%, Sand (±) 10% | №2 |
| Chernozem (±) 90%, rubble (±) 10% | №3 |
| Chernozem (±) 60%, rubble (±) 40% | №4 |
| Sand (±) 90%, rubble (±) 10% | №5 |
| Sand (±) 60%, rubble (±) 40% | №6 |
| Sand (±) 50%, rubble (±) 30, clay (±) 20% | №7 |
| Clay (±) 100% | №8 |
| Chernozem (±) 100% | №9 |
| Sand (±) 100% | №10 |
| Rubble (±) 100% | №11 |

Number of individuals buried in the soil, %

Survival of *M. nipponense* during wintering, %

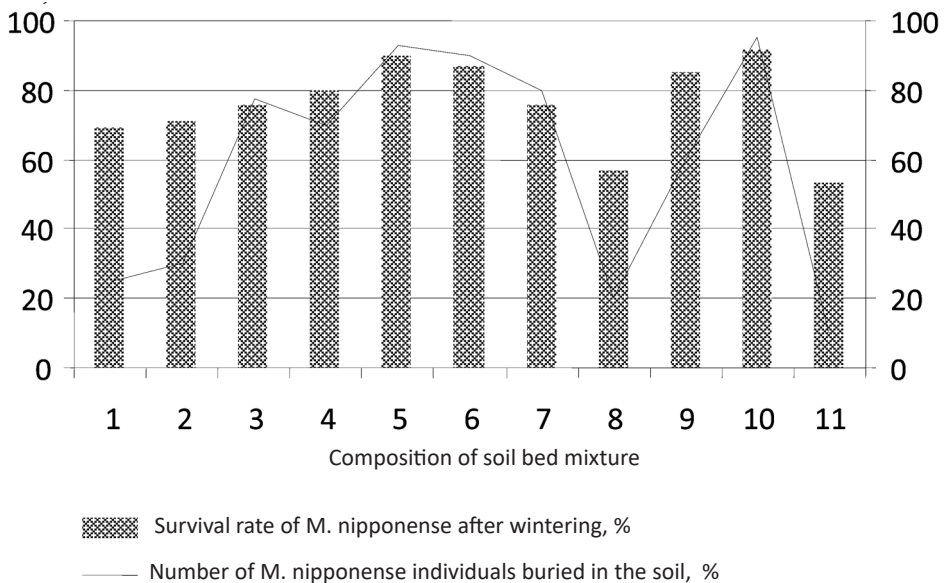
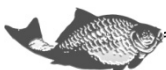


Fig. 4. Selection of soil for wintering and the effect of soil bed on the survival of *M. nipponense*



vival during the wintering period ($r=0.926$).

Regardless of soil composition, there was a tendency ($t_{st} = 0.685$) to increase the survival of healthy individuals of *M. nipponense* in the presence of a thicker soil layer at the bottom of tanks (Fig. 5).

The composition of the soil bed affected the depth of burial of *M. nipponense* during wintering (Fig. 6). Shrimps were buried to the maximum depth in the soil, which consisted of sand, sand-gravel mixture, and chernozem, or chernozem with gravel inclusions. At the same time, the survival of wintering individuals was inversely dependent on the depth of burial, the shallower the shrimp were buried, the higher was the percentage of survival of wintering individuals ($r = 0.897$).

Approximately half (45–47%) of shrimps did not burrow into the soil but used aboveground shelters for wintering. In order to find out the effect of the physical condition of shrimps on the choice of the type of shelter (aboveground or soil) and survival during the wintering period,

грунт, там вище був відсоток їх виживання в період зимівлі ($r = 0,926$).

Незалежно від складу ґрунтів, спостерігалась тенденція ($t_{st} = 0,685$) до збільшення виживання здорових особин *M. nipponense* за наявності більш товстого шару ґрунту на дні басейнів (рис. 5).

