

даренко // Биологические ресурсы: состояние, перспективы и проблемы их рационального использования. — Электрон Карлсберга в Южной Полярной фронтальной зоне. Т. I: Сборник научных трудов. — М.: ВНИРО, 1990. — С. 90-109.

Gordon A. L., Molinelli E. F. Thermohaline and Chemical Distributions and the Atlas Data Set. — Washington, 1982. — 233 pp.

Н.В.Мордасова, Е.Ф.Дафнер, В.Л.Зубаревич, Ю.А.Михайловский,
П.Ю.Селин, А.И.Бондаренко (ВНИРО)

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОД В РАЙОНЕ ЮПФЗ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

Гидрохимические исследования Южной Полярной фронтальной зоны (ЮПФЗ) Атлантического океана крайне немногочисленны. В декабре 1982 г. — марте 1983 г. такого рода работами была охвачена акватория к западу от 38° з.д. (38-48° з.д.; 48-54° ю.ш.), однако из гидрохимических параметров они включали только растворенный кислород, минеральный фосфор и кремний (Корт, 1986). Кроме того, несколько съемок отдельных участков ЮПФЗ в летний сезон было выполнено экспедициями ПИНРО (рис. 1).

В 1987-1989 гг. в XII-XV рейсах РТМС "Возрождение" ВНИРО был выполнен целый ряд съемок, охвативших практически все сезоны, на акватории между 25-40° з.д., 47-52° ю.ш. с целью изучения абиотических факторов среды обитания живых организмов, химической основы первичного биопродуцирования, выявления положения ЮПФЗ по гидрохимическим показателям и ее роли в формировании продуктивности вод. Широкий комплекс определений включал в себя как вышеупомянутые параметры, такие как кислород, фосфаты, кремний, так и различные формы азота: нитриты, нитраты, аммонийный азот, мочевины, а также органические формы азота и фосфора.

Кроме того, с помощью погружаемого флуориметра "Акватрака", входящего в состав зондирующего океанологического комплекса, фиксировали вертикальное распределение хлорофилла "а" до глубины

400 м по интенсивности его флуоресценции, а следовательно, и характер вертикального распределения фитопланктона, составной частью клетки которого является хлорофилл. Одновременно на отдельных горизонтах хлорофилл определяли спектрофотометрическим методом в модификации ИОАН СССР (Современные методы..., 1983).

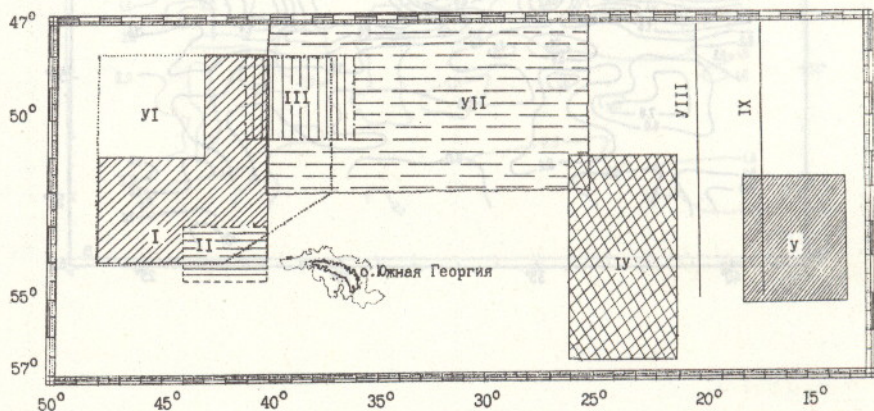


Рис. I. Схема расположения полигонов исследования ЮПФЗ Атлантического океана:

I-V - ПИНРО; VI - ИОАН СССР; VI-IX - ВНИРО (1987-1989 гг.)

Отбор проб и все океанологические работы проводились с помощью зондирующего комплекса "Нейл Браун", включающего в себя кислородный датчик. Для его калибровки периодически растворенный кислород определяли титрованием по стандартному методу Винклера. Наибольшие расхождения в показаниях датчика и результатах, полученных титрованием (до 0,3-0,6 мл/л), были отмечены для слоя скачка. Поэтому, как правило, показания датчика в верхнем слое 200 м контролировались титрованием.

Определение всех биогенных элементов, в том числе фосфора, кремния и различных форм азота, осуществлялось на проточном анализаторе фирмы "Техникон" с использованием модифицированных фирмой применительно к данной аппаратуре методик:

