

**Комплексные исследования Южного океана в летний сезон  
2014–2015 гг. на борту НЭС «Академик Фёдоров»**

*Л.А. Духова, Н.М. Зозуля, А.М. Сытов*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ  
«ВНИРО», г. Москва)  
e-mail: marecol@vniro.ru

**Multidisciplinary Researches in the Southern Ocean during  
Australian Summer 2014/2015 onboard RV «Akademik Fedorov»**

*L.A. Dukhova, N.M. Zozulya, A.M. Sytov*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO», Moscow)

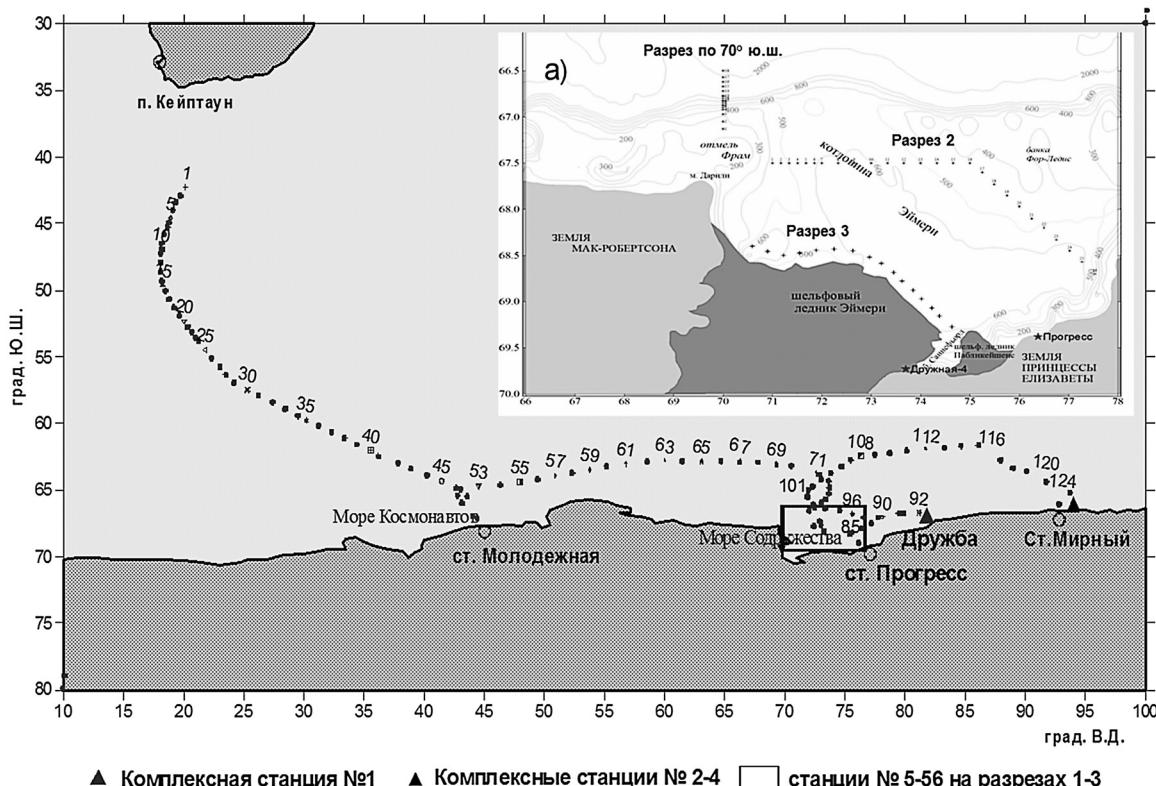
В рамках работы 60-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ) сотрудниками ФГБНУ «ВНИРО» в период с 8 декабря 2014 г. по 20 февраля 2015 г. на борту НЭС «Академик Фёдоров» были выполнены гидро-

химические и гидробиологические исследования в области «шельф — материковый склон» в Восточной Антарктике. В связи с тем, что исследования проводились в летний сезон, когда акватории шельфов и материковых склонов

морей Южного океана становятся наиболее продуктивными районами в Антарктике, особую важность представляла гидробиологическая часть, выполненная впервые за последние 10 лет. Это позволило оценить качественные и количественные характеристики планктонных сообществ в антарктических водах.