Склад ґрунтової подушки впливав на глибину закопування *M. nipponense* під час зимівлі (рис. 6). На максимальну глибину креветки заковувались в ґрунт, який складався з піску, піщано-гравійної суміші та чорнозему або чорнозему із включеннями гравію. Разом з тим, виживання зимуючих особин знаходилось в зворотній залежності від глибини закопування: чим на меншу глибину заковувались креветки, тим вищим був відсоток виживання зимуючих особин ($r = 0,897$).

Приблизно половина (45–47%) креветок не заковувалась у ґрунт, а використовувала для зимівлі надґрунтові укриття. Для з'ясування питання впливу фізичного стану креветок на вибір типу укриття

Survival rate of *M. nipponense* during wintering, %

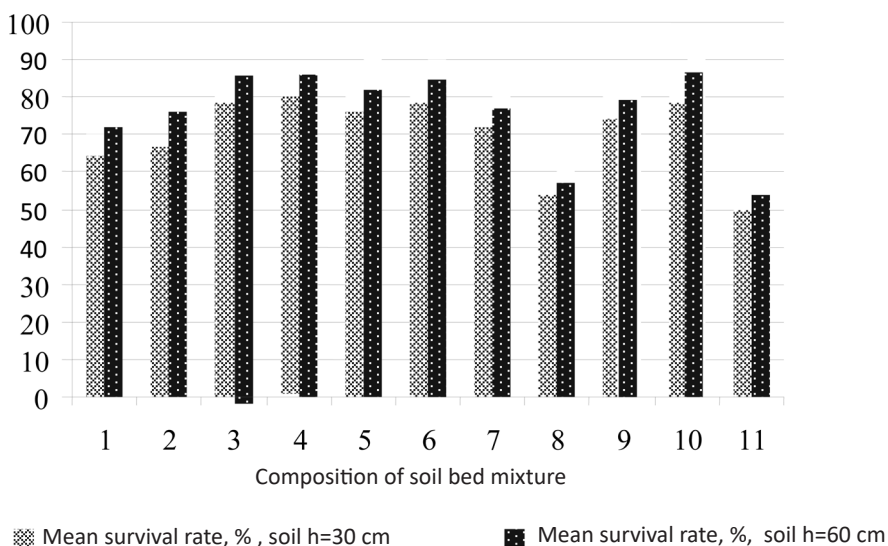


Fig. 5. Dependence of the survival of *M. nipponense* during the wintering period on the height of the soil bed



