

# Исследование разномасштабной изменчивости ледяного покрова Японского моря с использованием спутниковой информации

Шкорба Светлана

*Лаборатория Ледовых исследований, Тихоокеанский океанологический  
институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Россия*

[sshkorba@yandex.ru](mailto:sshkorba@yandex.ru)

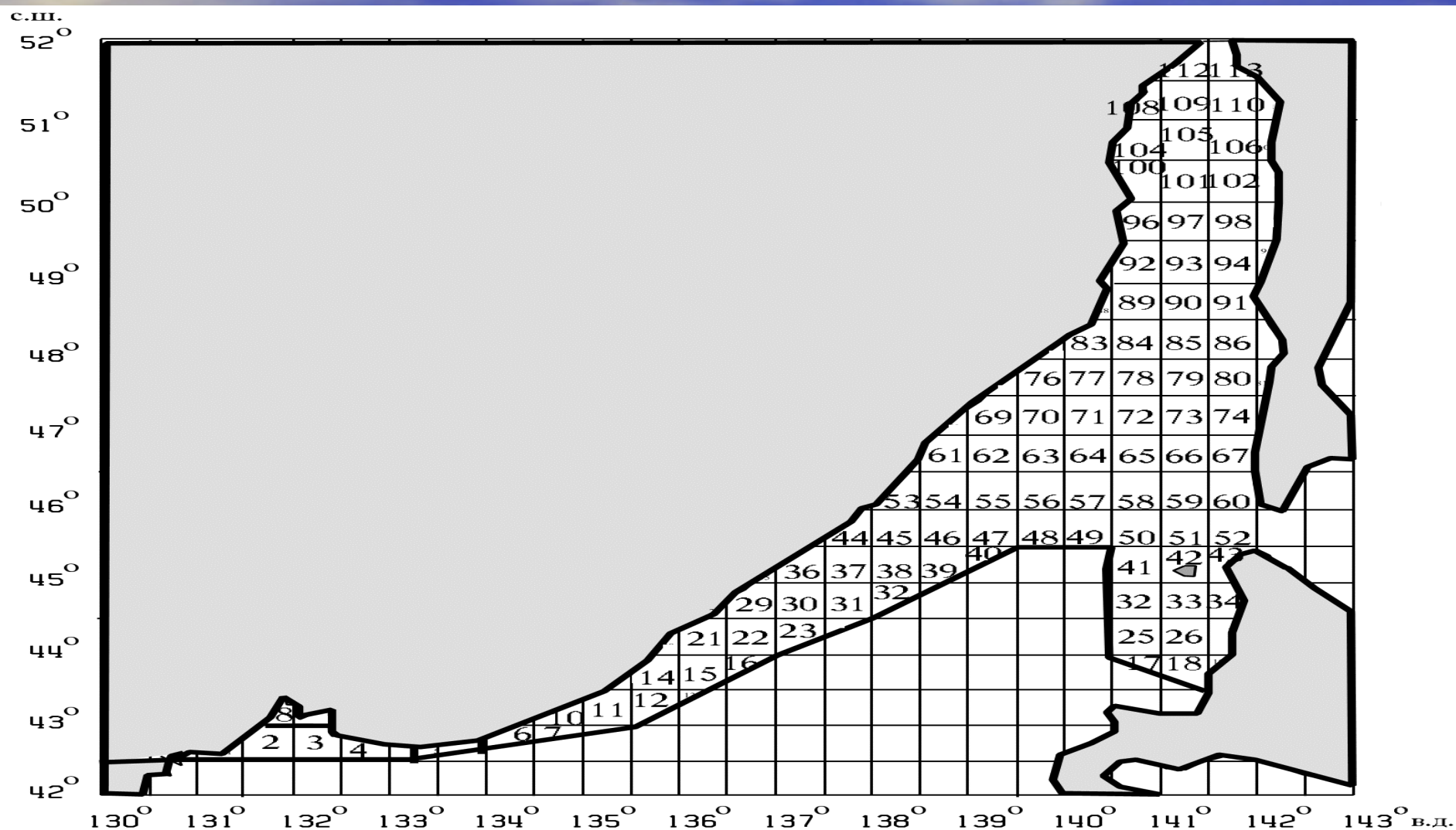
## Цель работы:

- Подготовка архива характеристик ледяного покрова Японского моря с использованием спутниковой информации за многолетний период наблюдений для исследования разномасштабной изменчивости ледовых условий Японского моря.

