

Е.В. Бородин

ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ВОДНЫХ МАСС АНТАРКТИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

E.V. Borodin

VERTICAL STRUCTURE OF ANTARCTIC INTERMEDIATE WATER IN SOUTH PACIFIC

Проводится исследование вертикальной структуры промежуточных водных масс южной части Тихого океана с использованием кластерного анализа на основе данных температуры и солёности проекта Argo. Полученные результаты сравниваются с результатами, полученными ранее другими авторами. Впервые производится изучение межгодовой изменчивости верхней и нижней границ промежуточных водных масс южной части Тихого океана. Рассматривается межгодовая изменчивость температуры и солёности в ядре промежуточной водной массы Антарктического происхождения.

Ключевые слова: южная часть Тихого океана, водные массы, кластерный анализ, межгодовая изменчивость.

Research of vertical structure in Antarctic intermediate water in South Pacific with used cluster analysis and T,S-data of Argo project is performed. Result is compared with result from other authors. In the first time was research interannual variability of vertical structure in Antarctic intermediate water in South Pacific. Interannual variability of temperature and salinity in core of Antarctic intermediate water is research.

Key words: South Pacific, water mass, cluster analysis, interannual variability.

Введение

Акватория южной части Тихого океана (ЮТО), является наиболее продуктивным океаническим районом тихоокеанского бассейна и наибольшим по площади промысловым районом Мирового океана. Начатые в 1978 г. промыслово-океанологические исследования этого района продолжались вплоть до 1991 г. и были остановлены в связи с прекращением промысла из-за финансово-экономических проблем рыболовной отрасли бывшего СССР.

Всего за период 1978–1991 гг. было проведено 173 научно-исследовательских и промысловых экспедиций. Основным видом рыбы, который встречался в тралах являлась ставрида *Trachurus murphyi* Nicols, 1920. За период 1978–1991 гг. было выловлено

13 млн т рыбы, из них 10,78 млн т ставриды, что составляет 78,6 % от мирового улова ставриды [Котенов и др., 2005]. На всем протяжении от Южной Америки до Новой Зеландии встречались особи рыб на всех стадиях жизненного цикла. Это позволило установить здесь наличие так называемого «ставридного пояса» — гиперпопуляции ставриды, биомасса которой по различным оценкам составляет десятки миллионов тонн [Елизаров и др., 2005; Гордеева и др., 2008].

Хорошая промысловая обстановка, наблюдавшаяся в период промысла с 1978 по 1991 г., была обусловлена наличием стабильной кормовой базы для рыбы, основу которой составляет планктон. Ее формирование можно объяснить близостью Антарктики, где наблюдается повышенная концентрация биогенных элементов [Малинин, Гордеева, 2009]. Такое распределение биогенов объясняется уменьшением количества солнечной радиации при продвижении на юг и как следствие — замедлением процесса фотосинтеза, что приводит к сохранению количества биогенных веществ. Отсутствие преград на всем протяжении субантарктического фронта (САФ) позволяет антарктической воде беспрепятственно проникать в область умеренных широт ЮТО и увеличивать биологическую продуктивность, поддерживая кормовую базу обитающей в ЮТО популяции ставриды. Таким образом, изучение слоев антарктической воды в ЮТО является актуальной задачей.

Попадая в ЮТО, антарктическая вода формирует промежуточный тип водных масс (ВМ), который в ЮТО представлен двумя ВМ: подповерхностной промежуточной водной массой (ППрВ), которая в западной классификации имеет название субантарктическая модовая вода (САМВ) и промежуточной водной массой Антарктического происхождения (АПрВ). Основной целью данной работы является изучение их вертикальной структуры. Полученные результаты сравниваются с полученными ранее другими авторами.

Материалы и методы

Исходными данными послужили результаты проекта Argo, который представляет собой систему глубоководного зондирования Мирового океана дрейфующими буями. Суть проекта: создание долговременной, глобальной сети океанографических станций. Временной интервал, через который происходит выполнение гидрологической станции буюм, составляет 10 суток, нижний горизонт измерений — 2000 м. Используемые данные проходят верификацию и поступают в открытый доступ с 2004 г. С недавнего времени авторами проекта предоставляются данные, осредненные по месяцам, прошедшие интерполяцию в узлы одноградусной сетки и размещенные на сайте [http://www.argo.ucsd.edu/Marine_Atlas.html].

В работе использовалась выборка среднемесячных значений температуры воды (T) и солёности (S) за период с 2004 по 2013 г. с пространственным ограничением 32,5–61,5° с.ш., 88,5–170,5° з.д., дискретностью 1 градус. Исследовался слой 0–2000 м, разбитый на 58 горизонтов. Осреднение по годам производилось автором статьи в каждой точке используемой выборки.

