

## ПОТЕПЛЕНИЕ В ЗАЛИВАХ ЗАПАДНОГО ШПИЦБЕРГЕНА: КРАТКОВРЕМЕННОЕ ЯВЛЕНИЕ ИЛИ УСТОЙЧИВАЯ ТЕНДЕНЦИЯ?

мл. науч. сотр. А.К.ПАВЛОВ<sup>1</sup>, канд. геогр. наук Б.В.ИВАНОВ<sup>1</sup>,  
инженер Д.М.ЖУРАВСКИЙ<sup>1,2</sup>, ст. науч. сотр. В.ТВЕРБЕРГ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Boris.Ivanov@aari.ru

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

<sup>3</sup>Норвежский Полярный институт, г. Тромсё (Норвегия)

*Проанализированы исторические океанографические данные для заливов Айс-фьорд и Грен-фьорд в контексте современного потепления климата. Используется электронный архив, содержащий более чем 500 океанографических станций, выполненных с конца XIX в. по настоящее время. Анализ временной изменчивости выявил общее увеличение максимальных температур воды, которое составило приблизительно 0,23 °С за десятилетие для обоих фьордов. Тренды статистически значимы и описывают около 46 % общей изменчивости. Максимум температуры, зафиксированный в начале XXI века, более чем на 1° превышает максимум, наблюдавшийся в предыдущем столетии.*

*Ключевые слова:* Шпицберген, океанографический режим, тенденции изменчивости.

### ВВЕДЕНИЕ

Характер общей циркуляции вод в Гренландском и Норвежском морях, а также в проливе Фрама достаточно хорошо исследован [4, 10]. Воды атлантического происхождения являются главным источником поступления тепла в Арктический бассейн (АБ) [4, 5, 21, 22]. Это поступление обеспечивается Западно-Шпицбергенским течением (ЗШТ) [15, 28]. Пролив Фрама представляет собой ключевой район в контексте поступления океанического тепла во внутренние районы АБ. Помимо ЗШТ, циркуляция в проливе Фрама включает и Восточно-Гренландское течение (ВГТ), несущее холодные и распресненные поверхностные водные массы из Арктического бассейна, а также промежуточные или возвратные воды атлантического происхождения. В центральной части пролива Фрама наблюдается сложная система циркуляции, с высокой вихревой активностью и несколькими ветвями обратных течений [19].

ЗШТ не только играет решающую роль в переносе тепла в АБ, но также представляет огромное значение для регионального океанографического режима западной части архипелага Шпицберген. Распространяясь на север вдоль западного побережья Шпицбергена ЗШТ, вследствие сохранения потенциальной завихренности, следует очертаниям материкового склона к западу от архипелага. Именно к этому месту приурочено положение ядра ЗШТ с максимальными температурой, соленостью и скоростями течений [15, 24]. Менее соленая и относительно более холодная *поверхностная арктическая водная масса* (ПАВМ), поступающая из Баренцева моря, также распространяется к северу над узким континентальным шельфом, ограничивая фьорды острова Западный Шпицберген от прямого поступления теплых вод ЗШТ. Обычно резко выраженный Полярный фронт (ПФ) разделяет эти две водные массы. Подробное описание физических процессов, протекающих в зоне ПФ, дано в ряде работ [3, 4, 6, 25].

Результаты численного моделирования и натурные наблюдения показывают, что динамика вод в проливе Фрама сильно зависит от особенностей атмосферной циркуляции. Сильные и продолжительные северные ветра вызывают локальный апвеллинг и могут способствовать неустойчивости ЗШТ. Это, в свою очередь, приводит к аномальному проникновению относительно теплых и соленых атлантических вод на шельф и непосредственно внутрь фьордов Западного Шпицбергена. Описанные процессы наиболее типичны для летнего сезона и являются одним из важнейших механизмов водообмена в данном районе [11, 18, 26]. Последние исследования показали, что подобные процессы могут происходить и в зимний период [12].

