

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи



Рубченя Андрей Валерьевич

**ВЛИЯНИЕ ЗАПРИПАЙНЫХ ПОЛЫНЕЙ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ
НА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
В СЕВЕРНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 25.00.28 - Океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук



Санкт-Петербург

2007

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете
и ГУ «Арктики и Антарктики НИИ»

Научный руководитель

Кандидат географических наук

Попов Андрей Вадимович

Официальные оппоненты

1 Доктор географических наук, профессор Алхименко Александр Петрович

2 Кандидат физико-математических наук Шутилин Сергей Валерьевич

Ведущая организация

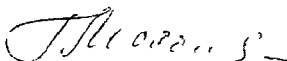
Мурманский Морской Биологический Институт КНЦ РАН

Защита диссертации состоится 8 ноября 2007г в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212 232 21 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при Санкт-Петербургском государственном университете по адресу 199178 Санкт-Петербург, Васильевский Остров, 10 линия, д 33

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Санкт-Петербургского государственного университета по адресу Университетская наб , д 7/9

Автореферат разослан « 4 » 10 2007г

Ученый секретарь
диссертационного совета,



кандидат географических наук

Г И Мосолова

ВВЕДЕНИЕ

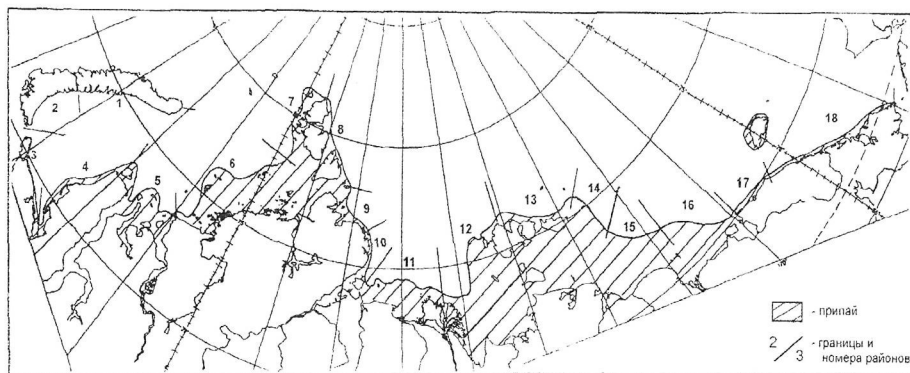
Актуальность работы. Геополитическая обстановка, активное освоение шельфовой зоны Арктики, создание национального парка «Русская арктика», разведка новых запасов углеводородного сырья, строительство буровых платформ и трубопроводов влечет за собой повышенный интерес к процессам, протекающим в Арктической зоне. Заприпайные арктические полыньи играют важную роль в климатической системе, они являются своеобразным окном для живых организмов, и изучение заприпайных полыней вызывает большой интерес представителей самых различных научных дисциплин – океанологами, гидробиологами, метеорологами и другими.

В настоящее время известны основные характеристики большинства заприпайных полыней морей российской Арктики, имеются некоторые данные о влиянии полыней на гидрологический режим морей и метеорологические характеристики над прилегающей акваторией.

Заприпайные полыньи арктических морей представляют собой интересное явление как с научной, так и с практической точки зрения. Изучение взаимодействия полыней и атмосферных образований может способствовать более точному прогнозу погоды, сами полыньи, как водные пространства свободные от мощных льдов, могут использоваться для зимней навигации. Так же возможно прогнозирование летней ледовитости моря по данным о развитии полыней в зимний период (Попов, Карелин, Рубченя, 2007). Крелляционный анализ связи временных рядов летней ледовитости и характеристик полыней выявил отчетливую зависимость летних ледовых условий от площади полыней в предшествующую зиму, что представляет несомненный интерес для прогноза ледовитости на навигационный период.