В результате обработки данных был сформирован набор из 10 матриц (по количеству лет с 2004 по 2013 г.) по T и S размером 160000 точек в пространстве. Набор матриц

создан с целью анализа межгодовой изменчивости. К сожалению, значительный объем данных не позволяет непосредственное проведение «объемного» кластерного анализа [Малинин, Гордеева, 2009], который в этом случае был бы более целесообразен. Поэтому было принято решение ограничиться тремя разрезами, которые, на наш взгляд, достаточно адекватно обеспечивают представление о распределении ВМ на всей акватории. Меридиональные разрезы были проведены по долготам: 88,5, 130,5, 170,5° з.д. (рис. 1).

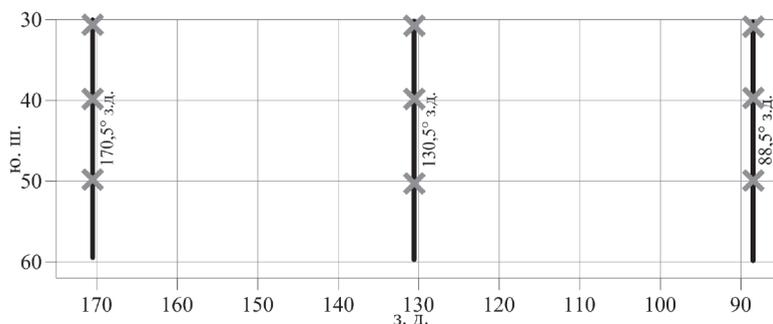


Рис. 1. Пространственное положение гидрологических разрезов; крестики — точки для которых производился T,S -анализ

Для выделения ВМ на каждом из указанных разрезов применялся кластерный анализ в двухмерном пространстве. При этом иерархическая классификация производилась методом Уорда, в качестве дистанции объединения использовалась евклидова метрика, объектами классификации выступали точки в пространстве, а признаками выступали среднегодовые значения T и S в каждой точке разреза. Предварительно выполнялась статистическая стандартизация данных по T и S .

Для определения пространственных координат центра ВМ (термохалинного индекса) вначале выполнялся расчет средних значений T и S (таблица), принимаемых за центр ВМ, а затем строилась евклидова метрика центра в двухмерном пространстве со всеми точками водной массы. Точка, имеющая минимальное расстояние до центра ВМ, принималась за термохалинный индекс и легко идентифицировалась в пространстве.

Статистические характеристики водных масс ЮТО для среднеголетних годовых условий

	Характеристика	Кол-во точек	Среднее	Стандартное отклонение	Максимум	Минимум
СТВМ	Глубина, м	676	94,08	446,21	340,00	2,50
	Соленость, psu		34,72	4,17	35,55	33,93
	Температура, °C		14,05	0,31	19,74	11,13
САПрВ	Глубина, м	674	203,66	433,43	500,00	2,50
	Соленость, psu		34,42	4,08	34,88	33,93
	Температура, °C		9,32	0,31	11,13	7,87

	Характеристика	Кол-во точек	Среднее	Стандартное отклонение	Максимум	Минимум
АПрВ	Глубина, м	1442	358,14	437,18	1200,00	2,50
	Соленость, psu		34,25	4,03	34,49	33,95
	Температура, °С		6,24	0,30	7,89	4,36
ГлВМ	Глубина, м	1168	836,43	487,67	1975,00	2,50
	Соленость, psu		34,32	0,30	34,74	33,89
	Температура, °С		2,75	4,05	4,38	0,55

Для оценки равенства выборочных средних по классам использовалась проверка нулевой гипотезы о равенстве выборочных средних по критерию Стьюдента ($t_{кр}$) [Малинин, 2008]. Принятая величина уровня значимости $\alpha = 0,05$.

Результаты и обсуждение

Согласно известной классификации Мамаева [Мамаев, 1987], в ЮТО в пределах изучаемых горизонтов присутствуют следующие ВМ: субтропическая тропосферная вода (СТВМ), антарктическая поверхностная и промежуточные воды и глубинная водная масса (ГлВМ). Тропосферные воды располагаются в приповерхностных слоях океана на глубинах от 100 до 500–900 м и приурочены к антициклоническим круговоротам. Промежуточные воды представляют собой границу между тропосферой и стратосферой и располагаются на глубинах от 600–800 м в восточной части ЮТО до 1200 м в западной части. ГлВМ занимает наибольший объем в океане и имеет минимальную изменчивость T и S . Важно, что в зависимости от широты одна и та же водная масса может быть расположена как на поверхности океана, так и находиться в толще океана. Так, например, ГлВМ выходит на поверхность океана к югу от южного полярного фронта (ЮПФ), а промежуточная водная масса Антарктического происхождения (АПрВ) в соответствии с представлениями об ее образовании [Sloyan, Rintoul, 2001; Кошляков, Тараканов, 2005] находится на поверхности между южным полярным фронтом и субантарктическим фронтом.

