

Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи — будущее науки»

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЛОВОЗРАСТНОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ
СТРУКТУРЕ ПОПУЛЯЦИИ *СALANUS GLACIALIS* КАНДАЛАКШСКОГО
ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ**

Секция: Биология

Научный руководитель

(ученая степень, звание, должность): Тихомиров Алексей Владимирович, учитель
биологии

(подпись) (расшифровкаподписи)

Количество баллов, полученных на защите: _____

(заполняется председателем жюри)

Председатель жюри: _____

(подпись) (расшифровкаподписи)

Работу выполнил(а) учащий(ая)ся 10 класса

ГБОУ Школа № 192

(полное наименование учебного заведения)

г. Москва

(название населенного пункта)

Семашко Ирина Владимировна

(Ф.И.О. учащегося ПОЛНОСТЬЮ)

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЛОВОЗРАСТНОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЕ ПОПУЛЯЦИИ *CALANUS GLACIALIS* КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Семашко Ирина

(Москва, ГБОУ Школа № 192, 10 класс)

Тихомиров А. В., учитель биологии, ГБОУ Школа № 192

Введение

Calanus glacialis – веслоногий рачок, являющийся типичным представителем зоопланктона северных морей. Из-за достаточно высокой численности и сравнительно крупных размеров (до 5,6 мм) (Иллюстрированный атлас..., 2006. С. 39), он играет важную роль в морских трофических цепях, в частности, служит пищей для различных рыб, некоторые из которых являются объектами промысла (Кособокова, Перцова, 2010). *C. glacialis* распространён весьма широко, но беломорская популяция обособлена от основного ареала, её существование объясняется историей развития водоёма. Это значит, что данная популяция требует отдельного изучения, так как условия (температурный режим, солёность, диапазон глубин) в Белом море отличаются от большинства других арктических морей. Работы по изучению зоопланктона, в том числе веслоногих рачков, ведутся на Белом море уже более пятидесяти лет (Кособокова, Перцова, 2012), и за это время было получено огромное количество информации. Несмотря на это, до недавнего времени данные о вертикальном распределении и демографической структуре *C. glacialis* в осенне-зимне-весенний период в проливе Великая Салма и ближайшей к нему части Кандалакшского залива были очень малочисленны (подобные исследования проводились только в 1951-1952 и 1961-62 гг.) (Кособокова, Перцова, 1990, 2005). Наша работа должна дополнить имеющиеся сведения о беломорской популяции данного вида веслоногих рачков. Кроме того, сравнение наших результатов с литературными данными может позволить выявить неизвестные ранее особенности вертикального распределения и демографической структуры популяции *C. glacialis*, в этот период.

Материалы и методы

Исследования проводились на базе научного центра «Полярный круг», расположенного на берегу Кандалакшского залива Белого моря. Сбор материала проводился около о. Величаиха, в проливе Великая Салма и в районе Крестовых островов, в зависимости от доступности места при погодных условиях в период сбора материала. Несмотря на то, что места отбора проб различны, все они находятся в кутовой части Кандалакшского залива, что позволяет сравнивать их между собой. Пробы были отобраны в мае, октябре и ноябре 2023 г., а также в феврале, апреле, мае, июне, августе и ноябре 2024 г. Пробоотбор проводился с различных глубин (от 150 м до поверхности) по горизонтам примерно по 25 метров с помощью планктонной сети «Джеди» (площадь входного отверстия 0,1 м², ячея фильтрующего конуса 180 мкм) с борта катера или со льда. Пробы фиксировали с помощью 4%-го раствора формальдегида, после чего проводили их разбор и анализ в лаборатории. Материал рассматривали под биноклем при увеличении от x20 до x40. Для удобства подсчёта рачков использовали камеру Богорова. Разные копеподитные стадии *C. glacialis* подсчитывали отдельно для каждого

горизонта, чтобы получить данные о демографической структуре популяции. Копеподитные стадии I-III объединяли в одну группу.