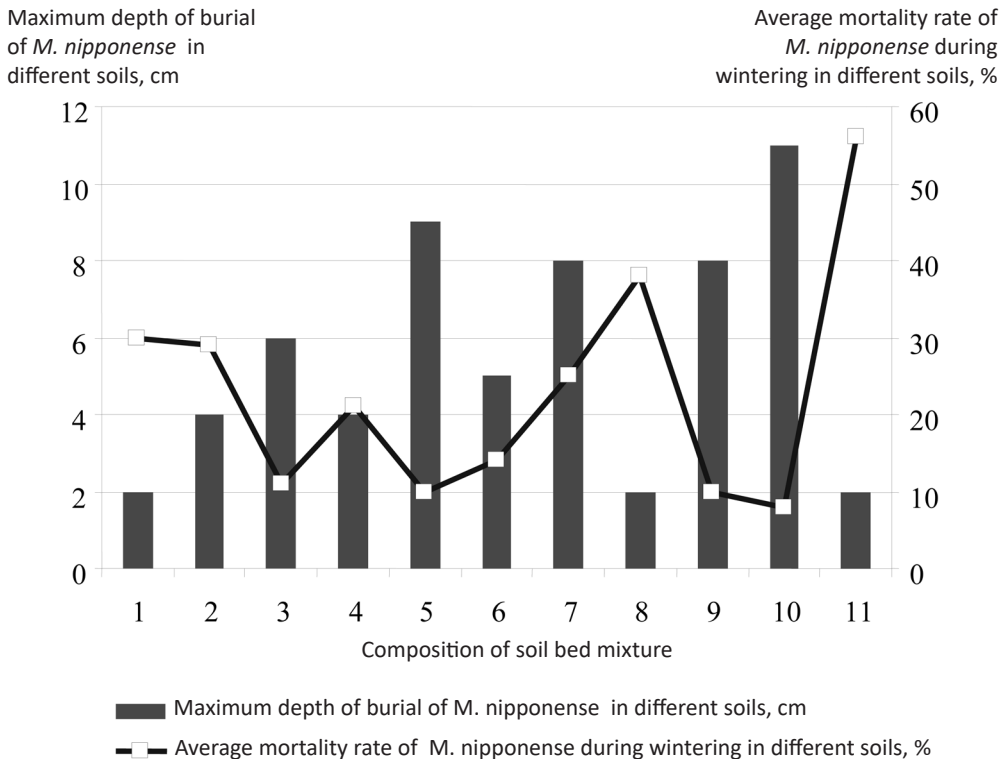


Fig. 6. Effect of the soil bed composition on the depth of burial of *M. nipponense* during wintering

we studied a group, which consisted of individuals without physical defects, those who lacked one claw, and both claws at a ratio of 1:1:1. It was found that injured *M. nipponense* preferred aboveground shelters, while non-injured ones, on the contrary, preferred to spend winter buried in the bottom soil (Fig. 7).

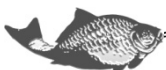
The maximum yield of uninjured individuals from wintering (76%) was observed when they were buried in the soil. Only up to 26% of uninjured individuals survived in aboveground shelters of various types.

The share of injured shrimps, which survived in soil shelters, decreased in proportion to the severity of their injury (from 41 to 3%). Aboveground shelters provided a higher survival rate (from 62 to 97%) of injured shrimps.

(надґрунтове або ґрунтове) та виживання в період зимівлі, досліджували групу, яка у співвідношенні 1:1:1 складалась з особи́ни без фізичних вад, таких, у яких були відсутні одна клешня та обидві клешні. Встановлено, що травмовані *M. nipponense* віддають перевагу надґрунтовим укриттям, а нетравмовані, навпаки, воліють провести зимівлю, закопавшись в ґрунт дна (рис. 7).

Максимальний вихід нетравмованих особин із зимівлі (76%) спостерігався при закопуванні в ґрунт. У надґрунтових укриттях різного типу виживало лише до 26% нетравмованих особин.

Частка травмованих креветок, які вижили в ґрунтових укриттях, зменшувалась пропорційно силі травмування (з 41 до 3%). Надґрунтові укриття забезпечували вищий відсоток виживання (від 62 до 97%) травмованих особин креветки.