Прежде всего, был проведен классический T,S -анализ для трех точек на каждом из выбранных меридиональных разрезов (рис. 1). Результаты T,S -анализа для среднегодовых значений T и S представлены на рис. 2. Характерной особенностью T,S -кривых для восточного разреза (рис. 2) является «веерообразная» форма, свойственная областям горизонтального взаимодействия ВМ. В частности, следует упомянуть о ярко выраженном экстремуме в солености на $32,5^\circ$ ю.ш., который располагается на глубине 670 м (рис. 2). Его наличие является следствием проникновения холодных антарктических вод на север в потоке южного антициклонического круговорота. Для двух других разрезов экстремумы солености выражены не так ярко.

T,S -кривая для центрального разреза (рис. 2) имеет гораздо более сглаженный характер и не имеет ярко выраженных экстремумов. Это объясняется отсутствием каких-либо факторов, прежде всего, течений, которые могли бы в значительной степени влиять на изменчивость ВМ в данной зоне ЮТО. На T,S -диаграмме (рис. 2) отчетливо видны ядра поверхностной субтропической и поверхностной субантарктических ВМ и АПрВ.

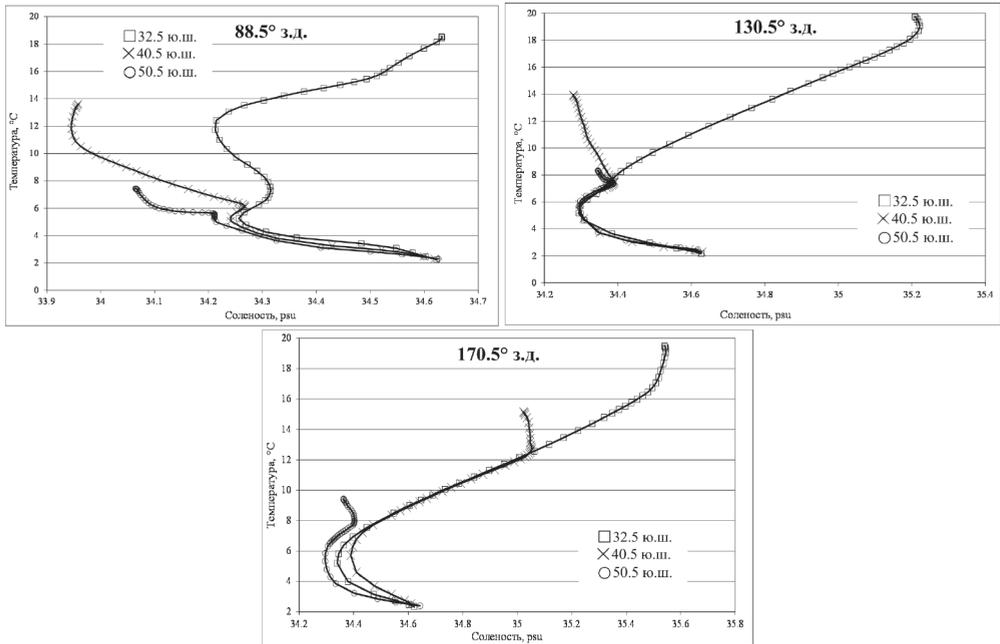


Рис. 2. T,S -кривые для отдельных точек меридиональных разрезов (см. рис. 1)

При сравнении T,S -кривых для 130,5 и 170,5° з.д. на рис. 2, следует отметить различие в формах кривых для точек на 40,5 и 50,5° ю.ш. На этих точках в западной части ЮТО ядра подповерхностных ВМ имеют более высокие значения T и S по сравнению с центральным разрезом. Это объясняется тем, что в западной части ЮТО происходит поворот южного антициклонического круговорота на юг и, соответственно, вынос на юг теплых субтропических вод.

В результате анализа T,S -кривых, как и ожидалось, на указанных разрезах могут быть выделены следующие основные ВМ: 1) ГлВМ; 2) Промежуточная водная массы (ПрВМ); 3) СТВМ.

Указанная классификация использовалась для выбора количества классов при выполнении кластерного анализа.

На рис. 3 приведена дендрограмма классификации среднееголетних годовых значений T и S в слое 0–2000 м для трех меридиональных разрезов. Видно, что четко выделяются две основные ВМ. В один из главных иерархических уровней выделяется СТВМ (рис. 3), другой иерархический уровень состоит из ПрВМ и ГлВМ. При этом ПрВМ может быть разбита еще на 2 ВМ: АПрВ и субантарктическую промежуточную водную массу (САПрВ). Указанные три класса представляют собой структурные зоны (соответственно поверхностную, промежуточную и глубинную) океана, которые были выделены Степановым [1983]. Исходя из классических представлений, приведенных выше, автором было принято решение считать оптимальным выделение 4-х классов.