Результаты

Результаты работы показали, что основная зимующая стадия *C. glacialis* – IV копеподитная (CIV, рис. 1), далее по доле в общей численности следует V стадия (CV), за ней – самцы и самки (M/F) примерно в равном процентном соотношении. I, II и III копеподитные стадии (CI-III) встречены единично. Наши данные полностью подтверждают имеющиеся в литературе (Кособокова, Перцова, 1990, 2005; Kosobokova, 1999). В период с ноября по февраль доля IV копеподитной стадии в популяции сохраняется относительно стабильной, в то время как V-й уменьшается более, чем в четыре раза, процент самок существенно увеличивается (примерно в три раза), а самцов – несколько уменьшается. Скорее всего, эти изменения возрастного состава популяции объясняются тем, что развитие *C. glacialis* в Белом море происходит не за год, как в некоторых других районах (Daase et al., 2013), а за два года (Кособокова, Перцова, 1990). Рачки, зимующие на IV копеподитной стадии достигнут половой зрелости только к следующей весне, а переживающие зиму в виде CV или самцов/самок будут размножаться после перезимовки (Кособокова, Перцова, 2010). Поэтому к весне постепенно уменьшается доля V стадии – эти рачки становятся половозрелыми особями. Информация о том, что *C. glacialis* имеет двухлетний жизненный цикл была получена в ходе более ранних исследований (Кособокова, Перцова, 1990, Kosobokova, 1999), так что наша работа только подтверждает имеющиеся данные. Также, полученные нами данные показывают, что в мае 2024 г. отмечалось значительное увеличение общей численности (примерно в 10 раз) *C. glacialis* в горизонте 0-25 м (рис. 2), по сравнению с остальными месяцами. По литературным данным, в этот период начинается активное развитие фитопланктона – основной пищи для *C. glacialis*, и рачки поднимаются к поверхности, чтобы откормиться. Важно отметить, что раньше остальных начинают подниматься самки (рис. 1). Вероятно, это связано с тем, что они будут размножаться этим летом, для чего им надо получить максимально возможное количество ресурсов (Кособокова, Перцова, 2005). Данные, полученные нами после обработки июньских проб, показывают, что по крайней мере в начале июня абсолютное большинство *C. glacialis* продолжает держаться около поверхности (рис. 3), что скорее всего также связано с развитием фитопланктона в этом горизонте. Кроме того, в этот период в пробах начинают появляться рачки I-III копеподитных стадий (рис. 3), что указывает на начало размножения. В литературе также есть данные о том, что калянусы размножаются в конце мая – в июне, в зависимости от конкретного года (Кособокова, Перцова, 2012). Небольшое количество рачков младших стадий в наших пробах указывает на то, что мы наблюдали не пик размножения, а лишь его начало, а значит конкретно в 2024 г. оно происходило достаточно поздно. В августе, по нашим данным, распределение *C. glacialis* по глубинам сильно отличается от июньского – большинство рачков напротив держаться на глубине (рис. 4). Скорее всего, это связано с тем, что летом поверхностные слои воды достаточно сильно прогреваются, и если для рачков I-III стадий такие условия комфортны, то для более старших особей оптимальной является температура около 0° С (Кособокова, Перцова, 2012; Pertsova, Kosobokova, 2003), из-за чего они опускаются на глубину. Кроме того, в горизонте 0-25 м гораздо сильнее пресс хищников, поэтому уход на большие глубины является важной вертикальной миграцией, и от её срока могут зависеть изменения численности популяции. Срок же её будет зависеть от того, как быстро пройдут первые три стадии развития *C. glacialis* (Кособокова, Перцова, 2012; Kosobokova, Pertsova, 2018). Конкретно в 2024 году, по крайней мере в пробах середины августа рачков I-III стадии отмечено не было, все калянусы были старше и держались

глубже 25 м (рис. 4). Следующие взятые, и обработанные нами на данный момент пробы были отобраны во второй половине ноября 2024 года. В целом они дают результаты, схожие с литературными данными (Кособокова, Перцова, 2005) и с данными, полученными нами в ноябре 2023 года – большинство рачков перед наступлением зимы опускаются на глубину (рис. 5), где держаться по крайней мере до середины февраля. Однако есть и некоторые различия: по литературным данным (Кособокова, Перцова, 1990; Kosobokova, 1999) и по результатам наших предыдущих исследований основной зимующей стадией *C. glacialis* является IV копепоидная; в пробах же ноября 2024 г. преобладает V стадия (рис. 5). IV стадии лишь немного меньше, и очень вероятно, что ближе к зиме демографическая структура станет стандартной (часть особей пятой стадии превратятся в самцов/самок). Кроме того, необычной особенностью ноябрьских проб 2024 г. является относительно большое количество половозрелых самцов (рис. 5), которые обычно практически не представлены в пробах. Этот факт почти наверняка является случайностью, а не закономерностью (в литературе и в наших более ранних данных подобного замечено не было), однако его нельзя не отметить.

