

УДК 574.52:574.32

Е. А. Костромин, С. М. Никитина

**РЕАКЦИЯ МИЗИД *NEOMYSIS INTEGER* LEACH 1815
НА ИЗМЕНЕНИЕ СОЛЕННОСТИ КАЛИНИНГРАДСКОГО
(ВИСЛИНСКОГО) ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

Выявлено, что ракообразные вида *Neomysis integer* выдерживают резкие изменения солености от 0,2 до 14‰, воспроизводя жизнеспособное потомство. Соленость, превышающая 14‰, вызывает гибель 100% особей в эксперименте.

This article proves that the individuals of *Neomysis integer* species can survive dramatic changes in water salinity of 0,2 – 14‰ producing viable posterity. A salinity exceeding 14‰ leads to the death of 100% individuals used in the experiment.

Ключевые слова: мизиды, соленость воды, адаптация, распределение.

Key words: Mysidacea, water salinity, adaptation, distribution.

Введение

Соленость воды — один из экологических факторов, который участвует в регуляции роста, обмена, репродуктивной биологии гидробионтов, лимитирует их свободное распределение, формирует уникальные экосистемы [2; 7; 11].

Калининградский (Вислинский) залив — полузакрытая солоноватоводная эстуарная экосистема в юго-восточной части Балтийского моря с соленостью от 0,2 до 8,2‰ (рис. 1) [5]. Морфологические и гидрологические условия отдельных районов залива определяют особенности распределения и биологии гидробионтов, в том числе и у *Neomysis integer* Leach, 1815 (s. *N. vulgaris* Thompson 1828). В Калининградском заливе *N. integer* — единственный и многочисленный представитель мизид [1; 9].

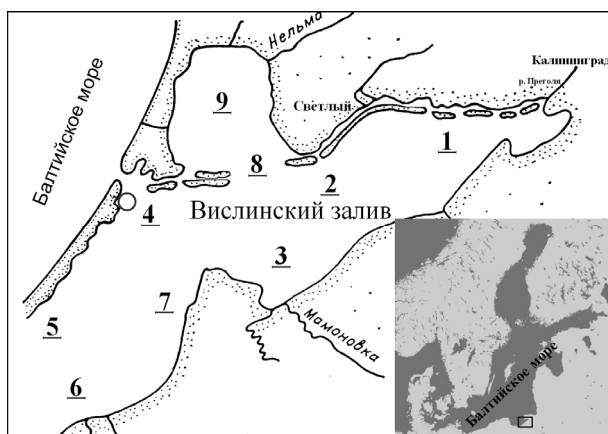


Рис. 1. Схема станций в Вислинском заливе Балтийского моря (станция 4 — Прибалтийский район; ○ — место отлова самок *N. integer*)



Мизиды (класс Crustacea, отряд Mysidacea) — нектобентические ракообразные, фильтраторы, важнейшее звено в трофических цепях (до 80 % рациона трески, судака, салаки и других промысловых рыб) [3; 6; 8; 10]. Для увеличения кормовой базы в отдельные рыбохозяйственные водоемы проводится интродукция мизид [12]. Кроме того, они применяются в качестве биоиндикаторов загрязнения водоемов токсическими соединениями [14]. Механизм осморегуляции мизид, как и других высших ракообразных, позволяет им осваивать водоемы с различной соленостью [2; 7].

Цель работы состояла в изучении реакции мизид *N. integer* на изменение солености воды (в эксперименте) и на их распределение в Калининградском заливе.

Материалы и методы

Использованы материалы, которые получены при количественных сборах в открытой части Калининградского залива, проведенных по стандартной сетке гидробиологических станций (рис. 1) в июле 2006 г. донным салазочным мизидным тралом с параметрами устья $0,27 \times 0,67$ м [9]. Траление проходило в течение 5 мин при скорости 1,2–1,6 узла. Пробы фиксировались на месте 4%-ным формалином. Камеральная обработка проб проводилась по стандартной методике (Винберг, Алимов, 1983) в модификации В.В. Тен [8]. Численность мизид (экз./м²) вычисляли по количеству рачков в пробе по отношению к площади обловленного дна.

