

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА СТАНЦИИ БЕЛЛИНСГАУЗЕН В ПЕРИОД РАБОТЫ 52-й РАЭ

канд. биол. наук В.В.ПОВАЖНЫЙ

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

*В течение года, с февраля 2007 г. по февраль 2008 г., в составе зимовочного отряда 52-й РАЭ были продолжены круглогодичные мониторинговые гидробиологические работы по изучению сезонной динамики основных параметров среды, качественной и количественной структуры пелагической экосистемы бухты Ардли (ст. Беллинсгаузен, о. Кинг-Джордж, Южные Шетландские острова), а также проведены гидробиологические исследования экосистемы пресноводного озера Китиж, включая экспериментальные работы по выяснению уровня обмена копеподы *Pseudoeocella porpei*. Обнаружены определенные сезонные отличия в составе зоопланктона, а также отличия такового от состава планктона сборов 51-й РАЭ.*

Ключевые слова: Антарктика, Южные Шетландские острова, экосистемы, пелагиаль, зоопланктон, фенология, обилие (численность), биоразнообразие.

ВВЕДЕНИЕ

Гидробиологические работы, проводимые с середины 1960-х гг. на советских, а впоследствии на российских антарктических станциях, практически не затрагивали прибрежные морские экосистемы. Биоту Антарктики и Субантарктики интенсивно изучали во время крупномасштабных морских экспедиций, при этом наибольшее внимание традиционно уделяли промысловым объектам и проблемам их эффективной добычи. Вопросам сезонной динамики сообществ и их мелкомасштабной изменчивости было посвящено значительно меньше работ. В отечественной литературе сведения по экосистемам антарктических пресных водоемов весьма фрагментарны и малочисленны. В последние годы в районе Антарктического полуострова наблюдается значительное потепление климата и связанное с этим таяние льдов. Как показано многими исследователями, этот процесс сопровождается изменениями в биологических сообществах. К сожалению, наблюдения за морскими экосистемами в данном районе фрагментарны и не представляют полной картины сдвигов в морских прибрежных экосистемах.

Регулярные круглогодичные гидрологические работы на станции Беллинсгаузен (бухта Ардли, о. Кинг-Джорж, Южные Шетландские о-ва) проводятся с 2003 г. С начала 2006 г. в программу исследований были включены работы по изучению сезонной динамики прибрежного зоопланктонного сообщества. Изучение зоопланктона в бухте Ардли в период с февраля 2007 по февраль 2008 г. явилось продолжением программы круглогодичного мониторинга состояния пелагиали бухты, динамики ее качественного и количественного состава, которая была начата в 51-й РАЭ [2]; предварительные результаты этих исследований уже опубликованы [3, 5]. В пресноводных озерах п-ова Файлдс в суровых условиях происходит формирование специфического планктонного сообщества с доминированием одного-двух видов консументов низких порядков. Изучение условий обитания, физиологии и продуктивности пресноводного зоопланктона представляет значительный интерес в связи с предполагаемым увеличением продолжительности безледного периода в таких озерах в случае потепления климата.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью работы за время зимовки 2007/08 г. являлось изучение сезонной динамики мезопланктонного сообщества прибрежной зоны бухты Ардли о. Кинг-Джорж, отбор проб фито-, бактери- и микрозоопланктона прибрежной зоны как продолжение мониторинговых работ по изучению экосистемы пелагиали бухты Ардли, начатых в 51-й РАЭ, а также изучение пресноводного планктонного сообщества озера Китеж (п-ов Файлдс) в районе станции Беллинсгаузен.

Задачами проводимых работ являлись: отбор и первичная обработка проб мезопланктона по горизонтам на двух станциях в бухте Ардли; проведение попутных гидрологических наблюдений; отбор проб фито- и микрозоопланктона для последующей их обработки в лабораторных условиях в России; изучение сезонной динамики, спектра и интенсивности питания, калорийности и индивидуального потребления кислорода, условий культивирования и жизненного цикла, как выяснено в ходе настоящего исследования, доминантного вида копепод озера Китеж — *Pseudoboeckella poppei* для расчета продукции данного вида, изучение кислородного режима и содержания органической взвеси в озере Китеж.