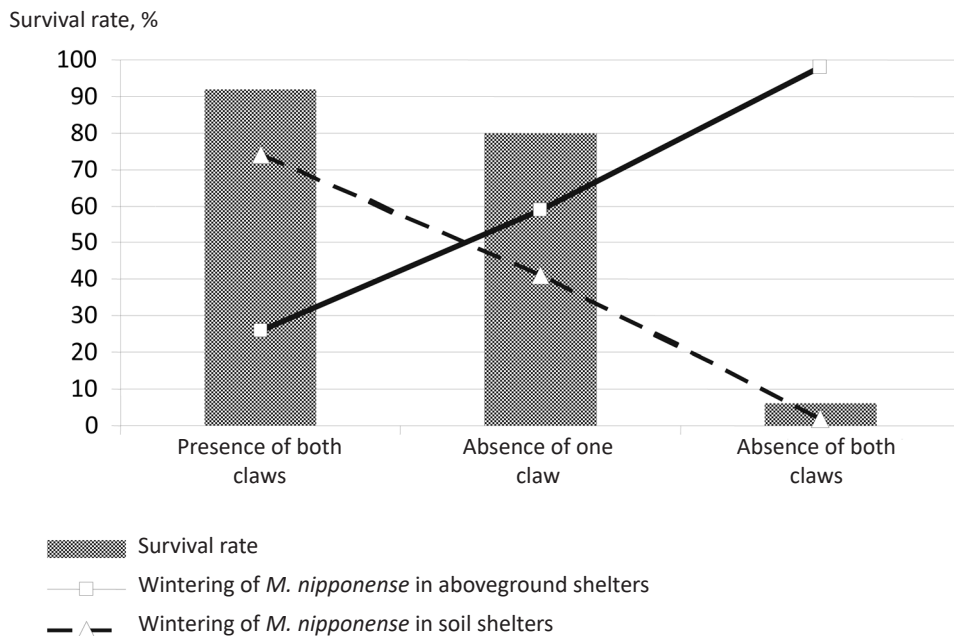


Fig. 7. The choice of the type of shelter of *M. nipponense* depending on the presence of injury and survival rate during wintering

CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

In the Lower Dniester and Turunchuk rivers, *M. nipponense* winters in aboveground shelters or by burrowing into the bottom soil.

The choice of aboveground shelters for wintering depends on the physical condition of the shrimp. Injured individuals (lost claws) prefer easily accessible aboveground shelters (sheaves of grass, flooded snags). Individuals without defects hide in cracks between plant roots and stones.

A significant part of shrimps winters in aboveground shelters of anthropogenic origin.

More than 59% of shrimps are buried in the soil wintering. Individuals without defects prefer sandy soils or soils that contain sand. The depth of burial of shrimp depends on the composition of the soil and the survival rate of wintering individuals is

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

У пониззі рік Дністер і Турунчук креветка *M. nipponense* зимує в надгрунтових укриттях, або закопується у ґрунт дна.

Вибір для зимівлі надгрунтових укриттів залежить від фізичного стану креветок. Травмовані особини (втрачені клешні) віддають перевагу легкодоступним надгрунтовим укриттям (снопам трави, затопленим корчам). Особини без вад ховаються в щілинах між корінням рослин та камінням.

Значна частина креветок зимує в надгрунтових укриттях антропогенного походження.

Понад 59% креветок закопується на зимівлю в ґрунт. Особини без вад віддавали перевагу піщаним ґрунтам або таким, до складу яких входив пісок. Глибина закопування креветок залежала від складу ґрунту, а виживання зимуючих особин знаходилося у зворотній



inversely dependent on the depth of burial.

In the process of wintering, injured individuals prefer aboveground shelters, while uninjured ones - bury themselves in the soil. The survival rate of injured shrimp in soil shelters decreased in proportion to the severity of the injury. Maximum survival of injured individuals is ensured by wintering in aboveground shelters.

Taking into account the perspective of using *M. nipponense* in the aquaculture of southern Ukraine, we believe that further studies should be aimed at developing methods to keep these shrimps in artificial conditions during winter, capable of ensuring a high yield of individuals of various ages and physical conditions after wintering.

REFERENCES

1. Salman, S. D., et al. (2006). The invasion of *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) (Caridea: Palaemonidae) into the Southern Iraqi marshes. *Aquat Invasions*, 1, 109-115.
2. Shekk, P., & Astafurov, Yu. (2017). Acclimation and ways of spreading the Eastern freshwater shrimp *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) as valuable and economically profitable foodstuff. *8-th Science Assembly Meeting Network of aquaculture centers in Central and Eastern Europe (NACEE)*. Daugavpils, 46-48
3. Cai, Y., & Shokita, S. (2006). Report on a collection of freshwater shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) from the Philippines, with descriptions of four new species. *Raffles B Zool.*, 54, 245-270.
4. De Grave, S., & Ghane, A. (2006). The establishment of the oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) in Anzali Lagoon. *Iran. Aquat Invasions*, 1, 204-208.
5. Feng, J. B., Li, J. L., & Cheng, X. (2008). Research progress on germplasm re-

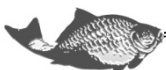
залежності від глибини закопування.