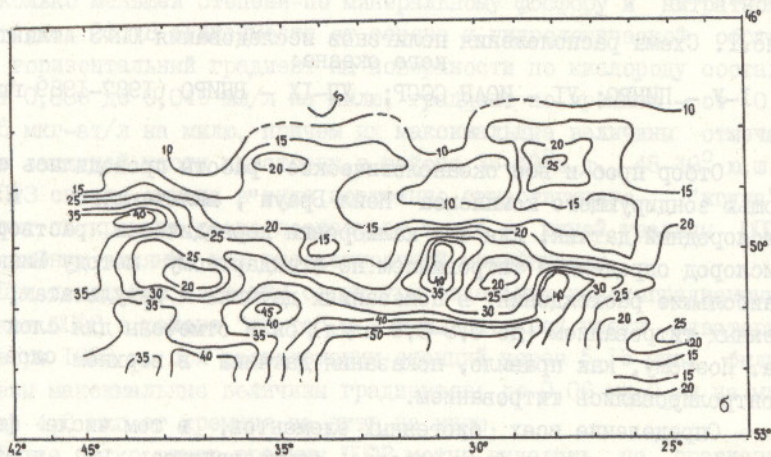
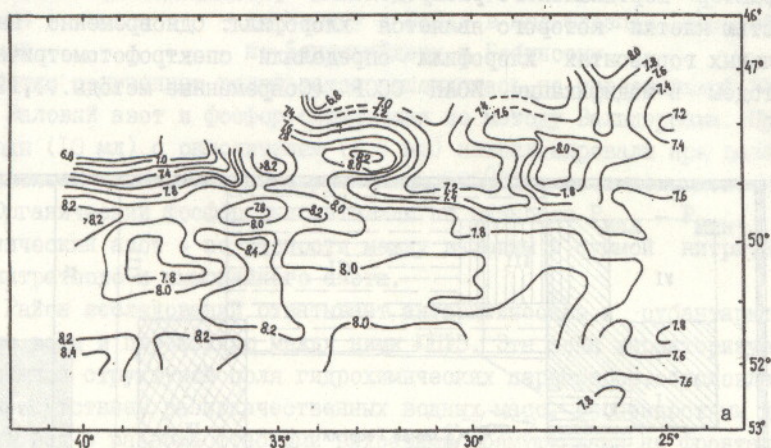
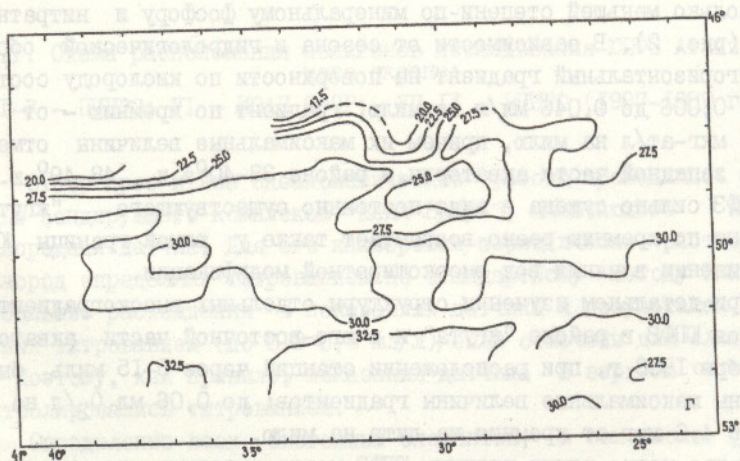
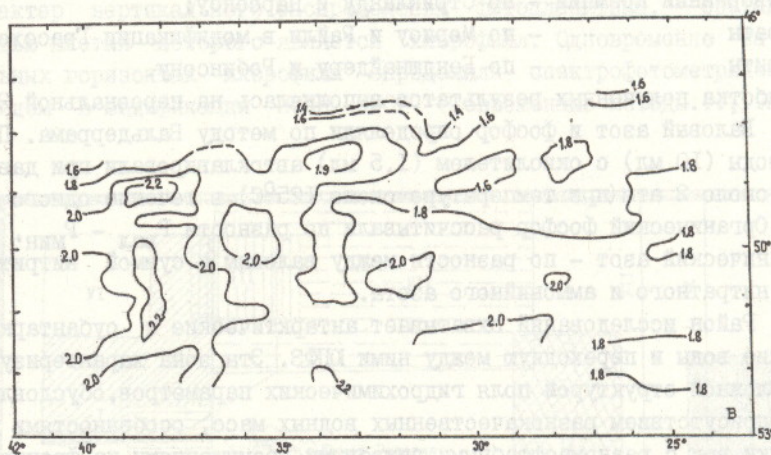


Рис. 2. Распределение гидрохимических характеристик
 а - кислород, мл/л; б - кремний, мкг-ат/л;



в районе ЮКФЗ в октябре 1987 г. на поверхности:
 в - фосфаты, мкг-ат/л; г - нитраты, мкг-ат/л

- минеральный фосфор — по Морфи и Райли;
растворенный кремний — по Стрикланду и Парсонсу;
нитраты — по Морису и Райли в модификации Грассхофа;
нитриты — по Бендшнайдеру и Робинсону.

Обработка полученных результатов выполнялась на персональной ЭЕМ.

Валовый азот и фосфор определяли по методу Вальдerraма. Пробу воды (10 мл) с окислителем (1,5 мл) автоклавировали при давлении около 2 атм (при температуре около 125°C) в течение одного часа. Органический фосфор рассчитывали по разности $P_{\text{вал}} - P_{\text{мин}}$, а органический азот — по разности между валовым и суммой нитритного, нитратного и аммонийного азота.

Район исследований охватывает антарктические и субантарктические воды и переходную между ними ЮПФЗ. Эта зона характеризуется сложной структурой поля гидрохимических параметров, обусловленной присутствием разнокачественных водных масс, особенностями динамики вод с разномасштабными вихревыми возмущениями на фронтальных разделах, а также процессами фотосинтеза в продукционном слое в вегетационный период.

По гидрохимическим показателям ЮПФЗ наиболее четко выделяется по кислороду (северная граница) и по кремнию (южная граница) и в несколько меньшей степени — по минеральному фосфору и нитратному азоту (рис. 2). В зависимости от сезона и гидрологической обстановки горизонтальный градиент на поверхности по кислороду составлял от 0,006 до 0,046 мл/л на милю, градиент по кремнию — от 0,3 до 1,5 мкг-ат/л на милю, причем их максимальные величины отмечались в западной части акватории, в районе 38–40° з.д., 48–49° ю.ш., где ЮПФЗ сильно сужена в виде постоянно существующего "жгута". Градиент по кремнию резко возрастает также у южной границы ЮПФЗ при усилении влияния вод высокоширотной модификации.

При детальном изучении структуры отдельных высокоградиентных участков ЮПФЗ в районе "жгута" и в юго-восточной части акватории в декабре 1988 г. при расположении станций через 5–15 миль были выявлены максимальные величины градиентов: до 0,06 мл O_2 /л на милю и до 4,0 мкг-ат кремния на литр на милю.

Более четко южную границу ЮПФЗ можно выделить по градиенту кремния на глубине 200 м, где его содержание подвержено влиянию биологических процессов в меньшей степени по сравнению с поверх-

ностными водами, хотя ее положение и претерпевает некоторое перемещение в межгодовом аспекте (рис. 3).

