

Двадцать вторая международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Оценка и прогнозирование гидрологических изменений на трассе Северного морского пути (участок Карского моря) по данным спутника SMOS

Рябинин И.В. (1), Хвостов И.В. (1), Романов А.Н. (1), Тихонов В.В. (2,1)

(1) Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Российская Федерация

(2) Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

Актуальность исследований

- Детальное изучение современных климатических изменений на обширной территории арктического региона необходимо для возможности надежного прогнозирования возникающих опасных гидрологических и метеорологических явлений.
- Оперативная информация о гидрологических реакциях на климатические изменения имеет решающее значение при планировании экономического развития и поддержки инфраструктуры арктических регионов.
- Происходящие гидрологические изменения могут быть оценены на основе использования всепогодных микроволновых методов дистанционного зондирования (Poursanidis, Chrysoulakis 2017). Для дистанционной оценки времени начала таяния и замерзания морского льда разработаны методы классификации арктических льдов с использованием радиометрических и радиолокационных изображений (Belchansky et al., 2004).
- Анализ спутниковых данных микроволнового диапазона позволяет получить объективную информацию о замерзании и таянии снежного и ледового покрова, изменении площади и сплоченности морского льда, динамики оледенения и т.д. (Романов и др., 2022; Тихонов и др., 2016; 2021; 2022). В настоящее время разработаны и широко используются следующие уровни спутниковой информации: L1C (радиояркостные температуры подстилающей поверхности), L2OS (данные о солёности воды в океане), L3 (бинарные карты солёности морской воды), L4C (продукты, объединяющие спутниковые данные с любым другим источником информации) (Brassington, Divakaran, et al., 2009; Kerr et al., 2010; Hoareau et al., 2014).
- В данной работе приведены результаты оценки сезонных вариаций радиояркостных температур акватории Карского моря в период с 2012 по 2022 годы.

Методика исследований

1. Использовали данные спутника SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) на частоте 1.41 ГГц (продукт L1C), полученные при измерении восходящего излучения на горизонтальной поляризации под углом зондирования 42.5° с пространственным разрешением 40 км и откалиброванные в единицах радиояркостных температур (Тя).

2. Данные L1C привязаны к дискретной геодезической сетке **DGG ISEA 4H9** (размер ячейки - 16 км).

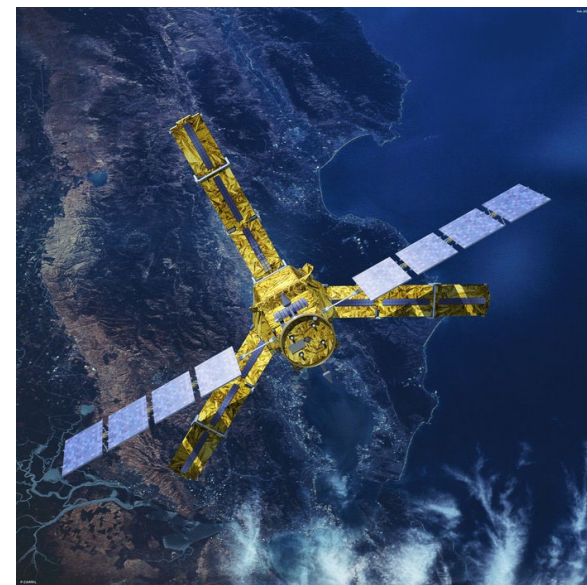
3. Исследовались сезонные и межгодовые вариации радиояркостной температуры.

4. Тестовые участки находились на разном удалении от суши, устьев рек и различались по продолжительности существования и толщине ледового покрова, температуре и солёности воды.

5. Для тестовых участков определены периоды открытой воды, замерзания, ледостава, соответствующие качественным изменениям характеристик микроволнового излучения морской акватории.

6. На основе анализа временных рядов радиояркостных температур определены фазы ледового режима: период открытой воды, период образования ледового покрова, период установившегося ледового покрова, период таяния ледового покрова.

7. В качестве гидрологических параметров, характеризующих происходящие гидролого-климатические изменения, выбраны продолжительности периодов открытой воды.



Спутниковые данные оптического диапазона целесообразно использовать как вспомогательные для ситуационного подтверждения данных микроволнового диапазона путём сопоставления. К сожалению оптические данные не отличаются регулярностью.



