

ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ В ЗАЛИВЕ ГРЕН-ФЬОРД (АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН) ЗА ПЕРИОД 1974–2008 гг.

канд. геогр. наук *Б.В.ИВАНОВ*, инженер *Д.М.ЖУРАВСКИЙ*

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: b_ivanov@aari.nw.ru

В статье представлены результаты исследований многолетней изменчивости ледовых условий в заливе Грен-фьорд (архипелаг Шпицберген) за период 1974–2008 гг. Для выявления причинно-следственных связей проанализирована изменчивость среднемесячных и среднегодовых характеристик приземного слоя воздуха и поверхностного слоя воды. Используются данные стандартных наблюдений ГМО «Баренцбург» (Мурманское УГМС). Делается заключение об общем смягчении ледовых и климатических условий в заливе Гренфьорд в последней четверти XX века и первом десятилетии XXI века.

Ключевые слова: Шпицберген, Грен-фьорд, климат, припай, характеристики приземного слоя воздуха и поверхностного слоя воды.

ВВЕДЕНИЕ

В конце XX – начале XXI веков в Арктике наблюдается аномальное развитие океанических, атмосферных и ледовых условий. Эти процессы являются объективными индикаторами так называемых «быстрых» изменений климата этого региона.

Морской лед играет ключевую роль как в арктической, так и в глобальной климатической системе. Снежный покров, формирующийся на льду, отражает большую часть приходящей солнечной радиации, снег и лед значительно сокращают тепло- и массообмен между океаном и атмосферой. Кроме того, изменчивость характеристик ледяного покрова, взаимодействующего через систему сложных положительных и отрицательных обратных связей с другими компонентами климатической системы (радиационный режим, режим осадков, режим облачности и т.д.), является репрезентативным индикатором климатической изменчивости.

В качестве такого значимого индикатора мы проанализировали многолетнюю изменчивость характеристик морского льда (припая) в заливе Грен-фьорд (район поселка Баренцбург, о. Западный Шпицберген). Визуальные и инструментальные наблюдения по программе морских береговых станций и постов [3, 5] выполняются здесь с 1936 г. Однако, в силу объективных и субъективных причин, мы смогли воспользоваться данными наблюдений начиная только с 1974 г. Именно с этого времени ряды данных, отражающих временную изменчивость основных ледовых характеристик, практически не содержат пропусков.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Ледовый режим фьордов о. Западный Шпицберген (арх. Шпицберген) формируется под влиянием различных факторов. Однако в значительной степени они подвержены воздействию Западно-Шпицбергенского течения [8]. Также одним из значимых факторов, формирующих ледовый и океанографический режим фьордов, является речной сток.

Залив Грен-фьорд является частью Айс-фьорда, одного из самых крупных фьордов о. Западный Шпицберген. Он ориентирован в меридиональном направлении, его протяженность составляет примерно 16,5 км. Ширина залива увеличи-