Если обобщать собранные нами данные о вертикальном распределении и демографической структуре *C. glacialis* в Кандалакшском заливе, можно сказать, что осенью рачки опускаются на глубину (рис. 6), там держатся зимой, но уже с конца февраля начинают подниматься, причём, подъём происходит не одновременно у всех стадий - первыми поднимаются самки (рис. 1). С наступлением весны подъём продолжается, и к маю уже большинство особей *C. glacialis* оказывается в поверхностных слоях воды (рис. 2). Подобные сезонные вертикальные миграции также были уже отмечены ранее (Кособокова, Перцова, 2005) и подтверждаются нашей работой. Однако, есть и новые данные – до недавнего времени не было известно, когда же рачки начинают подниматься к поверхности. В литературе имеются лишь данные о том, что в апреле подъём уже происходит (Кособокова, Перцова, 2005). Наша работа показывает, что в 2024 г., этот процесс начался ещё в феврале. Дальнейшее исследование показали, что в начале июня калянусы остаются в горизонте 0-25 м (рис. 3), и тогда же начинается их размножения. Это позволяет делать выводы о том, что по крайней мере 2024 год не является аномально ранним на Белом море, так как по литературным данным в наиболее тёплые годы размножение *C. Glacialis* начиналось ещё в конце мая (Кособокова, Перцова, 2012). Это даёт надежду на то, что глобальное потепление, по крайней мере на данный момент, не оказывает большого влияния на биологию исследуемого вида. Полученные в августе данные показывают, что к этому моменту калянусы, появившиеся в этом году, уже доросли до четвёртой копепоидной стадии и переместили на глубины более 25 метров (рис. 4). Судя по литературным данным (Кособокова, Перцова, 2012; Kosobokova, Pertsova, 2018) такая ситуация является нормальной, что позволяет говорить о том, что аномальной задержки в жизненном цикле *C. glacialis* в 2024 г. также не наблюдалось. Пробы, взятые в ноябре 2024 г., несмотря на некоторые особенности в общем подтверждают уже отмеченные нами и в литературе (Кособокова, Перцова, 2005) закономерности – перед наступлением зимы калянусы опускаются на глубину (рис. 5).

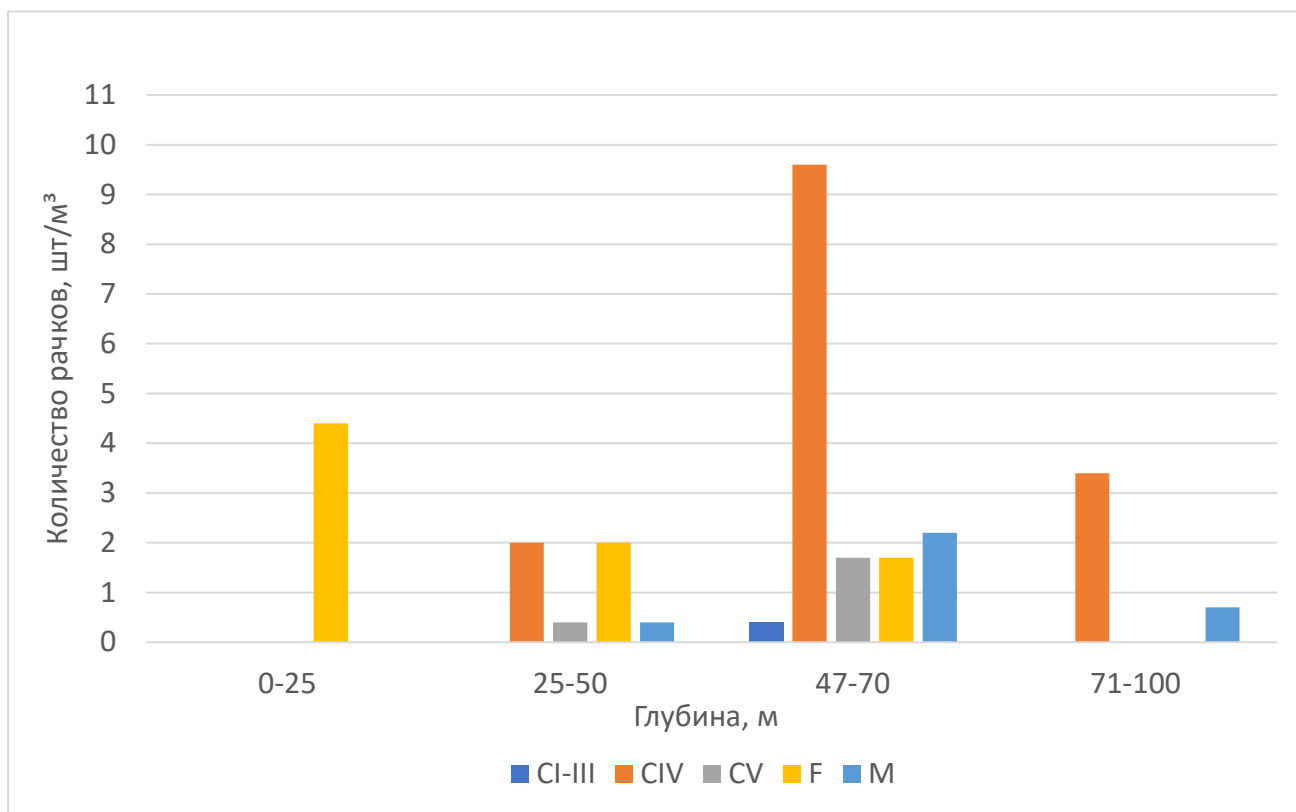


Рисунок 1. Демографическая структура и вертикальное распределение *C. glacialis* 26.02.2024 в проливе Великая Салма. Условные обозначения: ювенильные копеподитные стадии – CI-III, CIV, CV; взрослые особи: F – самки, M – самцы.