Основной целью работ являлось исследование межгодовой изменчивости положения основных фронтов Южного океана, гидрохимической структуры антарктических вод и вод материковых водоёмов, а также изучение планктонных сообществ Антарктики, в том числе эвфаузиевых ракообразных (*Euphausiacea*) и личиночных стадий клыкача (*Dissostichus spp.*). Отдельно проведён анализ гидрохимических характеристик среды обитания водных биоресурсов в период весенне-летней интенсификации производственных процессов на высоколатитных участках шельфов и склонов приматериковых морей Южного океана (море Космонавтов, море Содружества, море Дэйвиса).

**Гидрохимические исследования.** Работы по гидрохимической программе выполнялись в двух направлениях: 1) отбор и гидрохимический анализ проб воды с поверхности моря по ходу следования судна; 2) работы на океанологических станциях. Отбор проб воды с поверхности для гидрохимического анализа был начат 14 декабря 2014 г. в районе  $42^{\circ}$  ю.ш., выполнялся через каждые 20–40 миль по ходу движения судна и завершился 14 января 2015 г. в восточной части моря Дэйвиса в районе станции Мирный (рис. 1). Основная часть работ состояла в выполнении трёх океанологических разрезов: регулярно повторяемого меридионального разреза по  $70^{\circ}$  в.д. в западной части моря Содружества, второго разреза через котловину Эймери и третьего разреза в области прибарьерной полыни шельфового ледника Эймери (рис. 1, а). В восточной части моря Дэйвиса дополнительно было проведено 4 глубоководных зондирования. Также были отобраны пробы воды для химического анализа из материковых водоёмов, расположенных



▲ Комплексная станция №1   ▲ Комплексные станции № 2-4   □ станции № 5-56 на разрезах 1-3

**Рис. 1.** Положение точек отбора проб воды с поверхности по пути следования судна и океанологических разрезов в 60 РАЭ; а) на вставке — положение станций на разрезе по  $70^{\circ}$  ю.ш. и разрезах 2 и 3

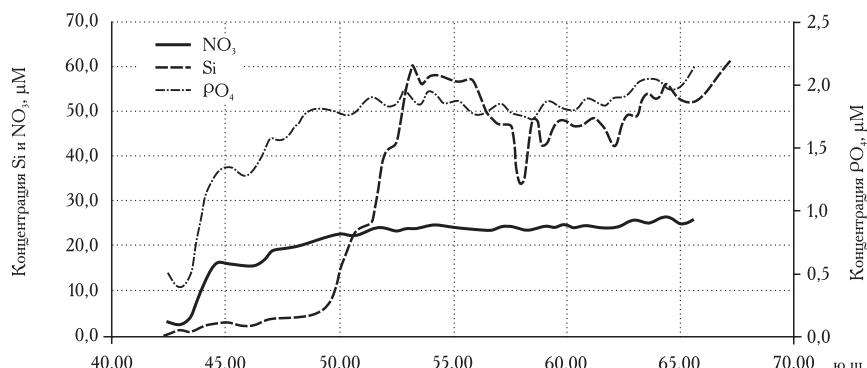
в окрестностях российских антарктических станций.

За период исследований выполнено 56 океанологических станций, отобраны 123 поверхностные пробы морской воды и 23 пробы воды из материковых антарктических озёр. Пробы анализировались непосредственно после отбора в судовой лаборатории. Гидрохимический анализ включал в себя определение содержания растворённого кислорода, кремния, минеральных и органических форм азота и фосфора. Для анализа использовались стандартные методики, принятые в морской химии. Растворённый кислород определялся по методу Винклера с использованием автоматической бюретки Radiometer ABU80 (Дания). Колориметрирование проб на биогенные элементы производилось на спектрофотометре UNICO 1201 (США) со спектральным диапазоном от 315 до 990 нм.