В ряде работ, посвященных исследованию многолетней изменчивости ЗШТ, было показано, что существуют определенные связи между индексом Северо-Атлантического колебания и структурой этого течения [13, 14, 17, 23]. Однако, поскольку существует сильная зависимость между локальными атмосферными условиями к западу от Шпицбергена и повторяемостью затоков в фьорды *атлантических вод* (АВ), представляется не вполне корректным напрямую применять полученные в упомянутых выше работах результаты к океанографическому режиму заливов Западного Шпицбергена. Единственная попытка оценить долгопериодную изменчивость океанографических условий в заливах Западного Шпицбергена (на примере залива Конгс-фьорд) была предпринята в работе [27]. Однако отсутствие данных не позволило оценить тенденции, имевшие место до 1970-х гг. XX в.

Океанографические условия фьордов Западного Шпицбергена определяются балансом между взаимодействующими АВ, ПАВМ и материковым стоком [10]. В последние годы в заливах Западного Шпицбергена наблюдались аномальные океанографические условия и сравнительно легкие ледовые условия [1]. Эти изменения имеют важные последствия для структуры и функционирования морских экосистем фьордов [8, 9, 16]. Например, в 2005–2007 гг. в заливе Грен-фьорд впервые за много лет не образовывался устойчивый припай, а соленость в поверхностном слое воды достигла своих максимальных значений по сравнению с предшествующим периодом наблюдений.

В данной работе, выполнен предварительный анализ многолетней изменчивости океанографического режима в заливах Айс-фьорд (АФ) и Грен-фьорд (ГФ) за период с 1899 по 2008 г. Мы попытались ответить на вопрос: действительно ли

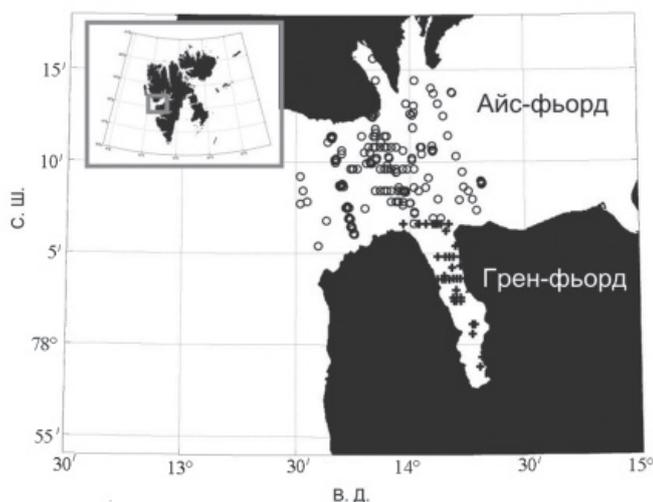


Рис. 1. Расположение океанографических станций (точки – залив АФ, крестики – залив ГФ)

аномально теплые океанографические условия, наблюдаемые во фьордах Западного Шпицбергена в последние годы, являются аномальным событием или подобные случаи наблюдались и ранее, а тенденция к потеплению носит квазистойчивый характер в течение всего XX в.?

#### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФЬОРДОВ ЗАПАДНОГО ШПИЦБЕРГЕНА

В предлагаемой работе были исследованы два района: западная (мористая) часть залива АФ и залив ГФ в целом (рис. 1).

Залив АФ является крупнейшим фьордом острова Западный Шпицберген. Фьорд граничит с прилегающим районом континентального шельфа в проливе Фрама посредством сравнительно глубокого желоба с глубинами, превышающими 450 м. Таким образом, не существует топографического препятствия для возможного обмена водными массами между заливом АФ и прилегающим районом шельфа. Поэтому, в случае распространения АВ на прилегающем районе шельфа, они в первую очередь обнаруживаются на входе в залив АФ. Восточнее, примерно около  $14^{\circ}06' - 14^{\circ}18'$  в.д., глубоководная часть сменяется поднятием с глубинами около 200 м.

ГФ — небольшой залив, расположенной в западной части залива АФ, протяженностью 17 км в южном направлении. Как и в случае с заливом АФ, водообмен с прилегающими акваториями не затруднен ввиду отсутствия каких-либо поднятий на входе в фьорд с севера. Диапазон глубин изменяется от 180 м в устье залива до 130 м в его центральной части.

