

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛЕТНИХ ТИХООКЕАНСКИХ ВОД В АРКТИЧЕСКОМ БАССЕЙНЕ

мл. науч. сотр. М.С.МАХОТИН

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, m-makhotin@mail.ru

В работе рассматриваются особенности распространения летних тихоокеанских вод (ЛТВ) в Арктическом бассейне. Для периода 1950–1989 гг. показано распространение среднего и максимального положения границ, теплосодержания, глубин залегания слоя ЛТВ. Обсуждается аномальное распространение ЛТВ в 2009 г., вызванное влиянием мощного антициклона. По данным 2008–2009 гг. демонстрируется, как изменяется конфигурация границ распространения ЛТВ в зависимости от режима атмосферной циркуляции.

Ключевые слова: летние тихоокеанские воды, Арктический бассейн, границы распространения, теплосодержание, глубины залегания, атмосферная циркуляция.

ВВЕДЕНИЕ

Период проведения Международного полярного года (МПГ) 2007/08 ознаменовался развитием аномальных процессов, происходивших в Северном Ледовитом океане (СЛО) [9], и в том числе в слое летних тихоокеанских вод (ЛТВ).

ЛТВ поступают на шельф Чукотского моря в летний период. Дойдя до кромки шельфа, ЛТВ, обладая более высокой соленостью по сравнению с поверхностными водами СЛО, заглубляются и в Арктическом бассейне выделяются по наличию локального максимума температуры, расположенного под верхним перемешанным слоем. Распространяясь по Арктическому бассейну, ЛТВ отдают свое тепло ниже- и верхнележащим слоям, оказывая влияние на температуру поверхностного слоя и толщину ледяного покрова [13].

Работа посвящена исследованию особенностей распространения ЛТВ в Арктическом бассейне.

Впервые воды тихоокеанского происхождения в Арктическом бассейне были обнаружены дрейфующей станцией «Северный полюс-2» (1950–1951 гг.) по наличию локального максимума температуры, располагавшегося выше слоя теплых атлантических вод. Позже океанографические экспедиции «Скиджамп» (США) в 1951–1952 гг. подтвердили существование экстремума температуры на глубинах 50–100 м. З.М.Гудковичем [3] было высказано предположение о том, что данный локальный максимум является результатом проникновения в бассейн вод теплого Тихоокеанического течения. Как было показано К.А.Бродским [2], среди планктона, населяющего данный слой, найдены тихоокеанские виды, не обнаруженные в других районах центральной части Арктического бассейна. А.Ф.Трешников [8] этот слой относительно теплых вод назвал летними тихоокеанскими и установил ареал их распространения. Впоследствии Л.К.Coachman и С.А.Barnes [10] и Е.М.Гушенков [5] более подробно рассмотрели характеристики и распространение данных вод в Арктическом бассейне. В работе [6] обобщаются выполненные ранее исследования.

Несмотря на то, что в опубликованных ранее работах приводятся данные о распространении ЛТВ, все они носят схематический характер и основываются на результатах эпизодических экспедиций, проводившихся до середины 1970-х гг.

