



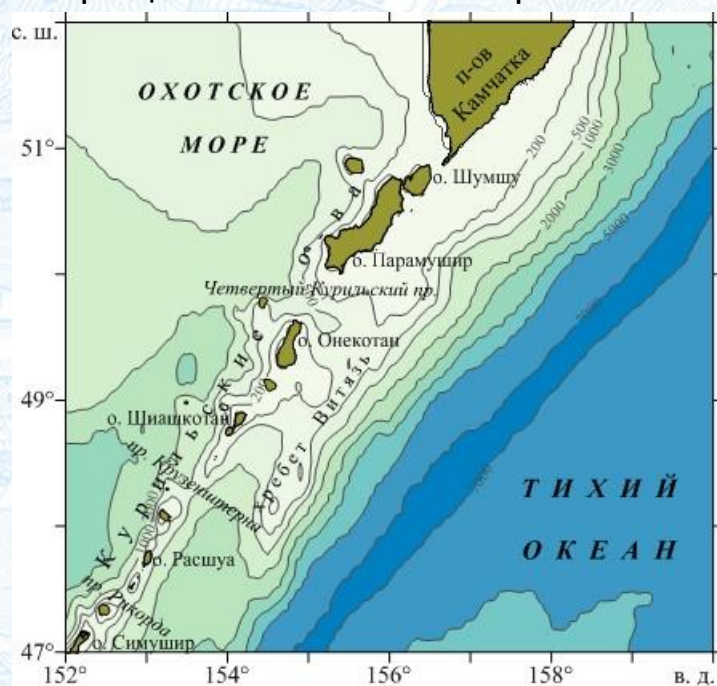
Цхай Ж. Р. ⁽¹⁾, Шевченко Г.В. ^(1, 2), Ложкин Д. М. ⁽¹⁾

(1) Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), Южно-Сахалинск, Россия

(2) Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА У ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Акватория, прилегающая к северным Курильским островам и юго-восточной Камчатке, имеет важнейшее промысловое значение. Здесь вылавливается значительное количество промысловых видов рыб и беспозвоночных – тихоокеанские лососи, минтай, треска, сельдь, навага, камбалы, крабы (камчатский, синий, стригун бэрди) и т. п. Из-за большой удаленности этого района сбор океанологической информации затруднен. Спутниковые наблюдения за температурой поверхности океана (ТПО) с полным охватом акватории и регулярностью поступления данных являются наиболее подходящим материалом для характеристики пространственно-временных колебаний ТПО в условиях сокращения количества морских экспедиций.



Цель данной работы – изучить пространственно-временную (сезонную и межгодовую) изменчивость ТПО в районе Северных Курильских островов на основе спутниковых данных.

Район исследований – [152°–160° в. д., 47°–52° с. ш.]
Данные ТПО за 1998–2022 гг. станции TeraScan®, Южно-Сахалинск (<https://www.seaspace.com>).
Пространственное разрешение – ок. 2 км, временной интервал – 1 месяц.
Исходная матрица 300 временных слоев размерностью 285×284 точки.
Анализ – метод естественных ортогональных функций (ЕОФ) [Багров, 1959], гармонический анализ, определение коэффициентов линейного тренда (КЛТ), расчет площади экстремальных аномалий [Цхай, Шевченко, 2013, Шевченко, Ложкин, 2019, 2020].

Бышев В. И., Фигуркин А. Л., Анисимов И. М. Современные климатические изменения термохалинной структуры вод СЗТО // Изв. ТИНРО. 2016. Т. 185. С. 215–227.

