

4766

V

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И КОНТРОЛЮ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ОРДЕНА ЛЕНИНА АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

Для служебного пользования

Экз. № 24

На правах рукописи

УДК: (551.326.1+551.515.2)(261.1)

Абрамов Валентин Александрович

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МОРСКИХ ЛЬДОВ И РЕЖИМ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АТЛАНТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ АРКТИКИ

Специальность II.00.08 - океанология

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата географических наук

ЛЕНИНГРАД

1986

ВНПР
№ 137.1/1
БИБЛИОТЕКА

Авг - 11 26 22 11

Работа выполнена в ордена Ленина Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте.

Научный руководитель: доктор географических наук, профессор В.Ф.Захаров.

Официальные оппоненты: доктор географических наук А.Е.Антонов, кандидат географических наук А.Л.Соколов.

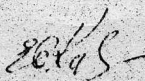
Ведущее учреждение: Ленинградское ордена Октябрьской революции высшее инженерное морское училище имени адмирала С.О.Макарова.

Защита диссертации состоится "9" апреля 1987 г. в 14 часов на заседании специализированного совета Д.024.04.01 в ордена Ленина Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте.

Отзывы на автореферат диссертации в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим высылать по адресу совета: 199226 г. Ленинград, ул. Беринга 38, Ученому секретарю специализированного совета Д.024.04.01

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛАНИИ. Автореферат разослан "24" февраля 1987 г.

Учёный секретарь специализированного Совета,
доктор географических наук



Е.Г.Ковалёв

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Исследование пространственно-временных изменений положения кромки морских льдов, раздробленности льдов, размеров заприпайных полней и других характеристик состояния ледяного покрова и их связь с траекториями циклонов включают широкий спектр вопросов, в большинстве ещё недостаточно изученных. Плавание ледокольно-транспортных судов в окраинных морях Арктики, работа рыбопромысловых экспедиций в прикромочных районах показывают, что знание различных характеристик ледового режима является важным условием успешного осуществления судоходства в этих районах. Поэтому, исследование причинно-следственных связей между положением зоны циклонов, площадью, распределением и состоянием морских льдов является актуальным, так как способствует повышению эффективности гидрометеослуживания плавания судов в арктических морях.

Цель и задачи исследования. Целью темы диссертации является исследование причинной зависимости между меридиональными смещениями зоны циклонической деятельности внетропических широт, площадью, распределением морских арктических льдов и изменением теплообмена в прикромочных областях. При выполнении темы основное внимание было уделено следующим вопросам:

- 1) исследованию межгодовых и многолетних меридиональных смещений зоны циклонической деятельности внетропических широт в атлантическом секторе Арктики (70° з.д. - 60° в.д.);
- 2) исследованию взаимосвязи элементов ледового режима с меридиональными смещениями зоны циклонической деятельности в различных пространственных и временных масштабах;
- 3) исследованию влияния на траектории циклонов мощных неадиабатических очагов теплоотдачи, возникающих на поверхности Баренцева и Карского морей в холодный период года.

Фактический материал и методы исследования. Исходным материалом для исследования служили фактические данные, характеризующие распределение морских льдов за декаду и месяц, карты траекторий центров циклонов, приведённые в Синоптических бюллетенях, натурный эксперимент в Карском море, проведённый на научно-исследовательском ледоколе "Отто Шмидт" (ноябрь 1979 г.) с целью изучения обмена энергией между атмосферой и океаном.

В процессе выполнения темы проводился статистический анализ натуральных данных, вычисление режимных характеристик, выделение крупных аномалий исследуемых показателей по количественным критериям, расчёты состояния верхнего квазигомогенного слоя (ВКС) Баренцева и Карского морей и распределение тепловых потоков, поступающих от поверхности этих морей в атмосферу в холодный период года. Для этих расчётов и выявления физических механизмов и причинно-следственных зависимостей в системе океан-атмосфера использовалась модель морских льдов и ВКС океана (Фролов, 1981).

Основные положения диссертации.

- 1) Положение кромки морских льдов (площадь льдов) стабилизирует меридиональные смещения зоны циклонической деятельности внетропических широт.
- 2) Изменение траекторий циклонов в районе кромки морских льдов взаимосвязано с положением мощных неадиабатических очагов теплоотдачи в атмосферу.

Новизна работы. В исследовании получены новые результаты, характеризующие меридиональные смещения зоны циклонической деятельности внетропических широт за последние 30 лет. Установлена связь между изменением положения зоны циклонической деятельности, площадью и распределением морских льдов в атлантическом секторе Арктики. Показано, что раздробленность льдов зависит от траекторий

циклонов в зимний сезон года. Получен вывод, что мезомасштабная изменчивость теплообмена Баренцева и Карского морей с атмосферой в холодный период года влияет на положение траекторий циклонов, пересекающих этот регион.