Рис. 1. Спутниковые данные оптического диапазона на исследуемую территорию

Пространственное распределение величины $T_{я}$ по данным SMOS L1C v724

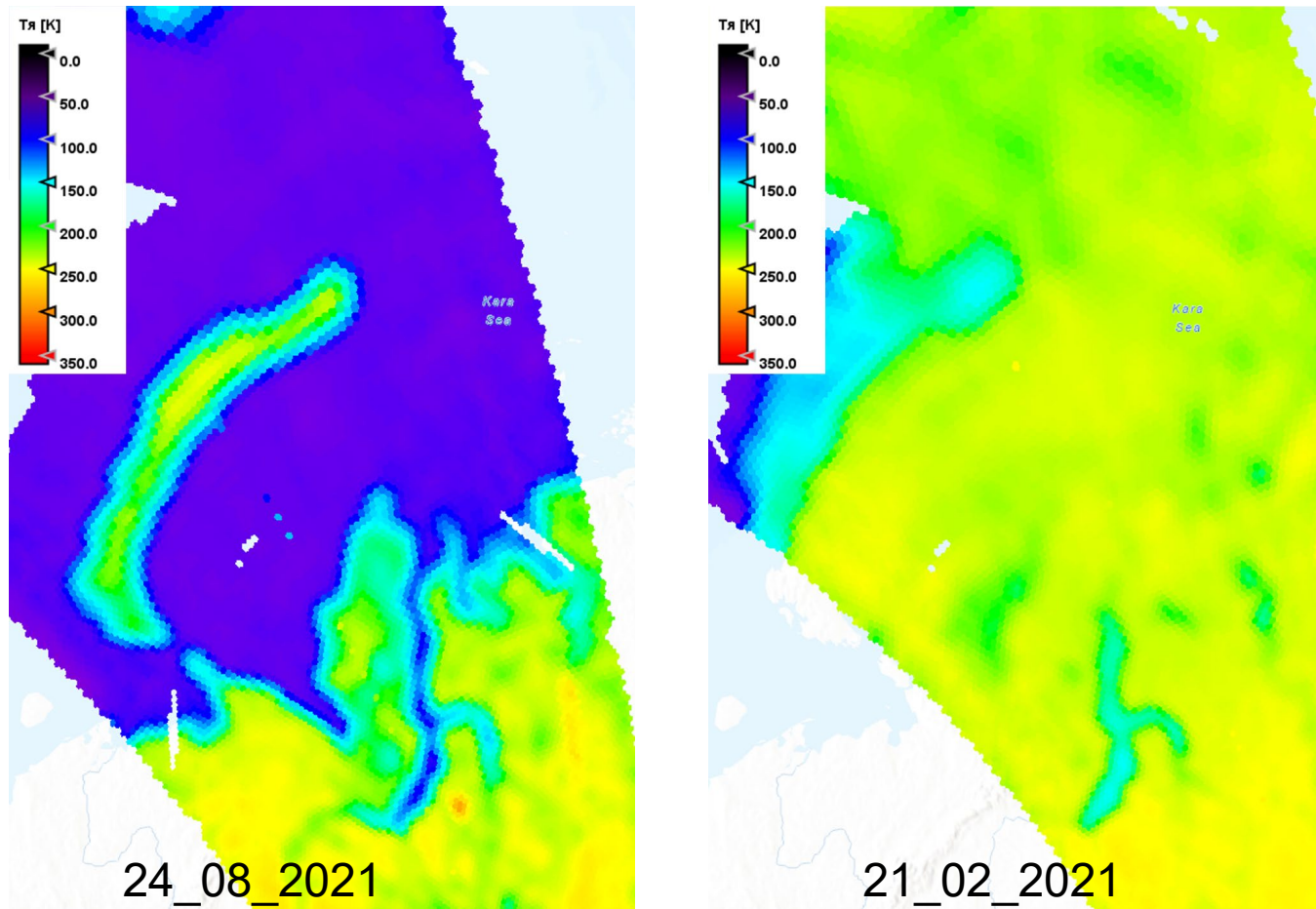


Рис. 2. Карта-схема исследуемой территории с ячейками геодезической сетки ISEA 4N9 и пространственное распределение величины $T_{я}$