У процесі зимівлі травмовані особини віддають перевагу надгрунтовим укриттям, а нетравмовані — закопуються в ґрунт. Вживання травмованих креветок в ґрунтових укриттях зменшувалось пропорційно силі травмування. Максимальне виживання травмованих особин забезпечує зимівля в надгрунтових укриттях.

Зважаючи на перспективність використання креветки *M. nipponense* в аквакультурі півдня України, вважаємо, що подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку методів зимівлі креветки в штучних умовах, здатних забезпечити високий вихід зимуючих особин різного віку і фізичного стану.

ЛІТЕРАТУРА

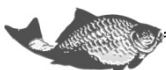
1. The invasion of *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) (Caridea: Palaemonidae) into the Southern Iraqi marshes / Salman S. D. et al. // *Aquat Invasions*. 2006. Vol. 1. P. 109—115.
2. Shekk P., Astafurov Yu. Acclimation and ways of spreading the Eastern freshwater shrimp *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) as valuable and economically profitable foodstuff // *8-th Science Assembly Meeting Network of aquaculture centers in Central and Eastern Europe (NACEE)*. Daugavpils, 2017. P. 46—48
3. Cai Y., Shokita S. Report on a collection of freshwater shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) from the Philippines, with descriptions of four new species // *Raffles B Zool*. 2006. Vol. 54. P. 245—270.
4. De Grave S., Ghane A. The establishment of the oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) in Anzali Lagoon, Iran // *Aquat Invasions*. 2006. Vol. 1. P. 204—208.
5. Feng J. B., Li J. L., Cheng X. Research progress on germplasm re-



- source exploitation and protection of *Macrobrachium nipponense*. *J Shanghai Fish Univ.*, 17, 371-376.
6. Vladymyrov, M. Z. (1989). Vostochnaia rechnaia krevetka (*Macrobrachium nipponense* De Haan) - novyi element hydrofauny Kuchurhanskoho vodokhranylyshcha. *Yzvestyia AN MSSR*, 1, 77-78.
 7. Fylypenko, S. Y. (2014). O poiavleny presnovodnoi vostochnoi krevetky *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) v Dnestre. *Academy of sciences of Moldova: International Symposium anniversary of Professor Andrei Munteanu: proceed.* Chişinău, 206-207.
 8. Kulesh, V. F. (1985). Perspektyvy vyrashchivanyia subtropicheskoi krevetky *Macrobrachium nipponense* (De Haan) v vodoemakh-okhladyteliakh TES. *Byolohycheskye resursy vodoemov v uslovyiakh antropogennoho vozdeistviya*. Kiev: Naukova dumka, 34-36.
 9. Suprunovych, A. V., & Makarov, Yu. N. (1990). *Kul'tyvyruemye bespozvonochnye. Pyshchevye bespozvonochnye: ustrytsy, hrebeshky, raky y krevetky*. Kiev: Naukova dumka.
 10. Makarov, Yu. N. (2004). *Desiatynohye rakoobraznye*. Kiev: Naukova dumka.
 11. Mamontov, H. A. (2006). *Presnovodnye krevetky*. *Zoolohyia*. Kiev: VPTU, 20, 12-19.
 12. Stepanok, N. A. (2014). Vostochnaia rechnaia krevetka roda *Macrobrachium* v nizove Dnestra. *Hydrobyolohycheskyi zhurnal*, 50, 2, 117-120.
 13. Shekk, P. V. (2018). Perspektyvy rozvytyia akvakultury vysshyykh rakoobraznykh. *Suchasni problemy ratsionalnoho vykorystannia vodnykh bioresursiv: I Mizhnar. nauk.-prakt. konf., Kyiv 15-17 trav. 2018 r.: zbirnyk mater.* Kyiv, 12-15.
 14. Shekk, P. V., & Astafurov, Yu. O. (2019). Mozhlyvict kul'tyvuvannia skhidnoi subtropichnoi prsnovodnoi resource exploitation and protection of *Macrobrachium nipponense* // *J Shanghai Fish Univ.* 2008. Vol. 17. P. 371—376.
 6. Владимиров М. З. Восточная речная креветка (*Macrobrachium nipponense* De Haan) — новый элемент гидрофауны Кучурганского водохранилища // *Известия АН МССР.* 1989. № 1. С. 77—78.
 7. Филипенко С. И. О появлении пресноводной восточной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) в Днестре // *Academy of sciences of Moldova : International Symposium anniversary of Professor Andrei Munteanu : proceed.* Chişinău, 2014. P. 206—207.
 8. Кулеш В. Ф. Перспективы выращивания субтропической креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan) в водоемах-охладителях ТЭС // *Биологические ресурсы водоемов в условиях антропогенного воздействия.* Киев : Наукова думка, 1985. С. 34—36.
 9. Супрунович А. В., Макаров Ю. Н. Культивируемые беспозвоночные. Пищевые беспозвоночные: устрицы, гребешки, раки и креветки. Киев : Наукова думка, 1990. 261 с.
 10. Макаров Ю. Н. Десятиногие ракообразные. Киев : Наукова думка, 2004. 430 с. (Фауна Украины ; т. 26, вып. 1/2).
 11. Мамонтов Г. А. Пресноводные креветки // *Зоология.* Киев : ВПТУ, 2006. № 20. С. 12—19.
 12. Степанок Н. А. Восточная речная креветка рода *Macrobrachium* в низовье Днестра // *Гидробиологический журнал.* 2014. Т. 50, № 2. С. 117—120.
 13. Шекк П. В. Перспективы развития аквакультуры высших ракообразных // *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : I Міжнар. наук.-практ. конф., Київ 15-*