Экспериментальное изучение реакции *N. integer* на изменение солености среды (0,2; 4; 8; 10; 12; 14; 16; 32 ‰) проведено на одноразмерных (10–11 мм) яйценосных самках из прибрежной зоны залива в июне, июле и августе — сентябре 2010 г. Выполнено две серии экспериментов в четырех (первая серия) или двух (вторая серия) повторностях. В эксперименте использовано 780 животных (78 групп по 10 самок). Соленость в опыте в первой серии — 0,2, 4, 8, 10, 12, 14, 16, 32 ‰. Во второй контрольной серии — 4, 8, 10, 12, 14, 16, 32 ‰.

Вода для эксперимента отбиралась в месте отлова мизид и отфильтровывалась через мельничный газ №74. Необходимая соленость воды получена добавлением в нее соответствующих навесок морской соли. Температура (t°C) и соленость (‰) воды измерялись при помощи прибора для оценки качества воды HORIBA U-10. Температура воды (18–20°C) и интенсивность освещенности в эксперименте были идентичны режиму естественных условий обитания. Мизиды одновременно помещались в прозрачные аквариумы (16 × 16 × 25 см) по 10 самок на 6 литров воды соответствующей солености. Контрольная группа мизид содержалась при солености воды 4 ‰ — такой же, как и в месте отлова.

Учитывали смертность (%) и двигательную активность каждой особи *N. integer* по принятой нами шкале. Эксперимент начинали с 22 часов, так как мизиды наиболее активны ночью. Интервал наблюдений — от 15 до 180 минут (табл. 1). Продолжительность эксперимента зависела от его серии.



Таблица 1

Интервал наблюдений

№ п/п	Интервал, мин
1	15
2	15
3	15
4	30
5	30
6	60
7	60
8	360
9	120
10	120
11	120
12	120
13	180
14	180
Каждый последующий интервал	180

Во второй серии на восьмые сутки эксперимента соленость воды была увеличена на 2‰: 8 → 10; 10 → 12; 12 → 14. Общий контроль составил 4‰, дополнительный – 8, 10, 12‰.

Реакция животных на изменение среды отмечается с первых минут опыта, что и определило принятие нами частоты (интервалов) наблюдения.

Двигательная активность является показателем реакции особи на воздействие факторов среды и общим критерием оценки устойчивости группы (табл. 2).

Таблица 2

Критерий оценки балла двигательной активности (БДА)

Балл	Характер двигательной активности
0	Неподвижно на дне, вверх брюхом, редкие эпизодические движения грудными конечностями
1	Зависли у дна
1,5	У дна, периодически зависая
1,6	Ровное плавное движение у дна
1,8	Активны у дна
2	Ровное плавное движение в центральной части толщи воды
2,2	Быстрое ровное движение в центральной части толщи воды
2,4	Активны в центральной части или зависают у поверхности
2,7	Плавно, ровно у поверхности воды
3	Активно двигаются у поверхности воды
4	Резкое, беспорядочное движение во всей толще воды
5	Выпрыгивают из воды

Средний балл двигательной активности (СБДА) рассчитан стандартным методом. Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программы Microsoft Excel.

Результаты исследования

Первая серия экспериментов. Пересадка адаптированных мизид в воду той же солености (контроль – 4‰) достоверных изменений двигательной активности не вызвала. СБДА мизид в контроле до 105-й минуты эксперимента – $2 \pm 0,08$ балла. С 1 до 2 часов ночи СБДА максимален ($2,3 \pm 0,1$ балла), минимален ($1,6 \pm 0,07$ балла) с 3 до 6 часов утра. Утром и днем его колебания незначительны ($1,8 \pm 0,2$ балла). В вечерний период в контроле СБДА составляет до $2 \pm 0,1$. Различия в динамике суточной двигательной активности мизид в контроле недостоверны. В первые и последующие сутки эксперимента среднесуточный СБДА в контроле – $1,9 \pm 0,4$. Летальных случаев не отмечено.

70

В первые 15 минут эксперимента во всех группах активность мизид выше контроля (рис. 2). Достоверно увеличение СБДА у мизид в воде с наибольшей соленостью – 14, 16 и 32‰.

В первые 15 минут эксперимента в солености 32‰ СБДА мизид составил $2,6 \pm 0,1$ и отмечена 90%-ная смертность. У живых 10% особей отмечалось резкое снижение СБДА ($0,5 \pm 0,08$) на фоне заторможенного рваного характера движения. В течение 30 минут эксперимента отмечена 100% смертность.