В основу исследования положена концепция, предложенная Захаровым /1981/ и заключающаяся в том, что изменения солёности поверхностного слоя Северного Ледовитого океана и площади галоклина, вызывают изменение площади морских льдов и циркуляции атмосферы, в частности, меридиональные смещения зоны циклонической деятельности. В результате проведённого исследования детализирована схема развития собственных колебаний в системе галоклин-морские льды-циркуляция атмосферы.

Практическая ценность. Исходные данные и результаты, полученные в диссертации будут использоваться для исследования причин формирования крупных аномалий ледового режима, разработках методик долгосрочных ледовых прогнозов и гидрометеослуживания плавания судов в арктических морях. Данные о межгодовых изменениях положения зоны циклонов позволяют выполнять диагностику изменений климата Арктики, исследовать некоторые особенности межгодовых изменений осадков на территории ЕТС.

Внедрение. Отдельные результаты, полученные в процессе работы, были внедрены в темах: 074.01.06.01.Н1 "Составить баланс загрязняющих веществ в бассейне Северного Ледовитого океана с учётом их обмена между границами разделов вода-атмосфера, вода-лёд, вода-донные осадки" (по заданию ГКНТ 1981-1983 г.г.), 074.01.06.01.Н3 "Изучить влияние загрязнения на основные физические и химические характеристики океана" (по заданию ГКНТ 1981-1985 г.г.), Ш.246.22 "Разработать рекомендации по оценке ледопроеходимости основных типов транспортных судов и ледоколов в различные сезоны года"

(по плану Госкомгидромета 1984-1985 г.г.). Диссертация выполнена в рамках темы I.076.01 "Разработать методику долгосрочного прогноза крупных аномалий ледовых условий в арктических морях на весенне-летний и осенне-зимний периоды" (по плану Госкомгидромета на 1986-1988 г.г.). Методика обработки данных для диагностики меридиональных смещений зоны циклонов передана в Управление Севрипромразведки (Мурманск) для гидрометеослуживания рыбопромысловых экспедиций в Северо-Европейском бассейне.

Апробация работ. Основные положения диссертации докладывались в Ленинграде на конференциях молодых учёных ААНИИ в 1982 г. и 1986 г., научных семинарах отдела ледового режима и прогнозов ААНИИ в 1983-1986 годах. Полностью диссертация доложена на секции океанологии и ледоведения Учёного Совета ААНИИ в 1986 г.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложения. Она содержит 149 машинописных страниц, из которых: 100 страниц текста, 30 рисунков, 14 таблиц, список литературы из 134 наименований, 3 таблицы приложений на 7 листах, включающих среднемесячные данные суммарной площади морских льдов, широты положения зоны циклонической деятельности и количество циклонов в атлантическом секторе Арктики за период с 1950 г. по 1982 г.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведён обзор литературы, посвящённой исследованию причинно-следственных связей между положением кромки морских льдов и траекториями циклонов. Показаны противоречия и трудности, обоснована актуальность темы, охарактеризованы некоторые подходы при исследовании этого вопроса, формулируются цель и задачи, основные положения, выносящиеся на защиту, новизна исследования.

В первой главе дается характеристика использованных материалов, района исследования, методики обработки и расчетов статистических характеристик, показаны некоторые особенности пространственно-временных изменений рассматриваемых показателей.

Район исследования охватывает замерзающие моря атлантического сектора Арктики (моря: Баренцево, Гренландское, Баффина, Лабрадорское; проливы: Девиса, Датский) на всем протяжении, где распространение льдов не ограничивается материками в течение годового цикла. Исследование изменчивости распространения морских льдов выполнялось на основе среднемесячных данных по ледовитости отдельных морей и всего региона в целом и широты положения кромки льдов в конце месяца через 10° долготы на меридианах 40° з.д.+ 60° в.д., где она имеет широтное направление. Следует отметить, что вклад изменений ледовитости морей в суммарную площадь льдов атлантического сектора Арктики в течение года неодинаков (табл. I). Наибольший вклад вносит Баренцево море.