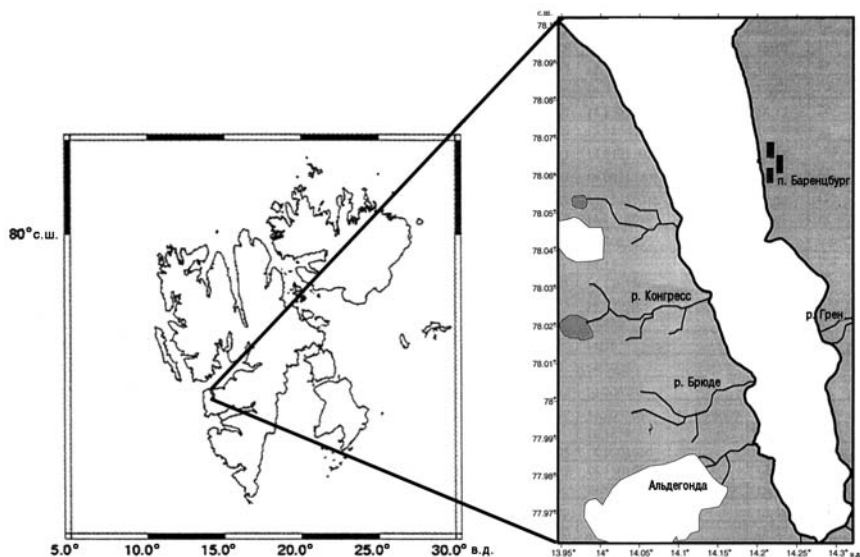


Рис. 1. Архипелаг Шпицберген и залив Грен-фьорд

вается с юга (кутовая часть) на север (выход в Айс-фьорд) от 1,8 до 5,4 км (рис. 1). Глубина изменяется от 50 м на юге, до 170 м в северной части фьорда.

В залив впадает несколько ручьев и рек. Наиболее крупными реками являются Грэн, Бревьерна, Альдегонда, Брюде, Конгресс. Залив имеет свободный и достаточно интенсивный водо- и ледообмен с Айс-фьордом. Режим приливов – неправильный полусуточный. Преобладающие направления ветра, в силу орографических условий, либо северо-северо-западные, либо юго-юго-восточные.

СОСТАВ НАБЛЮДЕНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАССИВЫ ДАННЫХ

Одним из немногих пунктов на архипелаге Шпицберген, где на протяжении продолжительного времени выполняются регулярные наблюдения за припайным льдом и ледовой обстановкой, является гидрометеорологическая обсерватория (ГМО) «Баренцбург» (Мурманское УГМС), расположенная в поселке Баренцбург.

Как уже говорилось, прибрежные визуальные и инструментальные наблюдения на этой станции осуществляются с 1936 г., но обработка всего массива данных затруднена его неоднородностью и пропусками. Однако начиная с 1974 г. ряд ледовых наблюдений содержит наименьшее количество пропусков по ряду основных характеристик, и поэтому именно он был использован для формирования рабочего массива данных и анализа многолетней изменчивости ледовых характеристик. Ниже приведен перечень характеристик, наблюдения за которыми осуществлялись в ГМО «Баренцбург» по программе морской береговой станции [3, 5]:

- дата устойчивого перехода температуры воздуха (воды) через 0 °С осенью (весной);
- дата первого ледообразования;
- дата устойчивого ледообразования;
- дата первого образования ледяного заберега или припая;
- дата устойчивого образования припая;
- величина устойчивой ширины припая, км;
- наибольшая ширина припая, км;
- наибольшая толщина припая, см;

- дата первого появления снежиц;
- дата появления проталин;
- дата начала весеннего взлома или первой подвижки припая;
- дата окончательного разрушения припая;
- дата полного окончательного очищения ото льда;
- продолжительность ледового периода, дни;
- число дней со льдом в ледовый период;
- число дней безо льда в ледовый период.

Визуальные оценки (например, «наибольшая ширина припая») осуществлялись ежедневно с крыши лабораторного комплекса ГМО, откуда открывается вид на большую часть акватории залива, за исключением самой южной его части (куты). Инструментальные оценки характеристик припайного льда («наибольшая толщина припая») производилась вблизи морского поста ГМО «Баренцбург» на расстоянии 150 м от берега.

На основании собранного массива данных был создан электронный архив, обеспечивающий быстрый и удобный доступ к интересующим данным. В него вошли данные по всем вышеприведенным характеристикам за период с 1974 по 2008 г., которые были получены во ВНИГМИ-МЦД и частично в Госфонде ААНИИ.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА МНОГОЛЕТНЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА

Из-за географических и климатических особенностей региона начало устойчивого образования припая в заливе сильно изменяется от года к году, в зависимости от интенсивности воздействия тех или иных внешних факторов. Однако для большинства лет характерно начало устойчивого образования припая во второй половине декабря – начале января (рис. 2).