- krevetky *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) v umovakh nyzhnoho Dnistra. *Suchasni problemy teoretychnoi ta praktychnoi ikhtiologii: XII Mizhnar. ikhtiol. nauk.-prakt. konf.: mater.* Dni-pro, 232-235.
15. Kulesh, V. F. (1982). Lychynochnyi rost subtropycheskoi presnovodnoi krevetky *Macrobrachium nipponense* (De Haan) v uslovyakh vodoema-okhladytelia Berezovskoi HRES. *Vestsi AN BSSR, 1*, 100-110.
 16. Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2002). *Recirculation Aquaculture*. USA: Cayuga Aqua Ventures. (NRAC Publication ; No. 01-007).
 17. Turanov, V. F. (2003). Razvedeniye y vyrashchyvaniye presnovodnoi krevetky *Macrobrachium rosenbergii* na Yuhe Ukrainy. *Rybne hospodarstvo Ukrainy*, 3, 4 (26, 27), 47-48.
 18. Beal, B. F., & Protopopescu, G. C. (2012). Ocean-based nurseries for cultured lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards) postlarvae: field experiments off the coast of eastern maine to examine effects of flow and container size on growth and survival. *Journal of Shellfish Research*, 31 (1), 177-193.
 19. Stevens, B. (Ed.). (2014). *King Crabs of the World: Biology and Fisheries Management*. [S. 1.]: CRC Press, 2014. 636 p.
 20. Wickins, J. F., & Lee, D. O'C. (Eds.). (2002). *Crustacean Farming Ranching and Culture*. Oxford (United Kingdom): Blackwell Science.
 21. Shekk, P. V., & Astafurov, Yu. O. (2019). Problema biolohichnykh invazii, vse-lennia chuzhoridnykh vydiv na prykladi skhidnoi prisnovodnoi krevetky *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849). *Studentska naukova konferentsiia molydykh vchenykh Odeskoho derzhavnoho ekolohichnoho universytetu: zbirnyk mater.* Odessa, 7, 102-103.
 22. Ma, K. Y., et al. (2011). The complete 17 trav. 2018 p. : zbirnyk mater. Kyiv, 2018. С. 12—15.
 14. Шекк П. В., Астафуров Ю. О. Возможность культивирования схи́дно́й субтропично́й прісноводно́й креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) в умовах нижнього Дністра // Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології : XII Міжнар. іхтіол. наук.-практ. конф. : матер. Дніпро, 2019. С. 232—235.
 15. Кулеш В. Ф. Личиночный рост субтропической пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan) в условиях водоема-охладителя Березовской ГРЭС // Весті АН БССР. 1982. № 1. С. 100—110.
 16. Timmons M. B., Ebeling, J. M. *Recirculation Aquaculture*. USA : Cayuga Aqua Ventures, 2002. (NRAC Publication ; No. 01-007).
 17. Туранов В. Ф. Разведение и выращивание пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* на Юге Украины // Рыбне господарство України. 2003. № 3, 4 (26, 27). С. 47—48.
 18. Beal B. F., Protopopescu G. C. Ocean-based nurseries for cultured lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards) postlarvae: field experiments off the coast of eastern maine to examine effects of flow and container size on growth and survival // *Journal of Shellfish Research*. 2012. No. 31 (1). P. 177—193.
 19. King Crabs of the World: Biology and Fisheries Management / ed. Stevens B. [S. 1.] : CRC Press, 2014. 636 p.
 20. Crustacean Farming Ranching and Culture / eds. Wickins J. F., Lee D. O'C. Oxford (United Kingdom) : Blackwell Science, 2002. 446 p.
 21. Шекк П. В., Астафуров Ю. О. Проблема біологічних інвазій, вселення чужорідних видів на прикладі схи́дно́й прісноводно́й креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) // Студентська наукова конференція молодих