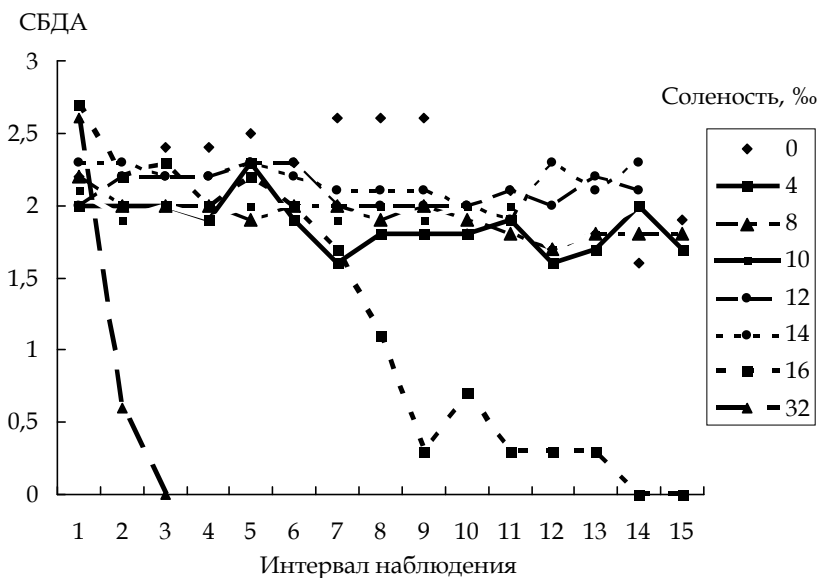


Рис. 2. Средний балл двигательной активности *N. integer* в группах разной солености в первые сутки эксперимента

Особь в среде 16‰ в первые 15 минут эксперимента показали наибольший СБДА ($2,7 \pm 0,1$), поднимаясь к поверхности либо активно перемещаясь по всей толще воды. Первые единичные смертельные случаи в группе были зарегистрированы к концу третьего часа эксперимента. Через восемь часов эксперимента смертность в группе составила



36,6%. Движения угнетенные, редкие, скачкообразные с зависаниями. Угнетение в данной группе развивалось параллельно с ростом смертности особей. Через сутки эксперимента погибло 97% особей группы (рис. 3).

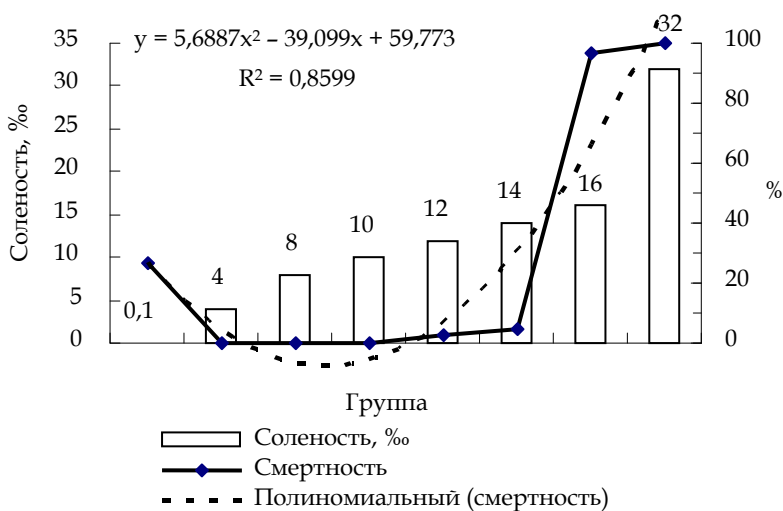


Рис. 3. Смертность *N. integer* в первые сутки эксперимента

В солёности 14‰ на протяжении эксперимента мизиды имели повышенную двигательную активность. Среднесуточный БДА — $2,2 \pm 0,3$. Признаки угнетения особей единично отмечены через 45 минут, а гибель первой особи была зарегистрирована через 16 часов эксперимента. За первые сутки смертность в данной серии — 5%.

В солёности 12‰ на протяжении первых суток эксперимента мизиды также имели повышенную относительно контроля двигательную активность. Среднесуточный БДА $2,1 \pm 0,2$. За первые сутки смертность в данной серии составила 2,5%.

Реакция мизид в среде с 10‰ и 8‰ солёности практически идентична таковой в контрольной группе. Среднесуточный БДА в группах — $1,9 \pm 0,2$ и $2 \pm 0,2$ соответственно. Гибель в первые сутки эксперимента не зарегистрирована.