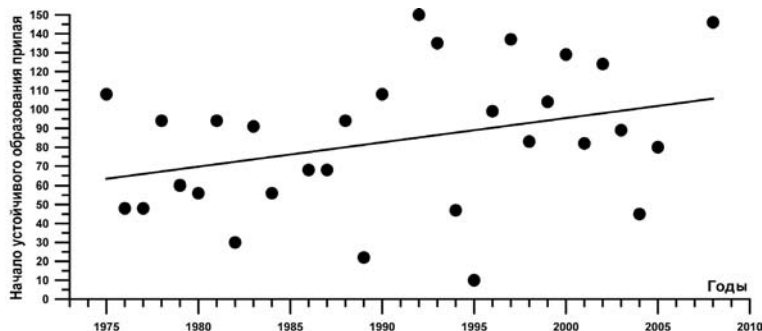


Рис. 2. Начало устойчивого образования припая в заливе Грен-фьорд (за условный «0» по оси ОХ принято 20 октября; в 2006 г. устойчивый припай не образовывался)

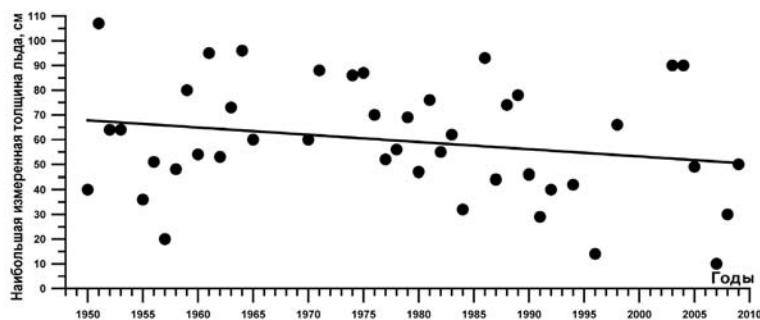


Рис. 3. Наибольшая измеренная толщина льда в заливе Грен-фьорд, см

Таблица 1

Тенденция изменения ледовых условий в заливе Гренфьорд

Характеристика	Тенденция (за период 1974–2008 гг).
Устойчивый переход через 0 °С температуры воды осенью	На 52 дня позже
Устойчивый переход через 0 °С температуры воды весной	На 22 дня раньше
Дата первого ледообразования	На 37 дней позже
Дата образования устойчивого припая	На 41 день позже
Число дней со льдом в ледовый период	На 85 дней меньше

Изменчивость наибольшей измеренной толщины льда (см. рис. 3) также варьируется в широком диапазоне. Максимальная измеренная толщина льда, равная 93 см, наблюдалась в 1986 г. Исключая годы с пропусками данных (1974, 1985, 1991, 2007), среднее значение максимальной измеренной толщины льда за период наблюдений составляет 57 см.

Имеющиеся ряды данных о временной изменчивости характеристик припайного льда были подвергнуты статистическому анализу [4], в результате которого были получены оценки многолетней изменчивости ледового режима залива. Были определены уравнения линейной регрессии и оценены тренды, характеризующие с количественной стороны тенденции изменчивости характеристик ледового режима залива Грен-фьорд. Оценки статистически значимых линейных трендов представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы, имеет место общая для ряда ледовых характеристик тенденция к смягчению ледовой обстановки в заливе Грен-фьорд.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА

Для придания комплексности нашему исследованию мы проанализировали тенденции многолетней изменчивости основных метеорологических и океанографических характеристик, данные о которых нам любезно предоставили специалисты ВНИГМИ-МЦД и Мурманского УГМС. Выявление закономерностей и особенностей временной изменчивости, степеней взаимосвязи и взаимозависимости ледовых характеристик с внешними факторами среды является важной задачей наших исследований.