Объектами исследования, характеризующими ледовые условия, являются: ледовитость, поля сплоченности, возраста и форм льда.



# Район исследования Японского моря



Для фонового описания состояния ледяного покрова в Японском море использовалась сетка с квадратами, размером 30'\*30' каждый.

## Исходная информация для создания архива ледовых характеристик:

- - карты ледовых авиаразведок над Японским морем, выполненные дальневосточными подразделениями Госкомгидромета с 1960 г. по 1989 г.;
- - гидрометеорологические ежемесячники (ежегодники) по дальневосточному региону, содержащие данные прибрежных гидрометеорологических станций и постов;
- - спутниковые снимки ледяного покрова моря, получаемые со спутников «NOAA», «Метеор», «Космос» с 1992 г. по 2008 г.



## Обработка исходной информации:

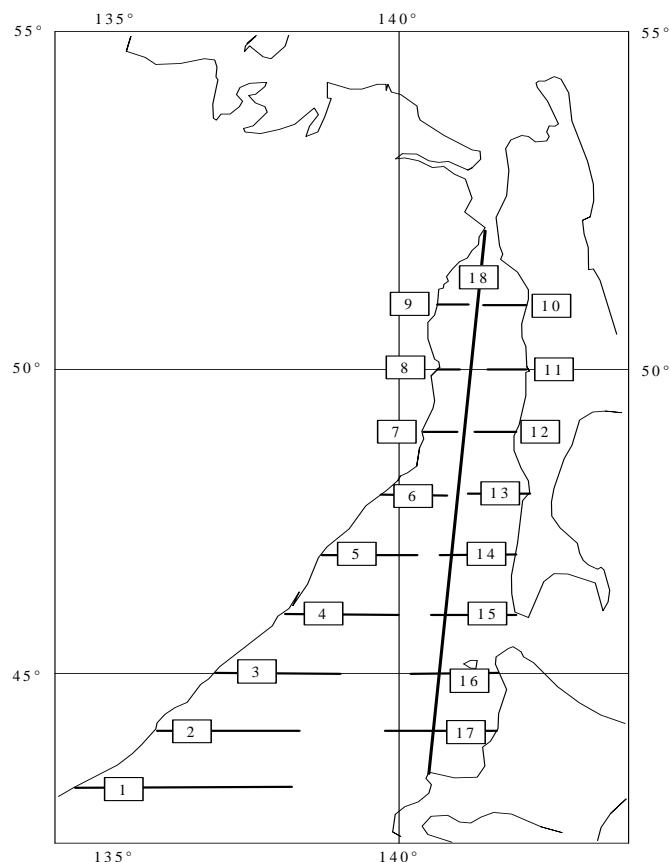
- Информация о состоянии ледяного покрова, получаемая в течение определенной декады, картировалась и подвергалась предварительному анализу.
- Основой при выборке исходных данных о ледовом состоянии Японского моря до 1992 г. служили материалы авиаразведок льда, проводимых в течение данной декады, а после 1992 г. – наблюдения из космоса.
- Обычно для одной декады имеется несколько карт или снимков ледяного покрова. Полученные фрагменты ледовой обстановки, включая данные прибрежных наблюдений гидрометеостанций и постов, осредняются для данной декады.

## Обработка исходной информации:

- Минимальная дискретность построения карт ледовой обстановки, охватывающих всю акваторию моря и представляющих практически непрерывный ряд в течение ледового периода, составила одну декаду.
- Использовались осредненные по полуградусным квадратам значения ледовых элементов, отнесенные к центрам соответствующих ячеек.



## Расположение лучей, используемых для фиксирования положения кромки льда и границ областей с различными ледовыми характеристиками на Японском море.



Численные значения ледовых элементов снимались непосредственно с ледовых карт в условных баллах. Для фиксирования положения кромки льда и границ областей с различными ледовыми характеристиками в Японском море использовалась представленная схема расположения лучей.