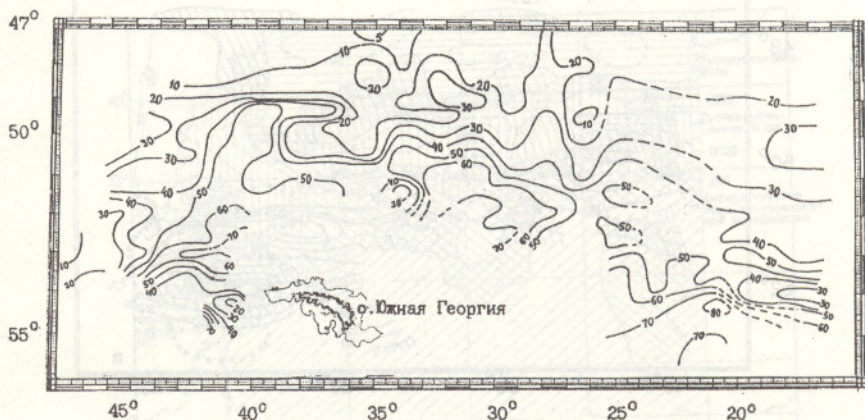


Рис. 3. Распределение кремния на глубине 200 м в районе ЮАФЗ, мкг-ат/л (по обобщенным материалам ВНИРО и ПИРО)

Изменение знака градиентов гидрохимических характеристик, в частности, кислорода или кремния, при перемещении с юга на север позволяет выделять различные типы вод в пределах ЮАФЗ. На фоне общего понижения концентраций биогенных элементов и растворенного кислорода к северу смена знака градиента показывает области азонального распределения, т.е. области влияния антарктических вод или их модификаций (рис. 4).

Распределение гидрохимических параметров по акватории исследованного района ЮАФЗ во все сезоны, как упоминалось выше, тесно связано с динамикой вод, обусловленной в большой степени влиянием рельефа дна, и носит квазистационарный характер.

В самой северной части акватории расположена область собственно субантарктических вод с невысоким содержанием кислорода (5,8–6,8 мл/л) и биогенных элементов в поверхностном слое (кремния – 5–10 мкг-ат/л; фосфатов – 0,8–1,6 мкг-ат/л; нитратов – 10–20 мкг-ат/л), в южной – антарктические, характеризующиеся вы-

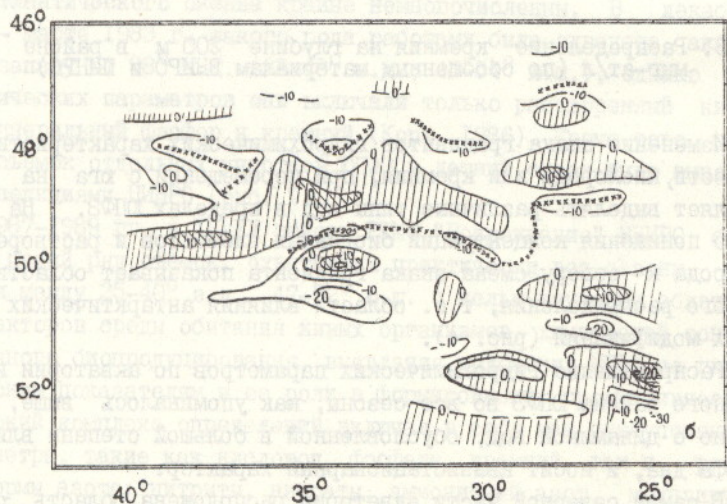
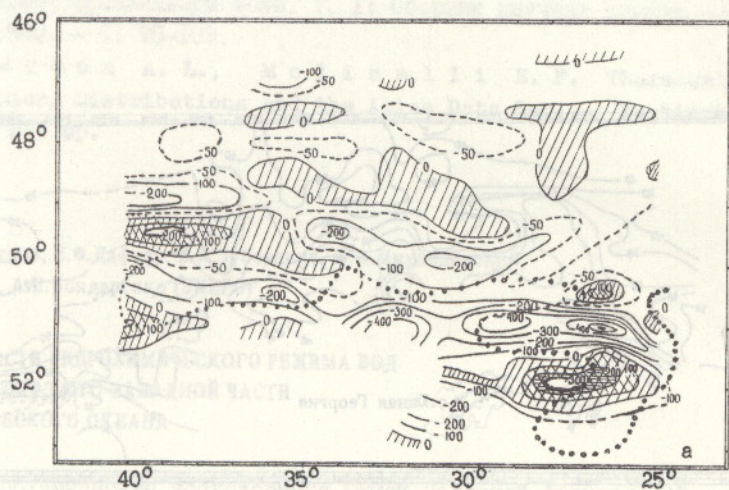


Рис. 4. Горизонтальные градиенты на поверхности в районе ЮПЗ, 30.05-30.06.89:

а - кремний, мг-ат/л на милю $\cdot 10^{-3}$;
 б - кислород, мл/л на милю $\cdot 10^{-3}$;

сокими концентрациями кислорода (7,5–8,4 мл/л) и биогенов (25 – 50 мкг-ат кремния на литр; 1,5–2,2 мкг-ат фосфатов на литр; 25 – 32 мкг-ат азота нитратного на литр).

Затоки трансформированных антарктических вод в западной части полигона и субантарктических – на юго-востоке прослеживались практически во все сезоны. Типичным является распространение субантарктических вод от северо-западного края к центру полигона примерно до 50° ю.ш. Южную часть акватории между 28–34° з.д. обычно занимают антарктические воды высокоширотной модификации (уэдделловоморские воды). Для северо-восточной части полигона характерны субмеридиональные встречные затоки субантарктических вод и вод фронтальной структуры. По материалам выполненных съемок, наиболее южное проникновение субантарктических вод наблюдается примерно до 50° ю.ш. вдоль 29 и 25–26° з.д.

Эти вышеуказанные особенности распространения вод в ПФЗ характерны для всей толщи и тесно согласуются с рельефом дна. В западной части полигона по восточному склону Фолклендского подводного выступа (он простирается на северо-восток до 48° ю.ш., 38° з.д.) распространяются антарктические воды. Субантарктические воды обтекают этот выступ и поступают в глубоководную котловину центральной части района, доступ в которую антарктическим водам с юга частично ограничен подводными хребтами Южно-Георгианской гряды. В северо-восточной части динамику вод определяют подводные горы практически субмеридионального направления, простирающиеся от юго-западного крыла Срединно-Атлантического хребта.