Работы выполнялись в соответствии с Планом НИОКР по проекту 11 (2.2.7.1.) «Провести комплексное изучение антарктической биоты» и по проекту 2 направления 1 «Современный климат» подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП 7 «Мировой океан» и в соответствии с международным проектом МПГ (Международный полярный год) «CLiCOPEN» (Impact of CLimate induced glacial melting on marine and terrestrial COastal communities on a gradient along the Western Antarctic PENinsula), направленным на оценку воздействия таяния ледников на морские и прибрежные экосистемы Антарктического полуострова.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пробы мезопланктона в бухте Ардли в период открытой воды отбирали, как и ранее, на двух станциях с координатами 62° 12' 09" ю.ш., 58° 56' 22" з.д. (ст. II) и 62° 12' 20" ю.ш., 58° 56' 51" з.д. (ст. I), см. рис. 1. Пробы отбирали каждые две недели по стандартной методике средней сетью Джеди (размер ячеи 0,175 мм) на трех горизонтах: 50–25, 15–10, 10–0 м. На горизонтах 50, 25, 15, 10, 10 и 0 м отбирали пробы для определения солёности воды батометрами БМ-48, а также проводили измерения температуры опрокидывающимися термометрами ТГ. На станциях I и II отбирали пробы микрозоопланктона (объем 1,5 л, фиксатор — раствор Уотермеля) с поверхности, на ст. II с горизонтов 0 и 50 м отбирали пробы фитопланктона (объем 125 мл, фиксатор — раствор глутарового альдегида). На ст. II с поверхности отбирали пробы взвеси. В лабораторных условиях установленный объем воды фильтровали через стекловолоконный фильтр марки MGF. Впоследствии пробы будут обработаны в России с определением общего содержания взвеси, $N_{\text{орг}}$, $N_{\text{неорг}}$, $C_{\text{орг}}$.

В зимнее время гидробиологические исследования были совмещены с гидрологическими и в период с 21.06 по 30.09.2007 г. их проводили в точке с координатами 62° 12' 09" ю.ш. 58° 57' 20" в.д. («PGT») 2 раза в месяц. Глубина в точке отбора проб составила 20 м. В точке «PGT» пробы мезозоопланктона отбирали методом тотального вертикального лова (20–0 м), попутно отбирали пробы фито- и микрозоопланктона с поверхности, а также пробы взвеси.

Определение организмов проводили по имеющимся определителям на английском и французском языках, расчет биомассы велся с использованием номограмм Численко.

В зимний период на озере Китеж проводили работы по изучению планктонного сообщества озера подо льдом. Глубина в точке отбора проб составила 8 м. Отбор проб мезозоопланктона проводили методом тотального вертикального лова планктонной сеткой (8–0 м), см. рис. 2. Пробы микрозоо- и фитопланктона от-



Рис. 1. Расположение планктонных станций (Ст. I и Ст. II) в бухте Ардли

бирали с поверхности. В слое 0–5 м кислородным датчиком Марк-201 было измерено содержание кислорода. В декабре 2007 г. в озере по слоям было измерено содержание в воде органической взвеси. Взвесь осаждали на фильтры марки MGF и в последующем обрабатывали аналогично методике определения калорийности копепод (см. ниже).

Пресноводный вид копепод – *Pseudoboeckella poppei* (*Calanoida*, рис. 3) – был выбран для проведения серии экспериментов в силу высокой численности вида в водоеме, яркой окраски и крупных размеров, что облегчает работу с ним в лабораторных условиях.



Рис. 2. Рабочий момент отбора проб сетного планктона

Спектр и интенсивность питания псевдобокелли изучается методом экспонирования ракообразных в культуре простейших известной концентрации с последующим определением интенсивности выедания кормовых организмов по их убыли с использованием метода холостой пробы и количества непереваренных остатков.

Калорийность копеподы определяется методом мокрого сжигания отдельных особей $K_2Cr_2O_7$ с определением количества бихромата, пошедшего на окисление, титрованием тиосульфатом натрия $Na_2S_2O_3$ в присутствии KI. Для определения индивидуальной калорийности копепод была разработана модификация метода мокрого сжигания биомассы бихроматом калия. Из-за отсутствия соли Мора, необходимой для титрования бихромата по стандартной методике, в опытах использовали титрование тиосульфатом натрия в присутствии йодида калия, по методу, аналогичному определению нормальности тиосульфата. Проведенная серия экспериментов с растворами глюкозы известной концентрации и калорийности показала возможность применения данной модификации метода для определения калорийности копепод с ошибкой 3–5 %. Нижний предел определяемой калорийности ракообразных составил 0,06 Дж, что ориентировочно соответствует биомассе 0,025 мг и длине тела 0,75 мм.

Индивидуальное потребление кислорода *Pseudoboeckella poppei* определяли методом экспозиции в респирометрах объемом 120 мл в течение суток в лабораторных условиях с последующим определением концентрации кислорода методом Винклера. Определение индивидуального потребления кислорода методом экспозиции в респирометрах объемом 120 мл было связано с методическими трудностями. Электрохимический метод определения кислорода прибором Марк-201 оказался непригоден для измерения столь малой разницы концентрации кислорода. Нижний предел чувствительности метода определения кислорода по Винклеру (0,05 мг/л) оказался выше, чем суточная индивидуальная потребность в кислороде псевдобокелли при температурах 5–10 °С. Было установлено, что используемые в опытах антибиотики вносят значительную погрешность в определение кислорода по Винклеру, являясь сильными восстановителями. В ходе экспериментов была определена методика корректного определения дыхания ракообразных с использованием в одном опыте нескольких (3–5 шт.) ракообразных одинаковой массы. Для отбора ракообразных использовали кратковременную наркотизацию копепод 1 % лидокаином. Опыты проводили в природной воде, профильтрованной через мембранный фильтр Владипор № 2. Для учета дыхания бактерий использовали метод холостой пробы. Опыты проводили при температуре 10–12 °С в емкости с водой. Экспозиция опытов составляла 20–25 ч.