# Методы:

- Использовался метод разложения исходных полей на ЭОФ с восстановлением пропущенных значений при минимальном искажении статистической структуры анализируемых полей.
- Начальное приближение для пропущенных величин задавались в виде средних многолетних значений восстанавливаемых элементов. Для оптимизации использовался метод покоординатного спуска с периодическим вращением осей координат, который был реализован с использованием алгоритма Розенброка.
- Метод корреляционного анализа использовался для оценки дальних связей аномалий ледовитости Японского моря с аномалиями ТПО в северной внетропической части Тихого океана.

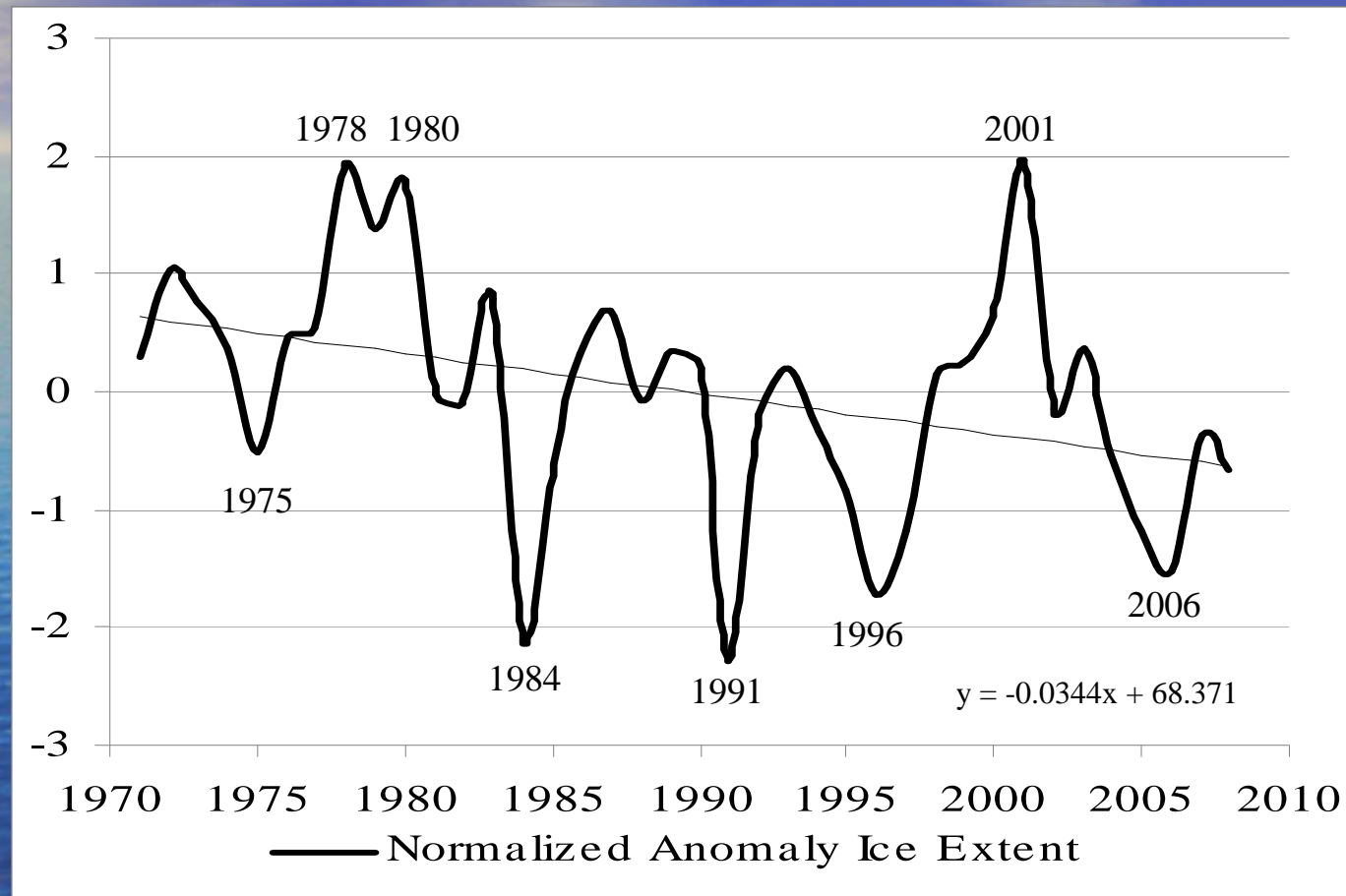


# Схема восстановления пропущенных значений



Схема реализует оптимизационную задачу поиска пропущенных значений и представляет собой подбор таких пропущенных значений, которые бы минимизировали оценку критерия согласия.