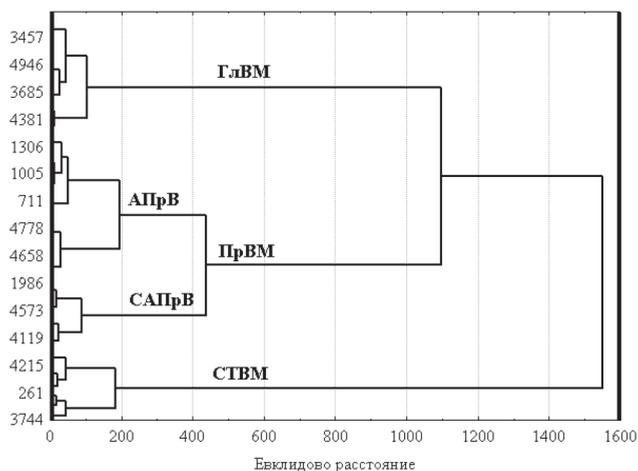


Рис. 3. Дендрограмма классификации среднееголетних значений T и S в слое 0–2000 м для трех разрезов ЮТО (см. рис. 1)

На рис. 4 представлено вертикальное распределение ВМ по среднееголетним годовым данным о T и S на меридиональных разрезах. Нетрудно видеть, что наименьший объем среди всех выделенных ВМ занимает СТВМ. В восточной части ЮТО она располагается к северу от 44° ю.ш. В центральной части она занимает на поверхности такую же акваторию, как и в западной, причем ее нижняя граница располагается на глубине 300 м. В восточной части ЮТО ее нижняя граница доходит лишь до 200 м. Центры СТВМ расположены на глубине 100 м и $34\text{--}35^\circ$ ю.ш. в восточной и центральной частях ЮТО. В западной части ЮТО центра СТВМ смещен на юг до 50° ю.ш. и расположен у поверхности на глубине 30 м. Это свидетельствует о том, что в данной части океана на юг выходят теплые и соленые субтропические воды.

Несмотря на отсутствие САПрВ на T, S -диаграммах, ее выделение объясняется наличием подстилающего слоя подповерхностных промежуточных вод, который был выделен в работе [Кукса, 1983] и который в работе [Кошляков, Тараканов, 2005] был назван САМВ. Кроме того, ее наличие отчетливо видно на дендрограмме (рис. 4). На поверхности САПрВ занимает наибольшую площадь в центральной части ЮТО и примерно одинаковую в восточной и западной части ЮТО (рис. 4). Отметим, что пространственное расположение поверхностных водных масс в общем неплохо согласуется с типизацией температуры поверхностного слоя воды в работе [Гордеева, Малинин, 2008].

Наибольший объем САПрВ занимает в западной части ЮТО и примерно одинаковый в восточной и центральной частях. Верхняя граница САПрВ совпадает с нижней границей СТВМ. Нижняя граница САПрВ доходит до глубины 400 м в восточной и центральной частях ЮТО и опускается до 580 м в западной части (рис. 4). Центр САПрВ смещается на юг при продвижении с востока на запад от 34 до 51° ю.ш. и поднимается к поверхности от 300 м на востоке до 30 м на западе.

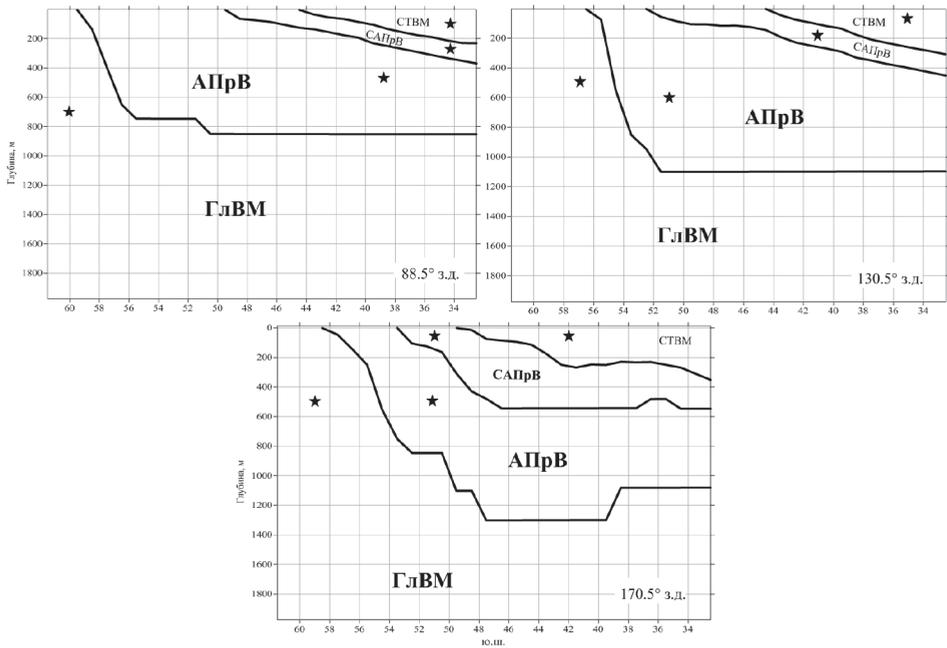


Рис. 4. Распределение ВМ на меридиональных разрезах (см. рис. 1) по среднееголетним годовым данным; звездами обозначены центры ВМ