Исследуемая территория

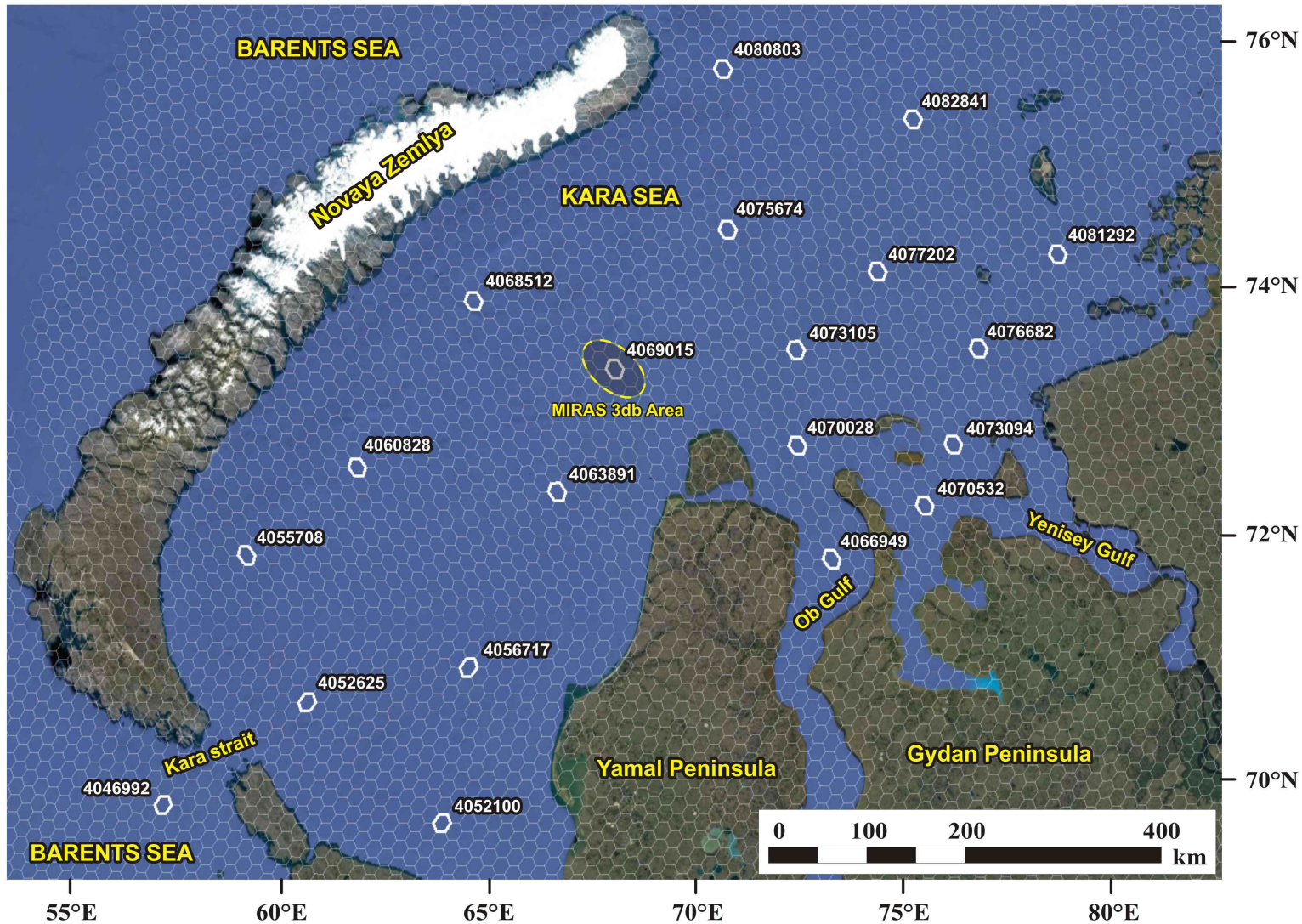


Рис. 3. Карта-схема исследуемой территории с ячейками геодезической сетки ISEA 4N9