Рис. 3. *Pseudoboeckella poppei* – доминантный вид зоопланктона озера Китеж

Для проведения экспериментов в зимнее время были разработаны условия культивирования псевдобокелли в лабораторных условиях. Культивирование велось в емкостях 1,5–3 л с использованием в качестве кормовых организмов простейших, разводимых в отдельных сосудах.

Определение первичной продукции в озере проводили методом экспозиции светлой и темной склянок в поверхностном слое воды в течение суток с последующим определением кислорода по Винклеру.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

За время работы на станции в период с 27.02.2007 по 10.02.2008 г. было выполнено 8 выходов в море на лодке типа «Зодиак». В зимний период в точке «РГТ» было выполнено 6 выходов на лед. В период работы 52-й РАЭ в бухте Ардли было отобрано 46 количественных проб мезопланктона, 18 проб фитопланктона (горизонты 50 м и 0 м), 18 проб микрозоопланктона (горизонт 0 м), 14 проб содержания общей взвеси и 72 пробы на соленость.

На озере Китеж в период с 26.06 по 22.12.07 г. было отобрано со льда 5 проб мезо-, микрозоо- и фитопланктона. В период с 01.11.07 по 22.12.07 г. на горизонтах 0–5 м датчиком кислорода Марк-201 было проведено 5 измерений содержания растворенного кислорода в воде. В период частичного разрушения ледового покрова на озере было также измерено содержание кислорода и органической взвеси в поверхностном и придонном горизонтах (2 измерения).

Анализируя значения температуры воды, полученные в результате измерений термометрами ТГ на ст. I и II (табл. 1), стоит отметить значительную температурную стратификацию водной толщи на протяжении большей части периода открытой воды (практическая гомотермия была отмечена лишь 15.03.2007). В весенне-летний период при интенсивном прогреве верхних слоев воды наблюдается прямая стратификация, в осенний период при начале охлаждения водной толщи – обратная стратификация. Особенно сильно температурный градиент выражен в слое 0–10 м. Значительное влияние на температурный режим во время проведения измерений могло также оказать формирование суточного термоклина, так как большинство выходов в море проходило в тихую ясную погоду. Другой возможной причиной сильной температурной стратификации верхнего десятиметрового слоя можно считать распресняющее влияние стока с суши, препятствующее конвективному перемешиванию водной толщи в темное время суток.

Соленостная стратификация водной толщи в точках отбора в период открытой воды была выражена значительно слабее (табл. 2). Однако в большинстве слу-



Рис. 4. Во время экспозиции термометров на станции I

Значения температуры воды (°С), измеренные по горизонтам на станциях отбора планктонных проб во время выходов на моторной лодке

Горизонт отбора проб	Значения температуры воды по данным измерений термометрами ТТ по горизонтам															
	27.02.07		15.03.07		31.03.07		10.12.07		27.12.07		11.01.08		26.01.08		9.02.08	
	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II
0 м	1,53	1,49	0,75	0,85	0,22	0,22	-0,23	-0,47	0,4	0,35	0,82	0,67	0,77	0,79	1,7	1,48
10 м	-	1,19	0,77	0,82	0,55	0,55	-0,32	-0,35	0,09	0,32	0,5	0,49	0,62	0,67	0,79	0,92
15 м	1,24	-	0,71	0,79	0,58	0,62	-0,37	-0,36	0,02	-	0,52	0,44	0,6	0,59	0,73	0,86
25 м	1,18	1,22	0,84	0,79	0,6	0,63	-0,4	-0,3	-0,04	-0,04	0,4	0,37	0,57	0,56	0,73	0,71
50 м	-	1,19	-	0,84	-	0,62	-	-0,4	-	-0,1	-	0,19	-	0,56	-	0,61

Значения солёности воды (‰), измеренные по горизонтам на станциях отбора планктонных проб во время выходов на моторной лодке

Горизонт отбора проб	Значения солёности воды по данным измерений кондуктометром по горизонтам															
	27.02.07		15.03.07		31.03.07		10.12.07		27.12.07		11.01.08		26.01.08		9.02.08	
	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II
0 м	33,6	33,9	34,3	34,3	33,9	34,0	33,9	33,8	33,5	34,1	33,9	34,0	33,9	33,9	-	-
10 м	-	34,1	34,2	34,3	33,8	34,0	34,0	33,8	33,7	33,4	34,1	34,0	34,1	33,9	-	-
15 м	34,1	-	34,1	34,1	34,1	34,0	33,9	33,9	33,7	33,8	34,1	33,8	34,0	33,9	-	-
25 м	34,3	34,2	34,3	34,2	34,1	34,0	34,1	34,0	33,9	33,8	33,9	34,0	34,1	34,1	-	-
50 м	-	34,3	-	34,3	-	34,1	-	34,1	-	34,1	-	34,2	-	34,1	-	34,1

чаев в слое 0 м соленость была несколько понижена. Обе точки отбора проб расположены на небольшом удалении от берега, поэтому распределение верхнего слоя воды можно объяснить влиянием стока с суши. При слабых ветрах в бухте Ардли часто наблюдаются сликовые полосы, берущие начало от места впадения в бухту ручья Станционный и уходящие на расстояние до 1 км. Своим возникновением подобные полосы, скорее всего, обязаны пресному стоку.