Вертикальная структура вод обусловлена процессами, происходящими в ЮПФЗ. Обращает на себя внимание в южной части меридиональных разрезов общий наклон и заглубление изолиний – в северном направлении вследствие постепенного погружения поверхностных антарктических вод вдоль южной границы фронта (рис. 5). Причем неустойчивость струй течений и процессы вихреобразования вызывают интенсивные локальные подъемы и опускания.

Вблизи северной границы ЮПФЗ, примерно на 48–49° ю.ш., наблюдается резкое погружение антарктических вод с глубин 150–200 м до 500–800 м. Именно отсюда получает распространение играющая важную роль в структуре Мирового океана так называемая Антарктическая промежуточная водная масса.

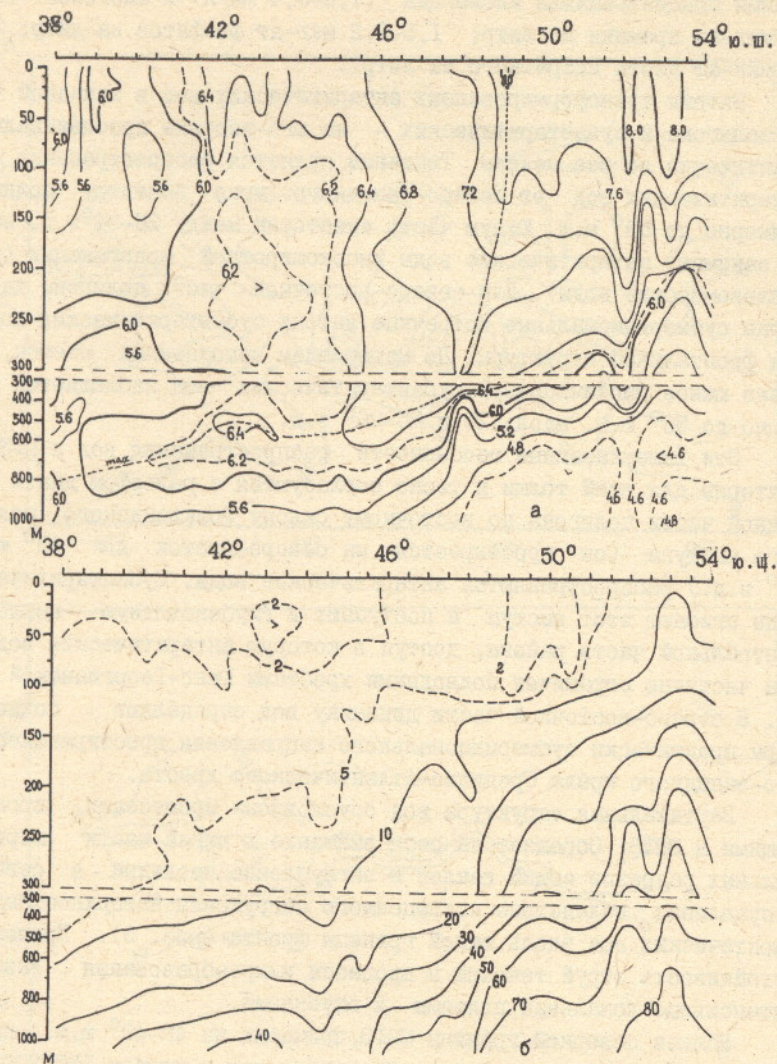
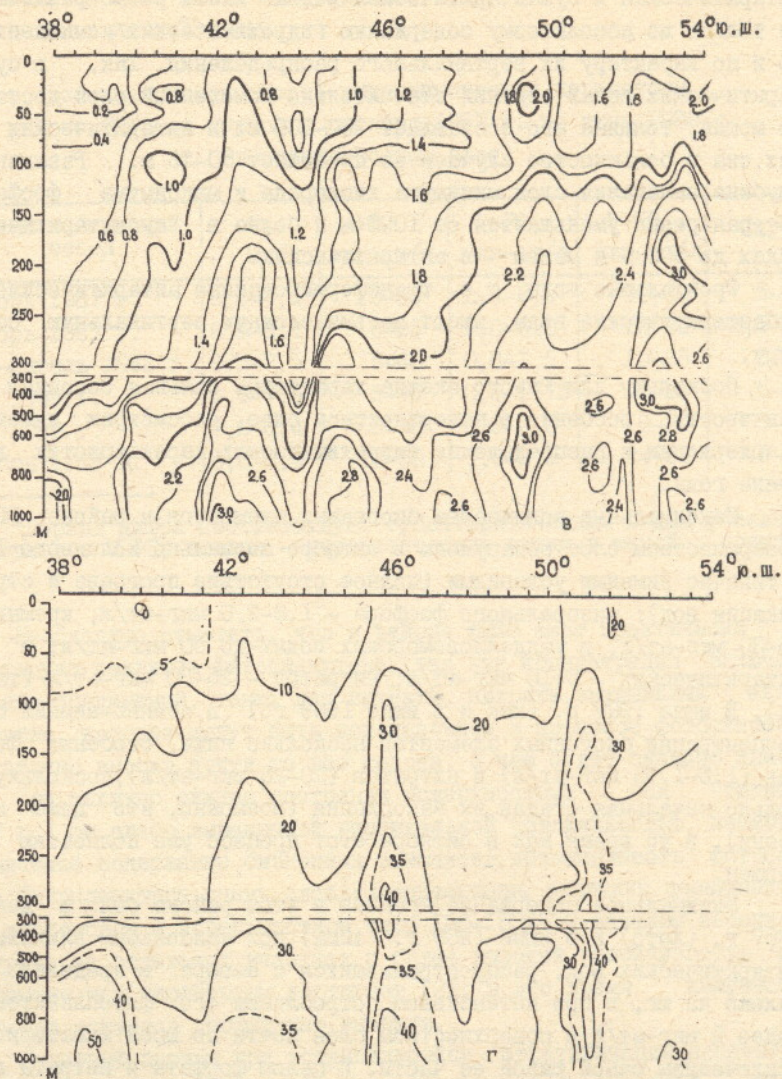