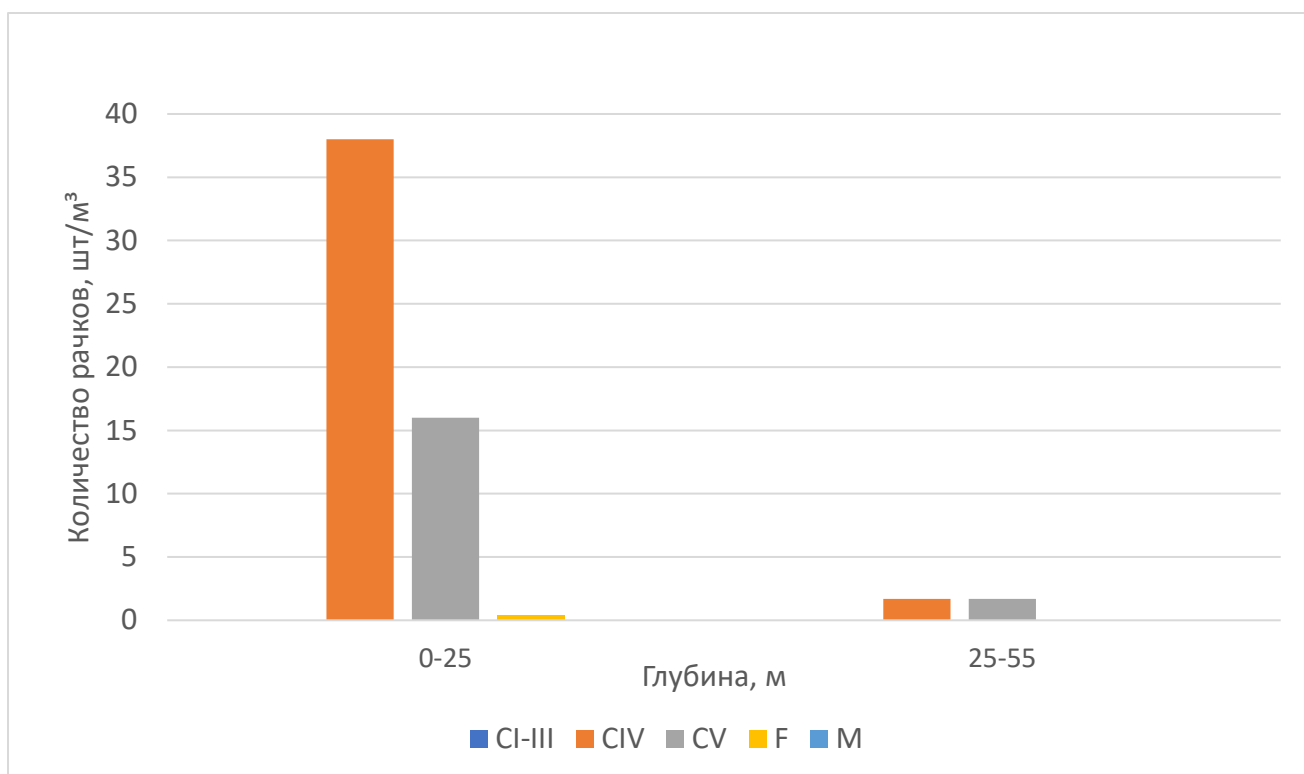


Рисунок 2. Демографическая структура и вертикальное распределение *C. glacialis* 12.05.2024 в районе крестовых островов. Условные обозначения см. Рис. 1