Поскольку основной целью работы является исследование временной изменчивости характеристик АВ в заливах Западного Шпицбергена, необходимо предоставить краткое описание региональной классификации водных масс. АВ, не претерпевающая серьезных изменений при распространении на восток от стрезни ЗШТ, имеет следующие характеристики: температура  $> 3^{\circ}\text{C}$ , соленость  $> 34,9\text{‰}$ . Трансформированная атлантическая водная масса (ТАВ) имеет температуру и соленость в пределах  $1-3^{\circ}\text{C}$  и  $34,7-34,9\text{‰}$ . Она является продуктом смешения АВ и ПАВМ на шельфе и наиболее часто наблюдается в заливах Западного Шпицбергена, в отличие от собственно АВ. Описание характеристик других водных масс, а также источников и механизмов их формирования опускается в данной работе, так как напрямую не касается рассматриваемого нами вопроса. Детальное описание характеристик водных масс приводится, например, в работах [4, 26].

#### ДАННЫЕ

Океанографические наблюдения в водах Западного Шпицбергена начались в конце XIX в. и продолжаются с перерывами разной продолжительности до настоящего времени. В работе использовались следующие источники океанографических данных: база данных ICES (International Council for Exploration of the Sea, Дания) и база данных ВНИИГМИ-МЦД (Россия). В дополнение к имеющимся массивам данных были использованы результаты океанографических исследований Норвежского Полярного института, выполненных в последние годы.

В итоге удалось сформировать массив данных, включающий более 500 океанографических станций, охватывающий период 1899–2008 гг. В целом пространственное и временное распределение выполненных станций достаточно неоднородно. Океанографические наблюдения в основном приходятся на июль–сентябрь и практически отсутствуют для зимнего периода.

#### МЕТОДЫ

##### Отбор данных по пространству и во времени

Недавние исследования [11, 20] показали, что в целом океанографические условия во фьордах Западного Шпицбергена имеют «бимодальную» структуру: преобладание относительно теплых АВ/ТАВ в летний период и холодных и соленых

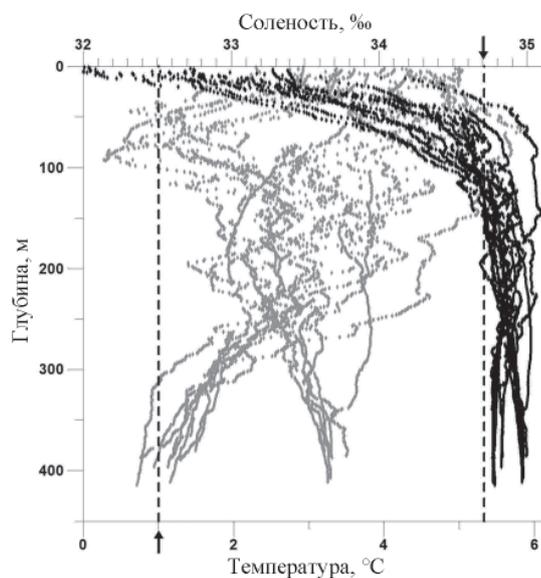


Рис. 2. Характерные профили температуры и солености, построенные на основе СТД-зондирований последних лет в западной части залива АФ

Серым цветом представлены профили температуры, черным – солености, пунктирные линии и соответствующие им стрелки показывают границы ТАВ

вод в зимний период (в основном местного происхождения вследствие осенне-зимней конвекции). Максимальная температура АВ/ТАВ в заливах Западного Шпицбергена, как правило, наблюдается в осенний период (август–сентябрь). Таким образом, в нашей работе было решено использовать именно эти данные, полагая, что на начало августа в заливах уже преобладают воды атлантического происхождения и что к концу октября выхолаживание и последующая конвекция еще не затрагивают всей акватории и глубинных слоев исследуемых фьордов. Оба этих предположения в целом вполне обоснованны и подтверждаются многочисленными натурными наблюдениями [11, 20, 26].