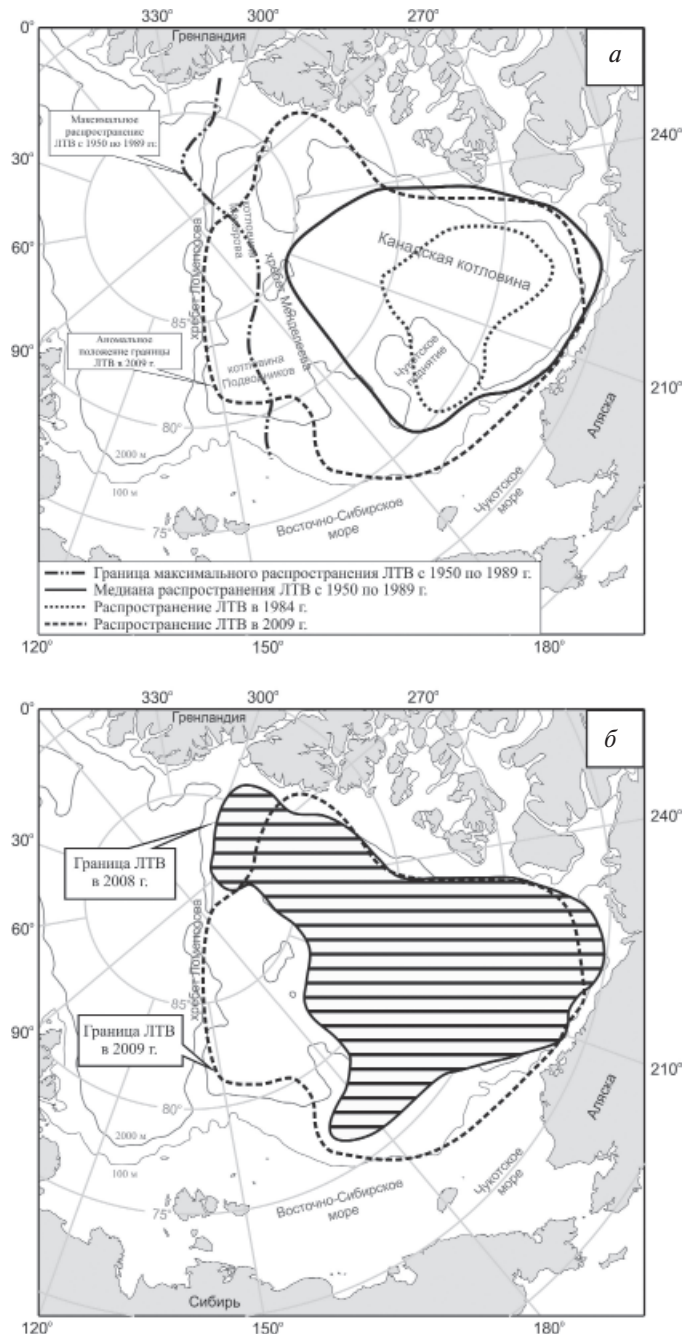


Рис. 1. Распространение ЛТВ в периоды 1950–1989 гг. (а) и 2008–2009 гг. (б)

В представленной работе впервые для периода 1950–1989 гг. приводятся данные о положении границ, распространении значений теплосодержания и глубин залегания слоя ЛТВ в Арктическом бассейне. Также показано положение ЛТВ в 2008 и 2009 гг., демонстрирующее аномальные процессы, происходящие в Арктике.

ДАнные И МЕТОды

Для определения распространения ЛТВ в Арктическом бассейне была использована база океанографических данных за зимний период Арктического и антарктического научно-исследовательского института, основу которой составляют материалы высокоширотных экспедиций «Север», проводившихся в зимний период (март–май) с 1948 по 1993 г. При создании массива данных значения температуры и солёности интерполировались на стандартные горизонты в узлы регулярной сетки 200×200 км. При отсутствии экспедиционных данных узлы сетки заполнялись реконструируемыми значениями, полученными с помощью метода объективного анализа, разработанного Покровским [7]. Метод был успешно применен при создании российско-американского Океанографического атласа СЛО [11].

Для определения положения ЛТВ в 2008 и 2009 гг. использовались значения температуры и солёности верхнего 200 м слоя СЛО, полученные с помощью автономных буев ИТР (Ice-Tethered Profiler), устанавливавшихся на дрейфующем льду [14]. Для дальнейшей работы значения температуры и солёности линейно интерполировались в узлы уже имеющейся регулярной сетки.

ЛТВ в Арктическом бассейне идентифицируются по наличию локального максимума температуры в слое с солёностью от 31 до 33 ‰ [10]. За верхнюю и нижнюю границы ЛТВ были приняты глубины положения изотермы $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, которая, как было показано ранее [1, 5, 6, 12], хорошо отображает положение локального максимума температуры. Стоит отметить, что используемый критерий носит условный характер. По проведенным расчетам, использование изотермы $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ в качестве границы выделения ЛТВ приводит к недоучету площади распространения и толщины слоя, которые в отдельные годы (по съемкам экспедиций «Север») могут достигать 15 и 10 % соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно полученным данным, в 2009 г. в Арктическом бассейне наблюдалось аномальное по сравнению с периодом 1950–1989 гг. положение границ ЛТВ, когда они распространились далеко на север вплоть до хребта Ломоносова, при том что в общем случае ЛТВ не распространяются севернее хребта Менделеева, занимая Канадскую котловину и Чукотское поднятие (рис. 1а). Степень изменчивости положения ЛТВ хорошо демонстрирует граница их распространения в 1984 г., когда значение площади было минимальным. В этот период ЛТВ занимали только центральную часть Канадской котловины и западную часть Чукотского поднятия.