Барические образования, взаимодействующие с полыньями и стационарирующие в районе заприпайных полыней Карского моря (Попов, 2003) могут оказывать воздействие на буровые платформы и трубопроводы в

Баренцевом море – ветра северо-восточных румбов могут привести к навалам льдов в Баренцевом и Карском морях (Зубакин, Данилов, 2000).



1 – Северная Новоземельская; 2-Южная Новоземельская; 3-Амдерминская; 4-Ямальская; 5-Обь-Енисейская; 6-Центральная Карская; 7-Западная Североземельская; 8-Восточная Североземельская; 9-Северо-восточная Таймырская; 10-Восточная Таймырская; 11-Анабаро-Ленская; 12-Западная Новосибирская; 13-Северная Новосибирская; 14-Восточная Новосибирская (запад); 15- Восточная Новосибирская (восток); 16-Айонская; 17-Западная Чукотская; 18-Восточная Чукотская (названия даны по (Карелин, 1997).

Рис.1. Положение припая и заприпайных полыней в арктических морях Сибирского шельфа, для которых приняты следующие наименования.

Являясь значимым источником новых льдов и плотных вод, полыньи играют важную роль в формировании дальних связей, воздействуя как на гидрологический режим Северного ледовитого океана, так и Северной Атлантики – через формирование аномалий в полях температуры и давления, на макроциркуляционные процессы (Рубчяня, Попов, 2006; Рубчяня, 2006).

Исследование заприпайных полыней важно для задач краткосрочного и долгосрочного прогноза погоды (Гуков и др., 2000). Результаты исследований долгопериодной изменчивости характеристик полыней могут использоваться для прогнозирования климатических изменений. Так, данные анализа долгопериодной изменчивости площадей заприпайных полыней и продукции новых льдов можно использовать при прогнозе климатических изменений.

Основная цель работы. Целью работы является исследование взаимосвязи заприпайных полыней и гидрометеорологических условий в северной полярной области

При подготовке работы были поставлены следующие задачи

- 1 Исследование изменчивости заприпайных полыней, расчет энергопотоков, продукции льда и плотных вод в заприпайных полынях морей Сибирского шельфа
- 2 Исследование влияния заприпайных полыней на летнюю ледовитость
- 3 Исследования влияния заприпайных полыней на термохалинные характеристики в Гренландском море
- 4 Оценка взаимосвязи заприпайных полыней и индексов глобальной циркуляции атмосферы (Arctic Oscillation – AO, North Atlantic Oscillation - NAO)

Положения, выносимые на защиту.

На защиту выносятся следующие положения

- Новые данные о характеристиках энергомассообмена в заприпайных полынях морей Сибирского шельфа за период 1978-2000гг
- Заприпайные полыньи влияют на термохалинные характеристик в Гренландском море изменение температуры и солёности в проливе Фрама происходит через 3-4 года после активного развития полыней
- Выявлены синхронные связи между характеристиками заприпайных полыней и индексом макроциркуляции Arctic Oscillation (AO)

Практическое значение работы. Результаты исследований, приведенные в работе, показывают, что заприпайные полыньи являются важной частью климатической системы Северной полярной области, оказывая влияние на гидрометеорологические параметры, как в местах своего развития,

так и в регионах, значительно удаленных от районов возникновения заприпайных полыней

Впервые показана возможность прогнозирования летней ледовитости арктических морей на основе данных о площадях заприпайных полыней зимой (на примере Карского моря и моря Лаптевых)

Результаты исследования взаимосвязи заприпайных полыней и термохалинных характеристик в северной Атлантике, взаимосвязи изменчивости заприпайных полыней и атмосферной циркуляции свидетельствуют о влиянии заприпайных полыней на формирование погоды, а так же, через накопление аномалий, полыньи влияют на климат Северной полярной области. Таким образом, заприпайные полыньи представляют собой важный погодо- и климатообразующий фактор. Влияние на формирование погоды происходит через взаимодействие с циклоническими образованиями, влияние на климат – через накопление атмосферных воздействий и формирование новых льдов и вод, влияющих на гидрометеорологические условия в Арктике.