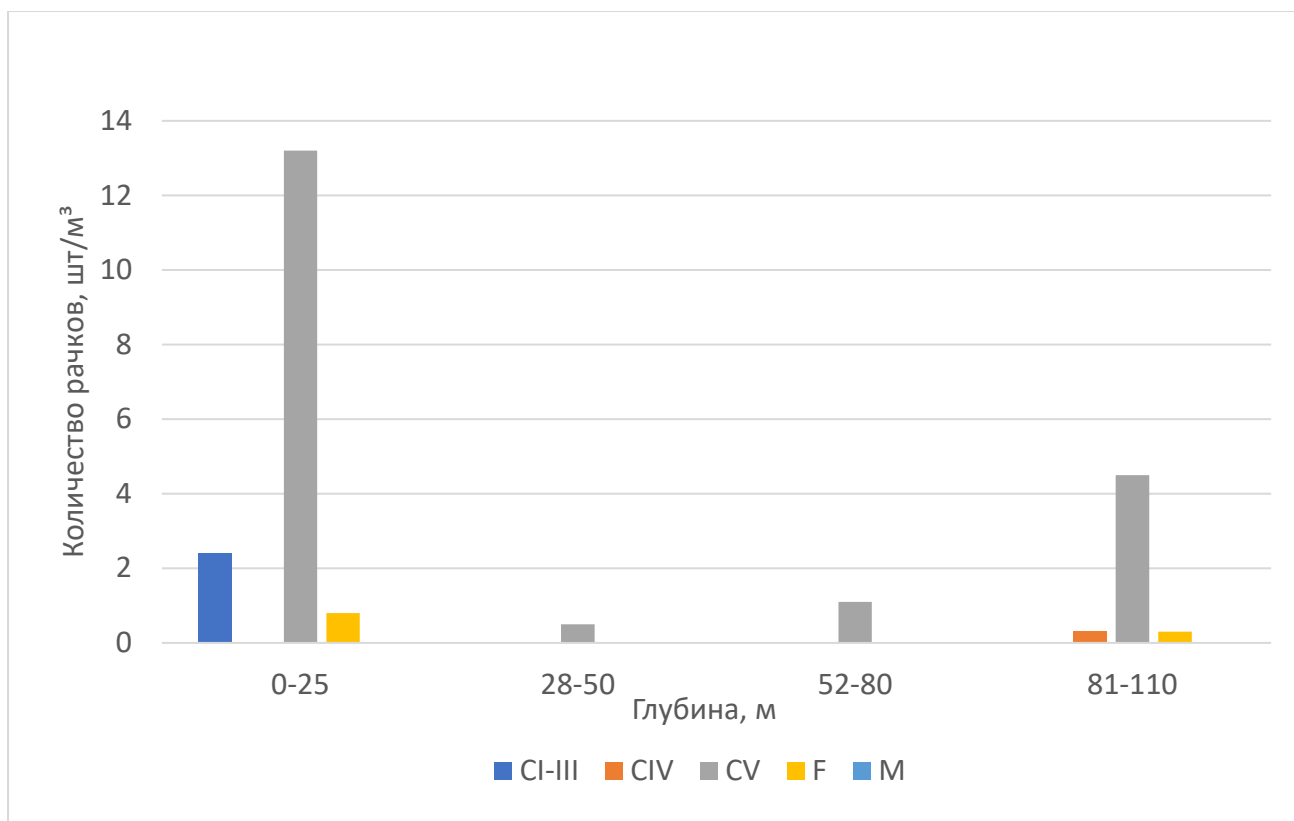


Рисунок 3. Демографическая структура и вертикальное распределение *C. glacialis* 04.06.2024 в проливе Великая Салма. Условные обозначения см. Рис. 1