Наибольшие средние значения теплосодержания (135 МДж/м^2) и толщины (70 м) слоя ЛТВ в период 1950–1989 гг. наблюдались в западной части Канадской котловины к востоку от Чукотского поднятия, куда с шельфа Чукотского моря стекают ЛТВ, обладающие наибольшими температурами (рис. 2а, 3). Под действием антициклонального круговорота ЛТВ могут в течение нескольких лет накапливаться в Канадской котловине, в результате чего их теплосодержание и толщина слоя обладают здесь всегда высокими значениями.

По мере удаления от Берингова пролива и юго-западной части Канадской котловины теплосодержание и толщина ЛТВ вследствие потери тепла уменьшаются, достигая минимальных значений в котловине Макарова (32 МДж/м^2 и 16 м соответственно). В свою очередь глубины залегания верхней границы увеличиваются с 50 м в Канадской котловине до 85 м в котловине Макарова, а глубины залегания нижней границы, напротив, уменьшаются с 125 до 100 м (рис. 3).

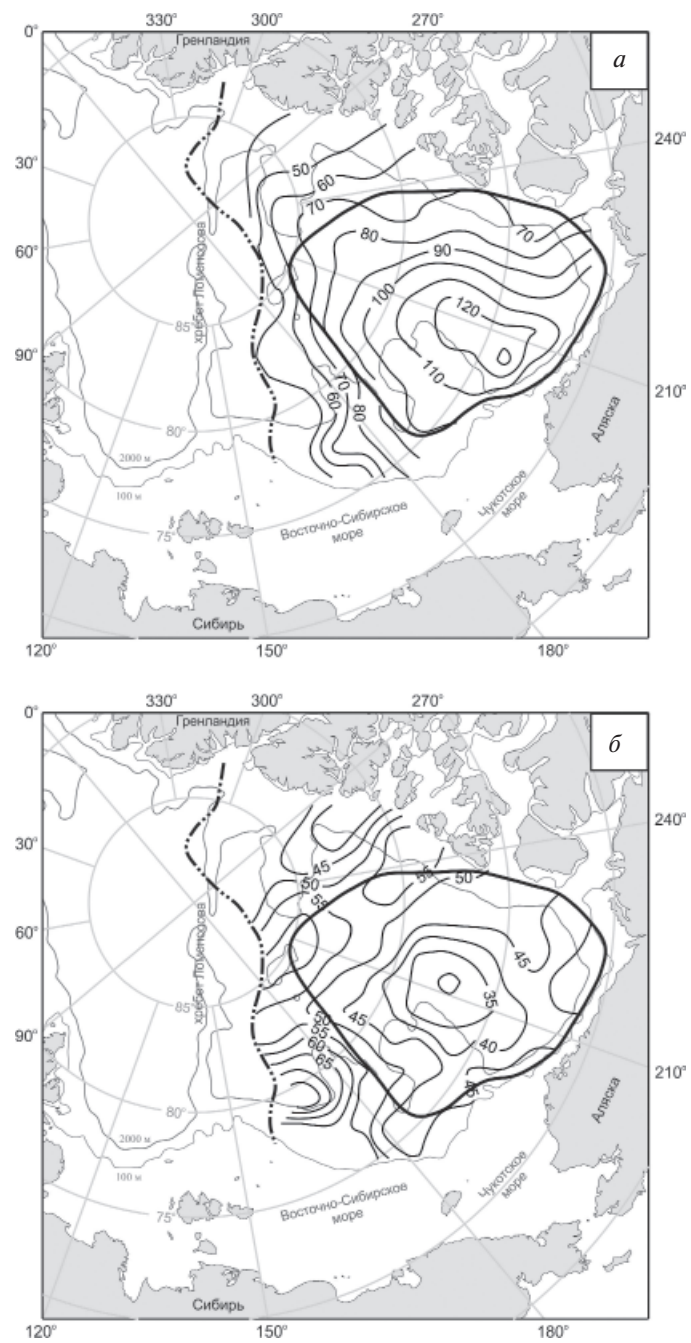


Рис. 2. Распространение средних значений теплосодержания (а) и их коэффициентов вариации (б) ЛТВ в Арктическом бассейне в период 1950–1989 гг.