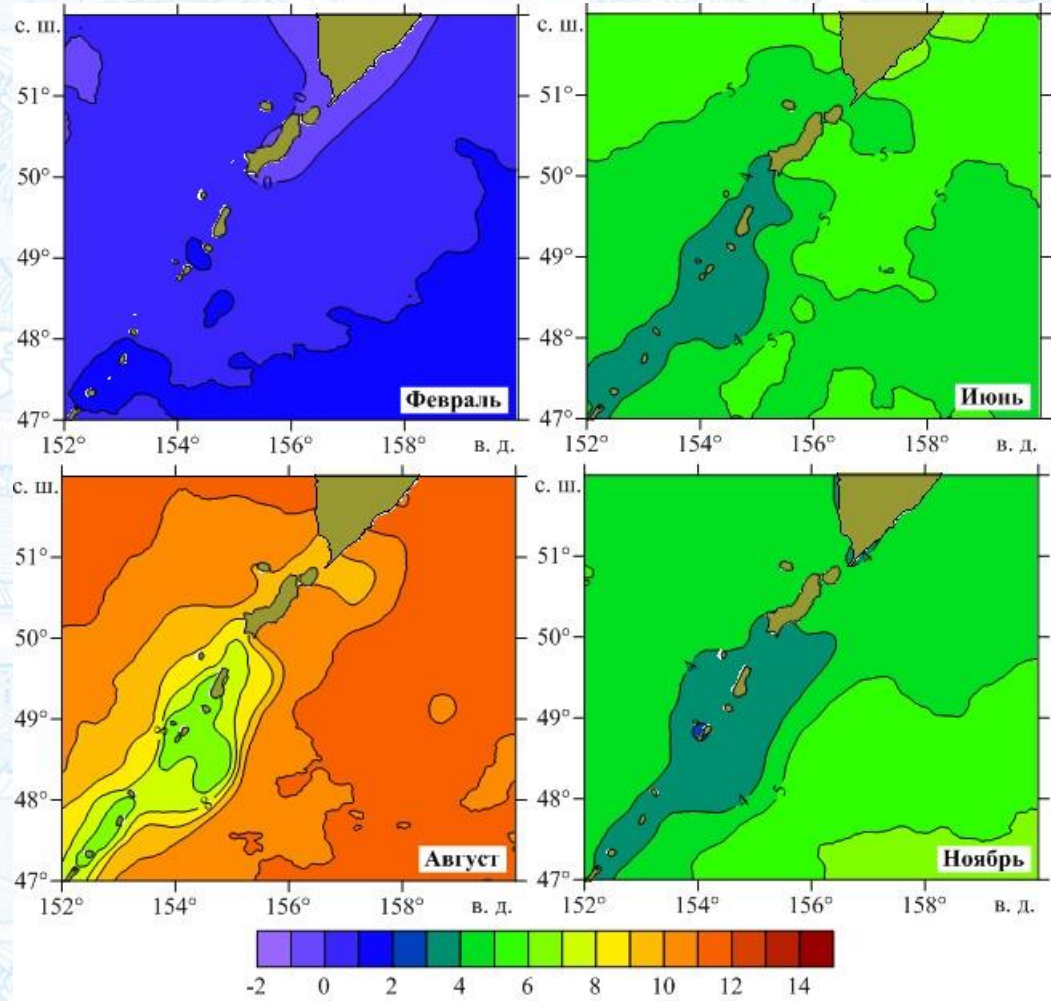
Зуенко Ю. И. и др. Современные изменения в экосистеме Охотского моря (2008–2018 гг.) // Известия ТИНРО. 2019. Т.197. С. 35–61.

Ростов И. Д., Дмитриева Е. В., Рудых Н. И. Климатические изменения термических условий в тихоокеанской субарктике в условиях современного глобального потепления // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37. № 2. С. 162–178.

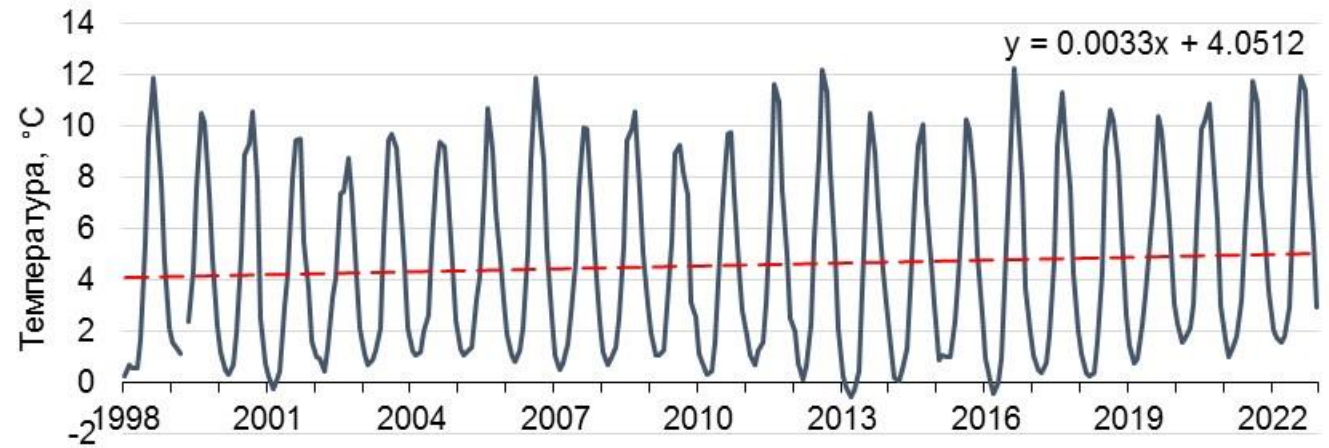
Хен Г. В., Устинова Е. И., Сорокин Ю. Д. Многолетние изменения термических условий на поверхности дальневосточных морей и СЗТО и их связь с крупномасштабными климатическими процессами // Изв. ТИНРО. 2022. Т. 202. № 1. С. 187–207.