Наибольшую площадь на поверхности АПрВ занимает в восточной части ЮТО, распространяясь от 50 до 60° ю.ш. (рис. 4). В центральной и западной частях она занимает полосу шириной 4 градуса. Верхняя граница по глубине совпадает с нижней границей САПрВ. Нижняя граница опускается от 850 м в западной части ЮТО до 1300 м в восточной части района, что в целом совпадает с результатами, полученными в работе [Кошляков, Тараканов, 2005]. Центр АПрВ находится на широте 51° ю.ш. в западной и центральной частях на глубинах 600 и 500 м соответственно. В восточной части ЮТО центр АПрВ смещен на юг до 39° ю.ш. и находится на глубине 500 м.

Результаты для ГлВМ нельзя считать полностью репрезентативными, поскольку для этой ВМ была определена только ее верхняя граница, которая, как и в случае со всеми предыдущими ВМ совпадает с нижней границей настилающей ВМ, а именно с АПрВ.

Рассмотрим теперь межгодовую изменчивость ВМ, которая в более ранних работах [Кошляков, Тараканов, 2005; Малинин, Гордеева, 2008] не исследовалась из-за отсутствия необходимых для этого данных. На рис. 5 приводится межгодовая изменчивость положения вертикальных границ ВМ за период 2004–2013 гг., которые выделялись для каждого года и потом определялся размах их колебаний по разности максимального и минимального значений. Нетрудно видеть, что глубина положения верхней границы ГлВМ изменялась в пределах глубин от 700 до 1200 м в восточной части ЮТО и в пределах 1100–1400 м в западной части ЮТО. Нижняя граница находилась везде ниже 2000 м.

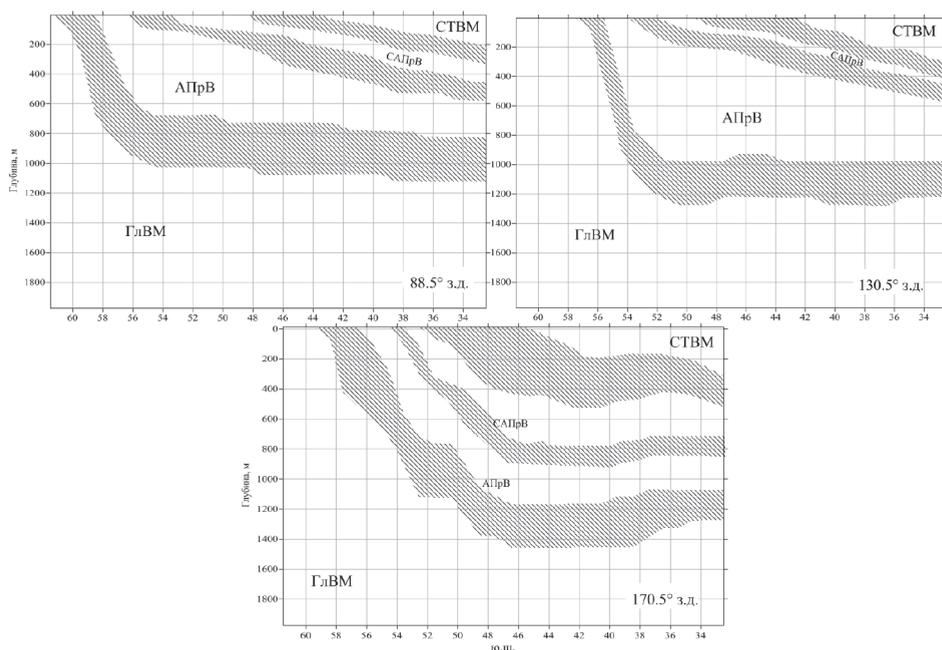


Рис. 5. Пределы изменения границ водных масс для трех разрезов с 2004–2013 гг., выделенные на основе кластерного анализа по данным проекта Argo; подписи означают название водной массы (описание дается в тексте)

Глубина залегания нижней границы АПрВ в период с 2004 по 2013 г. изменялась от 700 до 1200 м в восточной части ЮТО, до 1100–1400 м в западной части ЮТО. Верхняя граница АПрВ на разрезе 88,5° з.д. имеет наклонное положение и поднимается до максимальной глубины 500 м. В западной части ЮТО (разрезы 130,5° и 170,5° з.д.), верхняя граница проходит параллельно дну и располагается на глубинах 500–700 и 800–900 м. Если учитывать, что в работе [Кошляков, Тараканов, 2005] использовались данные, полученные в период 1991–1993 гг., то результаты данного исследования можно считать более репрезентативными, и в целом, они соответствуют полученным в [Кошляков, Тараканов, 2005] результатам. Верхняя граница АПрВ соответствует нижней границе САПрВ. Максимальная глубина верхней границы САПрВ увеличивается с запада на восток от 200 до 500 м.