Рис. 5. Вертикальное распределение гидрохимических
 а - кислород, мл/л; б - кремний, мкг-ат/л;



характеристик на разрезе по 20° з.д., март 1989 г.:
 в - фосфаты, мкг-ат/л; г - нитраты, мкг-ат/л

Антарктическая и Субантарктическая водные массы резко различаются не только по абсолютному содержанию гидрохимических компонентов, но и по характеру их вертикального распределения. Так, в субантарктических водах верхний относительно гомогенный слой достаточно мощен, толщина его составляет 200–300 м; в антарктических водах она в большинстве случаев не превышает 50–75 м. Различна и глубина залегания слоя минимума кислорода и максимума фосфатов, которая резко уменьшается от 1000 м и более в субантарктических водах до 500 м и менее – в антарктических.

Фронтальные воды, т.е. трансформированные антарктические или субантарктические воды, имеют весьма сложную вертикальную структуру.

Поскольку для Южного океана характерна сильная сезонная изменчивость, особенно в поверхностном слое, рассмотрим изменения в содержании и распределении гидрохимических характеристик в течение года.

Максимальные количества биогенных элементов в районе ЮПФЗ в поверхностном слое обнаружены в октябре аномально холодного 1987 г. с типично зимними условиями (полное отсутствие прогрева и стратификации вод): минерального фосфора – 1,8–2,0 мкг-ат/л; кремния – 15–30 мкг-ат/л, в уэдделловоморских водах – до 50 мкг-ат/л; в субантарктических – 5–10 мкг-ат/л; нитратов – 25–30 мкг-ат/л (таблица). В июне 1988 г. (как и в июне 1989 г.) в осенне-зимний сезон концентрации биогенных элементов несколько ниже, особенно фосфатов (1,5–1,75 мкг-ат/л) и нитратов (20–25 мкг-ат/л), поскольку это только начальная стадия их накопления (возможно, это даже конец осени), в то время как в октябре этот процесс уже полностью завершен.

Минимальное содержание кремния в этом районе было в декабре 1987 г. (лето) и в июне 1989 г. (зима) при наибольшем влиянии субантарктических вод, распространившихся с севера в пределах ЮПФЗ далеко на юг, и при интенсивном потреблении его фитопланктоном – менее 5 мкг-ат/л в поверхностном слое почти по всей акватории, за исключением самой южной ее части. В целом фосфаты и нитраты в течение года не претерпевают таких значительных изменений как кремний, который потребляется в самых больших количествах, а регенерируется значительно медленнее, чем фосфор и азот, вследствие че-

го именно кремний может лимитировать развитие фитопланктона в этих водах в летний сезон.

Сезонная изменчивость гидрохимических параметров в районе ЮПФЗ за период с октября 1987 г. по июнь 1989 г. (в поверхностном слое)

Время наблюдений, сезон	O ₂ , мл/л	Si, мкг-ат/л	P-PO ₄ , мкг-ат/л	N-NO ₃ , мкг-ат/л	Si/P
Октябрь 1987 г.	6,8-8,2*	10-50	1,4-2,2	20-32	5-25
Декабрь 1987 г.	6,8-8,4	5-25	1,0-2,0	10-25	< 2,5-15
Март-апрель 1988 г.	6,5-7,5	5-40	0,8-1,5	10-25	5-15
Июнь 1988 г.	6,5-7,8	5-45	0,8-1,75	10-25	5-25
Июнь 1989 г.	7,0-8,4	< 5-35	0,8-2,0	10-25	< 3-15
Октябрь 1988 г.	6,8-8,4	10-50	1,6-2,2	24-32	5-25

*Первая цифра соответствует субантарктическим водам у северной границы ЮПФЗ; вторая - антарктическим водам у южной границы ЮПФЗ.

Необходимо отметить, что в районе ЮПФЗ азот практически не лимитирует развитие фитопланктона, так как концентрация включающих его соединений, таких как нитраты, нитриты, аммонийный азот, мочевины, которые могут быть использованы в процессе фотосинтеза, достаточно высока почти во все сезоны, о чем будет сказано ниже.

При типично зимнем состоянии поверхностных вод (октябрь 1987 г.) со слабо выраженной вертикальной устойчивостью, несмотря на высокое содержание биогенных элементов, интенсивность фотосинтеза фитопланктона очень слаба: максимальные величины насыщенности вод кислородом в поверхностном слое 100-103%. С началом весеннего прогрева на отдельных участках с более высокой устойчивостью пересыщение вод кислородом достигает 12%; в это время количество биогенов остается достаточно высоким.

В летний период при установившейся стратификации концентрация биогенных элементов в поверхностном слое уменьшается, количество растворенного кислорода возрастает, что связано, в первую очередь, с интенсивным потреблением минеральных форм азота, фосфора и кремния и выделением кислорода в процессе интенсивного

развития (цветения) фитопланктона (насыщенность вод кислородом 110–118%). Однако резкое уменьшение содержания минеральных солей может быть обусловлено также усилением влияния субантарктических вод с севера более бедных биогенными элементами, что наблюдалось и в декабре 1987 г., и июне 1989 г.

В начале осени (март – апрель 1988 г.) вследствие затухания процесса фотосинтеза с началом осеннего конвективного перемешивания насыщенность поверхностных вод кислородом снижается до 94 – 106%. Кроме того, количество кислорода уменьшается за счет расхода его на окисление органического вещества, образованного в летний период.