Апробации работы и публикации Результаты исследований обсуждались или были представлены и на различных российских и зарубежных конференциях и семинарах международной научной конференции «Современные климатические и экосистемные процессы в уязвимых природных зонах (арктических, аридных, горных)» ЮНЦ РАН, ММБИ (Ростов-на-Дону, 2006), международной конференции «Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген», ММБИ (Мурманск, 2006), международном семинаре Research Seminar Norwegian-Russian collaboration in Svalbard 9-10 March 2006, Norwegian Polar Institute, (Tromsø, Norway, 2006), конференции General Assembly, Arctic Hazard (NH-6 03), EGUGU05-A-2304 (Vienna, Austria, 2005). Так же результаты исследований обсуждались на заседаниях и итоговых совещаниях совместной российско-норвежской лаборатории «Fram Arctic Climate Research Laboratory» в городах Санкт-Петербург и Тромсе (Tromsø,

Норвегия) в 2004, 2005 и 2006гг Работа над диссертацией была поддержана стипендией им Ф Нансена для аспирантов СПбГУ (The NANSEN Grant) в 2003г

Результаты исследований, проведенных автором по теме диссертационной работы, отражены в 5 печатных работах (из них 1 статья в рецензируемом журнале)

Структура и объем работы. Диссертация состоит из **введения**, четырех **глав**, **заключения**, **списка литературы** и **приложения**. Текст работы изложен на 115 страницах Содержит 36 иллюстраций, 19 таблиц Список литературы включает 70 наименований, из них 24 на иностранном языке

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность изучения заприпайных полыней, определены цель и основные задачи исследования, раскрыта научная новизна и практическая ценность полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту, дан краткий обзор содержания диссертации

Глава 1. Современное состояние исследуемого вопроса.

Раздел 1.1. В разделе **1.1.1** на основе литературных данных подробно рассмотрен район исследования (моря Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское), показаны его основные особенности Дано географическое положение, метеорологические, гидрологические и ледовые условия исследуемого района Описано расположение полыней, даны их названия – согласно литературным источникам

Раздел 1.1.2 посвящен обзору исследований заприпайных полыней, выполненных российскими и зарубежными учеными Рассмотрены основные механизмы и факторы, обуславливающие существование заприпайных полыней, в основном это отжимные ветра

Из всех морей Российской Арктики заприпайные полыньи наиболее хорошо выражены в морях Карском и Лаптевых По сравнению с полыньями морей Баренцева, Восточно-Сибирского и Чукотского они обладают наибольшими

размерами и повторяемостью Средние площади полыней достигают 9028 тыс км² в Карском море и 10263 в море Лаптевых Максимальные площади значительно больше – до 66000 79000 тыс км² соответственно При этом разброс средних и максимальных значений составляет 4000 30000 тыс км² Экстремальные площади полыней наблюдаются в двухтысячные годы

Описание исходных данных представлено в разделе 1.1.3. Динамика площадей заприпайных полыней морей Сибирского шельфа, повторяемость различных полыней, описана в разделе 1.1.4. Отмечены закономерности изменения площадей полыней и их повторяемости – с начала 80-х годов наблюдается рост площадей и эпизодов существования заприпайных полыней

Глава 2. Энергопотоки и продукция новых льдов и вод в заприпайных полынях.