- mitochondrial genome of *Macrobrachium nipponense*. *Gene*, 487, 160-165.
23. Magalhães, C., & Walker, I. (1988). Larval development and ecological distribution of Central Amazonian palaemonid shrimps (Decapoda, Caridea). *Crustaceana*, 55, 279-292.
 24. Mashiko, K. (1990). Diversified egg and clutch sizes among local populations of the freshwater prawn *Macrobrachium nipponense*. *Journal of Crustacean Biology*, 10, 306-314.
 25. New, M. B., & Valenti, W. C. (2000). *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, England: Blackwell Science.
 26. Rodriguez, G. (1982). Fresh-water shrimps (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Orinoco Basin and the Venezuelan Guayana. *Journal of Crustacean Biology*, 2, 378-391.
 27. Shokita, S. (1979). The distribution and speciation of the inland water shrimps and prawns from the Ryukyu Islands II. *Bulletin of the College of Science, University of Ryukyus*, 28, 193-278.
 28. Yu, H., & Miyake, S. (1972). Five species of the genus *Macrobrachium* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from Taiwan. *Ohmu*, 3, 45-55.
 22. The complete mitochondrial genome of *Macrobrachium nipponense* / Ma K.Y. et al. // *Gene*. 2011. Vol. 487. P. 160—165.
 23. Magalhães C., Walker I. Larval development and ecological distribution of Central Amazonian palaemonid shrimps (Decapoda, Caridea) // *Crustaceana*. 1988. Vol. 55. P. 279—292.
 24. Mashiko K. Diversified egg and clutch sizes among local populations of the freshwater prawn *Macrobrachium nipponense* // *Journal of Crustacean Biology*. 1990. Vol. 10. P. 306—314.
 25. New M. B., Valenti W. C. *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, England : Blackwell Science, 2000. 215 p.
 26. Rodriguez G. Fresh-water shrimps (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Orinoco Basin and the Venezuelan Guayana // *Journal of Crustacean Biology*. 1982. Vol. 2. P. 378—391.
 27. Shokita S. The distribution and speciation of the inland water shrimps and prawns from the Ryukyu Islands II // *Bulletin of the College of Science, University of Ryukyus*. 1979. Vol. 28. P. 193—278.
 28. Yu H., Miyake S. Five species of the genus *Macrobrachium* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from Taiwan // *Ohmu*. 1972. Vol. 3. P. 45—55.