На рис. 2 представлены профили температуры и солености, полученные с помощью СТД-зондирований за последние несколько лет. Этот график служит основой для определения типичных профилей температуры и солености для данной акватории и диапазона глубин, в рамках которых можно объективно рассматривать изменчивость вод атлантического происхождения. Очевидно, что верхний перемешанный слой испытывает влияние речного и ледникового стоков, поставляющих также огромное количество взвешенных частиц, усиливающих радиационный прогрев поверхности воды в летний период. Таким образом, как соленость, так и температура здесь претерпевают значительные трансформации. Рис. 2 демонстрирует наличие распресненных вод до глубин порядка 100–125 м. Для условий залива ГФ влияние распресненных поверхностных вод прослеживается до глубин 75–100 м. Основываясь на характерных профилях температуры и солености мы исключаем из дальнейшего рассмотрения верхние слои воды до глубины 100 м в заливе АФ и до 75 м в заливе ГФ.

#### Анализ максимальных температур

Первоначальный план данной работы подразумевал исследование многолетней изменчивости как средних, так и аномальных характеристик вод атлантического происхождения в заливах ГФ и АФ. Однако основная проблема, с которой мы

столкнулись на начальной стадии анализа данных, заключалась в сильной пространственной изменчивости в распределении АВ во внешней части залива АФ и в северной части залива ГФ. Например, разрезы, выполненные поперек залива АФ, указывают на значительные различия в величинах температуры воды у противоположных берегов на одних и тех же горизонтах. Эти особенности уже были отмечены в работе [20]. Ширина залива АФ в его западной части примерно в два раза превышает внутренний радиус деформации Россби [20, 26], и, следовательно, эффекты вихреобразования, связанные с вращением Земли, проявляются здесь в полном объеме. Воды атлантического происхождения проникают в залив вдоль южного берега фьорда, и их температура может отличаться на 1–2° от значений, наблюдаемых у северного берега на тех же горизонтах.

Один из возможных методических подходов в сложившейся ситуации – это деление акватории устья залива на два или несколько квазиоднородных районов. Однако, в связи с ограниченным количеством данных, эта процедура делает имеющийся в нашем распоряжении массив данных еще более неоднородным и анализ временных рядов будет не вполне репрезентативным.

Поэтому было решено сфокусировать внимание на анализе максимальных температур (аномальных океанографических условий) вод атлантического происхождения. Напоминаем, что в работе рассматриваются только данные о температуре воды глубже 100 м в заливе АФ и глубже 75 м в заливе ГФ, собранные в период с августа по октябрь. Далее максимальные значения температуры среди всех имеющихся профилей для конкретного года рассматриваются как максимальные оценки температуры АВ для данного года.

#### **Совместимость данных глубоководных термометров и СТД-зондов**

При использовании исторических океанографических данных совместный анализ информации, полученной с помощью различных средств и методов измерений (глубоководные термометры и СТД-зонды), может представлять значительные трудности. Имеющиеся в нашем распоряжении вертикальные профили температуры и солёности, полученные с помощью СТД (рис. 2), указывают на присутствие элементов тонкой структуры и высокую степень изменчивости по вертикали. Последнее обстоятельство, по-видимому, может быть связано и с тем, что океанографические станции выполнялись в разные фазы прилива, который здесь имеет неправильный полусуточный характер. Резюмируя вышесказанное и учитывая, что в собранном нами архиве преобладают данные, собранные глубоководными термометрами, при обработке профилей СТД-зондирований использовались данные, полученные только на стандартных горизонтах. При анализе максимальных температур в слое распространения АВ и ТАВ это может привести к определенному сглаживанию профилей. При этом, если максимальные значения температуры воды приходится на глубины между стандартными горизонтами, то это может быть причиной «искусственного» занижения оценок максимальных температур по сравнению с реальными значениями.

Следуя работе [9], мы выполнили сравнительный анализ возможного влияния предложенного нами приема (отбор «искусственных» стандартных горизонтов) на дальнейшее использование данных и их анализ. Для этого были выбраны все океанографические станции, выполненные СТД-зондами в заливах АФ (168 станций) и ГФ (18 станций). Далее мы построили профили температуры, основываясь на данных только стандартных горизонтов: 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400 и придонный горизонт. Далее была оценена разница между значениями максимальных температур по данным реальных (СТД-зондирования) и построенных (стандартные горизонты) профилей.