Цхай Ж. Р., Шевченко Г. В., Ложкин Д. М. Анализ термических условий в северо-западной части Тихого океана по спутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. 2022. № 1. С. 30–37.

Распределения температуры поверхности океана по спутниковым данным



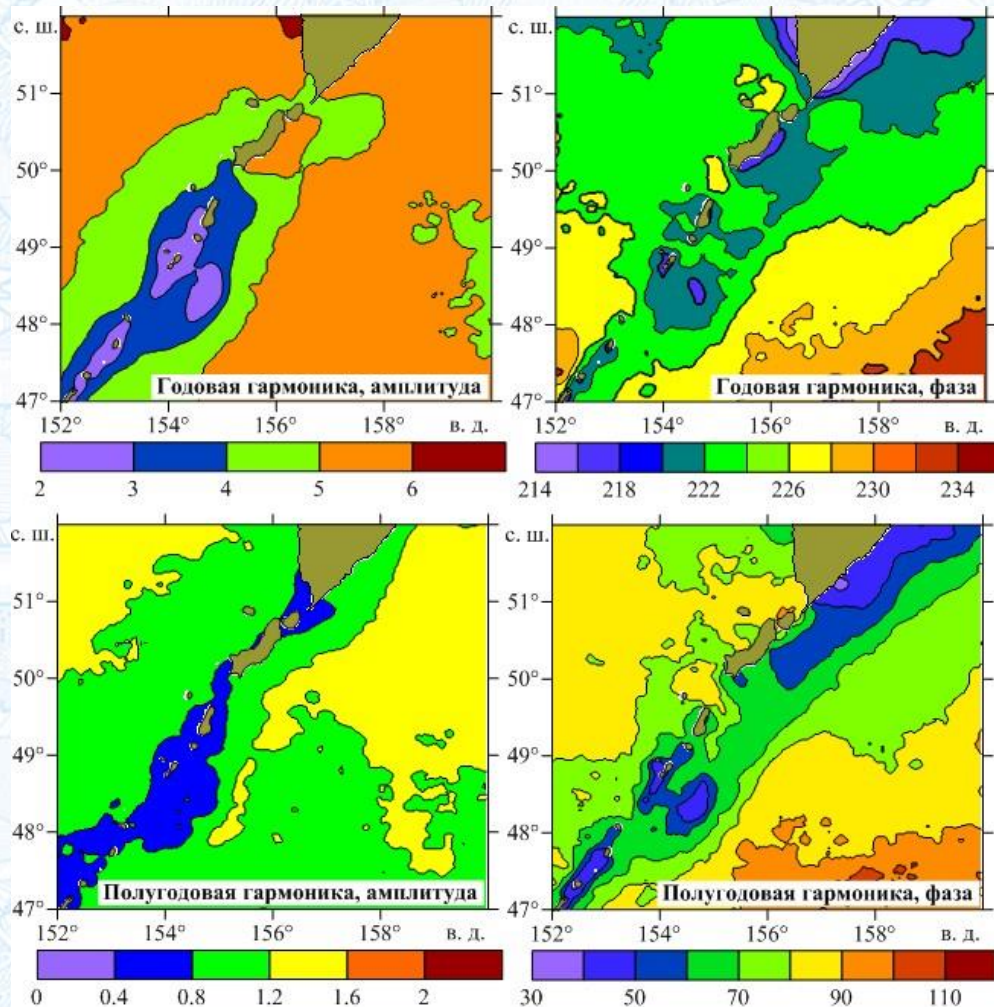
Динамика среднемесячных значений ТПО