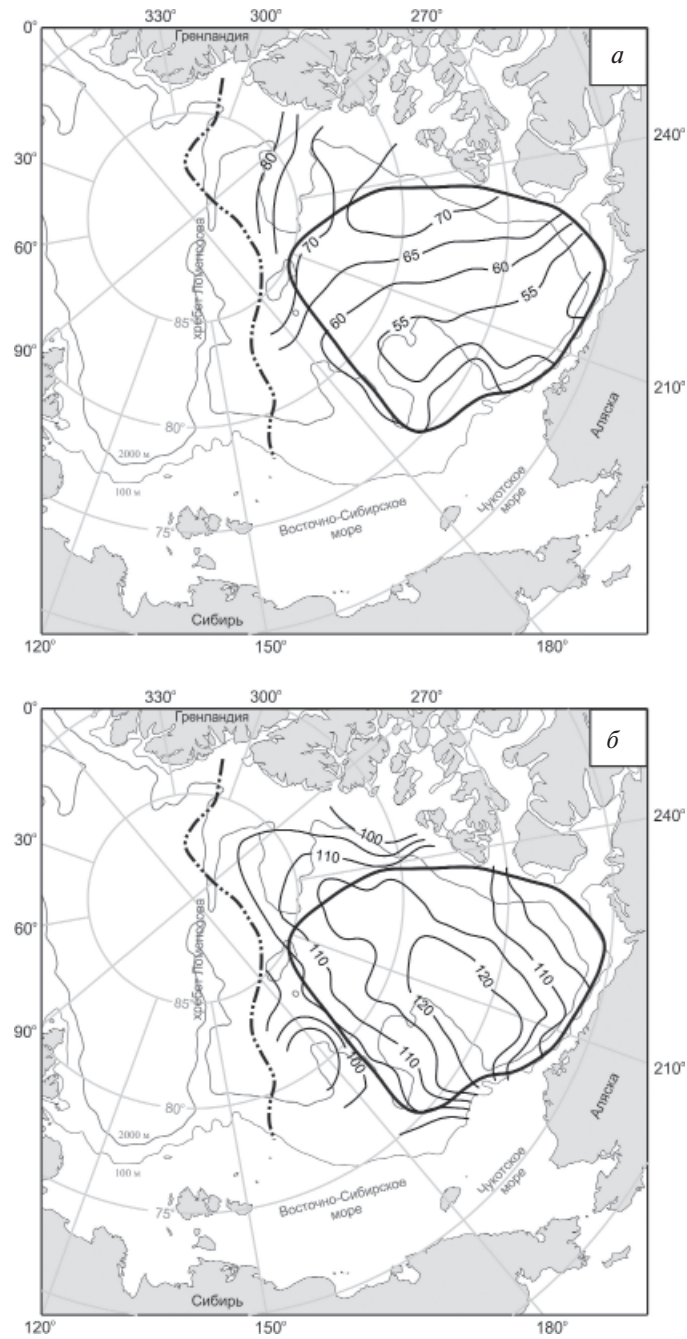


Рис. 3. Распространение средних значений глубин залегания верхней (а) и нижней (б) границ слоя ЛТВ в Арктическом бассейне в период 1950–1989 гг.

Рис. 2б демонстрирует значения коэффициентов вариации теплосодержания слоя ЛТВ, рассчитанных для каждого узла регулярной сетки. Коэффициенты показывают, какую долю среднего значения теплосодержания составляет ее средний разброс, демонстрируя тем самым области с наибольшей изменчивостью теплосодержания ЛТВ (до 60–65 %), которые наблюдаются на периферии их распространения в районе хребта Менделеева. Наименьшие значения (30–35 %) отмечаются к востоку от Чукотского поднятия в районе с наибольшими значениями теплосодержания ЛТВ.

ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из факторов, способных оказывать влияние на распространение ЛТВ, является атмосферная циркуляция над Арктическим регионом. В работе [4] З.М.Гудкович показал наличие двух преобладающих типов атмосферной циркуляции над Арктикой и ее влияние на перераспределение водных масс в Арктическом бассейне. В годы с преимущественным влиянием исландского минимума (циклональный режим) в Американо-Северном суббассейне сокращается антициклонический круговорот течений, стрежень Трансарктического течения смещен к востоку. В свою очередь в годы с преобладающим влиянием арктического максимума (антициклональный режим) стрежень Трансарктического течения смещен на запад. В работе [6] было показано, что влияние атмосферной циркуляции распространяется на верхний 200-метровый слой океана. Располагаясь в слое от 50 до 125 м глубины, ЛТВ также подвержены этому влиянию. Согласно полученным данным, аномальное распространение ЛТВ в 2009 г. было вызвано главным образом не дополнительным притоком вод через Берингов пролив, а произошло в результате перераспределения ЛТВ в самом Арктическом бассейне, о чем свидетельствует уменьшение средних значений толщины (с 49 до 41 м) и теплозапаса (с 137 до 107 МДж/м²) слоя ЛТВ при одновременном расширении границ их распространения с 2008 по 2009 г. (рис. 1б). При этом скорость распространения границы ЛТВ в северном направлении к хребту Ломоносова с 2008 по 2009 г. должна была составить 1–2 см/с, что не противоречит прямым измерениям [6, 12]. Подобное перераспределение и расширение границ ЛТВ могло произойти под действием аномально мощного антициклона, который распространился над территорией всего Американо-Северного суббассейна СЛО в период с июня 2007 по май 2008 г. (на основе данных приземного давления: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>).

По результатам экспедиционных съемок с 1989 по 2001 г. М. Steele [12] предположил, что при положительных значениях индекса Арктической осцилляции (АО), в целом соответствующих усилению циклонального режима циркуляции над Арктикой, происходит сужение и вытягивание границы распространения ЛТВ вдоль островов Канадского Арктического архипелага. В то время как при отрицательном значении индекса АО усиление антициклонального режима ведет к расширению круговорота Бофорта, а вместе с ним и границы распространения ЛТВ, в том числе и в северном направлении в сторону хребта Ломоносова. Особенности распространения ЛТВ в 2008 и 2009 гг. подтверждают высказанное предположение. Так, в 2008 г. ЛТВ были широко вытянуты вдоль островов Канадского Арктического архипелага и не распространялись севернее хребта Менделеева (рис. 1б). Среднегодовой индекс АО в этот период был положительным и составлял 0,18 (0,22 – среднее за два года). В 2009 г., когда ЛТВ распространились далеко на север, а западная граница была не так сильно вытянута, как в 2008 г., среднегодовой индекс АО был отрицательным и составил –0,33 (–0,08 – среднее за два года).

ВЫВОДЫ

В результате проведенного анализа впервые для периода с 1950 по 1989 г. было установлено распространение границ, теплосодержания, глубин залегания ЛТВ

в Арктическом бассейне. В среднем за рассматриваемый период ЛТВ располагались над территорией Канадской котловины и Чукотского поднятия, не распространяясь севернее хребта Менделеева. Максимальная граница распространения располагалась между хребтами Ломоносова и Менделеева. Наибольшие значения теплосодержания (135 МДж/м^2) и толщины (70 м) наблюдались в юго-западной части Канадской котловины и уменьшались по мере удаления от Берингова пролива, достигая минимума в котловине Макарова (32 МДж/м^2 и 16 м соответственно). В распространении глубин залегания слоя ЛТВ наблюдалась тенденция поднятия нижней (с 125 до 100 м глубины) и опускания верхней (с 50 до 85 м глубины) границ при продвижении от Канадской котловины к хребту Ломоносова и котловине Макарова.

В 2009 г. под действием сильного антициклона наблюдалось аномальное распространение ЛТВ практически по всей территории Американо-Азиатского суббассейна вплоть до хребта Ломоносова. Увеличение площади распространения компенсировалось, главным образом, за счет уменьшения средней толщины слоя ЛТВ.