Таблица I

Вклад изменений ледовитости окраинных морей в общую дисперсию площади льдов в атлантическом секторе Арктики, %

Море	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Баренцево	31	28	32	5	21	39	37	29	17	42	25	29	28
Лабрадорское	24	47	37	56	29	14	11	9	6	0	6	8	21
Девисов пр.	18	11	24	5	27	18	13	16	25	2	18	24	17
Баффина	4	0	1	2	4	13	22	22	26	41	33	15	15
Гренландское	16	10	4	22	18	13	12	10	8	12	9	16	12
Датский пр.	7	4	2	10	1	3	5	14	18	3	9	8	7

Для характеристики меридиональных смещений зоны циклонов использовалась широта траекторий центров циклонов, снятая с карт с точностью $0,5^{\circ}$ широты при пересечении ими меридианов через 10° долготы в секторе 70° з.д.- 60° в.д. и осредненная по месяцам. Показано, что меридиональное распределение повторяемости циклонов в рассматриваемом секторе имеет симметричный вид. Величина коэффи-

циентов асимметрии за период 1962-1982 г.г. для различных месяцев не превышает $\pm 0,5$, за исключением марта ($-1,0$) и августа ($+1,0$). Это означает, что средняя арифметическая совпадает с модой и медианой и отражает положение максимума распределения. В данном случае, максимум повторяемости циклонической деятельности наблюдался в зоне $58^{\circ} - 61^{\circ}$ с.ш., а средняя широта траекторий циклонов составляет $59,7^{\circ}$ с.ш. Таким образом, изменение средней широты траекторий циклонов характеризует величину меридионального смещения максимума повторяемости циклонической деятельности внетропических широт.

Максимальная повторяемость прохождения циклонов отмечается в тех районах атлантического сектора Арктики, где в приземном слое тропосферы наблюдаются большие температурные контрасты и потоки тепла из океана в атмосферу. Такими районами являются границы материков и океанов, морских льдов и чистой воды, зоны активного теплового взаимодействия между океаном и атмосферой, а также стационарные заприпайные полыньи в арктических морях в зимний сезон года. В результате, изменение положения кромки льдов может вызывать смещение зоны максимальных контрастов температуры и теплообмена, что влияет на траектории циклонов / I /. Сравнение величины турбулентного потока тепла, поступающего от поверхности Баренцева моря в атмосферу с величиной потоков тепла в энергоактивных зонах Северной Атлантики (табл.2) показывает, что Баренцево море можно

Таблица 2

Среднегодовое значения турбулентного потока тепла
(Мдж/м²сут.) в энергоактивных зонах Северной Атлантики
по данным кораблей погоды и Баренцевом море

Корабль погоды	Энергоактивная зона	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
D	Ньюфаундлендская	10	10	7	4	2	0	0	1	2	3	5	8
I	Исландская	6	6	4	3	1	1	1	1	1	3	5	6
M	Норвежская	7	7	6	3	2	1	1	1	2	3	5	7
-	Баренцево море	11	13	7	1	-	-	-	-	4	10	12	12

отности к энергоактивной зоне. Таким образом, представляет интерес выявление связи между меридиональными смещениями зоны циклонов и площадью льдов с одной стороны и меридиональными смещениями зоны циклонов и источниками тепла на поверхности Баренцева моря с другой.

Во второй главе исследуются межгодовые и многолетние меридиональные смещения зоны циклонической деятельности и их региональные особенности, выделены крупные аномалии, оценивается достоверность смещений зоны циклонов.

Для доказательства межгодовых меридиональных смещений зоны циклонов на рис. I приведён меридиональный профиль повторяемости циклонов в секторе 0° - 30° в.д. для 1965-1969 г.г. с повышенной ледовитостью Северо-Европейского бассейна и 1974-1978 г.г. с пониженной ледовитостью Северо-Европейского бассейна. Из рисунка следует, что в 1970-е годы исландская ветвь циклонов сдвинута на $3,0^{\circ}$ широты к северу по сравнению с 1960-ми годами. Изменения повторяемости циклонов незначительны. Можно отметить, что при смещении зоны циклонов к северу, их количество возрастает в Арктическом и Северо-Европейском бассейнах и уменьшается над Европой. Одним из следствий этого является, например, сокращение количества осадков на Украине в 1960-е годы /Шербань, 1984/. Анализ

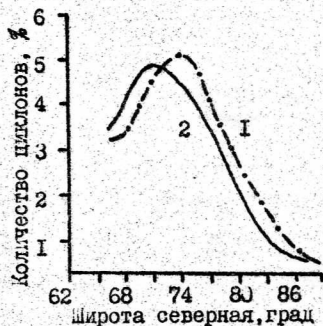


Рис. I Распределение повторяемости циклонов в секторе 0° - 30° в.д.

- I - 1974-1978 г.г.
- 2 - 1965-1969 г.г.