Раздел 2.1 Расчет энергопотоков в заприпайных полынях. Раздел посвящен расчету энергопотоков в заприпайных полынях, и исследованию их динамики в период 1978-2002гг С полынями связана большая теплоотдача в атмосферу в зимний период, осолонение и развитие конвекции (Martin, Cavalieri, 1989, Schneider and Budeus, 1995, Захаров, 1996) В разделе 2 1.1 дано описание используемой модели, показаны ее основные усовершенствования, сделанные автором. Характеристики теплообмена океана и атмосферы были рассчитаны по модели Отдела взаимодействия ААНИИ с внесенными в нее изменениями (учтено ослабление потока тепла при нарастании льда в полынье) Расчетная модель использует параметризацию Зилитинкевича-Чаликова (на основе полужемпирической теории турбулентности Монина-Обухова) пограничного слоя атмосферы для ледовых морей Основным уравнением сохранения энергии в этом случае является уравнение теплового баланса для верхней и нижней поверхности льда (Макштас, 1984)

$$H + LE + R + F = EH \quad (1)$$

$$EH = \Phi_0 + \Phi_k \quad (2)$$

где

H, LE – вертикальные турбулентные потоки явного и скрытого тепла,

R, F – длинноволновый и коротковолновый радиационный баланс,

EH – поток тепла через снежно ледяной покров

Φ_0 – поток тепла от перемешанного слоя к нижней поверхности льда,

Φ_k – поток тепла, формирующийся вследствие выделения или поглощения тепла при таянии и нарастании льда на нижней поверхности,

Вертикальные турбулентные потоки явного и скрытого тепла рассчитываются по формулам

$$H = c_p \rho \text{St} u (T_s - T_a) \quad (3)$$

$$LE = L \rho \text{St} u (q_s - q_a) \quad (4)$$

где

T_a - температура воздуха на высоте 2м, T_s - температура верхней границы снежно-ледяного покрова,

St – коэффициент переноса тепла и влаги, определяемые с использованием параметризации приледного слоя атмосферы,

L - удельная теплота испарения,

c_p – удельная теплоемкость воздуха,

u – скорость ветра,

q_s, q_a - удельные влажности воздуха вблизи снежно-ледяной поверхности и на высоте 2 м,

ρ – плотность воздуха

При этом через q_s и q_a выражено через давление насыщенного водяного пара при температурах T_s и T_a , которые, в свою очередь, рассчитываются по эмпирической формуле Магнуса. Таким образом, окончательные формулы для расчета q и q_a имеют вид

$$q_v = \frac{0.622e_0}{p} 10^{\frac{a_1(T-273)}{b_1(T-273)}} \quad (5)$$

$$q_a = \frac{0.622e_0 f}{p} 10^{\frac{a_1(T_a-273)}{b_1(T_a-273)}} \quad (6)$$

где p, f – давление и относительная влажность воздуха, a_1, a_2, e_0 – эмпирические константы **Раздел 2.1.2** посвящен рассмотрению динамики изменения энергопотоков в польнях, выявлены основные закономерности изменения потока энергии из океана в атмосферу (в заприпайных польнях), выполнены сравнения с литературными данными. Рассчитанные потоки энергии от океана в атмосферу составляют от 200 до 1000–1200 Вт/м², что согласуется с данными других авторов (Сабинин, 1980, Martin S., Cavalieri D J 1994, Lemke P., 2001), и позволяет считать заприпайные польни энергоактивными зонами океана. В **разделе 2.1.3** даны оценки влияния заприпайных полей на баланс энергии в Северной полярной области, показано, что при развитых польнях, суммарный поток энергии из океана в атмосферу может достигать значительных величин. Влияние энергетических потоков на циркуляцию атмосферы рассмотрено в **главе 4**.

Раздел 2.2 Расчёт продукции льдов и вод в заприпайных польнях. Заприпайные польни оказывают значительное влияние на ледообразование и таяние льда в море. В холодный период они представляют пояс интенсивного ледообразования, в литературе польни называют даже «фабриками льда» (Захаров, 1996) – по данным исследователей, в польнях может образовываться до 70%, от суммарного объема льда, образовавшегося в холодный период в море. В весенне-летний период польни являются аккумуляторами тепла и центрами очищения моря ото льдов (Карелин, 1981, 1996).