Исследуемая территория

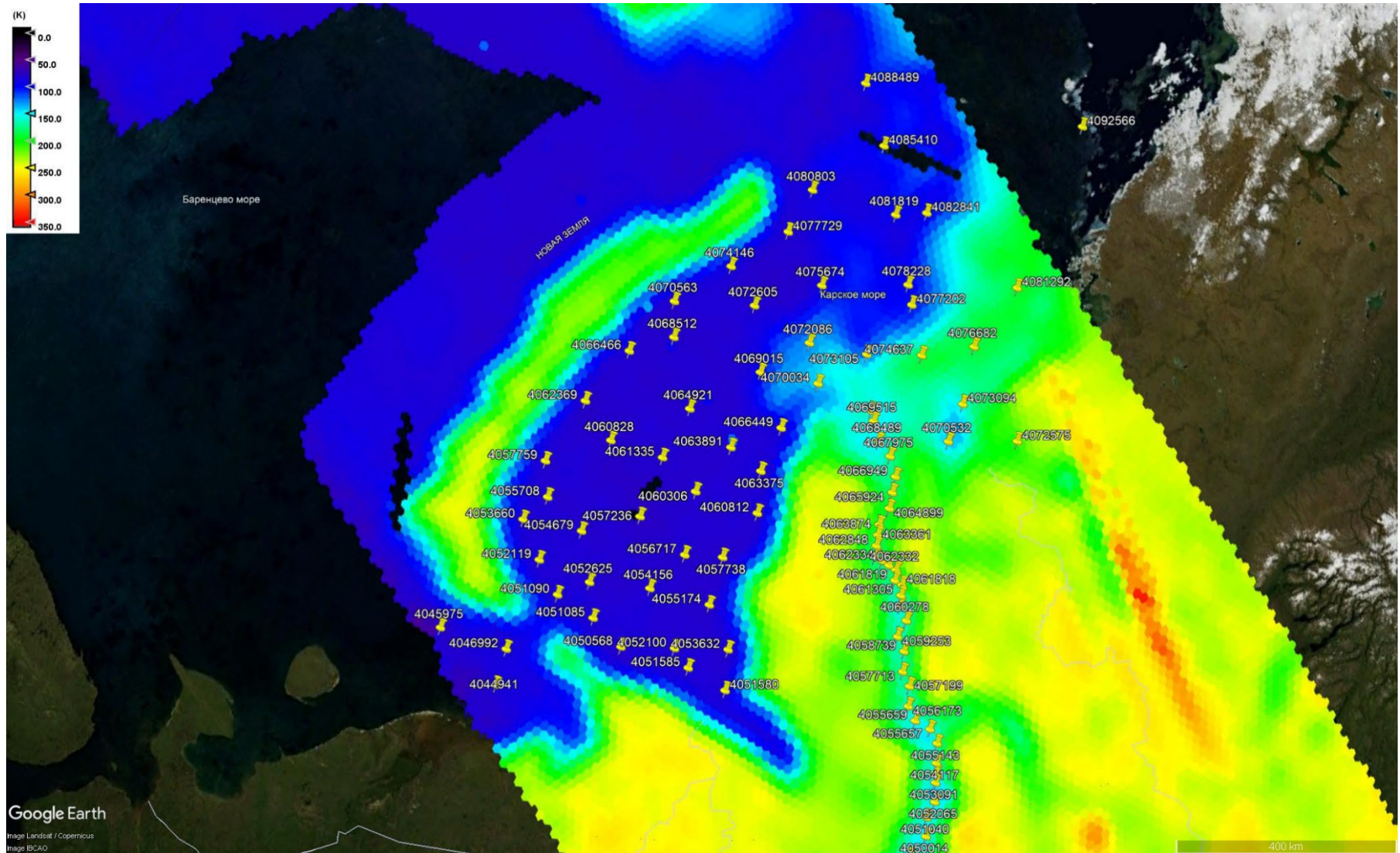


Рис. 4. Карта-схема исследуемой территории с ячейками геодезической сетки ISEA 4N9

Многолетняя сезонная динамика $T_{я}$ поверхности на участке наблюдения DGG ID 4068512

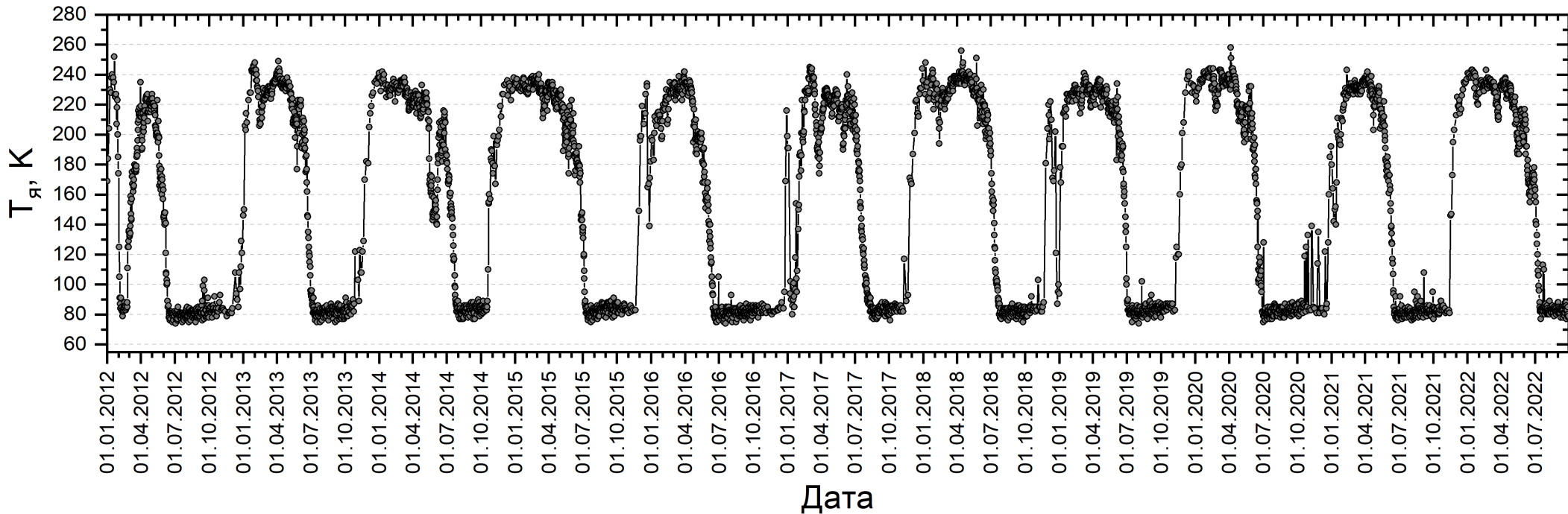


Рис. 5. Временной ход $T_{я}$, определенных по измерениям MIRAS (продукт L1C) для геодезической ячейки DGG ID 4068512

- Определены границы временных периодов открытой воды, замерзания, ледостава и вскрытия льда для Карского моря, соответствующие качественным изменениям характеристик микроволнового излучения морской акватории.
- На основе анализа временных рядов радиояркостных температур определены фазы ледового режима: период открытой воды, период образования ледового покрова, период установившегося ледового покрова, период разрушения и таяния ледового покрова.