По времени появления льда и образования сплошного припая, а также по абсолютной температуре воздуха прошедшая зима 2007 г. на о. Кинг-Джордж может быть отнесена к аномально холодным. По сравнению с аномально теплой зимой 2006 г. [5], отмеченные ледовые явления в бухте Ардли были зарегистрированы в среднем на 2 месяца раньше. Низкая температура воздуха и воды наложили отпечаток на характер выполняемых работ.

В период с конца апреля по конец сентября 2007 г. сплошной ледовый покров наблюдался на акватории всей бухты Ардли. 21.06.2007 толщина льда в бухте составила 75 см. Толщина снежного покрова на льду достигла 20 см. К моменту окончания работ на льду 30 сентября 2007 г. толщина льда в точке отбора проб составила 90 см, толщина снежного покрова на льду выросла до 40 см. Температура воды в указанный период изменялась незначительно и колебалась в пределах от $-1,9$ до $-1,7$ °С. Температурная стратификация в точке отбора проб была выражена слабо. Соленость воды в точке отбора проб (измеренная STD-зондом) за этот период колебалась от 34,6 до 35,05 ‰.

Предварительные результаты обработки проб мезозoopланктона, отобранных в период с 27.02.07 по 26.01.08, обобщены в табл. 3 и 4. Численность организмов в таблицах приведена в пересчете на 1 м² акватории. Для получения значений обилия организмов в экз./м³ следует значения, приведенные в таблице, разделить на 20 (для ст. I и «PGT») или 50 (ст. II).

В пробах определяли общую численность и индивидуальную длину животных. Определение организмов вели по возможности до вида. В спорных случаях для последующего определения организмов в России готовили постоянные препараты с использованием глицерин-желатина.

В течение всего года доминирующим по численности видом сетного зоопланктона был представитель отряда *Cyclopoida* (класс *Copepoda*) *Oithona similis*. Данный вид распространен всесветно и играет заметную роль во многих прибрежных морских экосистемах. Максимальная численность ойтоны в пересчете на 1 м² была зарегистрирована в зимний период (до 2900 экз./м²). В период открытой воды численность вида значительно снижалась вплоть до полного отсутствия в пробах. В пробах отмечались в основном старшие копеподиты и половозрелые



Рис. 5. Необычно раннее появление плавающего льда в бухте Ардли (15.04.2007)

особи ойтаны. Очевидно, что использование планктонной сети с ячейей 0,175 мм приводит к значительному недоучету науплиусов и младших копеподитов данного мелкого вида. Сказанное в полной мере относится и к другому представителю *Cyclopoida* – *Oncea curvata*, также отмечавшемуся в пробах на протяжении всего года в значительном количестве. Размер половозрелой стадии онцеа (длина самки 0,7 мм) еще меньше, чем ойтаны (длина самки до 1,1 мм). Третьим крайне немногочисленным представителем *Cyclopoida*, отмеченным в пробах в зимнее время, была *Oithona frigida*.

Среди представителей *Calanoida*, отмеченных в пробах, также преобладали мелкие виды. Наиболее многочисленным среди них был *Stenocalanus citer* (длина самки 1,25 мм). Пик численности данного вида также был отмечен в зимний период (до 120 экз./м²). Два других мелких вида каляноид – *Microcalanus pygmaeus* и *Stephos longipes* – отмечались в пробах не так регулярно и имели меньшую численность. Указанные виды, по всей видимости, успешно размножаются в водах бухты, однако для учета всех возрастных стадий мелких каляноид требуется планктонная сеть с меньшей ячейей. Более крупный вид *Metridia cf. gerlacheri*, отмеченный в качестве одного из доминантных в пробах 2006–2007 гг., был зарегистрирован нами эпизодически на младших копеподитных стадиях (максимум численности в зимний период).

Крупные представители *Calanoida*, доминирующие в большинстве глубоководных районов Южного океана, отмечались в пробах изредка и своим появлением в бухте Ардли, видимо, обязаны адвекции вод открытой части пролива Брансфилда. Так, крупный вид *Calanoides acutus*, жизненный цикл которого включает зимовку на глубинах 400–500 м, отмечался в пробах в летний период на половозрелой стадии (размножение вида происходит в эпипелагиали). Данный вид не был отмечен в пробах 2006–2007 гг. [5], вместе с тем в наших пробах не был обнаружен отмеченный ранее *Rhincalanus gigas*, также многочисленный в глубоководных районах. Единственный раз в пробах был отмечен крупный хищный вид *Paraeuchaeta cf. antarctica*. Адвекцией вод можно объяснить и появление в пробах батипелагического *Spinocalanus abyssalis*.