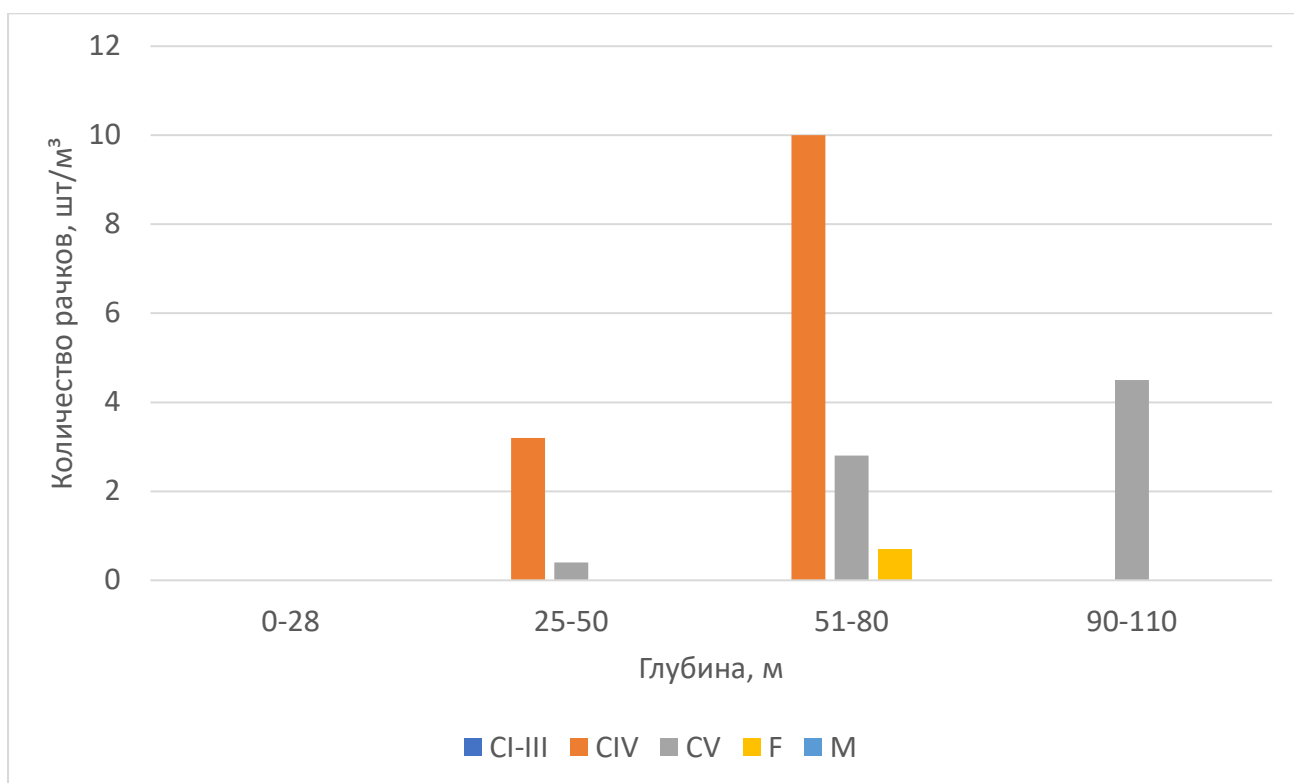


Рисунок 4. Демографическая структура и вертикальное распределение *C. glacialis* 16.08.2024 в проливе Великая Салма. Условные обозначения см. Рис. 1