Сезонная динамика $T_{я}$ поверхности на участке наблюдения DGG ID 4052100

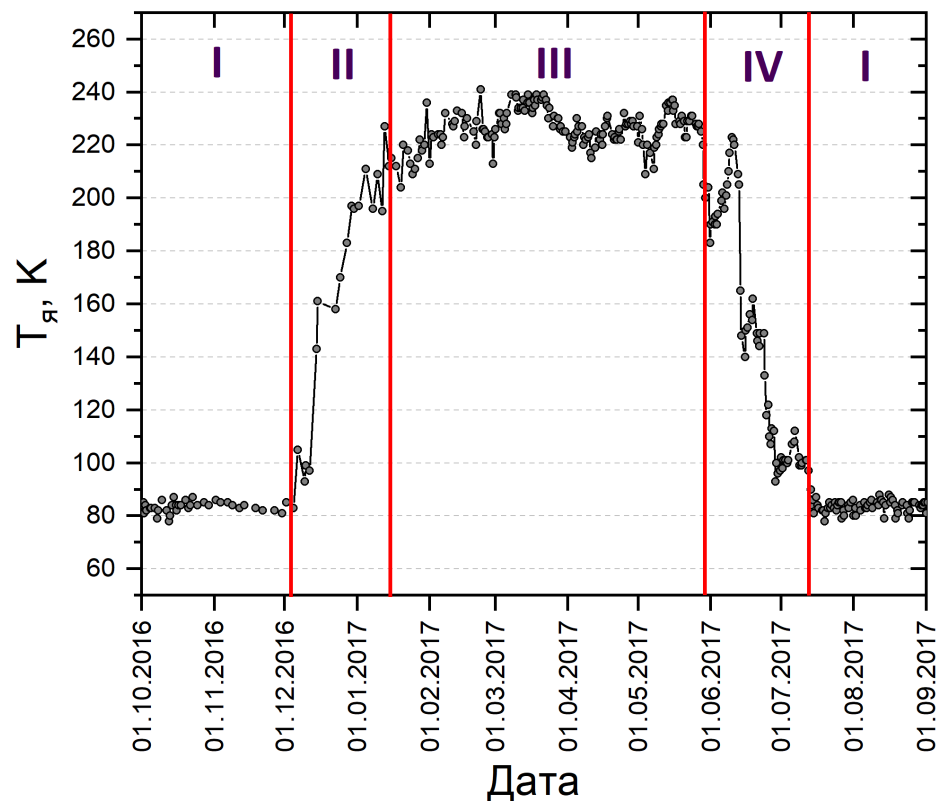


Рис. 6. Временной ход $T_{я}$, определенных по измерениям MIRAS (продукт L1C) для геодзической ячейки DGG ID 4052100

- В годовой динамике радиоизлучения водной поверхности морей СЛО можно выделить 4 фазы:
 - Период открытой воды (ОВ)
 - Период образования ледового покрова
 - Период установившегося ледового покрова (УЛП)
 - Период таяния ледового покрова