межгодовых меридиональных смещений зоны циклонов показал, что в 1950-е годы она занимала наиболее северное положение с максимумом в июне-августе 1953 г. (68° с.ш.), в конце 1950-х годов и начале 1960-х годов зона циклонов сместилась к югу с минимумом в июне-августе 1962 г. и 1965 г. (59° с.ш.) и в 1970-е годы наблюдалось увеличение широты положения зоны циклонов, но величина максимума летом 1976 г. (65° с.ш.) не достигла уровня 1950-х годов. Величина размаха этих изменений составляет $9,0^{\circ}$ широты или около 1000 км.

Периодами крупных аномалий меридиональных смещений зоны циклонической деятельности считались случаи, при которых выполнялись следующие условия: аномалия одного знака должна иметь пространственные масштабы сравнимые с отдельным регионом (например Северо-Европейским бассейном); значения аномалий широты траекторий циклонов на отдельных створах должны быть не ниже определённого уровня; продолжительность сохранения аномалий порядка сезона /Орко, 1977/. В качестве уровня аномальности широты траекторий циклонов использовался параметр:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\Delta\varphi_i}{\sigma_i} \right)^2 \quad (I) \quad \text{где } \Delta\varphi_i - \text{значение аномалии средне-} \\ \text{месячной широты траекторий циклонов}$$

на отдельном створе; σ_i - среднее квадратическое отклонение аномалий широты на этом створе; N - количество створов.

Из 252 месяцев исследуемого промежутка времени, положение зоны циклонов в 16% случаев имеет малую ($K < 0,45$), в 61% случаев среднюю ($0,45 < K < 1,27$) и в 23% случаев крупную ($K > 1,27$) аномальность. В большинстве случаев положению зоны циклонов характерна средняя и крупная аномальность. Наиболее продолжительные периоды крупных аномалий за 1962-1982 г.г. была в 1962 г. (III-IV), 1966 г. (VII-VIII), 1968 г. (IX-XI), 1970 г. (III-IV), 1972 г. (X-XII), 1974 г. (IV-VI, IX-X), 1978 г. (I-II, V-XII), 1980 г. (VIII-IX), 1981 г. (IV-V, IX-X), 1982 г. (VI-VII).

До 1978 г. крупные аномалии широты зоны циклонической деятельности имели отрицательный знак, а в последующие годы - положительный. Показано, что за этот промежуток времени при развитии формы Б (классификация Г.Я. Вангенгейма) циркуляции атмосферы относительная устойчивость зоны циклонов уменьшилась.

Одной из причин, формирующих крупные аномалии температуры поверхности океана (АТПО) одного знака за относительно короткий период времени и охватывающие большую часть акватории Северной Атлантики, можно отнести меридиональные смещения зоны циклонической деятельности внетропических широт /4/. Этот вывод представляется логичным вследствие того, что увеличение повторяемости циклонов в определенных районах за счёт смещения зоны циклонов на север или юг усиливает действие целого ряда факторов, способствующих охлаждению поверхности океана. К ним относится увеличение облачности, испарения, перемешивание верхнего слоя океана и апвеллинг в зоне действия циклона. В связи с этим справедливо отмечает Ломакин/1986/, что при положительных АТПО траектории циклонов имеют значительную меридиональную составляющую. Этот вывод можно дополнить, а именно: в периоды времени с положительными АТПО зона циклонической деятельности смещена в более северные широты по сравнению с периодами отрицательных АТПО.

Полученные результаты свидетельствуют о большой роли меридиональных смещений зоны циклонов в формировании пространственно-временной изменчивости отдельных гидрометеорологических элементов. В третьей главе исследуются некоторые причины, влияющие на меридиональные смещения зоны циклонической деятельности. Показано, что кромка морских льдов стабилизирует меридиональные смещения зоны циклонов. Междумесячные изменения траекторий циклонов в районе кромок морских льдов взаимосвязаны с положением мощных неадиабатических

тических очагов теплоотдачи в атмосферу. На рис. 2 показано, что меридиональные смещения зоны циклонов взаимосвязаны с эволюцией площади льдов в атлантическом секторе Арктики. Коэффициент корреляции между этими кривыми составляет $-0,71$ и увеличивается до $-0,93$ после сглаживания данных по скользящим 5-летиям.