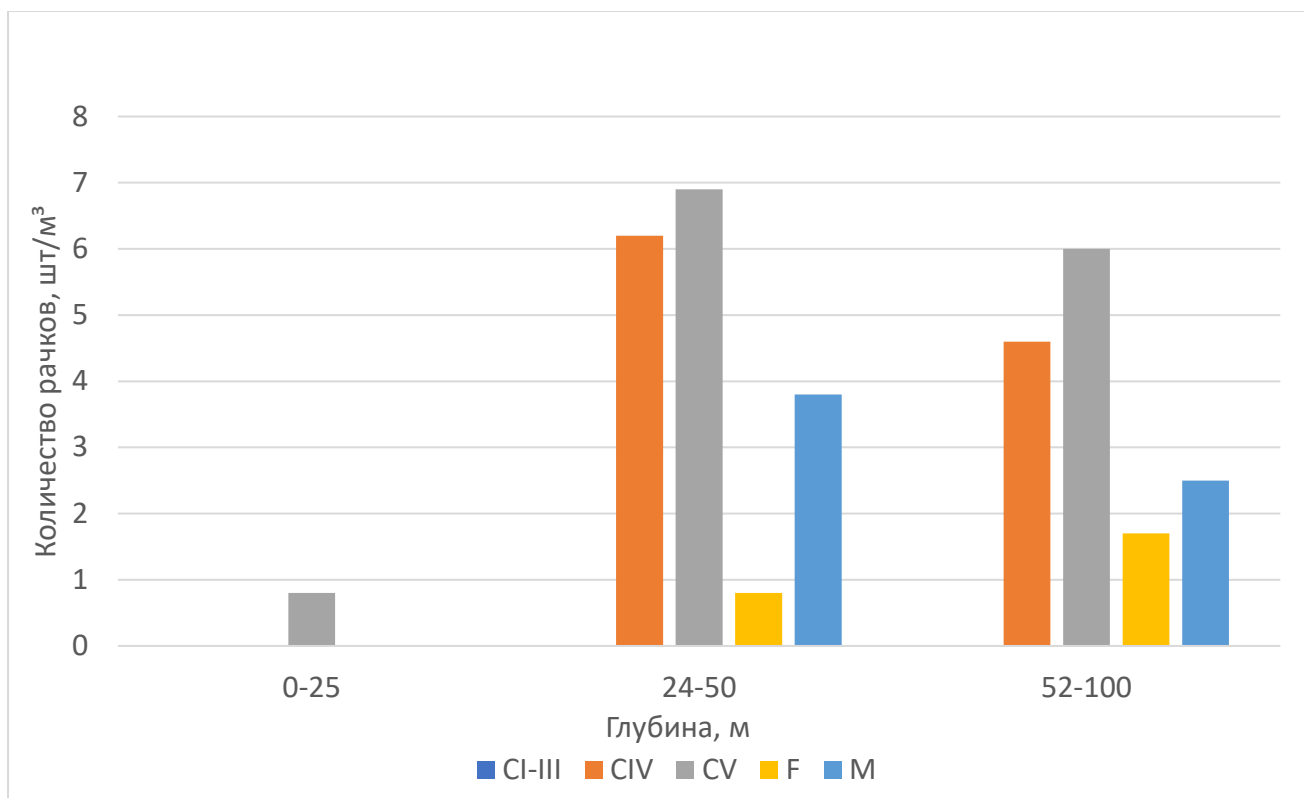


Рисунок 4. Демографическая структура и вертикальное распределение *C. glacialis* 17.11.2024 в проливе Великая Салма. Условные обозначения см. Рис. 1

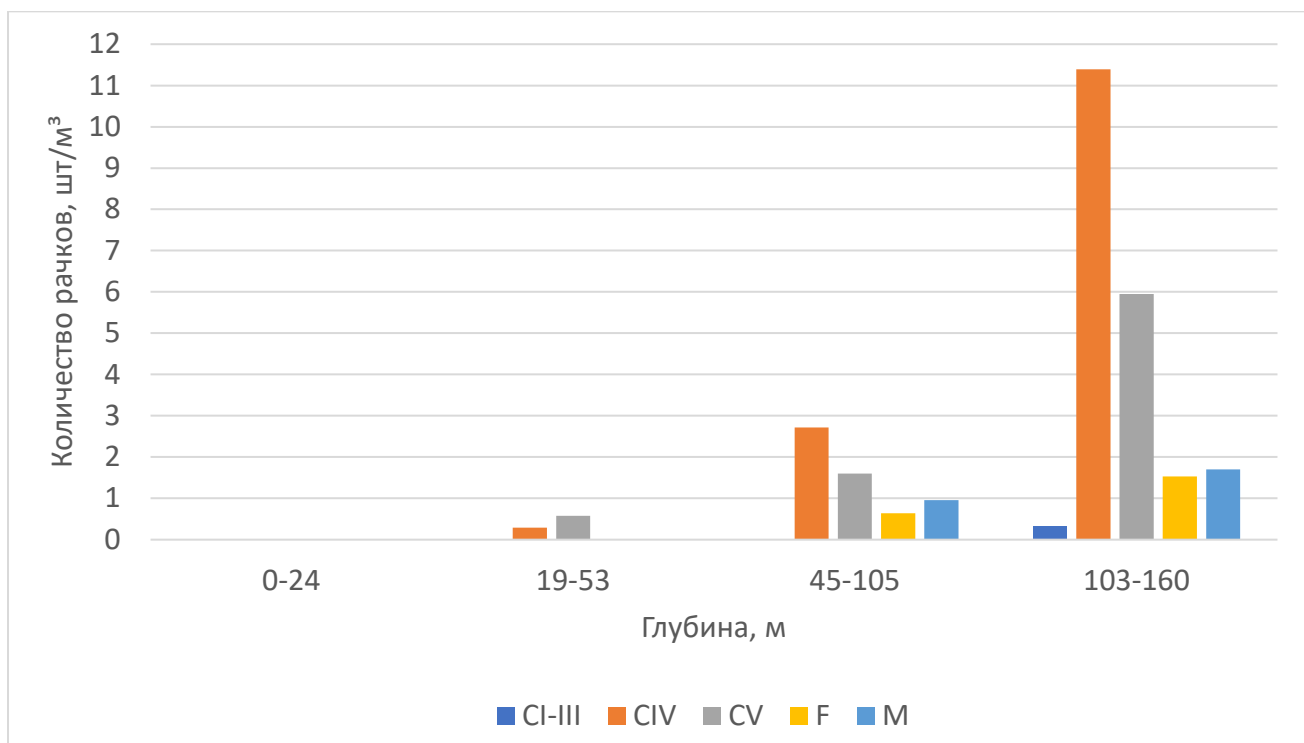


Рисунок 6. Демографическая структура и вертикальное распределение *C. glacialis* 01.11.23 в открытой части Кандалакшского залива около о. Величаиха. Условные обозначения см. Рис. 1