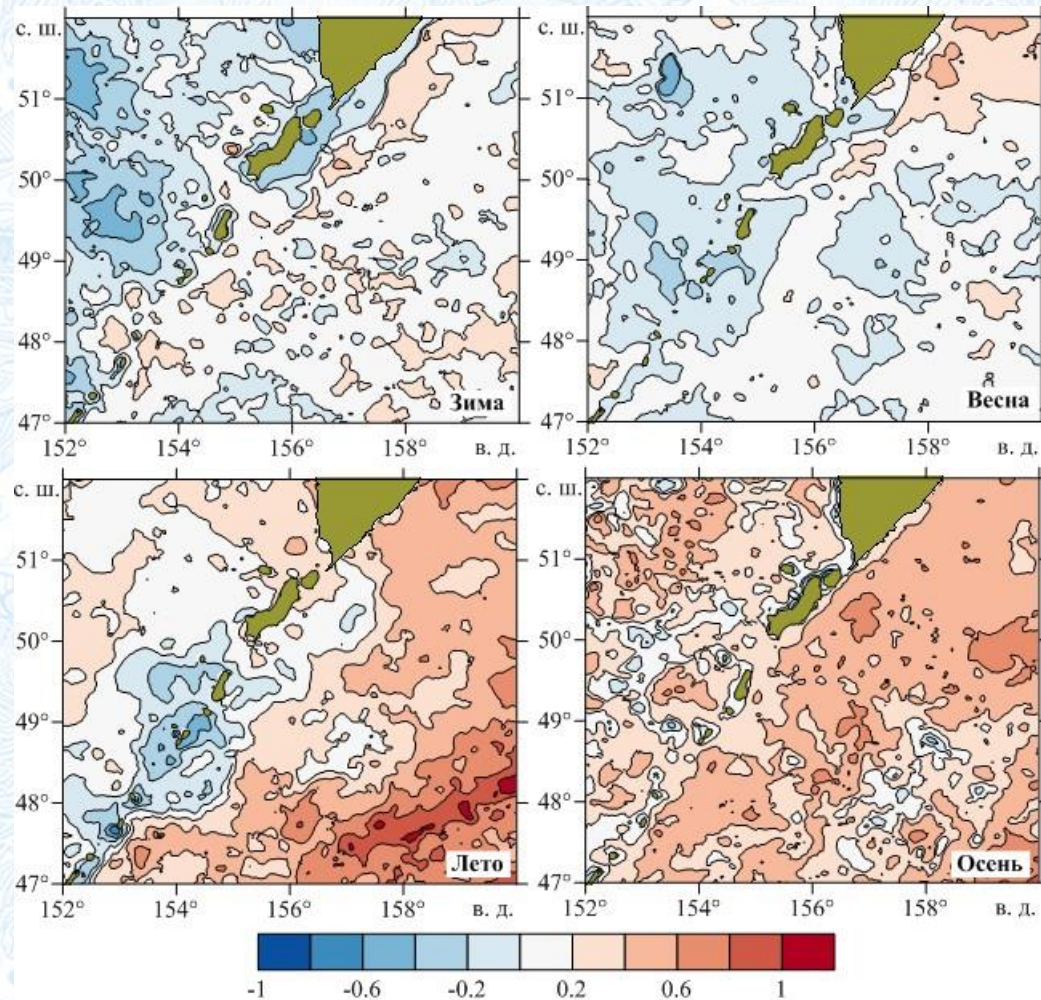
Месяц	Среднее	Сигма	Минимум	Максимум
Январь	1,3	0,6	0,2	2,3
Февраль	0,7	0,5	-0,2	1,8
Март	0,7	0,6	-0,6	1,7
Апрель	1,1	0,7	-0,4	2,2
Май	2,3	0,8	0,5	3,4
Июнь	4,8	0,8	3,1	6,0
Июль	8,4	0,9	7,1	10,2
Август	10,4	1,2	7,4	12,3
Сентябрь	10,0	0,8	8,2	11,3
Октябрь	7,5	0,7	5,5	9,0
Ноябрь	4,7	0,9	2,5	6,3
Декабрь	2,5	0,6	0,7	3,5