Как показал Ю. Ф. Захаров, до 70% объема новых льдов морей Сибирского шельфа продуцируются в заприпайных польнях соответствующих морей (Захаров, 1996). В **разделе 2.2.1** описаны модели для расчета продукции плотных вод и новых льдов в заприпайной польне (по (Martin, Cavalieri, 1989,

1994)), исследована изменчивость продукции новых вод и льдов (**разделе 2.2.2**), показано, что наблюдается увеличение продукции в девяностых-двухтысячных годах, выполнен анализ временной изменчивости, отмечены характерные периоды колебаний и оценен вклад продукции заприпайных полыней в формирование ледяного покрова, донных и плотных шельфовых вод Северного ледовитого океана. Четко выделяется тренд увеличения продукции новых льдов и вод, сформированных в полынях Карского и Лаптевых морей. Это связано, в основном, с ростом площадей и повторяемости заприпайных полыней.

В 1984-1985 и 1991 годах, как было отмечено выше, наблюдается локальное уменьшение продукции льда, что связано с уменьшением общей площади полыней в эти периоды. Во временном распределении продукции вод наблюдаются приблизительно те же особенности, что так же связано с локальным уменьшением площади полыней. В **разделе 2** проведены сравнения с ранее полученными данными других авторов.

Глава 3. Заприпайные полыни и летняя ледовитость.

Глава содержит результаты исследования влияния заприпайных полыней на летнюю ледовитость. В **разделе 3.1** дано феноменологическое описание взаимосвязи полыней с летней ледовитостью – заприпайные полыни могут оказывать влияние на формирование ледовых условий в летний период посредством двух разных механизмов:

- Через цепочку преобразований атмосферной циркуляции от зимних процессов к летним
- Через непосредственное тепловое воздействие

Очевидно, что изменения площади полыней в феврале и марте не могут напрямую влиять на летние ледовые условия в морях Сибирского шельфа. Поскольку в этот период происходит интенсивная теплоотдача и охлаждение вод в области полыни в условиях полярной ночи. Поэтому, единственным объяснением высоких значений коэффициентов корреляции связи временных рядов площадей полыней и ледовитости морей Сибирского шельфа, может

быть изменение альбедо и влияние зимних ледовых условий на особенности перестройки атмосферной циркуляции и изменений потоков радиационного тепла над чистой водой и льдом. В весенний период заприпайные полыньи представляют собой область аккумуляции тепла, поэтому в дальнейшем они становятся очагами разрушения ледяного покрова. Чем больше площадь полыньи в апреле-мае, тем больше тепла накопит водная толща на начальном этапе радиационного прогрева, тем быстрее начнется процесс таяния окружающих льдов. В разделе 3.2 на примере Карского моря показана возможность прогноза ледовых условий в летний период по данным о площадях полыней зимой и весной. Оправдываемость прогноза и фактических данных составляет в среднем 94,7% (Попов, Карелин, Рубченя, 2007).

Глава 4 посвящена влиянию заприпайных полыней на гидрометеорологические условия в Северной полярной области. **Раздел 4.1** описывает влияние полыней на гидрологические условия в Гренландском море. Рассмотрены районы в Гренландском море у арх. Шпицберген. Основные идеи изложены в **разделе 4.1.1** на формирование термохалинных характеристик водных масс в исследуемых районах Гренландского моря оказывают различные факторы, в том числе, как показано, заприпайные полыньи морей Сибирского шельфа. Полыньи являются значимым источником новых льдов в Арктическом бассейне, как показано в **главе 2**. Образование льда в полынях сопровождается генезисом новых водных масс, лед и образовавшиеся воды вовлекаются в систему дрейфа и течений Северного ледовитого океана, и в конечном итоге оказываются в районе архипелага Шпицберген, где выносятся через пролив Фрама в Северную Атлантику (Aagaard, Coachman, 1981, Kwok, Rothrok, 1999, Никифоров, 1999). В **разделе 4.1.2** показана связь временных рядов интегральных аномалий ледопродуктивности полыней Карского моря и температуры вод Западно-Шпицбергенского течения, которая описывается очень высокими положительными коэффициентами корреляции, они более 0,8. Временной сдвиг – от 3 до 6 лет, что соответствует времени «добегания»