В группе с пресной водой у мизид в течение 12 часов эксперимента отмечена повышенная двигательная активность. СБДА — $2,4 \pm 0,2$, смертность — 10%. Затем активность уменьшилась до уровня контроля. СБДА — $1,8 \pm 0,2$. Общая смертность в группе к концу первых суток эксперимента составила 26,6% (рис. 3).

К концу первой серии эксперимента (седьмые сутки) в группах с 4 (контроль), 0,2, 8, 10 и 12‰ солёности произошло отрождение молоди. Смертность единична. В группе с 14‰ смертность — 100%.

Вторая серия экспериментов. В начале эксперимента в контроле отмечался наименьший СБДА — $1,8 \pm 0,04$, к концу — в четвертой группе (12 → 14‰) СБДА был наибольший ($2,5 \pm 0,1$).

Среднесуточный СБДА: в 4‰ (контроле) $1,7 \pm 0,4$ балла; в 8‰ — $2,09 \pm 0,42$; в 10‰ — $2,08 \pm 0,4$; в 12‰ — $1,76 \pm 0,38$; в 8 → 10‰ — $2,2 \pm 0,3$; в 10 → 12‰ — $2 \pm 0,3$; в 12 → 14‰ — $2 \pm 0,4$ (рис. 4).

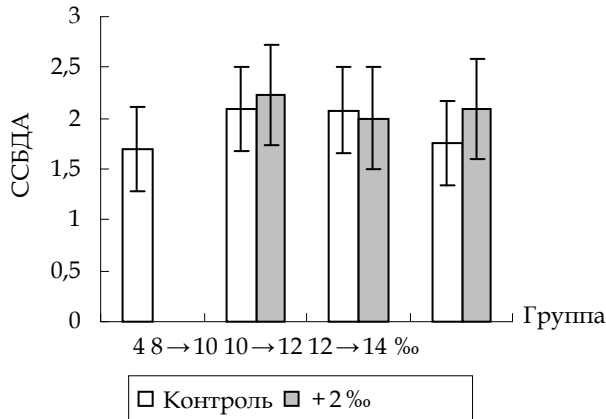


Рис. 4. Среднесуточный СБДА (ССБДА) *N. integer* в группах с увеличенной соленостью (восемь сутки эксперимента)

На протяжении второй серии эксперимента СБДА в группах с 4, 8, 10, 12 ‰ и в группах с увеличенной соленостью располагался в пределах отклонений средней ошибки. Гибель взрослых особей и молоди во всех сериях минимальна. Наибольшая стабильность особей выявлена в группе с 8 и 10 ‰.

Распределение. Наибольшее значение численности мизид (83,79–51,51 экз./м²) и биомассы (0,71–0,54 г/м²) отмечалось на станциях 1–4 (см. рис. 1). Минимальные значения численности (25,49–34,42 экз./м²) и биомассы (0,14–0,32 г/м²) определены в Приморской бухте (станция 9) и пограничном с польской частью залива участке (станции 5, 6). Самые высокие показатели численности (83,79 экз./м²) и биомассы (0,71 г/м²) зарегистрированы на станции 4, расположенной вблизи наибольшего контакта залива с Балтийским морем.

Обсуждение результатов

Устойчивость к изменяющимся факторам среды (температура, соленость и т. д.) и формирование механизмов адаптации у гидробионтов обеспечивают глюкокортикоиды, концентрация которых, выявленная у *N. integer* Балтийского моря, составляет от 1 до 2,3 нмоль/г и соответствует содержанию в теле беспозвоночных животных, обитающих в водоемах с солоновато-водным режимом [4]. Характеристикой, наиболее полно отражающей возможности организмов адаптироваться к изменению факторов среды, становится их потенциальный толерантный диапазон [11]. Толерантность *N. integer* к солености воды, установленная в нашем эксперименте и по литературным данным, — от 0,2 до 34 ‰ [1; 3; 13; 14]. Мизиды Калининградского залива не используют в полной мере свои адаптационные возможности. В этом заливе неомизис сформировал группу, потенциально устойчивую к возможному естественному изменению солености воды (от 0,2 до 8,2 ‰). В эксперименте неомизис Калининградского залива выдерживает резкое изменение солености воды, адаптируется и производит жизнеспособное потомство в воде с соленостью от 0,2 (пресная) до 12 ‰ (максимальная со-



леность воды Калининградского района Балтийского моря) [3]. Потенциальная резкая перемена солёности, соответствующая местному режиму водного обмена залива и моря, не является причиной избегания мизидами района наибольшего контакта вод и, как следствие, не препятствует возможным миграциям и смешиванию морских мизид с мизидами Калининградского залива. Резкое изменение солёности воды, превышающее 12‰, приводит к гибели особей. Ступенчатая адаптация к новому уровню солёности воды расширяет диапазон устойчивости *N. integer* до 14‰. Учитывая, что Балтийское море – солоноватоводное с колебанием солёности от 0,2 до 17‰ [3], представляет интерес продолжение изучения возможности солёностной адаптации *N. integer* и к этой, максимальной в юго-восточной части Балтийского моря солёности. Особи *N. integer* адаптируются на новом уровне солёности воды.