Зимой: однородное распределение
 Весной: формирование области низких температур
 Летом: образование отдельного пятна над хребтом Витязь (вероятна роль донного рельефа)
 Осенью: выхолаживание, исчезает прогретый слой воды, однородное распределение

Амплитуды (°C) и фазы (°) годовой и полугодовой гармоник ТПО



Сезонные коэффициенты линейного тренда (в °C /10 лет)



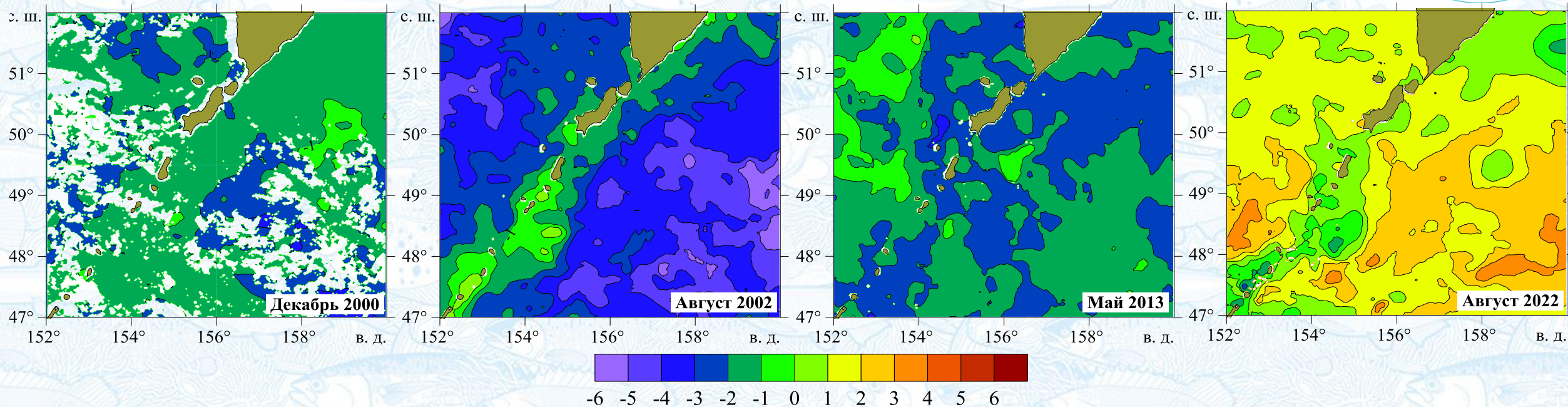
Амплитуда годовой гармоника 4,9°C, фаза – 224° (максимум в середине августа). Амплитуда полугодовой гармоника 1,1°C, а ее фаза соответствует максимумам в начале февраля и августа. Полугодовые составляющие невелики.

Распределения КЛТ мозаично. Зимой в Охотском море преобладает тренд к снижению ТПО, а в СЗТО – к повышению. Весной – снижение ТПО, летом – потепление до 1,1°C/10 лет. Исключение – холодное пятно у Курильских о-вов. Осенью – повышению ТПО со скоростью 0,3–0,7°C/10 лет