климатического сигнала от морей Сибирского Шельфа до пролива Фрама (Рубченя, 2006, Rubchenia, 2006)

Раздел 4.2 озаглавлен «Заприпайные полыньи и полярная атмосфера» В **разделе 4.2.1** описано взаимодействие циклонов и заприпайных полыней, далее, в **разделах 4.2.2 и 4.2.3** приводятся результаты исследования взаимосвязи заприпайных полыней и индексов глобальной циркуляции атмосферы (Arctic Oscillation – AO, North Atlantic Oscillation – NAO) Интегральной характеристикой глобальной изменчивости циркуляции в полярной области являются, в частности, индексы AO и NAO (Thompson and Wallace, 1998) Влияние процессов в заприпайных полынях на ледовый и гидрологический режим Северного Ледовитого океана имеет инерционный, накопительный характер Анализ энергообмена атмосферы и океана в районе заприпайных полыней (освященный так же в **главе 2**), свидетельствует о весьма значительном влиянии полыней на полярную атмосферу Основные предпосылки изложены в **разделе 4.2.2**. Реакция полярной атмосферы на резкое увеличение повторяемости и площадей заприпайных полыней Карского моря и моря Лаптевых в 1980-е и 1990-е годы, выразилась в том, что все больше циклонов, попадая в данный регион, получали энергетическую подпитку и оставались здесь в течение нескольких суток Таким образом, тепло океана в виде скрытого тепла и эффективного турбулентного потока поступало в нижние слои атмосферы, и далее, в передней части стационарирующих циклонических вихрей, выносилось в центральную Арктику В тыловой части циклонов холодный арктический воздух выносился на Европейскую территорию России По-видимому, именно этот процесс, объясняет формирование длительных термических и барических аномалий в Арктике и на материке и определяет тот или иной знак индексов AO и NAO (Popov, Rubchenia, 2005) Согласно поставленной задаче было исследованы связи характеристик заприпайных полыней (в первую очередь площадей и продукции новых льдов) и индексов макроциркуляции Был выполнен совместный статистический анализ временных изменений индексов AO, NAO и

характеристик заприпайных полыней, результаты представлены в разделе 4.2.2 выявлены синхронные связи между характеристиками заприпайных полыней и индексом макроциркуляции Arctic Oscillation (АО) прослеживается связь временных рядов характеристик полыней и индекса АО, описываемая положительными коэффициентами r от 0,46 до 0,8 без временного сдвига, и несколько менее выраженная связь (с коэффициентами r от 0,49 до 0,74) при сдвиге в 1-3 года

Работа завершается разделом «**Заключение**», в котором изложены основные результаты и выводы, полученные в работе

1 В период с 1978 по 2002 годы наблюдается увеличения количества эпизодов существования полыней (т.е. повторяемости) и площадей заприпайных полыней. Площади заприпайных полыней подвержены значительным временным изменениям разного масштаба: синоптическим, сезонным, межгодовым. Выделено несколько основных периодов – 1-2 года и 8-10 лет

2 Энергопотоки в заприпайных полынях от океана в атмосферу в полынях в среднем составляют 400 Вт/м^2 и могут достигать $800-1000 \text{ Вт/м}^2$, что позволяет считать полыньи зоной активного энергообмена между океаном и атмосферой. При среднем многолетних значениях площадей полыней – 72600 км^2 (менее 4% от общей площади Арктического бассейна и морей Сибирского шельфа) и среднем потоке 400 Вт/м^2 интегральный поток составляет $29,04 \cdot 10^{12} \text{ Вт}$ – в 2,5 раза меньше потерь тепла атмосферой за счет уходящего противозлучения атмосферы над всем океаном