Копеподы являются доминантной группой мезозоопланктона бухты. Среди других групп голопланктонных организмов стоит отметить появление в пробах в летний период яиц и личинок гребневиков (взрослые особи не были отмечены), а также отмеченную единственный раз личинку *Siphonophorae* (определение требует уточнения).

Значительную роль в планктонном сообществе бухты Ардли играют меропланктонные организмы. Наиболее многочисленным компонентом меропланктона, отмечаемым круглый год, являются яйца и личинки *Ascidia* (максимум числен-



Рис. 6. Первый выход на припай 21.06.2007

Таблица 3

Численность мезозoopланктона (экз/м²) в бухте Ардли по данным сетных ловов на ст. I и II

Таксон	Численность сетного зоопланктона в бухте Ардли в период открытой воды, экз/м ²															
	27.02.07		15.03.07		31.03.07		10.12.07		27.12.07		11.01.08		26.01.08		9.02	
	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II
<i>Oithina similis</i>		160	120	200	50	330	320	440	110	350	50	250	280	870		
<i>Oncosa curvata</i>		20	20	20	20	80	10	70		20	10					
<i>Ovae varia (Ascidia?)</i>	10	180	110	90	70	180	20	100		10	70	130	10	40		
<i>Ovae Ctenophora</i>							40	210					40	20		
<i>Ctenocalanus citer</i>		20	10	30		30	20	80	10	10	30	10	10	30		
<i>Calanoides acutus</i>		10					20	20								
<i>Spinocalanus abyssalis</i>	10															
<i>Siphonophorae larv. (?)</i>		10												30		
<i>Nemertini pilidium</i>		10												10		
<i>Harpacticoida varia</i>			20	40	10			10						50	10	10
<i>Clausocalanus brevipes</i>			10											40	20	
<i>Polychaeta larvae</i>							30	80	140	50						
<i>Metridia sp.</i>																
<i>Microcalanus pygmaeus</i>																
<i>Nauplius Calanoida</i>							10	50								
<i>Ascidia larvae</i>								30								
<i>Ostracoda gen.sp.</i>								30						20		20
<i>Ctenophora larvae</i>																
<i>Echinodermata larvae</i>																
<i>Paraechueta cf. antarctica</i>							10	240		10		10				10

В стадии обработки

Таблица 4

Численность сетного зоопланктона в бухте Ардли в точке «PGT», экз./м²

Таксон	Дата отбора Таксон пробы						
	09.03.07	28.06.07	19.07.07	31.07.07	13.08.07	03.09.07	18.09.07
<i>Oithona similis</i>	350	680	1280	2900	1520	870	690
<i>Oithona frigida</i>						20	20
<i>Oncea curvata</i>	30	140	20				
<i>Oncea sp.</i>		10					
<i>Ovae varia (Ascidia?)</i>	240	10	40	100	10	120	10
<i>Ctenocalanus citer</i>	10	40	50	120	120	90	20
<i>Harpacticoida varia</i>	20	60	60	70	40	260	120
<i>Clausocalanus brevipes</i>		20					
<i>Polychaeta larvae</i>	10	10					
<i>Metridia sp.</i>		30	110	110	30	20	
<i>Microcalanus pygmaeus</i>		20	60	60			
<i>Nauplius Calanoida</i>			80	70		10	10
<i>Ascidia larvae</i>			60	20	60	90	
<i>Ctenophora larvae</i>							10
<i>Echinodermata larvae</i>					30	30	30
<i>Stephos longipes</i>		20			40		10

ности в начале осени). В летний период в планктоне отмечались личинки полихет (до 140 экз./м²), подо льдом в планктоне были обнаружены личинки *Echinodermata*.

В целом количество мезопланктона в бухте Ардли в исследованный период было крайне невелико. Основными потребителями продукции фитопланктона Субантарктики являются эвфаузиевые рачки – в особенности *Euphausia superba*. Однако эти крупные подвижные организмы крайне редко отмечаются в сетных пробах. Для изучения данной группы планктона необходимы специальные тралы. Эвфаузииды в больших количествах были отмечены лишь во время штормов в выбросах макрофитов.

ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕРА КИТЕЖ

В озере Китеж доминирующим видом мезозоопланктона подо льдом являлся рачок *Pseudoboeckella poppei* (Copepoda, Calanoida). При этом в июне численность его была крайне высока – 1158 экз./м³ (табл. 5). В популяции были отмечены все возрастные стадии. Однако большое количество (6 % от общей численности) мертвых особей, а также высокая заселенность рачков эпизодическими инфузориями-перитрихами (до 40 % от общей численности) говорили о неблагоприятной ситуации, сложившейся в популяции. Помимо псевдобокекелли, в сетных пробах были отмечены крупные половозрелые брахиоподы *Branchinecta sp.*, а также придонные кладоцеры *Macrothrix sp.* В августе и в последующие месяцы количество рачков в пробах из озера заметно снизилось, однако при этом в популяции были отмечены размножающиеся самки. В пробах также присутствовали неполовозрелые брахиоподы новой генерации. Таким образом, подо льдом озера сохраняются условия для размножения организмов мезо- и макрозоопланктона.

Таблица 5

Численность сетного зоопланктона в озере Китеж подо льдом (экз./м³)

Таксон	24.06.07	09.09.07	01.11.07	21.11.07	9.12.07	22.12.07
<i>Pseudoboeckella poppei</i>	1158	747	471	485	465	751
<i>Nauplius Pseudoboeckella</i>	31		358	390	124	1285
<i>Branchinecta sp.</i>	3	9	26	11	39	4
<i>Macrothrix sp.</i>	10	7	8			

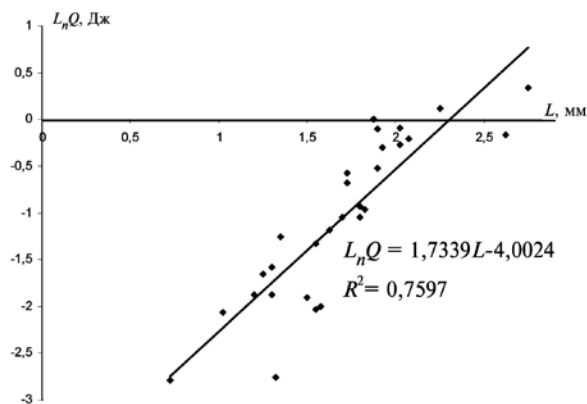


Рис. 7. Зависимость индивидуальной калорийности *Pseudoboeckella poppei* от длины тела

В период с 14 марта по 4 июня 2007 г. было проведено 29 корректных определений индивидуальной калорийности пресноводных рачков *Pseudoboeckella poppei* с индивидуальными сырыми массами 0,025–1,5 мг (определены по номограммам Численко). Удельная калорийность псевдобокекелли в опытах изменялась в пределах 0,52–1,89 Дж/мг сырой массы при средней калорийности 1,41 Дж/мг. Исследования калорийности псевдобокекелли позволили выразить зависимость калорийности тела рачка (Q , Дж) от длины тела (L , мм). Зависимость в пределах длины 0,7–2,6 мм аппроксимируется выражением:

$$L_n Q = 1,7339L - 4,0024 \quad (R^2 = 0,75; N = 29).$$

Проведенное исследование калорийности необходимо дополнить изучением энергетической ценности науплиальных стадий рачка.

Особенностью существования популяции *Pseudoboeckella poppei* в озере Китеж является полное отсутствие хищников, поедающих бокеллю. Это приводит к любопытной перестройке характеристик роста рачков. После достижения рачками половозрелости (при длине 1,95–2 мм) у них не происходит торможения сомати-



Рис. 8. Результаты экспериментов по определению индивидуального потребления кислорода *Pseudoboeckella poppei* (в пересчете для 20 °С)

ческого роста, что приводит к появлению в популяции крупных особей размером 2,5–3 мм. При этом удельная калорийность тела данных особей заметно понижена по сравнению с более мелкими экземплярами (рис. 3). Подобную особенность роста псевдобокелли можно рассматривать как приспособление к использованию популяцией более широкого спектра кормовых объектов (возможно, собственной моледи) и перенесению неблагоприятных условий на половозрелой крупной стадии.

В период с 13 марта по 4 мая 2007 г. было проведено 18 методически корректных опытов по определению индивидуального потребления кислорода псевдобокеллей. Абсолютное потребление кислорода изменялось в опытах от 0,0000608 до 0,00179 мг/инд.·час⁻¹. Полученные результаты сравнивали с расчетными значениями индивидуального потребления кислорода копеподами по формуле $Q = 0,2WW^{0,777}$ [4] (для 20 °С), с учетом температурного коэффициента $Q_{10} = 2,25$ [1], где Q – индивидуальное потребление кислорода, мл/инд.·час⁻¹, WW – вес организма в граммах.