Значительный интерес представляет изменение величины отношения концентраций кремния и фосфора (Si/P) в поверхностном слое в течение года. Если в октябре при зимнем состоянии поверхностных вод даже в бедных кремнием субантарктических водах оно составляло около 5, а в антарктических – более 25, то в декабре практически по всей акватории к северу от 50° ю.ш. оно было менее 2,5, в некоторых случаях падая до 1,0. С одной стороны, это связано с усилением влияния субантарктических вод, а с другой – с фотосинтезом фитопланктона, в процессе которого идет более активное потребление кремния по сравнению с фосфором. Интенсивным фотосинтезом наряду с возможным ослаблением влияния антарктических вод можно объяснить резкое падение отношения Si/P в самой южной части ЮПФЗ в декабре 1987 г. до 10–16 по сравнению с 20–25 в октябре этого же года (рис. 6).

Осенью 1989 г. величина отношения Si/P в антарктических, субантарктических водах и водах фронтальной структуры оказалась в 2–10 раз ниже по сравнению с данными аналогичного периода 1988 г. за счет того, что содержание кремния в них в 1989 г. было в 3–5 раз меньше, а фосфора, наоборот, в 1,5–2,0 раза больше, чем в 1988 г. Это возможно, когда воды, к примеру ЮПФЗ, формируются под преимущественным влиянием субантарктических вод с пониженным содержанием кремния и мало отличающихся от антарктических вод по концентрации минерального фосфора.

Собранный в течение 1987–1989 гг. гидрохимический материал позволяет в некоторой степени проследить межгодовую изменчивость состояния вод в ЮПФЗ. В октябре аномально холодного 1987 г. при типично зимнем состоянии вод и высоком содержании кислорода и 102

биогенных элементов интенсивность фотосинтеза фитопланктона была крайне слаба: максимальные величины насыщенности вод кислородом составляли 103-104% (антарктические воды, как правило, недонасыщены кислородом). В октябре 1988 г. по всем океанологическим показателям уже наступила весна, на отдельных участках, как правило, в южной части обследованной акватории, с наибольшими величинами устойчивости вод активно шел интенсивный фотосинтез фитопланктона (пересыщение поверхностных вод кислородом достигало 10%). Соответственно в декабре 1987 г., когда, по гидрологическим данным, обозначился прогрев поверхностного слоя, повсеместно развился сезонный термоклин, произошла стратификация поверхностного слоя (величины устойчивости до 2000 усл. ед. $E \cdot 10^8$), гидрохимическая обстановка свидетельствует об интенсивном развитии фитопланктона: насыщенность поверхностных вод кислородом по всей акватории - 110 - 118%; концентрация кремния упала до 1-3 мкг-ат/л. В декабре 1988 г. у южной границы ЮПФВ, где проводились работы, в разгаре был летний сезон, почти полностью выеден кремний в поверхностном слое - до 1-2 мкг-ат/л и менее.

В июне 1988 г., т.е. зимой Южного полушария, в связи с теплой и поздней осенью цветение фитопланктона продолжалось к северу от 50° ю.ш., хотя интенсивность фотосинтеза снизилась по сравнению с мартом-апрелем этого же года, что выразилось в недонасыщении вод кислородом, уменьшении количества фитопланктона в общем объеме sestона, увеличении концентрации биогенных элементов, особенно на южной периферии района. В июне 1989 г. практически повсеместно пересыщение вод кислородом в поверхностном слое достигало 5-7%, что является индикатором активности процесса фотосинтеза фитопланктона. Эти значения в среднем по району выше на 4-8%, чем в это же время в 1988 г. Содержание кремния по всей акватории в июне 1989 г. в среднем уменьшилось в 1,5-2,0 раза по сравнению с аналогичным сезоном 1988 г., что обусловлено, как упоминалось выше, с одной стороны, усилением влияния субантарктических вод, как это происходило в декабре 1987 г., с другой стороны, продолжающимся интенсивным фотосинтезом фитопланктона в связи с запаздыванием начала осенне-зимнего конвективного перемешивания вод.

Как известно, в океане процесс первичного продуцирования органического вещества определяется рядом факторов, в том числе количеством солнечной энергии наличием в воде достаточного количества биогенных элементов, характером стратификации вод.