Следует отметить, что траектории циклонов в более северных широтах проходят в непосредственной близости от кромки морских льдов или над льдами, а в более южных широтах над теплой поверхностью моря, свободной от льдов. Это вносит определенные особенности в циклоническую деятельность, связанные с устойчивостью аномалий в этих средах, которые неодинаково влияют на траектории циклонов. Для выявления этих особенностей зона циклонической деятельности внетропических широт была условно разделена на южную и северную части. Критерием для разделения служила средняя широта траекторий циклонов за 1962-1982 г.г. на каждом створе и для каждого месяца. Анализ межгодовых изменений широты траекторий циклонов в южной и северной частях зоны показывает, что величина меридиональных смещений траекторий циклонов в южной части в 2,0 раза больше по сравнению с северной. Этот факт объясняется тем, что меридиональные смещения траекторий циклонов в южной части зоны проходят над теплой подстилающей поверхностью, тогда как в северной части над морскими льдами, которые препятствуют интенсивному проникновению циклонов в Арктический бассейн. Кромка морских льдов играет роль стабилизирующего фактора в меридиональных смещениях циклонов на север. Так как кромка льдов претерпевает межгодовые смещения на север или юг, то стабилизация зоны циклонической деятельности происходит на различных широтах. В этом проявляется воздействие морских льдов на траектории циклонов. Этот вывод подтверждается результатом Вэлла /1986/, который по-

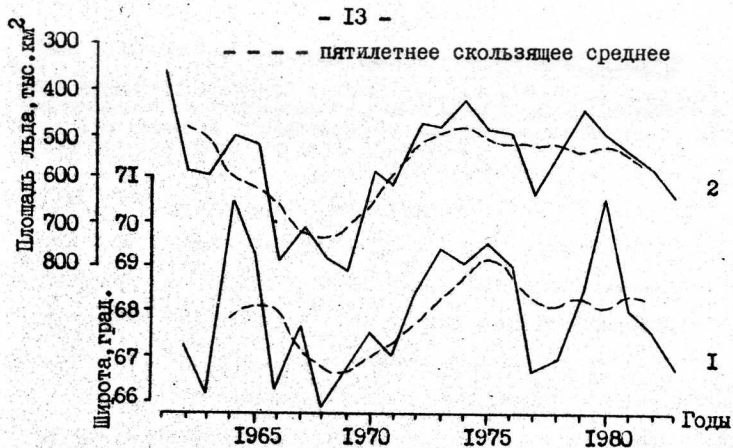


Рис.2 Изменения среднемесячной широты траекторий циклонов в северной части внетропической зоны в апреле (I) и интегральной ледовитости морей атлантического сектора Арктики в сентябре (2)

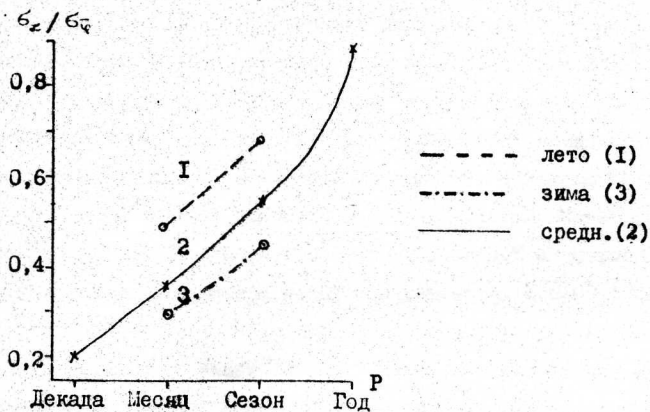


Рис.3 Отношение среднеквадратических отклонений аномалий широты положения кромки морских льдов (σ_x) и зоны циклонической деятельности (σ_ϕ) для различных периодов (P) осреднения исходных данных

казал для зимнего сезона года, что распространение снежного покрова в Северной Америке и морского льда в Северной Атлантике способствуют более интенсивному циклонообразованию и смещению траекторий ураганов к югу в этом регионе.

Следует отметить, что ледовые процессы, в том числе и смещение кромок льдов имеют большую инерционность по сравнению с циклонической деятельностью. Из рис.3 следует, что по мере увеличения периода осреднения исходных данных, отношение среднего квадратического отклонения широты положения кромки морских льдов к среднему квадратическому отклонению широты положения зоны циклонов приближается к единице. Т.е., при увеличении периода осреднения исходных данных, положение зоны циклонов приспособливается к положению кромки морских льдов. Причём, зимой это различие больше, чем летом. Есть основания предположить, что это является результатом пространственной неоднородности притока тепла от поверхности океана в атмосферу в прикромочных районах в зимний период года. Так, согласно Николаеву /1977/"потоки тепла из океана, образовавшиеся вследствие "рассогласования" полей температуры и влажности атмосферы и теплового поля океана являются одновременно и причиной возникновения аномалий атмосферной циркуляции". Полученные среднемесячные аномалии потоков явного и скрытого тепла зимой, поступающего в атмосферу в Норвежском море, составляют $40-60 \text{ Кдж/см}^2 \text{ мес}$, что составляет $60-90\%$ изменения доступной потенциальной энергии столба атмосферы.