По данным 2008–2009 гг. было показано, как в зависимости от режима атмосферной циркуляции изменяется конфигурация границы распространения ЛТВ. При циклональном режиме, как наблюдалось в 2008 г., ЛТВ сужаются и вытягиваются на запад вдоль островов Канадского Арктического архипелага в сторону острова Элсмир и Гренландии. При антициклональном режиме циркуляции (2009 г.) происходит радиальное расширение границ ЛТВ, при котором они способны распространиться далеко на север вплоть до хребта Ломоносова.

Автор выражает благодарность Л.А.Тимохову и С.А.Кириллову за внесенные замечания и исправления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинов Н.И., Воробьев В.Н. Изменчивость температуры и глубин залегания тихоокеанских вод к северу от Чукотского моря // Труды ААНИИ. 1976. Т. 319. С. 73–80.
2. Бродский К.А. Жизнь в толще воды Полярного бассейна // Природа. 1956. № 5. С. 41–48.
3. Гудкович З.М. Результаты предварительного анализа глубоководных гидрологических наблюдений // Материалы наблюдений научно-исследовательской дрейфующей станции 1950/1951 г. 1955. Т. 1. С. 41–46.
4. Гудкович З.М. Об основных закономерностях дрейфа льдов в центральной части Полярного бассейна // Труды конференции по проблеме: Взаимодействие атмосферы и гидросферы в северной части Атлантического океана. 1961. Вып. 3–4. С. 25–42.
5. Гуценков Е.М. Распространение и метаморфизация тихоокеанских вод в Арктическом бассейне // Океанология. 1964. Т. 4. Вып. 1. С. 36–42.
6. Никифоров Е.Г., Шнайхер А.О. Закономерности формирования крупномасштабных колебаний гидрологического режима Северного Ледовитого океана. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 270 с.
7. Покровский О.М., Тимохов Л.А. Реконструкция зимних полей температуры и солености Северного Ледовитого океана // Океанология. 2002. Т. 42. № 6. С. 822–830.
8. Трешников А.Ф. Поверхностные воды в Арктическом бассейне // Проблемы Арктики. 1959. Вып. 7. С. 5–14.
9. Фролов И.Е., Ашик И.М., Кассенс Х., Поляков И.В., Прошутинский А.Ю., Соколов В.Т., Тимохов Л.А. Аномальные изменения термохалинной структуры Северного Ледовитого океана // Доклады Академии наук. 2009. Т. 429. № 5. С. 688–690.
10. Coachman L.K., Barnes C.A. The contribution of Bering Sea water to the Arctic Ocean // Arctic. 1961. № 14. P. 146–161.
11. Environmental Working Group [EWG], Joint U.S.-Russian Atlas of the Arctic Ocean, Oceanography Atlas for the Winter Period. Ed. by Tanis F., Timokhov L. University of Colorado, Boulder. 1997. CD-ROM.

12. Steele M., Morison J., Ermold W., Rigor I., Ortmeyer M., Shimada K. Circulation of summer Pacific halocline water in the Arctic Ocean // J. Geophys. Res. 2004. 109. C02027. doi:10.1029/2003JC002009.
13. Woodgate R.A., Weingartner T., Lindsay R. The 2007 Bering Strait oceanic heat flux and anomalous Arctic sea-ice retreat // Geophys. Res. Lett. 2010. 37. L01602. doi:10.1029/2009GL041621.
14. URL: www.who.edu/page.do?pid=20756 [дата обращения 08.09.2010].

M.S.MAKHOTIN

DISTRIBUTION OF PACIFIC SUMMER WATER IN THE ARCTIC BASIN

The study is focused on features of Pacific Summer water (PSW) distribution in the Arctic Ocean. Boundaries extensions, heat content, bedding depths of PSW are shown for a period 1950–1989. The anomaly extension of PSW boundaries are in 2009 caused by strong anticyclone activity. Two years observation in 2007–2008 illustrated the influence of atmospheric circulation over the Arctic on boundaries outline of PSW.

Keywords: Pacific Summer water, Arctic Basin, boundaries of extension, heat content, layer depth, atmospheric circulation.