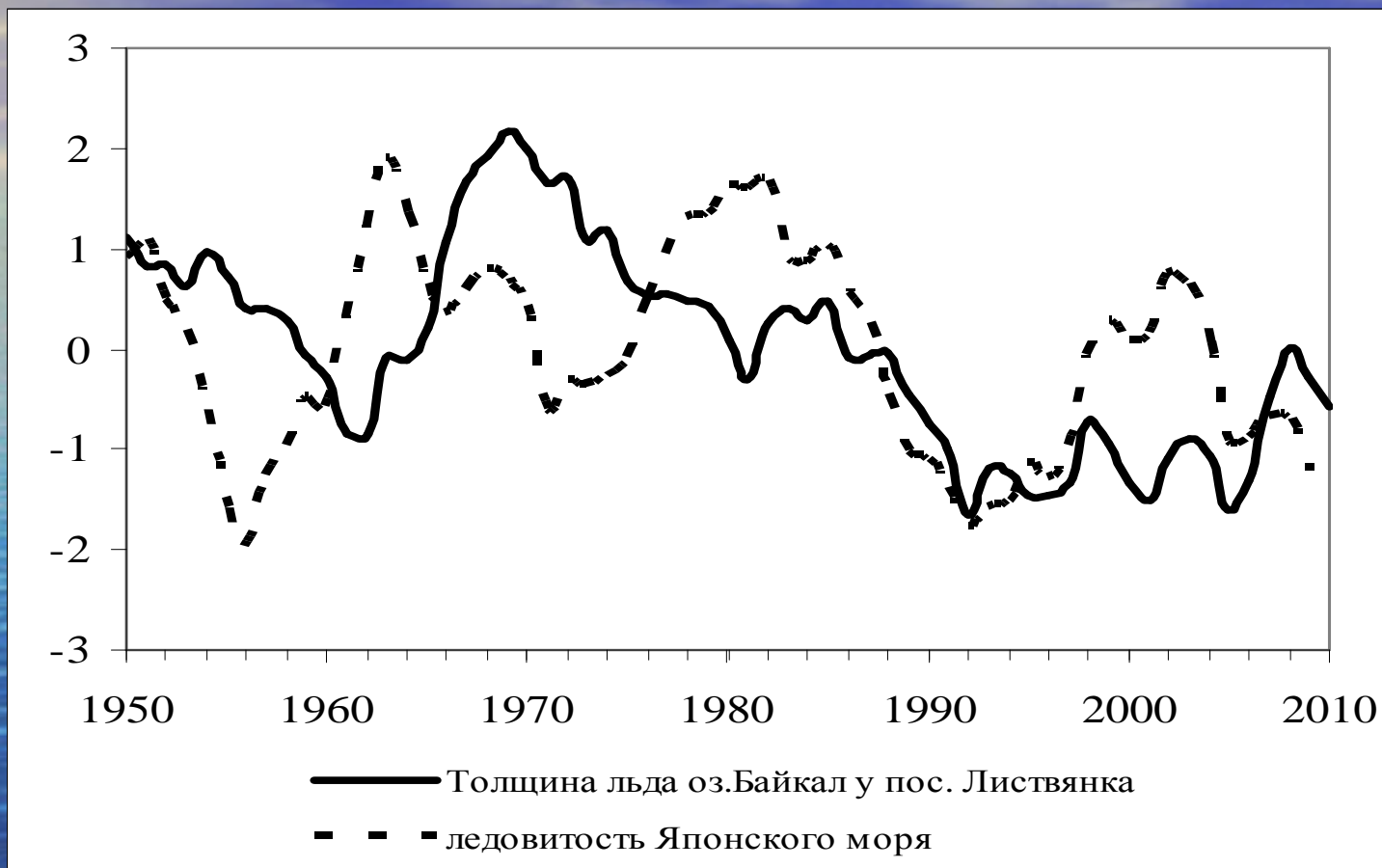
# Нормализованные аномалии ледовитости Японского моря во второй декаде февраля с 1972 по 2008 г



Отрицательные аномалии ледовитости повторяются через 5-10 лет, положительные через 20-23 года. Уменьшилась повторяемость значимых положительных аномалий по сравнению с предшествующим многолетним периодом. Отрицательный тренд за период с 1972 по 2008 статистически незначимый.