Анализ изменений концентраций биогенных элементов в поверхностном слое, измеренных по ходу движения судна, позволил выявить положение основных океанических фронтов Южного океана в весенне-летний период 2014–2015 гг. Резкие градиенты в содержании фосфатов и нитратов соответствовали пересечению Субтропического (от 0,47 до 1,09  $\mu\text{M}$  и от 2,5 до 12,2  $\mu\text{M}$  соответственно) и Субантарктического (от 1,28 до 1,65  $\mu\text{M}$  и от 16,1 до 19,3  $\mu\text{M}$  соответственно) фронтов (рис. 2). Резкое увеличение концентрации кремния является хорошим индикатором Южного Полярного фронта (ЮПФ) (от 8,7 до 16,6  $\mu\text{M}$ ) и Южного фронта Антарктического циркумполярного течения (ЮАЦТФ) (от 25,8 до 42,3  $\mu\text{M}$ ).

Данные о гидрохимической структуре вод и процессах, происходящих в районе шельфа и материкового склона моря Содружества, получены на трёх океанологических разрезах. На разрезе по  $70^\circ$  в.д. были выделены антарктическая поверхностная вода (ААПВ), антарктическая шельфовая вода (АШВ), циркумполярная глубинная вода (ЦГВ). Характерными чертами распространения ЦГВ служат глубинный максимум биогенных элементов и глубинный минимум растворённого кислорода. Максимальная концентрация кремния в слое ЦГВ составила 124,8  $\mu\text{M}$ , фосфора — 2,34  $\mu\text{M}$  и нитратов — 31,0  $\mu\text{M}$ . Значения содержания растворённого кислорода в ядре ЦГВ составили 4,95–4,99 мл/л. По промежуточному максимуму температуры и минимуму растворённого кислорода в районе шельфа выделялась модифицированная циркумполярная вода (МЦГВ). В придонных горизонтах было отмечено сползание по склону плотной, холодной, обогащённой кислородом (6,0–7,0 мл/л) водной массы — донной воды залива Прюдс. Эта водная масса формируется в результате смешения вод АШВ и МЦГВ. Содержание кремния в ней было заметно ниже (85–90  $\mu\text{M}$ ), чем в слое ЦГВ, а растворённого кислорода выше (5,80–6,52 мл/л), чем в ЦГВ. Считается, что сползание тяжёлой шельфовой воды по материковому склону является одним из механизмов пополнения антарктической донной воды, являющейся важным элементом глобальной термохалинной циркуляции.

На разрезах 2 и 3 наблюдались отдельные сильные вспышки цветения фитопланктона



**Рис. 2.** Изменение по широте содержания кремния (Si), нитратов ( $\text{NO}_3'$ ) и фосфатов ( $\text{PO}_4'''$ ) в поверхностном слое от  $42,27^\circ$  до  $67,25^\circ$  ю.ш.

в так называемых «оазисах» — высокоширотных участках вблизи отступающей кромки льда. Эти «оазисы» выделялись по значительному понижению концентраций минеральных форм биогенных элементов (кремния до  $1,7 \mu\text{M}$ , нитратов —  $4,7 \mu\text{M}$ , фосфатов —  $0,39 \mu\text{M}$ ) и присутствию большого количества фито- и зоопланктона (включая личинок криля). Под поверхностью водой располагалась АШВ, которая выделялась по более низкому содержанию растворённого кислорода и более высоким концентрациям биогенных элементов. На разрезах 2 и 3, охватывающих шельфовую зону, на глубинах более 200 м обнаружена вода шельфового ледника (ВШЛ) с концентрацией кислорода  $7,41\text{--}7,46 \text{ мл/л}$  и температурами ниже температуры замерзания морской воды. Поскольку формирование ВШЛ происходит при охлаждении АШВ в результате взаимодействия с нижней поверхностью ледника, то по гидрохимическим характеристикам эти воды практически не отличались.

Анализ гидрохимического состава вод материковых водоёмов, расположенных в окрестностях антарктических станций, показал, что наиболее высокие концентрации всех биогенных элементов (кроме кремния) обнаружены в местах обитания пингвинов и поморников. Повышенным содержанием кремния в воде (до  $213 \mu\text{M}$ ) выделялись озера оазиса Бангера, оно значительно превышает концентрацию кремния в других исследованных озерах и почти в 1,5 раза — его содержание в морской воде в Антарктике.