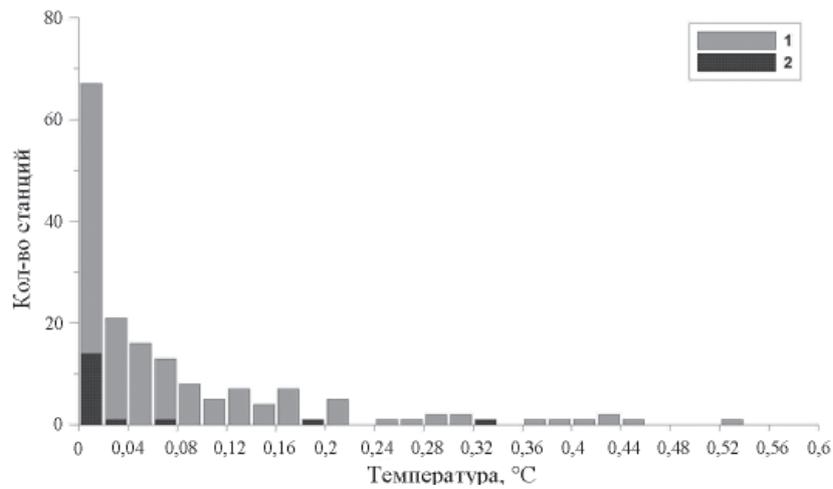


Рис. 3 Гистограмма разностей между значениями максимальных температур, полученных по данным STD-зондирований и стандартных горизонтов:  
 1 – Айс-фьорд:  $N = 168$ ,  $T_{\text{cp}} = 0,075$  °C,  $\text{СКО} = 0,074$  °C; 2 – Грен-фьорд:  $N = 18$ ,  $T_{\text{cp}} = 0,036$  °C,  $\text{СКО} = 0,053$  °C ( $N$  – количество станций,  $T_{\text{cp}}$  – среднее значение,  $\text{СКО}$  – среднеквадратическое отклонение)

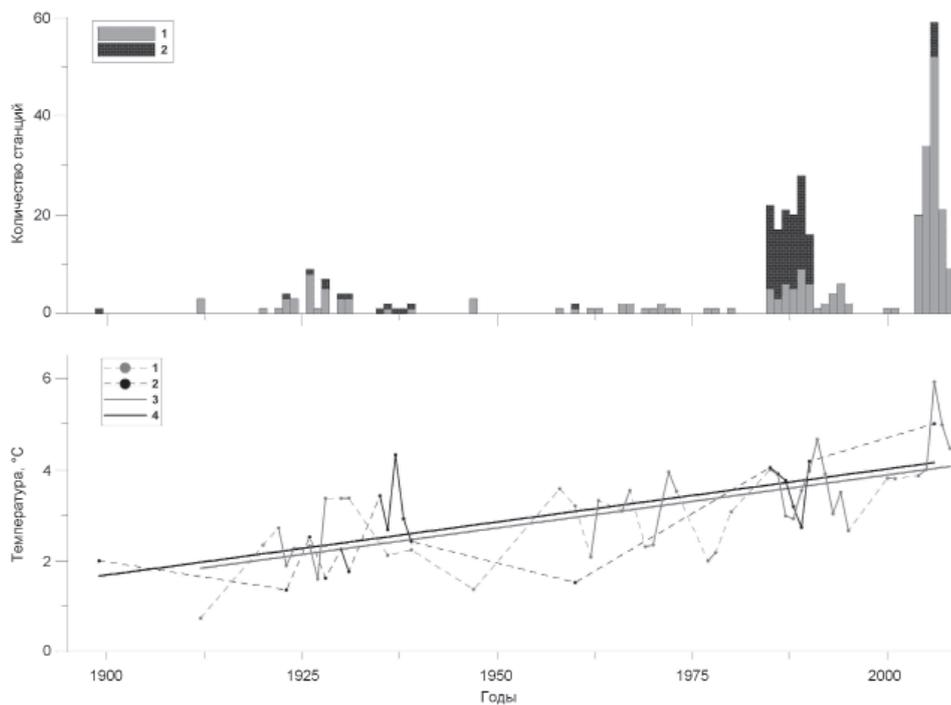


Рис. 4. Количество океанографических станций (а), выполненных в различные годы в заливах АФ (1) и ГФ(2), и изменчивость значений максимальной температуры воды в слое АВ/ТАВ (б):  
 1 – максимальная температура в слое АВ/ТАВ, °C, Айс-фьорд; 2 – максимальная температура в слое АВ/ТАВ, °C, Грен-фьорд; 3 – тренд, Айс-фьорд:  $0,2325$  °C-дек<sup>-1</sup>; 4 – тренд, Грен-фьорд:  $0,2326$  °C-дек<sup>-1</sup>