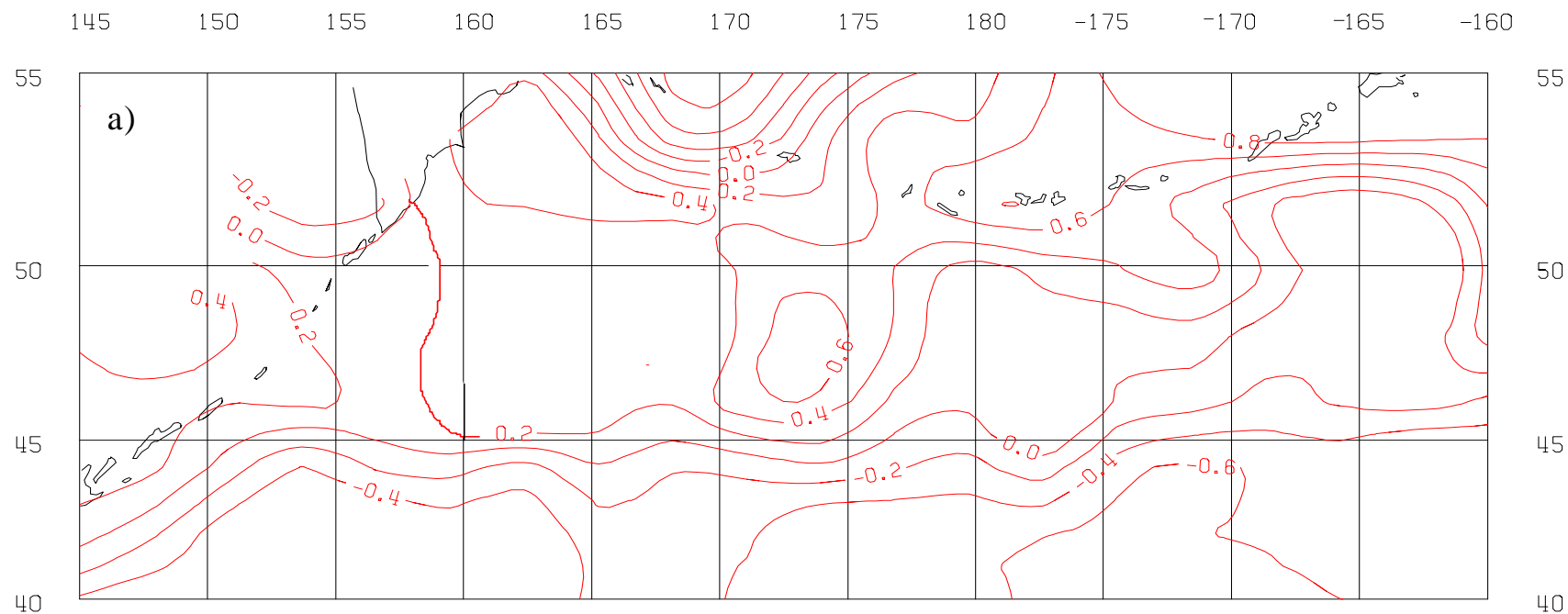


Нормализованные аномалии ледовитости Японского моря и толщины льда в о. Байкал, сглаженные 7-летним скользящим осреднением за период с 1950 по 2008 г



Выделяются квазидвадцатилетние колебания ледовитости Японского моря, находящиеся в противофазе с колебаниями толщины льда в озере Байкал. Колебания и противофаза обусловлены аномалиями давления и зональным смещением Сибирского антициклона (Пономарев, Дмитриева, Шкорба, Куимова, Шерстянкин, 2010).