**Гидробиологические исследования.** Сбор планктонных проб осуществлялся во время стоянок судна в районе станций Молодёжная, Прогресс, Дружная, Дружба, Мирный и у оазиса Бангера в период с 20 декабря 2014 г. по 13 января 2015 г. и на трёх океанологических разрезах с 26 января по 3 февраля 2015 г. с помощью сети Богорова-Расса (БР) (входное отверстие — 75 см, диаметр фильтрующего конуса — 100 см, газ — 14). Скорость погружения составляла 0,5 м/с, скорость подъёма сети в момент лова — 1,0–1,5 м/с. Пробы собирались вертикальными ловами преимущественно с горизонта 400–0 м. На разрезах в зависимости от глубины, времени суток и метеоусловий горизонты отбора проб могли

меняться в интервале от 25–0 м до 425–0 м. Анализ проб в судовой лаборатории проводился только на свежем материале с помощью бинокуляра и стандартного набора линз без предварительной фиксации. Всего было выполнено 46 гидробиологических станций, зафиксирована 61 проба планктона, из них 40 для дальнейшего морфологического анализа и 21 для генетического анализа, а также 10 проб прилова для гистологического и генетического анализа.

Качественный и количественный анализ проб выявил значительное преобладание фитопланктона, в частности диатомовых водорослей, во всех приматериковых морях, на разрезах и около станций. Стоит отметить, что концентрация фитопланктона практически не снижалась в течение рейса и составляла 60–80%. Также отмечено большое количество копепод, имеющих следующие стадии зрелости: науплии, копеподиты и взрослые особи.

Во всех проанализированных пробах присутствовали личиночные стадии криля размёром от 10 до 17 мм. Крупный половозрелый криль встречался редко, количество самцов преобладало над самками.

С декабря 2014 г. по начало января 2015 г. в пробах преобладали личинки криля в стадии калиптолипис II и III, а с серединой января по февраль — фурцилия I, II и III, остальные стадии развития практически отсутствовали. В пробах в этот период обнаружены 36 особей молоди *Thysanoessa macrura* размером 12–19 мм, самка антарктического криля *Euphausia superba* размером 37 мм, сагитты длиной 22–24 мм, личинки антарктической креветки *Notocrangon antarcticus*, представители отрядов Amphipoda и Isopoda.

На гидрологических разрезах в январе–феврале 2015 г., встречались личинки антарктического криля в стадии фурцилия I, II, III и IV. Взрослые особи антарктического и ледяного криля практически отсутствовали.

В пробах обнаружена молодь антарктического криля *Euphausia superba* и ледяного криля *Euphausia crystallorophias* размёром от 13 до 24 мм. *Thysanoessa macrura* (средний размер — 16 мм) присутствовал в пробах на первом разрезе. В пробах также отмечено присутствие 5 личинок рыб из семейства *Channichthyidae* размером 35–40 мм, сагитт

размером от 40 до 66 мм, амфипод *Hyperoshe medusarum*, бокоплавов, личинок кальмара и личинок креветки *Notocrangon antarcticus*.

В связи с небольшим количеством пойманых взрослых особей криля можно сделать вывод, что способ вертикального лова сетью БР является в данном случае неэффективным и в будущем стоит использовать планктонные сети других конструкций и способов лова, например сеть Бонго, если приоритетным объектом является криль.

Достаточно частая встречаемость в пробах личинок рыб, в частности из семейства *Nototheniidae* (7–23 мм) и *Channichthyidae*, свидетельствует о том, что сеть Богорова-Расса эффективна для ловли ихтиопланктона. Также при отборе проб рассматривалась возможность присутствия в них личинок клыкача (*Dissostichus spp.*), но предварительный анализ их не выявил.

Проведённые визуальные наблюдения в ходе прохождения ледового пояса показали, что распределение антарктического криля в Восточной Антарктике в это время года сконцентрировано подо льдом. Собранные гидробиологические пробы будут проанализированы в лаборатории Арктики и Антарктики ФГБНУ «ВНИРО». Полученные материалы будут сопоставлены с ретроспективными данными. Собранные пробы криля на генетический анализ пополнят Российскую национальную коллекцию эталонных генетических материалов (РНКЭГМ) и в дальнейшем будут использованы для популяционного анализа.

Полученные результаты по характеристикам планктонных сообществ в Антарктических водах были представлены в виде рабочего документа на Рабочую группу АНТКОМ по экосистемному мониторингу (WG-EMM 2015).