Максимальные различия, возникшие при использовании данных только стандартных горизонтов, составили 0,54 °С и 0,33 °С при средних значениях этих характеристик, равных 0,075 °С и 0,036 °С для залива АФ и ГФ соответственно. Графическая интерпретация результатов вычислений и основные статистические характеристики представлены на рис. 3.

Таким образом, результаты проделанных вычислений показывают сравнительно незначительные с точки зрения анализа многолетней изменчивости различия между оценками максимальных температур, полученными с использованием различных средств измерений и методов обработки данных. Очевидно, это связано с региональными особенностями исследуемых акваторий. Небольшие глубины и незначительные интервалы между стандартными горизонтами позволяют зарегистрировать практически все пики температуры в слое АВ/ТАВ на индивидуальных профилях. Таким образом, можно сделать заключение, что ошибки, вызванные использованием значений температуры воды, снятых со стандартных горизонтов на профилях СТД-зондирований, не вносят значительных погрешностей в общий анализ имеющихся данных.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

После того, как все описанные выше процедуры были выполнены, для анализа многолетней изменчивости АВ/ТАВ в заливах АФ и ГФ были отобраны, соответственно, 241 и 110 океанографических станций. В первом случае временные ряды охватывают период 1899–2008 гг., во втором 1912–2006 гг. Распределение количества выполненных станций по годам представлено на рис. 4а. Ряды многолетней изменчивости максимальной температуры для обоих фьордов представлены на рис. 4б. Значения максимальных температур последующих лет соединены сплошной линией, в то время как пропуски в данных линейно интерполированы и обозначены штриховой линией.

Предварительный анализ полученных временных рядов подтверждает наличие устойчивого увеличения температуры АВ/ТАВ, проникающих во фьорды Западного Шпицбергена, для всего анализируемого периода в целом. В то же время можно отметить ряд интересных особенностей. Например, в первом десятилетии XXI в. в заливе АФ зафиксировано максимальное значение температуры воды (порядка 6 °С), более чем на 1° превышающее второй по интенсивности максимум за весь период наблюдений, отмеченный в середине 1980-х гг. прошлого столетия. Наши результаты не противоречат сообщениям об увеличении температуры ядра ЗШТ в проливе Фрама в тот же период времени [12, 28].

Характер временной изменчивости температуры воды был аппроксимирован линейной зависимостью вида  $Y = AX + B$  (где  $Y$  – температура,  $X$  – время). Множественный регрессионный анализ был применен для оценки значимости полученных трендов.

В табл. 1 приведены результаты регрессионного анализа. Несмотря на пропуски в данных, к нашему удивлению, оценки коэффициентов уравнений регрессии для обоих распределений оказались практически равными: 0,2325 и 0,2326 °С за десятилетие для заливов АФ и ГФ соответственно. Оценки коэффициентов

Таблица 1

Результаты регрессионного анализа данных

Район	Период, гг.	$N$	$A$	$B$	$R^2$	$P(95 \%)$
Айс-фьорд	1912–2008	45	0,02325	–42,62254	0,462	0,000001
Грен-фьорд	1899–2006	19	0,02326	–42,49950	0,465	0,001306

$N$  – количество членов ряда,  $A$  и  $B$  – оценки коэффициентов уравнения линейной регрессии,  $R^2$  – коэффициент детерминации,  $P(95 \%)$  – 95 % уровень значимости

детерминации показывают, что оба тренда описывают около 46 % существующей изменчивости во временных рядах и статистически значимы на уровне  $P < 0,05$ .