Для исследования влияния "очагов" тепла на поверхности океана на положение зоны циклонов, были выполнены расчёты распределения тепловых потоков из Баренцева моря в атмосферу на протяжении периода охлаждения моря. Для этого использовалась модель морских льдов и верхнего квазиоднородного слоя океана (ВКС)/Фролов, 1981/. Модель основана на решении балансовых уравнений: теплового баланса поверх-

Таблица 3

Фактические среднемесячные параметры приземной атмосферы и рассчитанные основные характеристики ВКС в Баренцевом море

Годы	Месяц	$\bar{\varphi}$	φ_Q	Q_{\max}	$\varphi_{\Delta h}$	N_{30}	\bar{Q}	\mathcal{L}	\bar{T}_a	\bar{h}
1965	IX	72,6	72,9	27,5	73,2	4,3	10,8	152	1,2	22
1974		75,0	74,5	28,5	74,3	6,2	11,2	139	1,2	20
1965	X	70,6	72,1	64,0	70,6	7,1	35,0	250	-3,1	46
1974		75,0	73,7	55,5	74,3	4,8	31,0	250	-2,5	37
1965	XI	70,6	70,2	86,5	71,2	3,2	37,3	388	-7,3	70
1974		73,4	71,1	90,0	72,5	6,7	46,0	375	-6,9	61
1965	XII	71,8	72,7	104,0	73,1	7,4	35,3	583	-12,8	95
1974		74,0	74,7	57,3	73,1	7,0	21,3	458	-9,2	78
1966	I	77,4	74,8	110,0	76,0	9,9	43,3	833	-16,4	120
1975		70,2	71,6	91,8	71,7	7,5	36,0	555	-12,7	104
1966	II	73,4	71,1	115,0	75,4	3,8	35,8	972	-16,6	132
1975		72,8	72,2	92,5	72,5	9,1	29,0	694	-10,2	119
1966	III	68,2	70,7	87,5	-	6,1	36,2	1069	-16,2	135
1975		73,6	72,4	60,0	-	8,3	22,8	722	-12,2	118
1966	IV	68,8	70,4	40,0	-	4,3	23,0	1194	-8,9	118
1975		73,0	71,9	37,5	-	10,5	20,0	749	-8,2	103
65/66	Средн.	71,7	71,9	79,3	73,2	5,8	32,1	680	-10,0	92
74/75		73,4	72,8	64,1	73,1	7,5	27,2	493	-7,6	80

Примечание: $\bar{\varphi}$, φ_Q , $\varphi_{\Delta h}$ - средняя широта траекторий циклонов, положения центров "очагов" теплоотдачи в атмосферу и максимальных изменений толщины слоя конвекции в градусах широты;

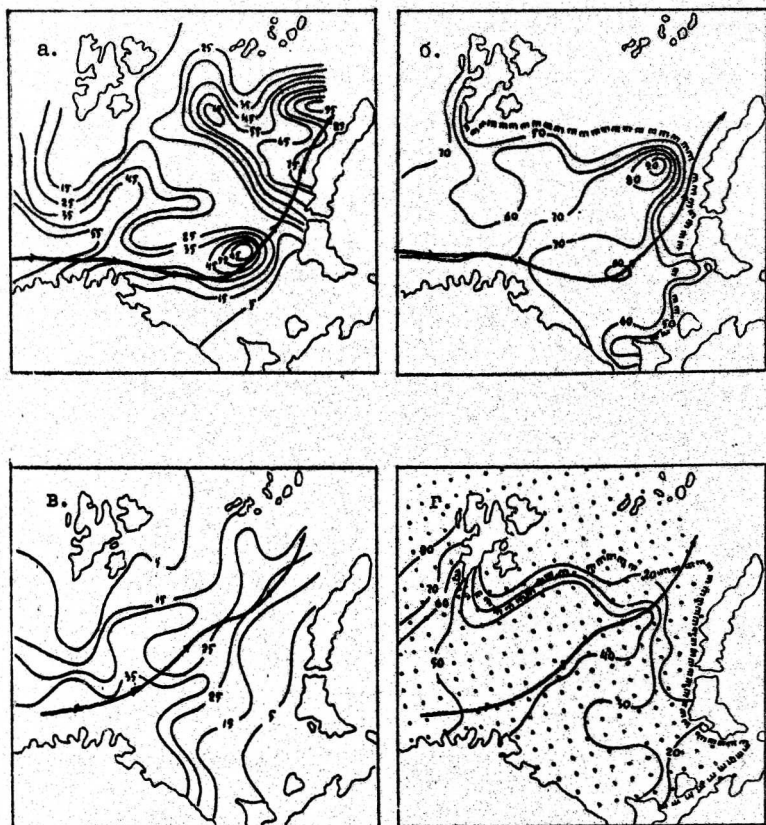
Q_{\max} , \bar{Q} - максимальный в "очагах" и средний по морю потоки тепла в атмосферу (кДж/см² мес);

N_{30} - количество циклонов, приведённое к 30-дневному месяцу;

\mathcal{L} - площадь морских льдов (тыс. км²);

\bar{T}_a - средняя температура воздуха в Северо-Европейском бассейне (°C);

\bar{h} - средняя по морю толщина слоя конвекции (м).