Тренд продолжительности периодов ОБ на участке наблюдения DGG ID 4069015

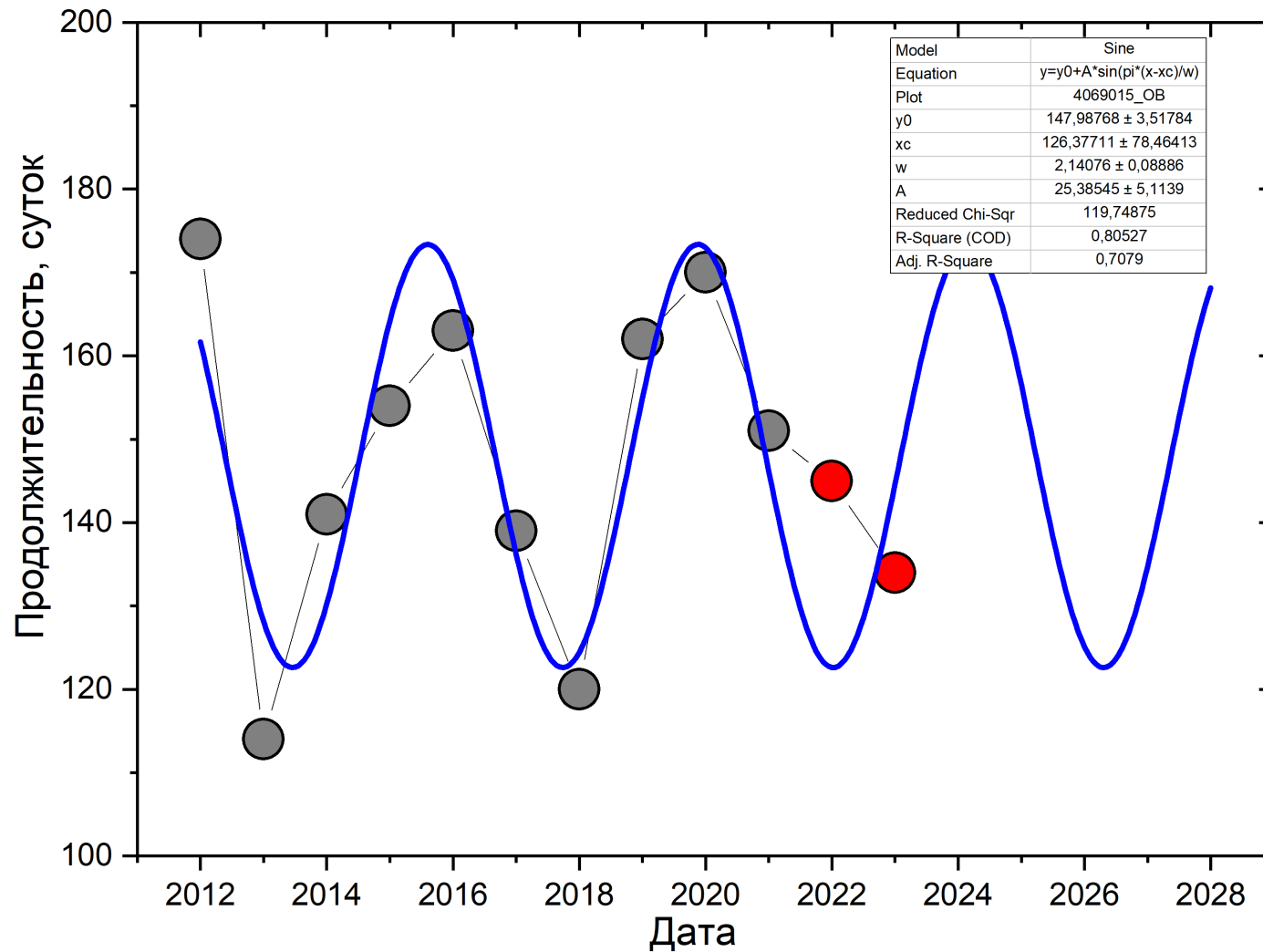


Рис. 7. Временной ход продолжительности ОБ для геодезической ячейки DGG ID 4069015