Проведенные исследования стандартного обмена *Pseudoboeckella poppei* на данный момент не позволяют выразить зависимость обмена рачка от длины или массы тела в силу недостаточного количества проведенных экспериментов, а также недостаточного различия длин тела рачков, использованных в экспериментах (1,25–2,5 мм). Предварительно можно заключить, что стандартный обмен рачка в условиях эксперимента (рис. 8) находится в пределах теоретического уровня стандартного обмена, рассчитанного по формуле Сущени [4], с учетом температурного коэффициента $Q_{10} = 2,25$ [1]. Однако стоит отметить, что большинство экспериментов проводилось при температуре 8–12 °С, значительно превышающей естественную температуру обитания бокелли (0–3 °С), что могло сказаться на полученных результатах. Способ расчета индивидуальной массы рачка с использованием номограмм Численко необходимо заменить на более точный. При всех сделанных допущениях сходимость теоретических и экспериментальных данных следует признать удовлетворительной. Требуется дальнейшая экспериментальная работа по определению индивидуального потребления кислорода зоопланктоном озера Китеж. В программу экспериментов следует включить бранхиопод и кладоцер озера. Определение индивидуального потребления кислорода позволит вычислить общую интенсивность обмена зоопланктонного сообщества, а следовательно, средний рацион и продукцию особи и популяции.

В связи с экономией топлива на станции, обогрев лаборатории в зимний период был приостановлен, что вызвало временное прекращение экспериментов с пресноводными копеподами, изучение условий культивирования и жизненного цикла *Pseudoboeckella poppei* было спустя некоторое время продолжено. Определены средние размеры копеподитных стадий вида, средняя биомасса каждой стадии. Проведена серия опытов по кормлению копеподы различными кормами. Установлено, что дрожжи не являются полноценным кормом для данного вида. Интенсивный продолжительный рост и размножение отмечены при кормлении копепод смесью бактерий, жгутиковых и инфузорий. От самки, достигшей половой зрелости в культуре, 19.04 было получено потомство, что говорит о полноценности используемого корма. Серьезной проблемой культивирования также является поддержание стабильного температурного режима среды. Повышение температуры до 20 °С приводит к прекращению питания и гибели копепод.

После определения условий культивирования простейших и получения устойчивой культуры было проведено три эксперимента по определению интенсивности питания *Pseudoboeckella poppei*. По количеству выделенных фекалий и снижению концентрации простейших ежедневный рацион псевдобокелли в культуре был определен как 5,2–9 % от массы тела при температуре 15 °С. Работы необходимо продолжить с целью установления интенсивности питания копеподы при различной концентрации пищи.

Условия существования *Pseudoboeckella poppei* в озере Китеж в зимний период изучали в период с 1 ноября по 22 декабря 2007 г. Температура воды и со-



Рис. 9. Измерение содержания кислорода в озере Китеж датчиком Марк-201

держание растворенного кислорода в верхнем 4,5-метровом слое воды в центре озера, по данным измерений анализатора растворенного кислорода «Марк-201», приведены в табл. 6.

Таблица 6

Содержание растворенного кислорода и температура воды в озере Китеж в зимний период											
Глубина, м	1.11.2007		13.11.2007		9.12.2007		14.12.2007		22.12.2006		
	T, °C	O ₂ , мг/л	T, °C	O ₂ , мг/л	T, °C	O ₂ , мг/л	T, °C	O ₂ , мг/л	T, °C	O ₂ , мг/л	
0,5	1,30	12,73	-0,30	14,74	0,80	14,22	0,80	13,88	0,20	13,98	
1	0,70	12,02	-0,70	14,67	0,50	14,32	0,70	13,88	0,20	14,24	
1,5	0,40	12,09	-0,70	14,65	0,40	14,26	0,40	14,09	0,20	14,76	
2	0,20	12,12	-0,50	14,46	0,30	14,08	0,40	13,97	0,00	14,07	
2,5	0,30	12,15	-0,20	14,20	0,40	13,98	0,20	13,13	0,00	13,73	
3	0,30	12,08	0,30	13,68	0,50	13,89	0,20	12,85	0,20	12,56	
3,5	0,40	12,05	0,40	13,71	0,50	13,81	0,10	13,61	0,40	13,01	
4	0,50	11,86	0,50	13,71	0,60	13,71	0,60	13,26	0,50	12,89	
4,5	0,60	11,57	0,60	12,97	0,60	13,64	0,60	13,26	0,70	13,12	
6	—	—	—	—	—	—	—	—	1,40	10,94	
7	—	—	—	—	—	—	—	—	1,50	5,26	
8,5	—	—	—	—	—	—	—	—	1,50	5,27	
8,5*	—	—	—	—	—	—	—	—	1,50	4,78*	

* содержание кислорода измерено по методу Винклера

Стоит отметить, что в период исследований температурный режим глубже 3 м оставался практически стабильным, при заметных колебаниях температуры верхнего 2,5-метрового слоя. Содержание кислорода в слое 0–4,5 м оставалось высоким с некоторой тенденцией к понижению с глубиной. При этом 22 декабря 2007 г. в слое 7–8,5 м было зафиксировано явление гипоксии (содержание кислорода – 35 % от насыщения). Граница вод, бедных и богатых кислородом, проходила между 6 и 7 м. Отмеченные явления свидетельствуют о стратификации вод озера в зимний период, при этом в придонных горизонтах складываются условия, неблагоприятные для существования зоопланктона.