В результате анализа пространственной изменчивости положения границ ВМ было выявлено, что на разрезе 88,5° з.д. отмечается синхронное изменение всех границ ВМ, и, следовательно, их объемы изменяются пропорционально друг другу. На разрезах 130,5 и 170,5° з.д. такой синхронности не наблюдается — при заглублении границы между СТВМ и САПрВ может происходить подъем границы между АПрВ и ГлВМ. Другой особенностью является зависимость амплитуды изменения положения границ между ВМ от глубины на разрезах 88,5 и 130,5° з.д.: чем глубже здесь залегает ВМ, тем больше амплитуда изменения ее границ (рис. 5). На разрезе 170,5° з.д. максимальный

размах имеет граница между СТВМ и САПрВ. Это объясняется тем, что в данной части океана вместе с южным субтропическим круговоротом с севера поступает теплая и соленая вода, разбавляя более холодную и пресную воду, поэтому нижняя граница СТВМ в этой зоне океана имеет максимальную изменчивость.

В заключение оценим межгодовую изменчивость T и S воды в центре АПрВ (рис. 6). Заметим, что ранее уже выполнялось изучение межгодовой изменчивости на горизонтах промежуточных вод [Бородин, 2014; Чернышков и др., 2014], однако в этих работах изучению подвергалась только лишь изменчивость параметров T и S и их отклонение от среднемноголетней нормы.

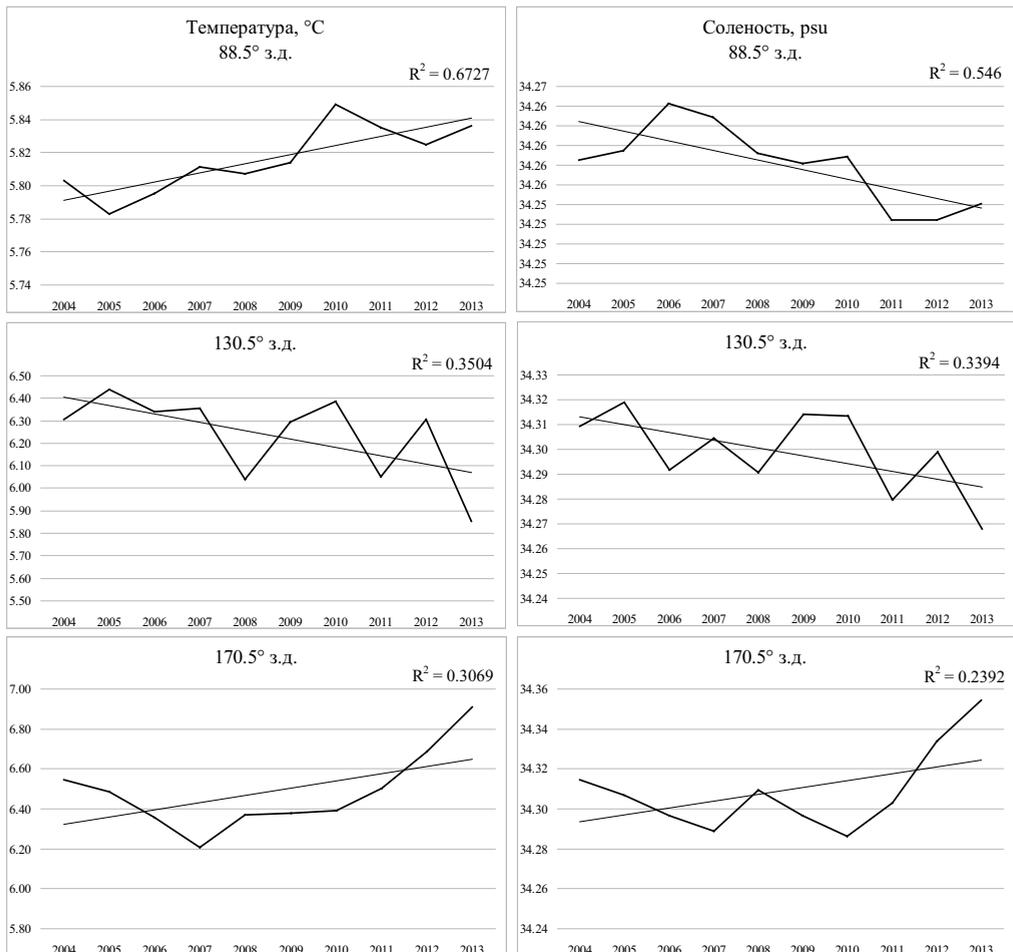


Рис. 6. Графики межгодовой изменчивости T и S в центре АПрВ; местоположение центра показано на рис. 4

Как видно из рис. 6, характер межгодовой изменчивости T и S на разных разрезах существенно различен. В восточной части ЮТО (положение центра: $88,5^\circ$ з.д., 39° ю.ш., 500 м) параметры T и S имеют разное направление тренда (положительный тренд для T и отрицательный тренд для S). В центральной ($130,5^\circ$ з.д., 51° ю.ш., 600 м) и западной ($170,5^\circ$ з.д., 51° ю.ш., 500 м) частях океана знаки трендов в T и S совпадают (в центральной — тренды убывают, в западной — возрастают). Разнонаправленный характер трендов в восточной части ЮТО, скорее всего, объясняется постоянным затоком пресных вод с юга.