Определенное влияние на формирование ледового режима могут оказывать метеорологические факторы. Мы проанализировали ряды данных о среднемесячных и среднегодовых значениях приземной температуры воздуха. Статистически значимым оказался линейный тренд, характеризующий многолетнюю изменчивость среднегодовой температуры воздуха (см. рис. 4) за период с 1970 по 2007 г.

Сопоставление коэффициентов вычисленного нами уравнения линейной регрессии с оценками, опубликованными ранее в работе [6] для периода 1950–2000 гг., выявило тенденцию к усилению динамики потепления в районе за-

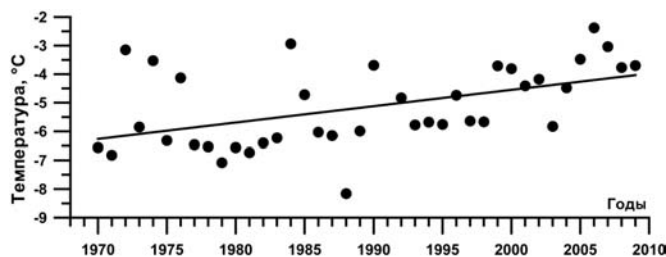


Рис. 4. Многолетняя изменчивость среднегодовой приземной температуры воздуха

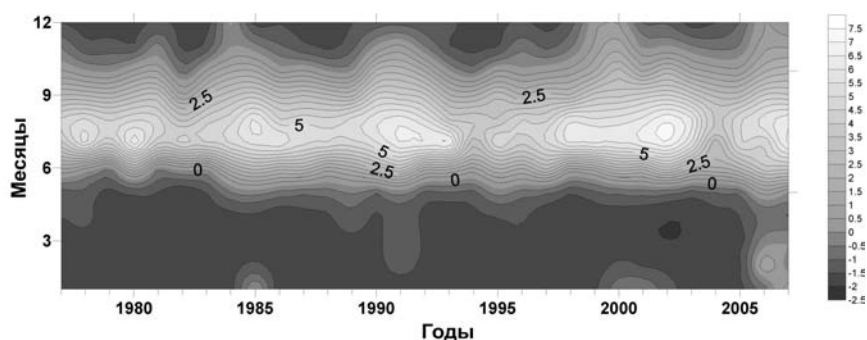


Рис. 5. Многолетняя изменчивость среднемесячных значений температуры поверхностного слоя воды в заливе Грен-фьорд

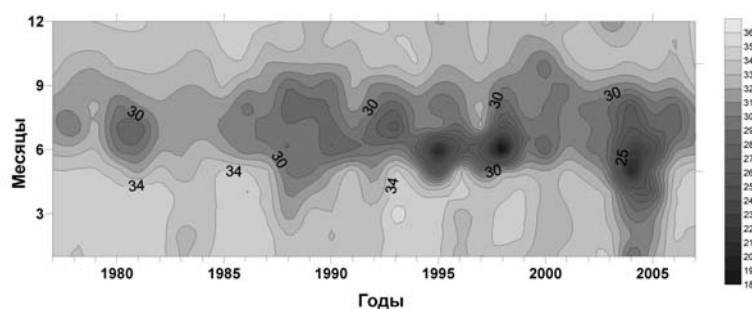


Рис. 6. Многолетняя изменчивость среднегодовых значений солёности в заливе Грен-фьорд.

лива Гренфиорд. Например, для выборки характеризующий период 1950–2000 гг. уравнение линейной регрессии «дает» потепление около $0,3^\circ$ за период наблюдений, для выборки 1960–2000 гг. это потепление составляет уже $1,7^\circ$, а для выборки 1970–2007 гг. оно достигает $2,0^\circ$.

Кроме наблюдений за ледовыми характеристиками на морском посту ГМО «Баренцбург» осуществляется мониторинг изменчивости температуры и солёности поверхностного слоя морской воды в заливе. На рис. 5 и 6 приведена многолетняя изменчивость среднемесячных значений этих характеристик. Общая тенденция для обоих двумерных распределений заключается в увеличении относительной «площади», занятой более теплыми и менее солёными водами. Оба тренда на представленных графиках являются статистически значимыми.