Содержание органической взвеси в водах озера было измерено по методике, аналогичной измерению индивидуальной калорийности копепоид (см. выше). По содержанию органической взвеси воды, бедные и богатые кислородом, значительно различаются (табл. 7). При этом максимальное обилие организмов зоопланктона по данным отбора батометрических проб (до 11 экз./л) регистрируется в слое 6 м, т.е. вблизи границы двух типов вод в области максимальной концентрации органической взвеси в насыщенных кислородом водах.

Содержание органической взвеси в озере Китеж (Дж/л) в зимний период

Глубина, м	Дата отбора проб	
	14.12.2007	22.12.2007
0	1,17	–
1,5	2,24	2,95
6	–	3,72
7	–	10,01
8	13,66	–

Изучение условий существования зоопланктона озера Китеж необходимо дополнить исследованиями в летний период. Особый интерес могут представлять данные по содержанию органической взвеси и первичной продукции в период перед образованием на озере сплошного ледового покрова с целью определения количества взвеси, потребляемой зоопланктоном.

ВЫВОДЫ

Проведенные в период работы 52-й РАЭ гидробиологические исследования в бухте Ардли и озере Китеж позволяют сделать следующие предварительные выводы:

1. Небольшая глубина и специфический гидрологический режим бухты Ардли приводят к значительной перестройке мезопланктонного сообщества по сравнению с соседними глубоководными участками. В планктоне при этом доминирующую роль начинают играть мелкие виды, размножающиеся в течение всего года.

2. В зимний период при отсутствии волнения и интенсивного перемешивания вод в бухте Ардли мелкие планктонные формы увеличивают свою численность.

3. Крупные представители отряда *Calanoida*, доминирующие в большинстве глубоководных районов Южного океана, отмечаются в планктонных пробах изредка и своим появлением в бухте обязаны адекции вод открытой части пролива Брансфилда.

4. В озере Китеж доминирующим видом мезозоопланктона подо льдом являлся рачок *Pseudoboeckella poppei* (Copepoda, *Calanoida*); подо льдом озера сохраняются условия для размножения организмов мезо- и макрозоопланктона.

5. Исследования калорийности псевдобокеллии позволили выразить зависимость калорийности тела рачка (Q , Дж) от длины тела (L , мм). Зависимость в пределах длины 0,7–2,6 мм аппроксимируется выражением $L_n Q = 1,7339L - 4,0024$ ($R^2 = 0,75$; $N = 29$).

6. Стандартный обмен рачка в условиях эксперимента находится в пределах теоретического уровня стандартного обмена, рассчитанного по формуле Сушени [4] с учетом температурного коэффициента $Q_{10} = 2,25$.

7. В конце зимнего периода в озере Китеж были отмечены явления стратификации и гипоксии, при этом в придонных горизонтах складываются условия, неблагоприятные для существования зоопланктона. Максимальное обилие организмов зоопланктона регистрируется в области максимальной концентрации органической взвеси в насыщенных кислородом слоях воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винберг Г.Г. Температурный коэффициент Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса в биологии // Экология. 1983. Т. 44. № 1. С. 31–42.
2. Неелов А.В., Баялников С.В. Первые результаты гидробиологических исследований в Антарктике в рамках национальной программы МПГ 2007/08 // Новости МПГ 2007/08. 2007. № 2. С. 11.

3. Неелов А.В., Смирнов И.С., Сиренко Б.И., Усов Н.В., Гаврило М.В. Первые результаты мониторинговых исследований биоты Антарктики по программе МПГ (2007–2009 гг.). International Polar Year 2007/08: Тез. докл. научной конф. «Россия в МПГ – первые результаты», 3–9 октября 2007 г. Сочи, 2007. С. 108.
4. Сушеня Л.М. Количественные закономерности метаболизма и трансформации вещества и энергии ракообразными: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1969. 42 с.
5. Усов Н.В. Сезонная динамика обилия зоопланктона в бухте Ардли (остров Кинг-Джордж, Южные Шетландские острова) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. № 77. С. 97–106.

V.V.POVAZHNY

HYDROBIOLOGICAL INVESTIGATIONS AT THE BELLINGHAUSEN STATION FOR WORKING TIME OF THE 52 RAE

*For allround year, February 2007 – February 2008, in wintering staff of the 52 RAE were continued allround year monitoring hydrobiological works on investigations of season dynamiks of the main parametors of environments, quolited and quontited structure of the pelagical ecosystem of the Ardley Bay (St. Bellingsausen, King-George Island, the Southern Shetland Islands), and also have been carried out hydrobiological investigations of the ecosystem of the freshwater lake Kitezь, including experimental works on finding out level of exchange of the copepod *Pseudoboeckella poppei*. Definite season differences in structure of zooplankton, as well as differences of this from plankton structure of samples collected by 51 RAE have been discovered.*

Keywords: Antarctic, Southern Shetland Islands, ecosystems, pelagical, zooplankton, phenology, biodiversity.