Выводы

1. *C. glacialis* в условиях Белого моря имеет двухлетний жизненный цикл, что подтверждает ранее полученные данные.
2. Самая многочисленная зимующая стадия – CIV, вторая по численности – CV.
3. В обследованной акватории происходит вертикальная миграция *C. glacialis*: осенью рачки опускаются на значительную глубину, держатся там зимой, а к периоду размножения поднимаются ближе к поверхности, что согласуется с результатами предыдущих исследований.
4. Впервые показано, что миграция к поверхности начинается ещё в феврале, и первыми поднимаются самки.
5. Показано, что по срокам важнейших вертикальных миграций 2024 год не выделяется на фоне предыдущих лет, что говорит об отсутствии значительных изменений в биологии *C. Glacialis*

Благодарности

Автор благодарит Дмитрия Олеговича Афанасьева, Кирилла Юрьевича Соколова, Илью Арсеньевича Труханова и клинику «КИТ» в Куркино за финансовую поддержку исследований, а также сотрудников туристического центра «Полярный Круг», помогавших в полевых сборах материала. Кроме того, автор благодарит К. Н. Кособокову и Наталью Червякову за обучение методам работы и помощь в обработке результатов.

Литература

1. Иллюстрированный атлас беспозвоночных Белого моря // Под общ. Ред. Н. Н. Марфенина, М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 312 с.
2. Кособокова К. Н., Перцова Н. М. Зоопланктон глубоководной части Белого моря в конце гидрологической зимы // Океанология, 2005. том 45, № 6. С. 866-878.
3. Кособокова К. Н., Перцова Н. М. Зоопланктон Белого моря: структура, динамика и экология сообществ // Система Белого моря. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. С. 640-674.
4. Daase M., Falk-Petersen S., Varpe Ø., Darnis G. and others. Timing of reproductive events in the marine copepod *Calanus glacialis*: a pan-Arctic perspective // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2013. Vol. 70. P. 871–884.
5. Kosobokova K. N. The reproductive cycle and life history of the Arctic copepod *Calanus glacialis* in the White Sea // Polar Biology, 1999. Vol. 22. P. 254-263.
6. Kosobokova K. N., Pertsova N. M. Zooplankton of the White Sea: Communities' Structure, Seasonal Dynamics, Spatial Distribution, and Ecology // A. P. Lisitzin and L. L. Demina (eds.), Sedimentation Processes in the White Sea: The White Sea Environment Part II. New York: 7. Springer International Publishing AG, 2018. P. 10-48.
7. Pertsova N. M., Kosobokova N. M. Zooplankton of the White Sea: Features of the Composition and Structure, Seasonal Dynamics, and the Contribution to the Formation of Matter Fluxes // Oceanology, 2003. Vol. 43 (1). P. 108–122.

Фамилия И.О. Семанко И.В.
 Город Москва
 Школа ГБОУ №132

Шифр

Шифр

ЛИСТ ОТВЕТОВ
 на задания теоретического тура олимпиады школьников
 г. Саров 2025 г.

Внимание! Образец заполнения матрицы:

| | | | | | |
|------------------|---|---------------|---|--------------------|---|
| Правильный ответ | × | Отмена ответа | ⊗ | Отмена исправления | ■ |
|------------------|---|---------------|---|--------------------|---|

Задание А. Один правильный ответ (максимально 60 баллов)

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| а | | | | | | | | | | | | × | | | | | | | | |
| б | | | | × | | | | × | × | | | | | | | | | | × | × |
| в | × | × | | | × | × | | | | | × | | × | | | × | × | × | | |
| г | | | × | | | | × | | | × | | | | × | × | | | | | |

| № | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| а | × | | × | × | | × | | | | × | | | | | | | | | × | |
| б | | | | | | | | | | | | × | × | | | × | × | × | | |
| в | | | | | × | | × | | × | | × | | | × | × | | | | | × |
| г | | × | | | | | | × | | | | | | | | | | | | |

| № | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| а | × | | | | | × | × | | | | | | × | | | | | | | |
| б | | × | | | | | | | | × | | × | | | | | × | | | × |
| в | | | × | | × | | | × | × | | × | | | × | × | | | × | | |
| г | | | | × | | | | | | | | | | | | × | | | × | |

53

Задание Б. Множественные ответы (максимально 30 баллов)

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| а | × | | | | × | | | | × | | | × | | | | × | × | × | | × |
| б | | | × | × | × | × | × | | × | × | × | × | | | | | | | × | |
| в | | × | | × | | | | | | × | × | | | × | | × | × | × | × | |
| г | × | × | × | | × | × | × | × | | | | | × | × | × | × | | | | |
| д | × | × | × | | | × | × | × | | | | × | × | × | × | | | × | | × |
| е | | | | × | | | | × | × | × | × | | × | | × | | × | | × | × |

29,5

Задание В. Суждения (максимально 10 баллов)

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| ДА | | | × | × | × | × | | × | | × |
| НЕТ | × | × | | | | | × | | × | |

7

Максимальное количество баллов – 100

ИТОГО: 88,5