## Корреляционные связи между ледовитостью Японского моря и аномалиями ТПО в северной части Тихого океана в феврале

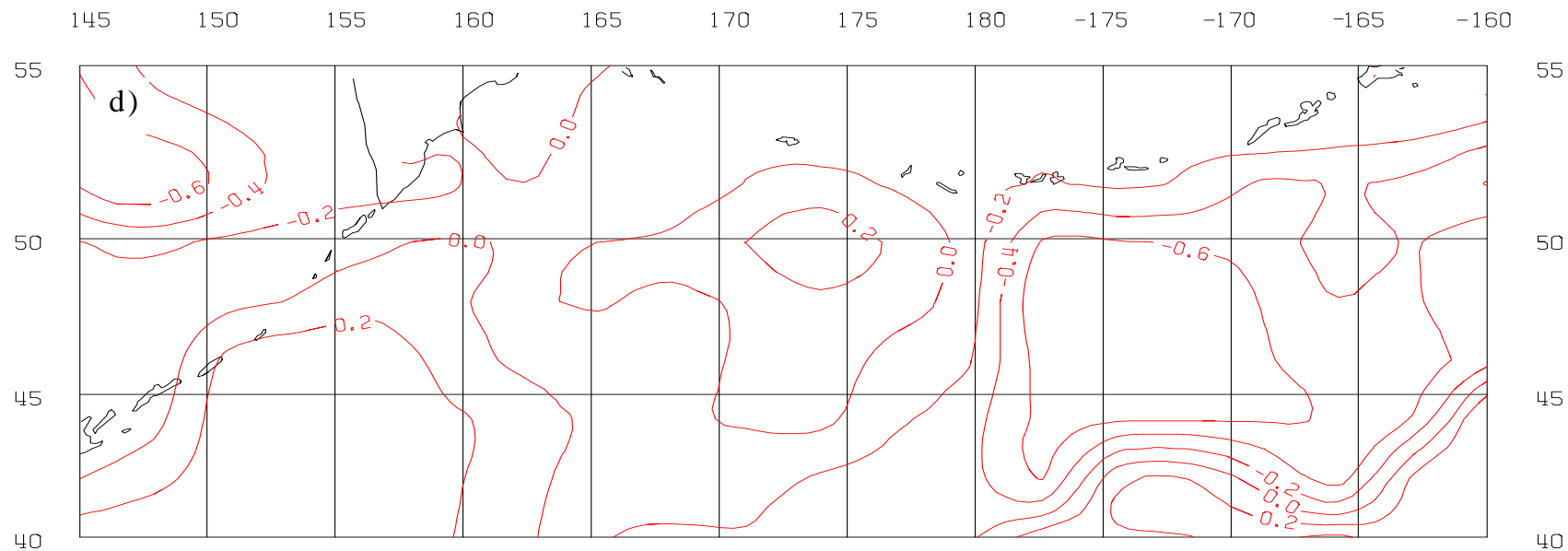


**В целом доминируют отрицательные связи, наиболее выраженные на данном рисунке в юго-западном и юго-восточном районах.**

**Области положительных корреляций отмечаются лишь в Беринговом море и прилегающей центральной части тихоокеанской субарктики. Положительные коэффициенты корреляции статистически значимы при нулевом и годовом лагах.**