Прежде всего, следует указать на разницу величин стандартного отклонения (СТО) T, S -параметров между различными разрезами. Величина СТО для T в восточной части ЮТО составляет $0,02^\circ\text{C}$, в то время как в центральной и западной частях она повышается до $0,19$ и $0,20^\circ\text{C}$ соответственно. Величина СТО для S в восточной части ЮТО составляет $0,004$ psu, а в центральной и западной частях она достигает значений $0,16$ и $0,02$ psu соответственно. Это говорит о том, что в центральной и западной частях параметры T и S подвержены в 10 раз большей изменчивости по сравнению с восточным разрезом. Другой особенностью восточного разреза является наличие разнонаправленных трендов (рис. 6) для T и S по сравнению с центральным и западным разрезами. Это объясняется наличием в восточной части ЮТО южного залива пресных вод, которые опресняют соленые северные воды. А постепенное уменьшение S говорит о постоянном проникновении антарктической воды в восточной части ЮТО, что статистически подтверждает вывод, сделанный в работе [Iudicone, 2007] о том, что восточная часть ЮТО является окном проникновения антарктической воды.

В центральной части ЮТО изменчивость T и S подвержена значительным флуктуациям в отличие, например, от западного разреза на котором наблюдается плавное изменение параметров T и S . На протяжении 2004–2007 гг. в западной части ЮТО наблюдалось уменьшение T и S , а после 2007 и до 2013 г. наблюдается их четкое повышение. Однако с чем связана такая разнонаправленная изменчивость, пока что не ясно.

Выводы

В ЮТО выделены следующие ВМ: субтропическая поверхностная водная масса (термохалинный индекс $14,05^\circ\text{C}$, $34,72$ psu), промежуточная водная масса, которая разделена на две — промежуточную водную массу антарктического происхождения ($6,24^\circ\text{C}$, $34,25$ psu) и субантарктическую промежуточную водную массу ($9,32^\circ\text{C}$, $34,42$ psu); и глубинная водная масса ЮТО ($2,75^\circ\text{C}$, $34,32$ psu).

У каждой водной массы установлены вертикальные границы. В САПВ нижняя граница в центральной и западной частях ЮТО залегает на глубине 300 м, в восточной — на глубине 200 м, а ее верхней границей является поверхность океана. В САПрВ нижняя граница доходит до глубины 400 м в восточной и центральной частях ЮТО и опускается до 580 м в западной части. В АПрВ: нижняя граница простирается от 850 м в западной части ЮТО до 1300 м в восточной части района; верхняя граница по глубине совпадает с нижней границей САПрВ. В ГлВМ нижняя граница не определена, а верхняя граница совпадает с нижней границей АПрВ.

Показано, что на разрезе 88,5° з.д. отмечается синхронное изменение всех границ водных масс, и, следовательно, их объемы изменяются пропорционально друг другу; на разрезах 130,5 и 170,5° з.д. такой синхронности не наблюдается — при увеличении глубины границы между СТПВ и САПрВ может происходить углубление границы между АПрВ и ГлВМ. Межгодовой размах колебаний границ водных масс за исключением границы между СТПВ и САПрВ прямо пропорционален глубине: с увеличением глубины происходит увеличение амплитуды, с которой граница ВМ перемещается от года к году.

Анализ межгодовой изменчивости T и S в центре АПрВ выявил, что в восточной части ЮТО размах в колебаниях в 10 раз меньше для T и в 7 раз меньше для S по сравнению с центральной и западной частями океана. В восточной части ЮТО параметры T и S имеют разное направление тренда (положительный тренд для T , и отрицательный тренд для S). В центральной и западной частях направления трендов T и S параметров совпадают (в центральной — тренды убывают, в западной — возрастают). Разнонаправленный характер трендов в восточной части ЮТО скорее всего объясняется постоянным затокком пресных вод с юга.