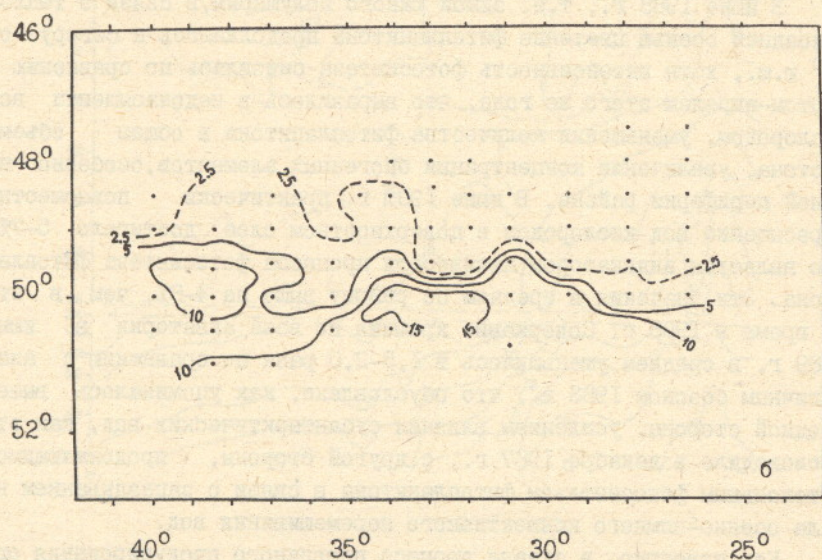
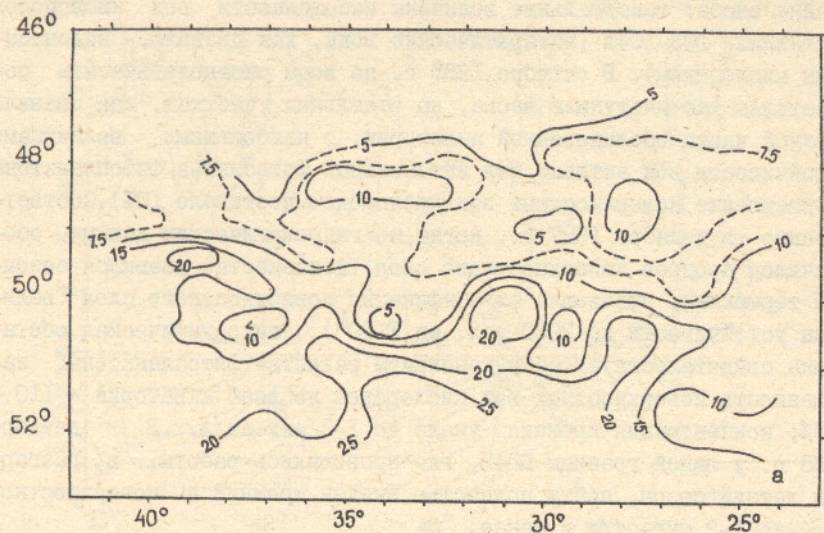
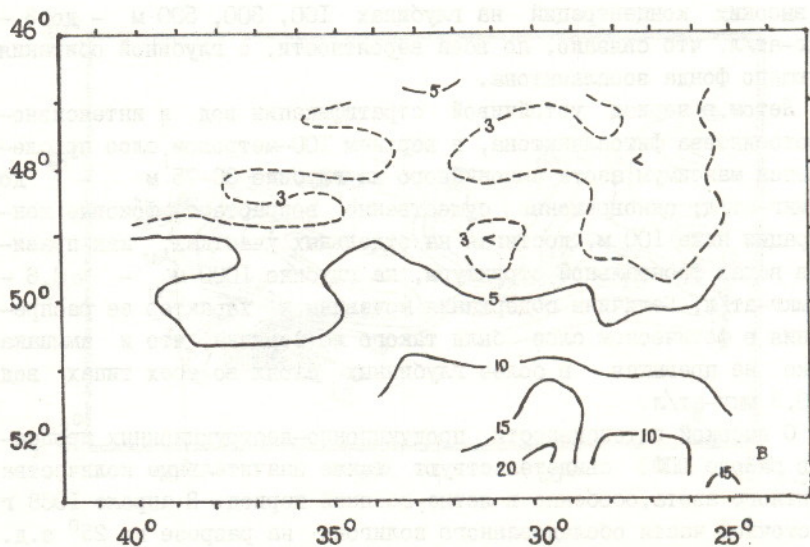


Рис.6. Распределение отношения Si/P в районе ЮФЗ, на поверхности:
 а - октябрь 1987 г.; б - декабрь 1987 г.; в - июнь 1989 г.



В весенне-летне-осенний период Южного полушария (октябрь-апрель) при развитом сезонном пикноклине и устойчивой стратификации поверхностного слоя, высоком содержании биогенных элементов и достаточной освещенности в районе ЮПФЗ идет процесс интенсивного развития фитопланктона, особенно у южной ее границы, где существует постоянный подток кремния с водами высокоширотной модификации (моря Уэдделла). Об этом свидетельствуют данные по содержанию хлорофилла "а", полученные в декабре 1987 г. и в декабре 1988 г. с использованием погружаемого флуориметра "Акватрака" (Мордасова, 1991).

Высокую интенсивность продукционно-деструкционных процессов в районе ЮПФЗ подтверждают значительные количества мочевины и аммиака, основных продуктов жизнедеятельности живых организмов, связанных также с окислением органического вещества. В зимний период в поверхностном 100-метровом слое содержание аммиака составляло в среднем около 0,4 мкг-ат/л с отдельными пятнами до 2 мкг-ат/л и более (максимально 4,8 мкг-ат/л). Пятна несколько меньших концентраций - 0,4-0,6 мкг-ат/л - можно было наблюдать на глубинах 300-400 и 500-600 м. Аналогичным в это время было распределение мочевины: на фоне относительно однородного ее распределения в по-

верхностном слое - в пределах 0,4-0,6 мкг-ат/л - выделяются области высоких концентраций на глубинах 100, 300, 500 м - до 3 - 8 мкг-ат/л, что связано, по всей вероятности, с глубиной обитания зимующего фонда зоопланктона.

Летом, в период устойчивой стратификации вод и интенсивного фотосинтеза фитопланктона, в верхнем 100-метровом слое прослеживается максимум азота аммонийного на глубине 30-75 м - до 2,2 мкг-ат/л; одновременно существенно возрастают фоновые концентрации ниже 100 м, достигая на отдельных участках, как правило, в водах фронтальной структуры, на глубине 1000 м - 0,6 - 0,8 мкг-ат/л. Величины содержания мочевины и характер ее распределения в фотическом слое были такого же порядка, что и аммиака, однако не превышая в более глубоких слоях во всех типах вод 0,2-0,3 мкг-ат/л.

О высокой интенсивности продукционно-деструкционных процессов в районе ЮПФЗ свидетельствуют также значительные количества нитритного азота, особенно в летне-осенний период. В апреле 1988 г. в восточной части обследованного полигона на разрезе по 25° з.д. отмечались повышенные концентрации нитритов: до 0,87 мкг-ат/л на 100 м, до 1,50 мкг-ат/л на 200 м и 0,35-0,42 мкг-ат/л на 1000 м. В июне 1989 г. пятна повышенного их содержания - 0,4 - 0,6 мкг-ат/л - наблюдались по всей акватории; фоновые величины глубже 100 м - более 0,3 мкг-ат/л.

Максимальные количества органического азота - до 10 - 16 мкг-ат/л - одновременно с максимальными концентрациями аммонийного азота - до 1,2-2,8 мкг-ат/л - отмечались в июне 1989 г. по всей толще до глубины 1000 м в зонах интенсивного погружения антарктических вод.