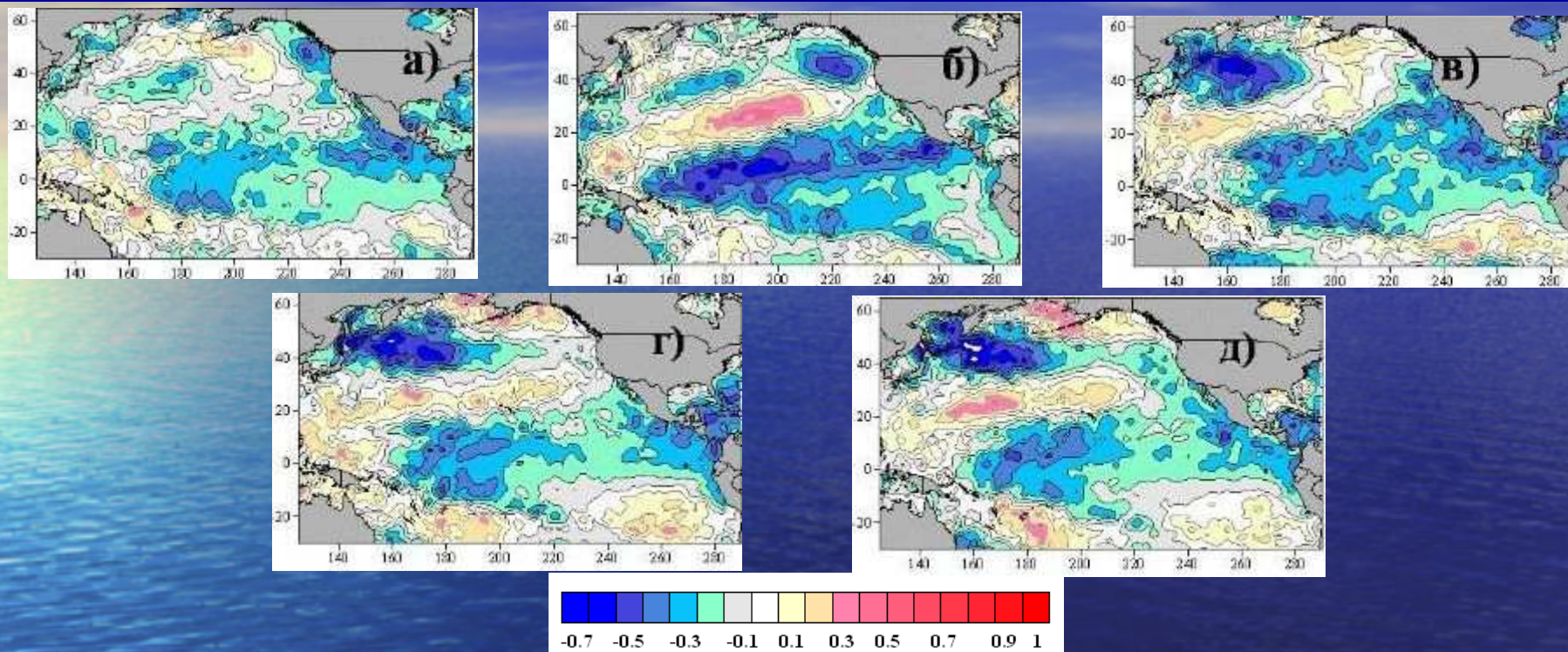
## Корреляционные связи между ледовитостью Японского моря в феврале и аномалиями ТПО в северной части Тихого океана в августе предшествующего года



Для августа максимальные коэффициенты корреляции имеют место в вост. субарктике, для которой характерны квазидвадцатилетние колебания.

В целом, значимые отрицательные корреляции обнаруживаются при различных временных лагах. Область наибольших отрицательных корреляций с уменьшением временного лага смещается из восточной субарктики против часовой стрелки в юго-западную субарктику.

Корреляция временных рядов ледовитости Японского моря (1981-2009) в третью декаду февраля и АТПО (Hadley Center SST, UK) Тихого океана к северу от 30 ю.ш. в мае (а), август (б), ноябре (в) предшествующего года, а также в январе (г) и феврале (д) текущего года (Пономарев, Дмитриева, Шкорба, 2010)



Отрицательным аномалиям ледовитости Японского моря:

- предшествует положительная аномалия ТПО в теплый период года в северо-восточной внутритропической части Тихого океана, а также в центральной и восточной частях тропической и экваториальной зоне,
- сопутствуют положительная аномалия ТПО в зимний сезон в северо-западной внутритропической части Тихого океана, а также в западном и центральном районах экваториальной зоны (15 ю.ш.-15с.ш.).



# Выводы:

- Для Японского моря на основании алгоритма многоцелевой оптимизации сформированы архивы данных о температуре верхнего слоя северной части Тихого океана (к северу от 40с.ш., 1981-2008), а также сплоченности, возрасте и формах льда, который позволил выполнить анализ сезонной, межгодовой и многолетней изменчивости полей ледовых элементов.
- Выделены квазидвадцатилетние колебания ледовитости Японского моря, связанные с аналогичными аномалиями ТПО в северо-восточной части Тихого океана (с сезонным лагом).
- Показано, что статистические связи ледовитости Японского моря с аномалиями температуры воды в северной части Японского моря в зимний и особенно в предшествующий летний сезоны заметно слабее и менее значимы, чем дальние связи с аномалиями ТПО в различных районах Тихого океана, что обусловлено доминирующим влиянием аномалий атмосферной циркуляции на ледовитость.
- Найденные статистические связи могут использоваться в долгосрочных прогнозах ледовитости Японского моря.



**Спасибо за  
внимание.**