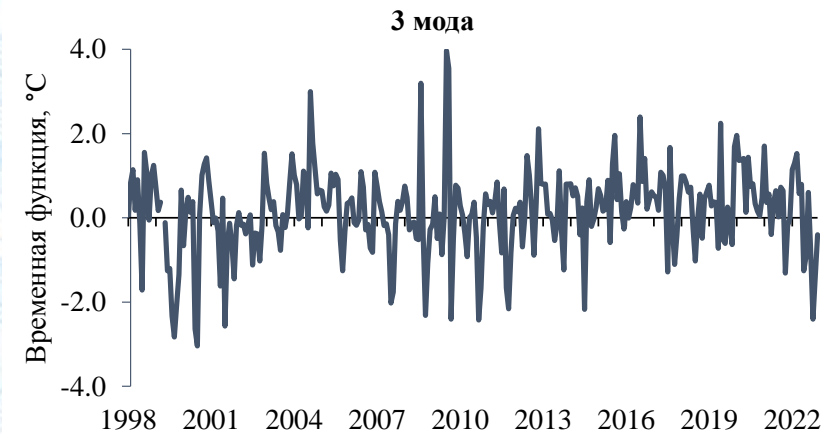
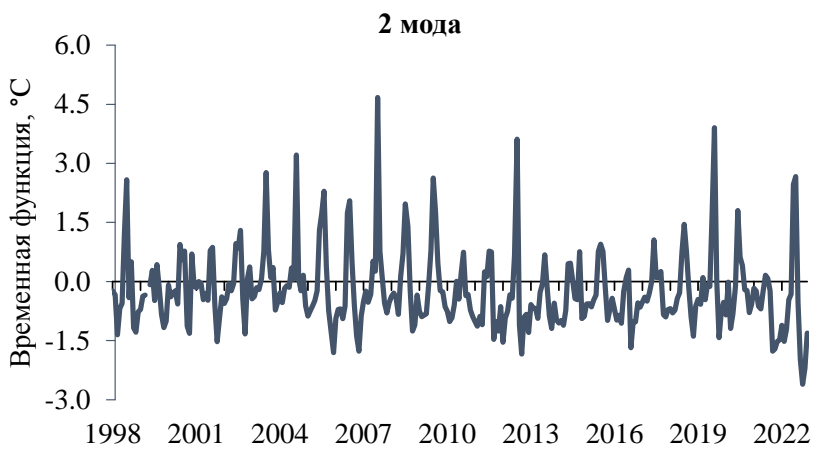
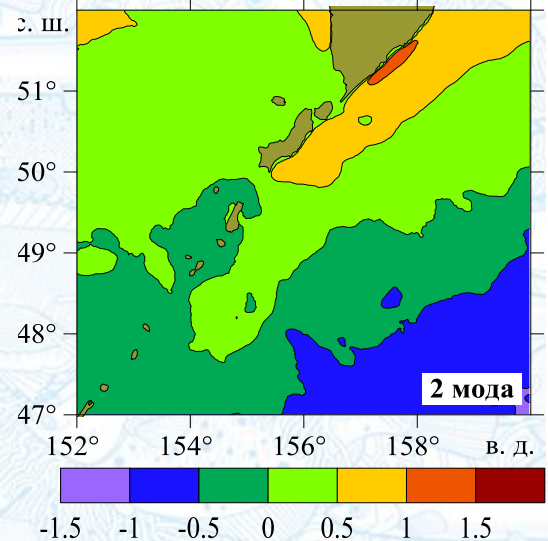
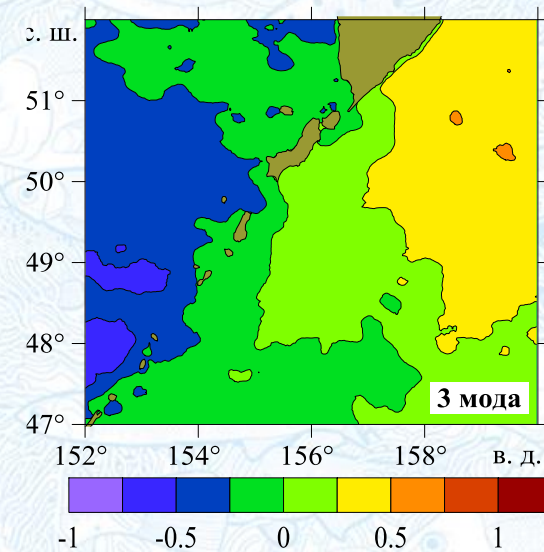
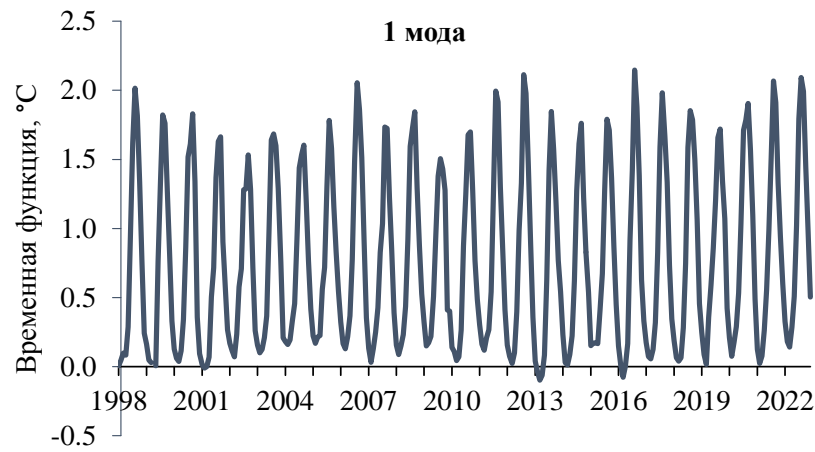
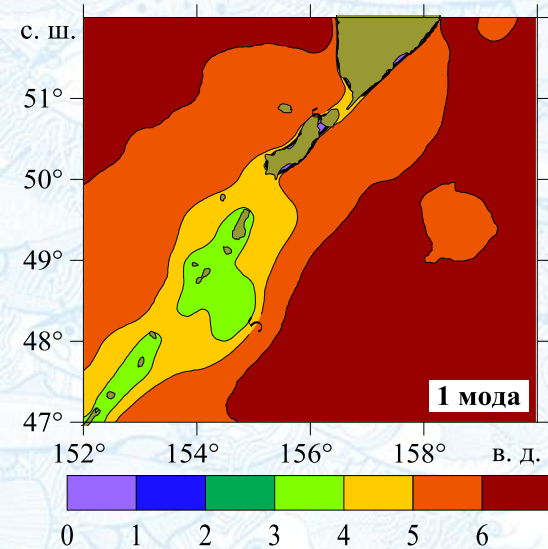
Анализ наиболее значительных аномалий ТПО за 1998–2022 гг.