Исследования органического фосфора в районе ЮПФЗ, выполненные в марте-апреле 1988 г., показали, что его количество в поверхностном слое было равно 0,2-0,8 мкг-ат/л, что составляло 20 - 50% от валового. Причем на отдельных станциях отмечались концентрации $P_{\text{орг}}$ до 0,45-0,66 мкг-ат/л на горизонтах 800-1000 м, что составляло 20-30% от валового фосфора вопреки существующему мнению о минимуме или полном отсутствии органического фосфора на этих глубинах. В июне этого же года с уменьшением интенсивности фотосинтеза количество $P_{\text{орг}}$ снизилось до 0,2-0,3 мкг-ат/л (максимум 0,4 мкг-ат/л), процент минерального фосфора от валового 106

увеличился до 80-90%, что свидетельствует о начале зимнего накопления его минеральных форм.

Таким образом, как следует из изложенного выше, биологические процессы ЮПФЗ определяются в большой степени особенностями гидрохимических условий, которые, в свою очередь, находятся под воздействием физико-динамических факторов и тесно связаны со степенью влияния на область ЮПФЗ того или иного типа вод.

Гидрологическая обстановка в ЮПФЗ, а именно наличие циклонических и антициклонических круговоротов, способствует интенсивному скапливанию фитопланктона и созданию областей повышенной продуктивности как во внутренних частях первых, так и на периферии вторых (Кобленц-Мишке, 1985). В зоне погружения антарктических вод под субантарктические за счет высокого содержания биогенных элементов, особенно в водах высокоширотной модификации у южной границы ЮПФЗ, при достаточной освещенности и устойчивой стратификации поверхностных вод в весенне-летне-осенний сезон создаются благоприятные условия для развития фитопланктона.

Содержание биогенных элементов в ЮПФЗ не лимитирует жизнедеятельность фитопланктона, за исключением кремния, особенно в субантарктических водах, однако фотосинтез в последних может, по всей вероятности, поддерживаться за счет регенерированного кремния.

Таким образом, в районе ЮПФЗ Атлантического океана в весенне-летне-осенний период идет интенсивное развитие фитопланктона и создается мощная кормовая база для живых организмов, в том числе для миктофид.

Детальные исследования содержания и количественного распределения некоторых связанных с жизнедеятельностью фито- и зоопланктона параметров, таких как аммиак, мочевины, органические соединения азота и фосфора, показали, что максимальные количества органики скапливаются в районе градиентных зон по всей толще до глубины 1000 м, особенно у южной границы ЮПФЗ, а также в районе различных круговоротов (как циклонических, так и антициклонических). Именно на этих участках, где, по всей вероятности, имеется хорошая кормовая база, отмечались скопления миктофид.

1. Из гидрохимических показателей лучшими индикаторами ЮПФЗ являются кислород (северная граница) и кремний (южная граница). Изменение знака градиентов гидрохимических характеристик позволяет выделять различные водные массы в пределах ЮПФЗ.

2. Анализ сезонной изменчивости гидрохимических параметров показал, что максимальные количества биогенных элементов наблюдаются зимой при слабой стратификации вод, минимальные — летом при наибольшем влиянии субантарктических вод и интенсивном развитии фитопланктона.

3. Наиболее значительные изменения в течение года претерпевает кремний, который потребляется в самых значительных количествах, а регенерирует медленнее, чем азот и фосфор. Именно кремний может лимитировать развитие фитопланктона в районе ЮПФЗ в летний сезон.

4. В весенне-летний период в районе ЮПФЗ при наличии устойчивой стратификации и высокого содержания биогенных элементов, составляемых как с антарктическими водами с юга, включая воды высокоширотной модификации уэдделловоморского происхождения, так и за счет регенерации идет интенсивное развитие фитопланктона, и создается мощная кормовая база для развития живых организмов, в том числе миктофид.

Список использованной литературы

К о б л е н ц — М и ш к е О. И. Фотосинтетическая первичная продукция // Биологические ресурсы океана. — М.: Агропромиздат, 1985. — С. 48–62.

К о р т В. Г. Исследование южного полярного океанологического фронта // Антарктика. — Вып. 25. — М.: Наука, 1986. С. 162–175.

М о р д а с о в а Н. В., Исследование хлорофилла в ЮПФЗ Атлантического океана с использованием погружаемого флуориметра "Акватрака" // Биологические ресурсы: состояние, перспективы и проблемы их рационального использования. — Электроника Карлсберга в

Южной Полярной фронтальной зоне. Т. 2: Сборник научных трудов. М.: ВНИРО, 1991.

С о в р е м е н н ы е методы количественной оценки распределения морского планктона / Под ред. М.Е.Виноградова. - М.: Наука, 1983. - 279 с.

В.Л.Зубаревич, Н.В.Мордасова (ВНИРО)

АЗОТ АММОНИЙНЫЙ И МОЧЕВИНА В РАЙОНЕ ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ФРОНТАЛЬНОЙ ЗОНЫ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

В районе Южной Полярной фронтальной зоны (ЮПФЗ) юго-западной части Атлантического океана, как в антарктических, так и в субантарктических водах, азот практически не лимитирует развитие фитопланктона (Особенности..., 1990), количество нитратного азота достаточно велико во все сезоны. Однако фитопланктон является активным потребителем и других его форм, как минеральных, так и органических. В первую очередь это касается азота аммонийного, который, по данным некоторых авторов (Gilbert et al., 1982), является даже более предпочтительным по сравнению с другими формами азота. То же самое можно сказать и относительно мочевины, которая для многих диатомовых по потреблению стоит на втором месте после аммиака (Harvey et al., 1967). Исследование этих форм азота в последнее время приобретает все большее значение при изучении процессов трансформации и утилизации азотистых соединений в морской воде. Однако вследствие методических трудностей количество данных по аммонийному азоту, и особенно по мочеvine, весьма немногочисленно, а для района ЮПФЗ южной части Атлантического океана они практически отсутствуют.

В 1987-1988 гг. в XII и XIV рейсах РТМС "Возрождение" в юго-западной части Атлантического океана, в районе ЮПФЗ, на участке, ограниченном 48-52° ю.ш.; 24-40° з.д., представляющем весьма большой интерес с точки зрения биопродуктивности, был выполнен широкий комплекс гидрохимических определений, включая азот аммонийный и мочеvinу. Определения последних осуществлялись на про-