— положение "оси" зоны циклонов в среднем за месяц;
— 75 — изолинии потоков тепла и приращение толщины слоя конвекции; положение кромки дрейфующих льдов.

Рис.4 Распределение турбулентных потоков тепла ($\text{Кдж}/\text{см}^2/\text{мес}$) (б,г) и приращение слоя конвекции ($\text{м}/\text{мес}$) (а,в) в декабре 1965 г. (а,б) и 1974 г. (в,г)

ности (лёд, вода), баланса тепла и солей ВКС, учитывающего возможность возникновения процессов конвективного перемешивания с нижними слоями вод, баланса сил для льда и ВКС, определяющее течение Экмана. Горизонтальное перераспределение основных характеристик ВКС определяется результатом действия суммарного течения (ветрового и постоянного). Внешними, по отношению к модели параметрами являются среднедекадные поля температуры воздуха, атмосферного давления и суммарной солнечной радиации. Район и расчётная сетка с шагом 75 км приведены на рис.4. Некоторые результаты выполненных расчётов приведены в табл.3 и на рис.4. В среднем, величина теплового потока, поступающего от поверхности моря в атмосферу больше в годы с положительной аномалией ледовитости и более южным положением зоны циклонов и меньше в годы с отрицательной аномалией ледовитости и более северным положением траекторий циклонов (табл.3). Для среднемесячных данных положение "оси" зоны циклонов над Баренцевым морем совпадает с положением "очагов" теплоотдачи или зонами повышенной теплоотдачи в атмосферу, образующихся в районах повышенной конвективной активности (рис.4). Аналогичная картина характерна и для остальных месяцев холодной части года. Следовательно, в осенне-зимний период стратификация вод и устойчивость ВКС Баренцева моря играет большую роль в формировании и пространственном положении зон интенсивной конвекции и связанных с ними "очагов" теплоотдачи в атмосферу, которые влияют на развитие циклонической деятельности, в том числе и на меридиональные смещения зоны циклонов.

Таким образом, на фоне относительно медленных смещений зоны циклонов (от нескольких месяцев до нескольких лет), являющихся следствием стабилизирующего воздействия кромки льдов происходят высокочастотные колебания (не превышающие месяца), которые свя-

заны с "очагами" теплоотдачи на поверхности морей в прикромочной области льдов.

В четвёртой главе исследуется изменение раздробленности льдов Баренцева и Карского морей и площади Амдерминской, Новоземельской, Ямальской и Обь-Енисейской заприпайных полынй в связи с меридиональными смещениями зоны циклонов. Знание особенностей и причин изменчивости этих показателей распределения морских льдов имеет большое значение для судоходства в арктических морях. Показано, что изменение средней раздробленности льдов Баренцева и Карского морей в зимнее время на 2-3 балла связано с изменением повторяемости и траекторий циклонов в этом районе. Использование заприпайной полыни при плавании судов снижает затраты времени в зимние месяцы года до 20-30% /2/. Причём, при сочетании больших площадей заприпайных полынй (> 10 тыс. км²) и потоков тепла в атмосферу (около 100 Вт/м²) возникает обратная положительная связь способствующая циклонической деятельности в районе полынй, что приводит к длительному (несколько месяцев) сохранению размеров заприпайных полынй. Эта особенность имеет прогностическое значение и может использоваться для гидрометеорологического обеспечения судоходства в Карском море.

В заключении сформулированы основные научные выводы работы:

I. Зона циклонической деятельности в секторе 70° в.д. - 60° в.д. за период 1950-1982 г.г. претерпевала значительные меридиональные смещения, имеющие определённые особенности в конкретных географических районах. Достоверность этих смещений подтверждается особенностями пространственно-временных изменений различных гидрометеорологических элементов, в частности, крупномасштабной изменчивостью температуры поверхности Северной Атлантики: при южном положении зоны циклонов температура поверхности Северной Атланти-

ки понижена, а при смещении зоны циклонов к северу - повышена. Причём, в годы с крупными аномалиями температуры воды, меридиональные смещения зоны циклонов также значительны.