- оценка площади акваторий, в которых отмечались значимые отклонения от нормы
- выделение периодов и зон, в которых аномалии двукратно превышали величину ст. отклонения



Результаты разложения поля ТПО по EOF: 1 мода – 96,65 %, 2 мода – 0,51 %, 3 мода – 0,25 %



Первая мода описывает синфазные колебания ТПО с различной интенсивностью на участках, характеризующейся пространственной функцией. Вторая мода дает зональную поправку, летом положительную в северной части и отрицательную – в южной. Узловая линия проходила вдоль 49-й параллели. Зимой ситуация обратная. Третья мода вносит меридиональную корректировку. Узловая линия находилась около 155-го меридиана.

Заключение

- Главная особенность термического режима в районе северных Курильских островов выражается в наличии постоянно существующей области с низкими значениями температуры воды. Она охватывает прибрежную акваторию от о. Симушир до Четвертого Курильского пролива и не включает воды вблизи о-вов Шумшу и Парамушир. Термические показатели возрастают по мере удаления как в открытый океан, так и в Охотское море. Наиболее широкой зона холодной воды становится вблизи о. Шиащкотан, где в районе северного отрога хребта Витязь образуется второе пятно. Эта особенность подчеркивает ключевую роль донного рельефа в формировании холодной зоны.
- Сезонные колебания ТПО характеризуются отчетливым годовым ходом с максимальными значениями в августе–сентябре и минимальными в феврале–марте. Они хорошо описываются комбинацией годовой и полугодовой гармоник с амплитудами 4,9 и 1,1 °С, колебания которых уменьшаются в зоне холодных вод и увеличиваются по мере удаления в мористые районы.
- В пространственной структуре первой моды выделяется область низких значений вблизи Курильских островов. Вторая мода обозначает различия ТПО в северной и южной частях района, третья – на акватории Охотского моря и северо-западной части Тихого океана.
- Расчет коэффициентов линейного тренда определил тенденцию к повышению температуры в целом по району со скоростью около 1 °С за 25 лет. Тенденция к потеплению наиболее заметна в прилегающей части СЗТО в летний и в несколько меньшей степени в осенний период. В области холодного пятна преимущественно зимой и весной отмечается обратный тренд.
- Анализ полей ТПО показал, что временами в районе Северных Курил могут формироваться значительные температурные аномалии. В десяти случаях из 300 доля площади аномальных температур составила более 20%, а в четырех из них – более 40%. При этом явно преобладали случаи аномально холодных условий. Таким образом, отклонения термического режима могут быть масштабны, проявляться на значительной части акватории и представлять серьезную опасность для обитающих здесь гидробионтов.