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований можно сформулировать следующие выводы, которые, в силу известного характера исходных данных, носят предварительный характер:

– выполнена оценка многолетней изменчивости максимальной температуры АВ/ТАВ в двух фьордах острова Западный Шпицберген. Оба тренда статистически значимы и имеют практически одинаковые параметры, несмотря на неоднородность исходных данных. Последнее обстоятельство не позволяет объективно оценить межгодовую изменчивость температуры АВ/ТАВ;

– увеличение температуры АВ/ТАВ в обоих фьордах составило практически  $2^\circ$  за 100 лет. При этом последний максимум температуры, зафиксированный в первом десятилетии XXI в., превысил максимум, наблюдавшийся в XX в., более чем на  $1^\circ$ .

Выполненная работа представляет собой первый шаг на пути понимания процессов, формирующих океанографический режим фьордов острова Западный Шпицберген. Мы планируем провести дополнительные исследования, которые позволят более корректно объяснить физические причины наблюдаемой изменчивости. Для этого предполагается привлечь данные об изменчивости индекса Северо-Атлантического колебания (NAO), метеорологические данные ГМО «Баренцбург», данные реанализа для исследуемого района, а также данные океанографической базы Северо-Европейского района Арктики, формирующейся в ААНИИ [2].

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Лаборатории климатических исследований им. Фрама «Investigation of Physical Environment in West Spitsbergen waters», контракта НПИ-ААНИИ «Norwegian-Russian Collaboration on Fast Ice Growth and Decay in Kongsfjorden and Grnfjorden (Svalbard) («NoRu-FastIce»), НИОКР Росгидромета (разделы 5.2.1 и 5.3.2), гранта РФФИ № 08-05-00279 и договора между ААНИИ и ФГУП «Трест «Арктик-Уголь».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Б.В., Журавский Д.М. Ледовые условия в заливе Грен-фьорд (архипелаг Шпицберген) за период 1974–2008 гг. // Проблемы Арктики Антарктики. 2010. № 2 (83). С. 29–34
2. Корблев А.А., Пнюшков А.В., Смирнов А.В. Создание океанографической базы данных для мониторинга климата в Северо-Европейском бассейне Арктики // Труды ААНИИ. 2007. Т. 447. С. 85–108.
3. Николаев Ю.В., Иванов Б.В., Макитас А.П. Физические процессы в прикромочной зоне морских дрейфующих льдов // Метеорология и гидрология. 1984. Вып. 11. С. 34–41.
4. Никифоров Е.Г., Шнайхер А.О. Закономерности формирования крупномасштабных колебаний гидрологического режима Северного Ледовитого океана. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 267 с.
5. Тимохов Л.А. Вертикальная структура и динамика подледного слоя океана. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 141 с.
6. Федоров К.Н. Избранные труды по физической океанографии. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 309 с.
7. Aagaard K., Greisman P. Toward new mass and heat budgets for the Arctic Ocean // J. Geophys. Res. 1975. Vol. 80. P. 3821–3827.
8. Basedow S.L., Eiane K., Tverberg V., Spindler M. Advection of zooplankton in an Arctic fjord (Kongsfjord, Svalbard) // Estuarine Coastal Shelf Sci. 2004. Vol. 60. P. 113–124.
9. Berge J., Johnsen G., Nilsen F., Gulliksen B., Slagstad D. Ocean temperature oscillations enable reappearance of blue mussels *Mytilus edulis* in Svalbard after a 1000 year of absence // Marine Ecology Progress Series. 2005. Vol. 303. P. 167–175.
10. Coachman, L.K., Aagaard K. Physical oceanography of the Arctic and Sub-Arctic Seas // Marine Geology and Oceanography of the Arctic Ocean. New York: Springer, 1974. P. 1–81.