Результаты нашего эксперимента и то, что максимальная численность *N. integer* (83,79 экз./м²) выявлена нами именно в районе наибольшего контакта залива с Балтийским морем (станция 4), не позволяют считать предположение В.В. Тен [9] об изолированности *N. integer* Калининградского залива и Балтийского моря достаточно обоснованным.

Выводы

Neomysis integer Калининградского залива выдерживает резкое изменение солёности воды, адаптируется и производит жизнеспособное потомство в диапазоне от 0,2‰ (пресной) до 12‰. Ступенчатая адаптация расширяет солёностный диапазон до 14‰.

Наибольшие показатели численности (83,79 экз./м²) и биомассы (0,71 г/м²) отмечались на станции 4, расположенной вблизи наибольшего контакта залива с Балтийским морем.

Мизиды *N. integer* Калининградского залива не изолированы от популяции Балтийского моря, а оказываются ее частью.

Список литературы

1. Костромин Е. А. Биология и жизненный цикл мизид Калининградского морского канала // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2010. Вып. 7. С. 89–96.
2. Кулаковский Э.Е. Проблема адаптаций с позиций концепции информационной связи // Адаптация животных и растений к условиям арктических морей : тез. докл. междунар. семинара. Апатиты, 1999. С. 110–113.
3. Никитина С.М., Спасский Н.Н. Некоторые вопросы биологии морского таракана и мизид южной части Балтийского моря // Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии : тр. Калининград, 1963. Вып. 10. С. 72–77.
4. Никитина С.М. Стероидные гормоны беспозвоночных животных. Л., 1982.
5. Науменко Е.Н. Зоопланктон Вислинского залива. Калининград, 2007.
6. Павлов В.Я. Характер и типы скоплений пелагических ракообразных, используемых в пищу рыбами : сб. науч. тр. / Всесоюз. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. М., 1985.
7. Саранчова О.Л., Кулаковский Э.Е. Влияние солёности среды на разные стадии развития морской звезды *Asterias rubens* и мидии *Mytilus edulis* // Биология моря. 1982. №1. С. 134–139.



8. Тен В. В. Биологические особенности мизид Вислинского залива Балтийского моря // Гидробиологический журнал. 1991. Т. 27, №1. С. 32–39.

9. Тен В. В. Популяционная структура, жизненный цикл и продукционная характеристика мизид Вислинского залива // Экологические рыбохозяйственные исследования в Вислинском заливе Балтийского моря : сб. науч. тр. Калининград, 1992. С. 64–82.

10. Монахов А. В. Питание пресноводных беспозвоночных. М., 1998.

11. Хлебович В. В., Станкявичус А. Б. Пределы ступенчатой адаптации к опреснению *Musca balthica*, *Mytilus edulis* и *Mya arenaria* из восточной части Балтийского моря. Моллюски. Основные результаты их изучения. Л., 1979.

12. Хлопников М. М. Кормовая емкость Вислинского залива для бентосооядных рыб : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1990.

13. Kotta I., Kotta J., Herkül K. Seasonal changes in the population structure and life cycle of *Neomysis integer* in Pärnu Bay, northeastern Baltic Sea / Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol. 2007. №56, 4. P. 312–325.

14. Roast S. D., Widdows J., Jones M. B. Scope for growth of the estuarine mysid *Neomysis integer* (Peracarida: Mysidacea): effects of the organophosphate pesticide chlorpyrifos // Marine ecology progress series. 1999. Vol. 191. P. 233–241.

Об авторе

Евгений Александрович Костромин – канд. биол. наук, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: fillamon@mail.ru

Светлана Михайловна Никитина – д-р биол. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: swetmih@gmail.com

About author

Dr Yevgeny Kostromin, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: fillamon@mail.ru

Prof. Svetlana Nikitina, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: wetmih@gmail.com