2. Увеличение площади льдов в морях Баффина, Лабрадорском, Гренландском, Баренцевом, в проливах Девиса и Датском в 1960-е годы сопровождалось смещением к югу зоны циклонической деятельности, а в 1970-е годы зона циклонов смещалась на север вслед за отступающей кромкой льдов. Величина размаха меридиональных смещений зоны циклонов по среднегодовым данным за период с 1962 г. по 1982 г. составила $4,9^{\circ}$ широты или около 550 км.

3. При приближении к кромке льдов, размах средних широт траекторий циклонов уменьшается (для среднегодовых данных примерно в 2 раза), что характеризует кромку льдов как фактор, стабилизирующий меридиональные смещения зоны циклонической деятельности. Величина отношения среднеквадратического отклонения широты кромки льдов (σ_x) к среднеквадратическому отклонению широты зоны циклонов (σ_{ϕ}) по мере увеличения периода осреднения приближается к единице, что указывает на адаптацию положения зоны циклонов к положению кромки льдов. Летом величина отношения σ_x / σ_{ϕ} больше по сравнению с зимой, что свидетельствует о большей роли морских льдов в меридиональных смещениях зоны циклонов в этот сезон года.

4. Подтверждено наличие ледовой оппозиции в ходе ледовитости морей к западу и востоку от Гренландии. Причём, в годы потепления Арктики и сокращения площади морских льдов, когда зона циклонов занимает северное положение, повторяемость ледовой оппозиции возрастает вдвое, по сравнению с годами похолодания.

5. Уточнена схема развития собственных колебаний в системе галоклим-морские льды-циркуляция атмосферы, предложенная

В.Ф.Захаровым /1981/ для межгодовых изменений и добавлено новое звено - "Смещение зоны циклонической деятельности и зоны осадков". С учётом этого схема будет иметь следующий вид: -(Изменение площади галоклина)-(Изменение площади арктического морского ледяного покрова)-(Смещение зоны циклонической деятельности и зоны осадков)-(Изменение интенсивности атмосферной циркуляции в Арктике)-. Последовательность изменений, происходящих между отдельными звеньями системы галоклин-морские льды-циркуляция атмосферы отражает и причинно-следственные зависимости между этими составляющими системы. В случае, например, увеличения площади галоклина в Северном Ледовитом океане, происходит разрастание арктического ледяного покрова, смещение зоны циклонов и зоны осадков к югу и ослабление интенсивности атмосферной циркуляции в Арктике, что в дальнейшем приводит к обратной направленности изменений в рассматриваемой системе.

6. Междумесечные смещения зоны циклонов в холодную часть года связаны с пространственной неоднородностью теплообмена океан-атмосфера. На примере Баренцева моря, заприпайных полней Карского моря показано, что положение неадиабатических мощных очагов теплоотдачи в этих морях влияет на положение зоны циклонов в региональном масштабе. При этом, смещение зоны циклонов на север сопровождается уменьшением величины турбулентного потока тепла от поверхности Баренцева моря в атмосферу, и наоборот, смещение зоны циклонов на юг - увеличением этого потока.

7. Полученные данные и результаты можно использовать как для диагностики климатических изменений в Арктике и исследования крупных аномалий ледового режима, так и для гидрометеорологического обеспечения плавания судов в этих районах.

По теме диссертации опубликовано 7 научных статей и 1 принята к публикации. Основными являются:

1. Изменение траекторий циклонов и площади льдов в атлантическом секторе Арктики.-Л., 1986, 9 с.-Рукопись представлена Арктич. и антарктич. научн. иссл. ин-том, Деп. в ВИНТИ 15 апреля 1986, №513-ГМ.

2. Влияние циклонической деятельности на формирование полыней в зимне-весенний период.-Л., 1986, 12 с.-Рукопись представлена Арктич. и антарктич. научн. иссл. ин-том, Деп. в ВИНТИ 15 апреля 1986, №514-ГМ.

3. Зависимость термических условий в атмосфере от развития морских льдов в Арктике. Тр./Аркт. и антаркт. науч. иссл. ин-т, 1985, т. 400, с. 60-72 (в соавторстве с В.Ф.Захаровым)

4. О связи крупномасштабных аномалий температуры поверхности Северной Атлантики с атмосферными процессами.-Л., 1985, 12 с.-Рукопись представлена Арктич. и антарктич. научн. иссл. ин-том, Деп. в ВИНТИ 29 июля 1985, №513-ГМ (в соавторстве с Ю.В.Николаевым и М.В.Багрянцевым)

Л.Ф.Алиев

Ротп. ААНИИ. Заказ 02 тираж 100 экз.

Подписано к печати 07.01.87

Уч. изд. л. 0.9 "ДСИ" Бесплатно.

Бесплатно