Тренд продолжительности периодов ОВ на исследуемой территории

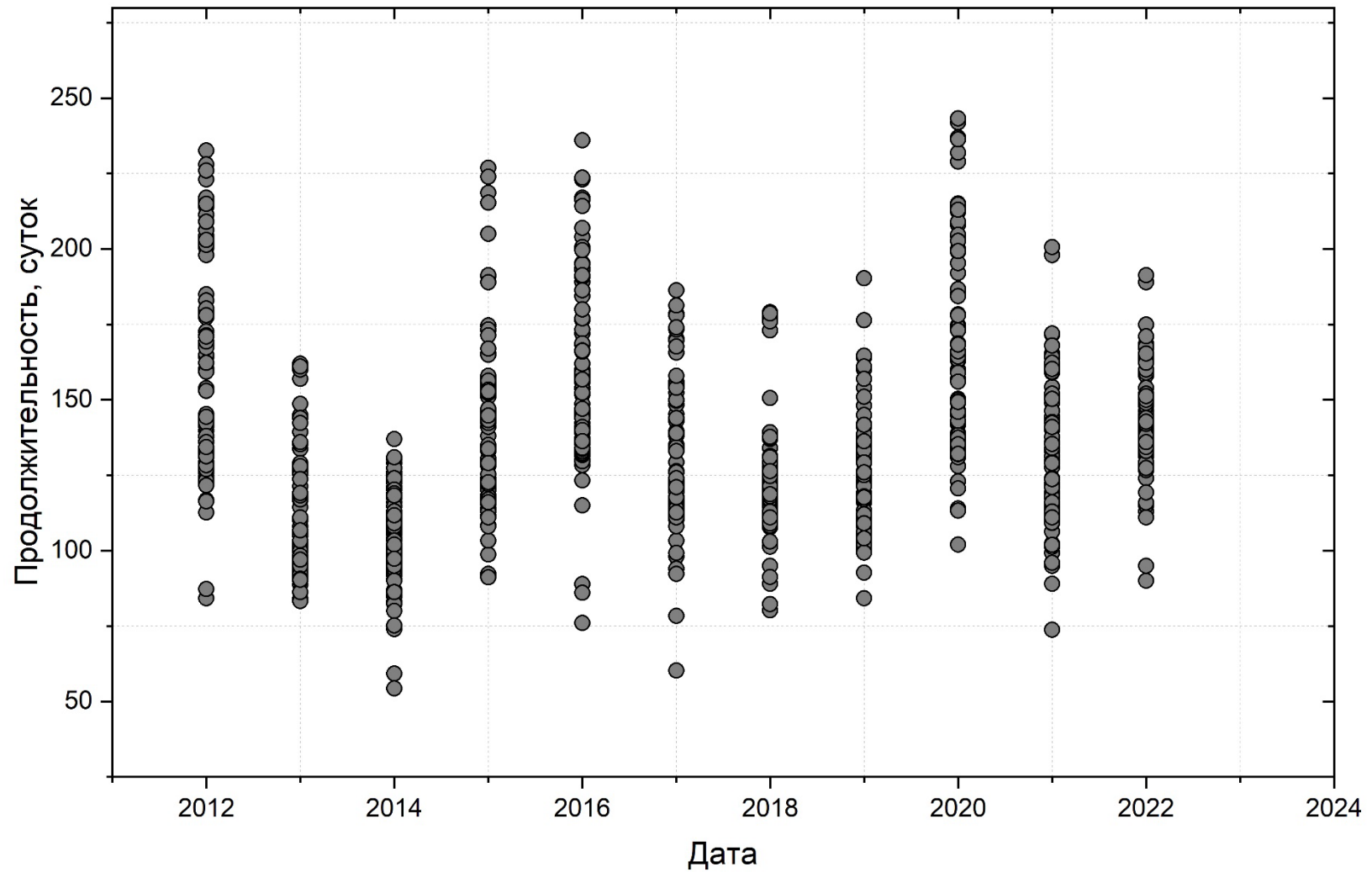


Рис. 8. Временной ход продолжительности ОВ

Тренд продолжительности периодов ОВ на исследуемой территории

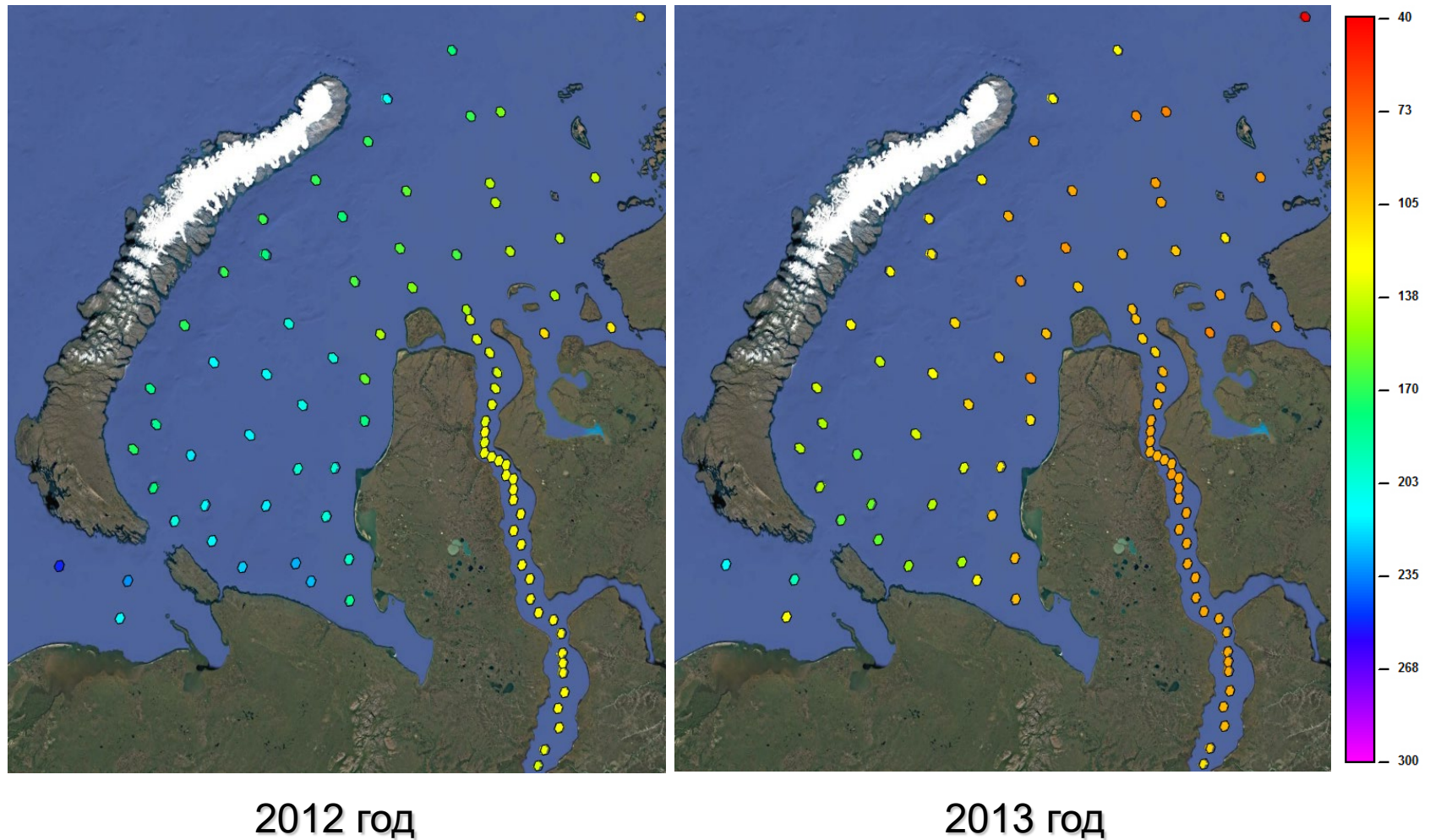


Рис. 9. Длительность периода открытой воды. Пространственное распределение.