Как видно из приведенных графиков, за период наблюдений имеет место тенденция к уменьшению солёности и повышению среднегодовой температуры воды.

ВЫВОДЫ

Анализ многолетней изменчивости характеристик ледового режима залива Грен-фьорд позволяет говорить об устойчивой тенденции смягчения ледовой обстановки в указанном районе в течение последних 30 лет. Об этом свидетельствуют общая картина изменчивости как ключевых характеристик, описывающих ледовый режим, так и тенденций, наблюдающихся в приземном слое воздуха и в поверхностном слое воды.

Наблюдается тенденция к более позднему переходу температуры воды через 0°C осенью и более позднему началу образования морского льда и устойчивого припая. Отмечен более ранний переход температуры воды через 0°C весной, т.е. значительное (вплоть до 2 месяцев) сокращение периода отрицательных температур воды и покрытия залива льдом.

По результатам предварительного анализа данных многолетней изменчивости характеристик атмосферы и океана выявлены тенденции к повышению среднегодовых значений температуры воздуха и воды в заливе Грен-фьорд (примерно на 2 и 1 °С соответственно, за период наблюдений с 1970 по 2008 г.). Зафиксировано устойчивое понижение среднегодовых значений солености поверхностного слоя воды (примерно на 1,5–2 ‰).

Таким образом, по совокупности ряда фактов выявлены устойчивые тенденции к смягчению климата в районе залива Грен-фьорд, что в принципе не противоречит концепции «быстрого потепления» Арктики в последней четверти XX века и первом десятилетии XXI [1, 2, 7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадашова Л.Ф., Муркина Е.А., Хохлова А.В. Многолетние тенденции изменения ледовитости северных полярных морей по спутниковым данным // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. № 1 (78). С. 118–122.
2. Бобылев Л.П., Шалина Е.В., Йоханнесен О.М., Заболотских Е.В., Сандвен С., Бабина О.И. Изменение арктического ледяного покрова по данным спутникового пассивного микроволнового зондирования // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. № 1 (78). С. 38–47.
3. Наставление гидрометстанциям и постам. Вып. 9. Ч. I. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 121 с.
4. Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Кн. I. СПб.: Гидрометеиздат. 2001. 340 с.
5. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях». Изд. II. Л.: Гидрометеиздат, 1977 г. 253 с.
6. Семенов А.В., Анциферова А.Р., Давыдов А.А. Климат Баренцбурга. Изменения основных характеристик за последние 40 лет (по данным наблюдений ЗГМО «Баренцбург»). Комплексные исследования природы Шпицбергена // Выпуск 2. Сборник материалов II Международной конференции. Апатиты, 2002. С. 139–145.
7. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Ковалев Е.Г., Смоляницкий В.М. Научные исследования в Арктике. Т. 2. Климатические изменения ледяного покрова морей Евразийского шельфа. СПб.: Наука, 2007. 135 с.
8. 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 // Continental Shelf Research. 2008. Vol. 28. P. 1838–1853.

B.V.IVANOV, D.M.JURAVSKI

THE ICE CONDITIONS IN THE GRENFJORDEN BAY (SVALBARD) DURING 1974–2008

The results of investigations of multiyear variability of an ice conditions in the Grenfjorden Bay (Svalbard) for period 1974–2008 are presented in the paper. The variability of month and year average characteristics of air and water surface layers were analyzed for determination of relationships. The data of standard observations from Barentsburg meteorostation were used. The conclusion about total softening of ice and climate conditions in the Grenfjorden Bay in the last quarter of XX and first decade of XXI century is done.

Key words: Svalbard, Grenfjorden, climate, fast-ice, characteristics of air and water surface layer.