Литература

1. *Бородин Е.В.* О межгодовой изменчивости температуры и солёности промежуточных водных масс антарктического происхождения в южной части Тихого океана. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 2014, № 3, с. 90–95.
Borodin E.V. O mezhgodovoy izmenchivosti temperatury i solenosti promezhutochnykh vodnykh mass antarkticheskogo proiskhozhdeniya v yuzhnoy chasti Tikhogo okeana. // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Estestvennye nauki, 2014, № 3, s. 90–95.
2. *Гордеева С.М., Малинин В.Н.* Типизация полей аномалий температуры поверхности юго-восточной части Тихого океана. // Ученые записки РГГМУ, 2008, вып. 8, с. 101–110.
Gordeeva S.M., Malinin V.N. Tipizatsiya poley anomalii temperatury poverkhnosti yugo-vostochnoy chasti Tikhogo okeana. // Uchenye zapiski RGGMU, 2008, vyp. 8, s. 101–110.
3. *Гордеева С.М., Малинин В.Н., Чернышков П.П.* О значении юго-восточной акватории Тихого океана в обеспечении страны рыбными ресурсами. // Изв. РГО, 2008, т. 140, вып. 6, с. 34–37.
Gordeeva S.M., Malinin V.N., Chernyshkov P.P. O znachenii yugo-vostochnoy akvatorii Tikhogo okeana v obespechenii strany rybnyimi resursami. // Izv. RGO, 2008, t. 140, vyp. 6, s. 34–37.
4. *Елизаров А.А., Гречина А.С., Котенев Б.Н., Кузнецов А.Н.* Перуанская ставрида *Trachurus symmetricus murphyi* в открытых водах южной части Тихого океана. // Вопросы ихтиологии, 1992, т. 32, вып. 6, с. 57–73.
Elizarov A.A., Grechina A.S., Kotenev B.N., Kuznetsov A.N. Peruanskaya stavrida *Trachurus symmetricus murphyi* v otkrytykh vodakh yuzhnoy chasti Tikhogo okeana. // Voprosy ikhtiologii, 1992, t. 32, vyp. 6, s. 57–73.
5. *Котенев Б.Н., Кухоренко К.Г., Глубокоев А.И.* История российского изучения и освоения биоресурсов ЮТО. Международное сотрудничество России в области рыболовства. // Труды ВНИРО, 2005, т. 145, с. 129–151.
Kotenev B.N., Kухorenko K.G., Glubokov A.I. Istoriya rossiyskogo izucheniya i osvoeniya bioresursov YuTO. Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo Rossii v oblasti rybolovstva. // Trudy VNIRO, 2005, t. 145, s. 129–151.
6. *Кошляков М.Н., Тараканов Р.Ю.* Промежуточные воды южной части Тихого океана. // Океанология, 2005, т. 45, № 4, с. 485–503.
Koshlyakov M.N., Tarakanov R.Yu. Promezhutochnye vody yuzhnoy chasti Tikhogo okeana. // Okeanologiya, 2005, t. 45, № 4, s. 485–503.
7. *Кукса В.И.* Промежуточные воды мирового океана. — Л.: Гидрометеиздат, 1983. — 272 с.
Kuksa V.I. Promezhutochnye vody mirovogo okeana. — L.: Gidrometeoizdat, 1983. — 272 s.

8. *Малинин В.Н.* Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. — СПб.: РГГМУ, 2008, — 408 с.
Malinin V.N. Statisticheskie metody analiza gidrometeorologicheskoy informatsii. — SPb.: RGGMU, 2008, — 408 s.
9. *Малинин В.Н., Гордеева С.М.* Промысловая океанология юго-восточной части Тихого океана. Том I. Изменчивость факторов среды обитания. — СПб.: РГГМУ, 2009. — 278 с.
Malinin V.N., Gordeeva S.M. Promyslovaya okeanologiya yugo-vostochnoy chasti Tikhogo okeana. Tom I. Izmenchivost' faktorov sredy obitaniya. — SPb.: RGGMU, 2009. — 278 s.
10. *Мамаев О.И.* Термохалинный анализ вод Мирового океана. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 296 с.
Mataev O.I. Termokhalinnyy analiz vod Mirovogo okeana. — L.: Gidrometeoizdat, 1987. — 296 s.
11. *Степанов В.Н.* Океаносфера. — М.: Мысль, 1983. — 271 с.
Stepanov V.N. Okeanosfera. — M.: Mysl', 1983. — 271 s.
12. *Чернышков П.П., Бородин Е.В., Чурин Д.А.* Влияние динамики вод на биомассу и распределение биологических ресурсов пелагиали южных частей Атлантического и Тихого океанов. // Вестник БФУ (Естественные науки), 2014, № 7, с. 142–154.
Chernyshkov P.P., Borodin E.V., Churin D.A. Vliyaniye dinamiki vod na biomassu i raspredeleniye biologicheskikh resursov pelagiali yuzhnykh chastey Atlanticheskogo i Tikhogo okeanov. // Vestnik BFU (Estestvennyye nauki), 2014, № 7, s. 142–154.
13. *Iudicone D., Rodgers K.B., Schopp R., Madec G.* An exchange window for the injection of Antarctic Intermediate Water into the South Pacific // J. Phys. Oceanogr., 2007, vol. 37, pp. 31–49.
14. *Sloyan B.H., Rintoul S.R.* Circulation, renewal, and modification of Antarctic Mode and Intermediate Water. // J. Phys. Oceanogr., 2001, vol. 31, pp. 1005–1030.