3 Показано, что заприпайные полыньи являются значимым источником новых льдов и вод, объемы новых льдов, нарастающих в полынях морей Карского и Лаптевых сравнимы с количеством льдов, образованных на всей площади этих морей – заприпайные полыньи являются «фабриками льда», где ледообразование идет интенсивно в течение всего холодного сезона, в случае, если полыньи открыты. Экстремальное развитие заприпайных полыней приводит к экстремальному повышению продукции новых вод и льдов. Четко

выделяется тренд увеличения продукции новых льдов и вод за исследуемый период

4 Рассмотрено влияние заприпайных полыней на летние ледовые условия. В весенний период заприпайные полыньи представляют собой область аккумуляции тепла, поэтому в дальнейшем они становятся очагами разрушения ледяного покрова. Чем больше площадь полыньи в апреле-мае, тем больше тепла накопит водная толща на начальном этапе радиационного прогрева, тем быстрее начнется процесс таяния окружающих льдов. Проведенный анализ характеристик заприпайных полыней и летней ледовитости моря показал, что существует взаимосвязь между летней ледовитостью и площадями полыней в зимний и весенний период. В работе показана возможность прогноза ледовых условий в летний период по данным о площадях полыней зимой и весной.

5 Проведен анализ взаимосвязи пространственно-временной изменчивости характеристик полыней и термохалинных характеристик в Гренландском море – в проливе Фрама. В частности показано, что существует связь между характеристиками полыней и температурой и соленостью в проливе Фрама, которая описывается высокими положительными коэффициентами корреляции. Временной сдвиг – около 3 лет, что соответствует времени «добегания» климатического сигнала от морей Сибирского шельфа до пролива Фрама.

7 Проведен анализ взаимосвязи пространственно-временной изменчивости характеристик полыней и индексов макроциркуляции АО и NAO. Выявлены синхронные связи между характеристиками заприпайных полыней и индексом макроциркуляции Arctic Oscillation (АО). Прослеживается связь временных рядов характеристик полыней и индекса АО, описываемая положительными коэффициентами r от 0,46 до 0,8 без временного сдвига, и несколько менее выраженная связь (с коэффициентами r от 0,49 до 0,74) при сдвиге в 1-3 года.

Основные публикации по теме диссертации:

1. Попов А.В., Карелин И.Д., Рубченя А.В. Роль зимних заприпайных полыней в формировании ледовых и гидрометеорологических условий в морях Сибирского шельфа в летний период. // «Метеорология и гидрология», №9 2007 – с.65-73.
2. Рубченя А.В. Заприпайные полыньи арктических морей и их влияние на климат полярной области // Тезисы докладов международной научной конференции «Современные климатические и экосистемные процессы в уязвимых природных зонах (арктических, аридных, горных)» ЮНЦ РАН, ММБИ, Ростов-на-Дону, 2006 – с 169-171
3. Рубченя А.В., Попов А.В. Влияние заприпайных полыней морей Сибирского шельфа на формирование термохалинных характеристик водных масс в районе архипелага Шпицберген // Труды международной конференции «Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген», ММБИ, Мурманск, 2006 – с 270-279
4. Rubchenia A. Long-period variability of thermohaline structure and circulation of water in Fram Strait and Euro-Arctic Seas // Research Seminar Norwegian-Russian collaboration in Svalbard 9-10 March 2006, Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway
5. Popov A, Rubchenia A. Influence of Polynyas of Arctic Shelf on Arctic Oscillation Formation // Papers of General Assembly, Arctic Hazard (NH-6 03), EGUGU05-A-2304, Vienna, Austria, 2005

Подписано в печать 01.10 2007
Формат 60x84 1/16 Бумага офсетная Печать офсетная
Тираж 100 экз Усл п л 1,0
Заказ № 639

Отпечатано в ООО «Издательство "ЛЕМА"»
199004, Россия, Санкт-Петербург,
В О., Средний пр , д 24, тел /факс 323-67-74
e-mail' izd_lemma@mail ru