11. Cottier F.R., Tverberg V., Inall M.E., Svendsen H., Nilsen F., Griffiths C. Water mass modification in an Arctic fjord through cross-shelf exchange // J. Geophys. Res. 2005. Vol. 110: C12005.
12. Cottier F.R., Nilsen F., Inall M.E., Gerland S., Tverberg V., Svendsen H. Wintertime warming of an Arctic shelf in response to large scale atmospheric circulation // Geophys. Res. Lett. 2007. V. 34: L10607.
13. Dickson R., Lazier J., Meincke J., Rhines P., Swift J. Long-term coordinated changes in the convective activity of the North Atlantic // Prog. Oceanogr. 1996. Vol. 38. P. 241–295.
14. Grotefendt K., Logemann K., Quadfasel D., Ronski S. Is the Arctic Ocean warming // J. Geophys. Res. 1998. Vol. 103. P. 679–687.
15. Hanzlick D.J. The West Spitsbergen Current: Transport, forcing and variability // Ph. D. Univ. of Washington, Seattle. thesis. 1983. 127 p.
16. Hop H. The marine ecosystem of Kongsfjorden, Svalbard // Polar Res. 2002. Vol. 21(1). P. 167–208.
17. Hurrell J. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitations // Science. 1995. Vol. 269. № 5224. P. 676–679.
18. Ingvaldsen R., Reitan M.B., Svendsen H., Asplin L. The upper layer circulation in the Kongsfjorden and Krossfjorden - A complex fjord system on the west coast of Spitzbergen // Polar Res. Spec. Issue. 2001. Vol. 54. P. 393–407.
19. Johannessen O. Mesoscale eddies in the Fram Strait Marginal Ice-Zone during the 1983 and 1984 Marginal Ice-Zone experiments // J. Geophys. Res. 1987. Vol. 92. P. 6754–6772.
20. Nilsen F., Cottier F., Skogseth R., Mattsson S. Fjord-shelf exchange controlled by ice and brine production: The interannual variation of Atlantic Water in Isfjorden, Svalbard // Cont. Shelf Res. 2008. Vol. 28. P. 1838–1853.
21. Rudels B., Jones E.P., Anderson L.G., Kattner G. On the intermediate depth waters of the Arctic Ocean // The role of the Polar Oceans in shaping the global climate / Ed. O.M.Johannessen, R.D.Muench, J.E.Overland. Washington: American Geophysical Union, 1994. P. 33–46.
22. Rudels B., Friedrich H.J., Quadfasel D. The Arctic circumpolar boundary current // Deep Sea Res. 1999. Part II (4–6). P. 1023–1062.
23. Saloranta T.M., Haugan P.M. Interannual variability in the hydrography of Atlantic water north-west of Svalbard // J. Geophys. Res. 2001. Vol. 106(C7). P. 931–943.
24. Saloranta T.M., Haugan P.M. Northward cooling and freshening of the warmcore of the West Spitsbergen Current // Polar Res. 2004. Vol. 23(2). P. 79–88.
25. Saloranta T.M., Svendsen H. Across the Arctic front west of Spitsbergen: High-resolution CTD sections from 1998–2000 // Polar Res. 2001. Vol. 20(2). P. 177–184.
26. Svendsen H. The physical environment of Kongsfjorden-Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard // Polar Res. 2002. Vol. 21(1). P. 133–166.
27. Tverberg V., Nilsen F., Goszczko I., Cottier F., Svendsen H., Gerland S. The warm winter temperatures of 2006 and 2007 in the Kongsfjorden Water Masses compared to historical data // 8th Ny-Alesund seminar. 2007. Technical Report. P. 40–44.
28. Walczowski W., Piechura J. Pathways of Greenland Sea warming // Geophys. Res. Lett. 2007. Vol. 34: L10608, doi:10.1029/2007GL029974.

A.K.PAVLOV, B.V.IVANOV, D.M.ZHURAVSKY, V.TVERBERG

### WARMING IN THE BAYS OF THE WEST SPITSBERGEN: IS IT SHORT-TIME WEATHER EVENT OR STABLE TENDENCY?

*The historical oceanographic data for the bays Ice-Fiord and Gren Fiord were analyzed in the context of contemporary climate warming. Electronic archive is used, which contains more than 500 oceanographic stations, made since the end of XIX century to the present time. Analysis of temporal variability defined total increase of the maximum water's temperature, that composed approximately 0,23 °C in the decade for the both fiords. The trends are statistically significant and describe about 46 % of general variability. The peak temperature which was recorded at the beginning of XXI century, exceed the maximum of the previous century more than 1°.*

*Keywords:* Spitsbergen, oceanographic regime, tendencies of variability.