Тренд продолжительности периодов ОВ на исследуемой территории

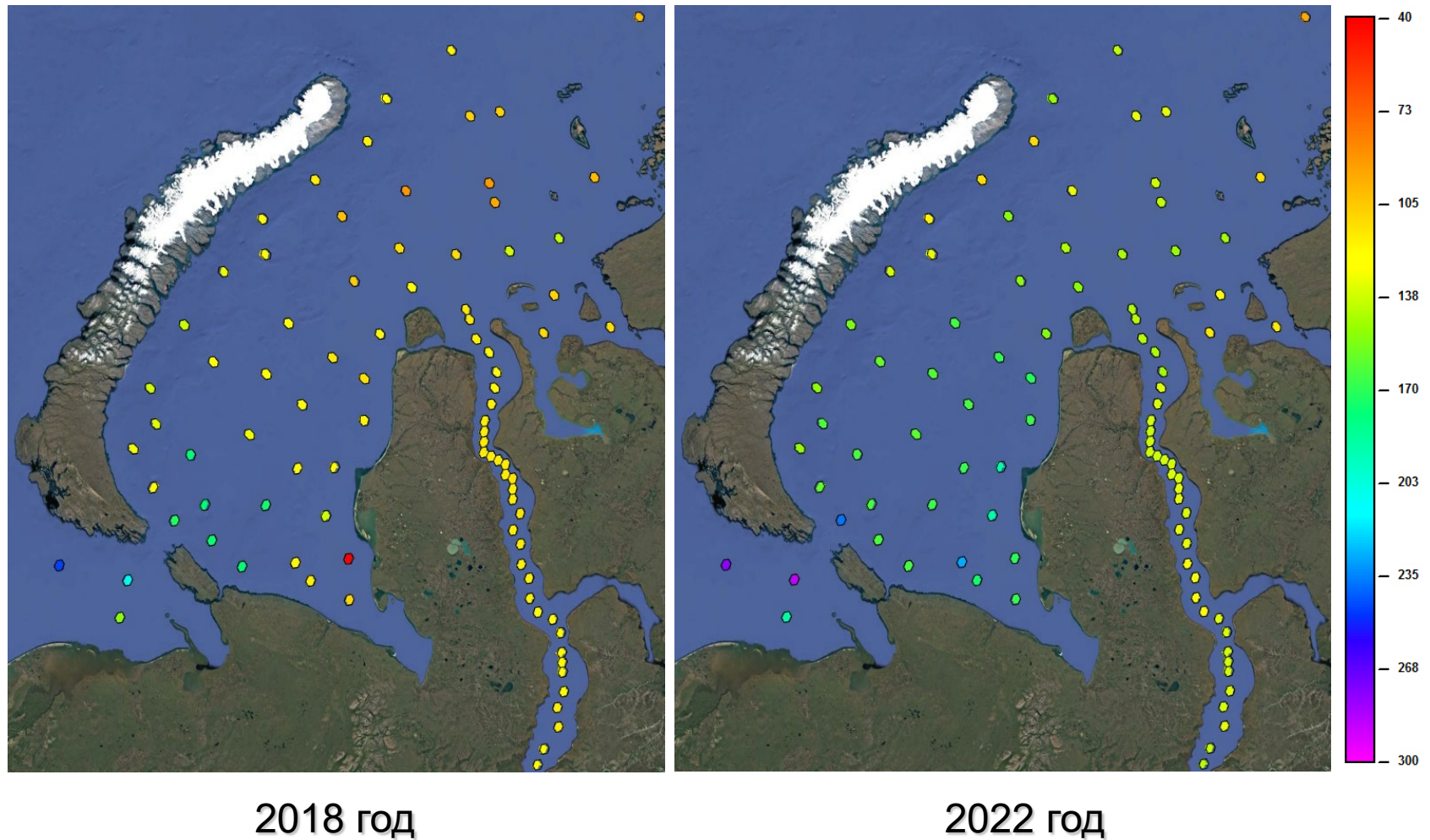


Рис. 10. Длительность периода открытой воды. Пространственное распределение.

Заключение

- Из спутниковых данных следует, что годовая динамика ледового покрова в разных частях (на разных тестовых участках) Карского моря существенно различается.
- Обнаруженные ранее для отдельных точек колебания таких параметров как продолжительность, сроки начала и окончания периода открытой воды, являются характерными для всей акватории Карского моря. Максимумы продолжительности периода ОВ имели место в 2012, 2016 и 2020 годах. Выявленные локальные тренды оказались справедливы для участков по всей акватории. Это может быть связано с климатическими изменениями в регионе.
- Исходя из спутниковых данных можно прогнозировать на несколько лет продолжительность ледового и водного периодов.
- При анализе пространственного распределения, выявлены как участки акватории с традиционно относительно короткой продолжительностью периода ОВ, так и участки, где устойчивый ледяной покров в отдельные годы не образуется вовсе. Такая неоднородность вероятнее всего является следствием интенсификации морских грузоперевозок.

Спасибо за внимание

Рябинин И.В. / cgsiena@gmail.com