

Двадцатая международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Анализ современных гидрологических изменений в Арктике по данным спутника SMOS (на примере Карского моря)

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 солености воды в океане), L3 (бинарные карты солености 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).

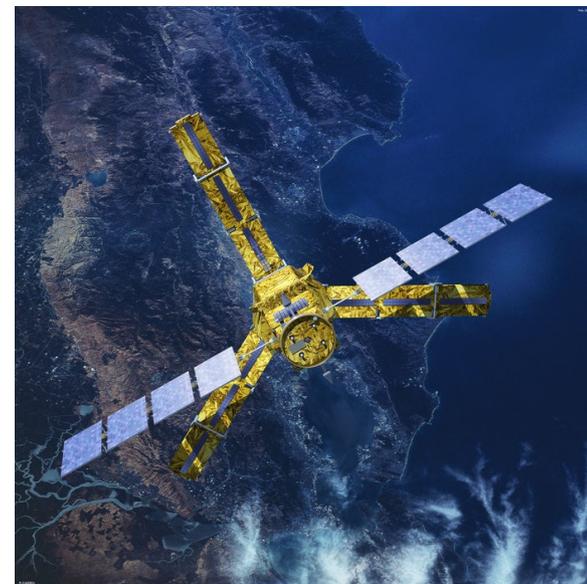
3. Исследовались сезонные и межгодовые вариации радиояркостной температуры.

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 и ледового периода.



Спутниковые данные оптического диапазона целесообразно использовать как вспомогательные для ситуационного подтверждения данных микроволнового диапазона путём сопоставления.

К сожалению оптические данные не отличаются регулярностью, а в период с октября март в исследуемых широтах отсутствуют вовсе.

10.03.2021 MODIS / Terra



16.07.2021 MODIS / Terra



Рис. 1. Спутниковые данные оптического диапазона на исследуемую территорию

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

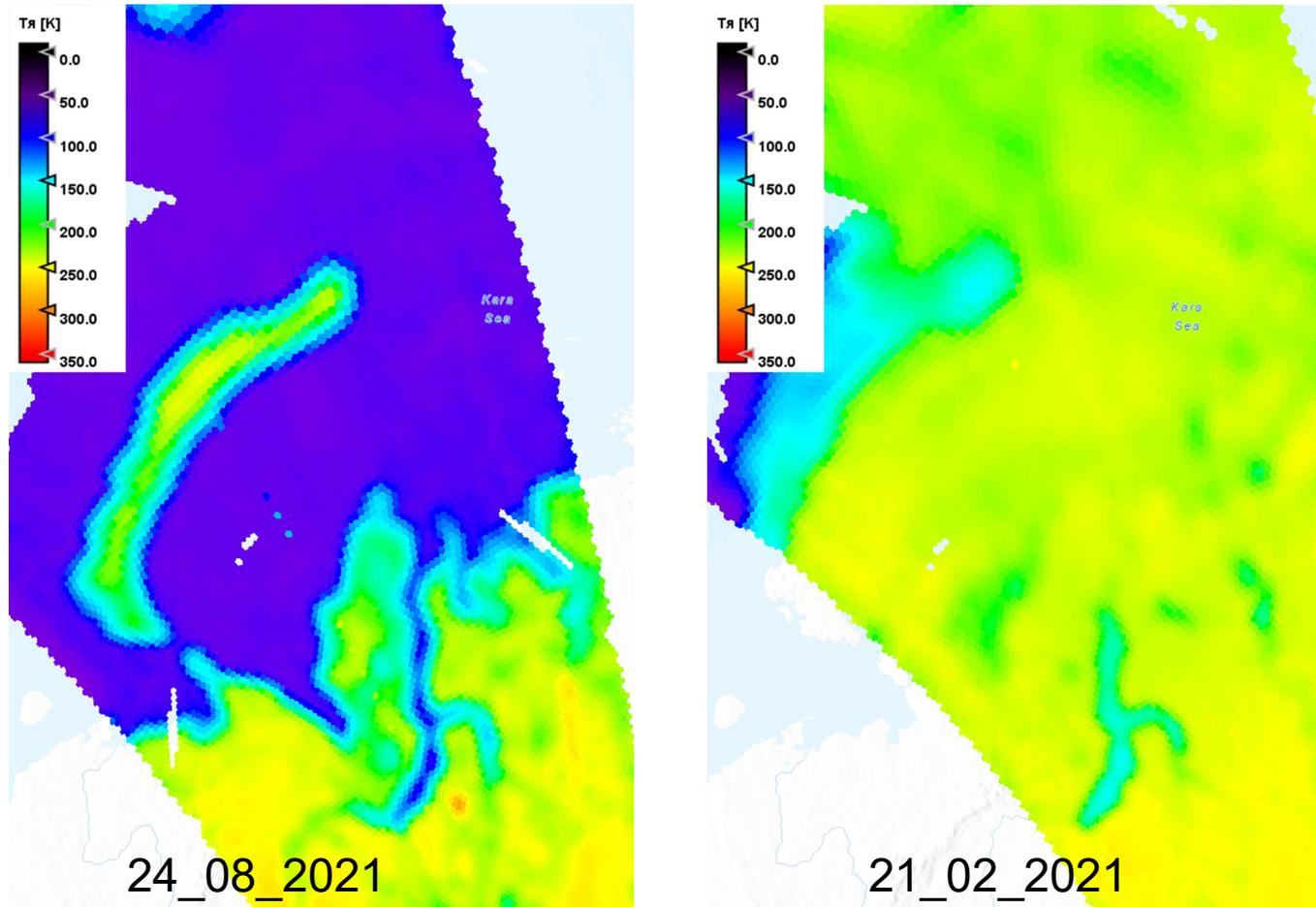


Рис. 2. Карта-схема исследуемой территории с ячейками геодезической сетки ISEA 4N9 и пространственное распределение величины $T_{\text{я}}$

Исследуемая территория

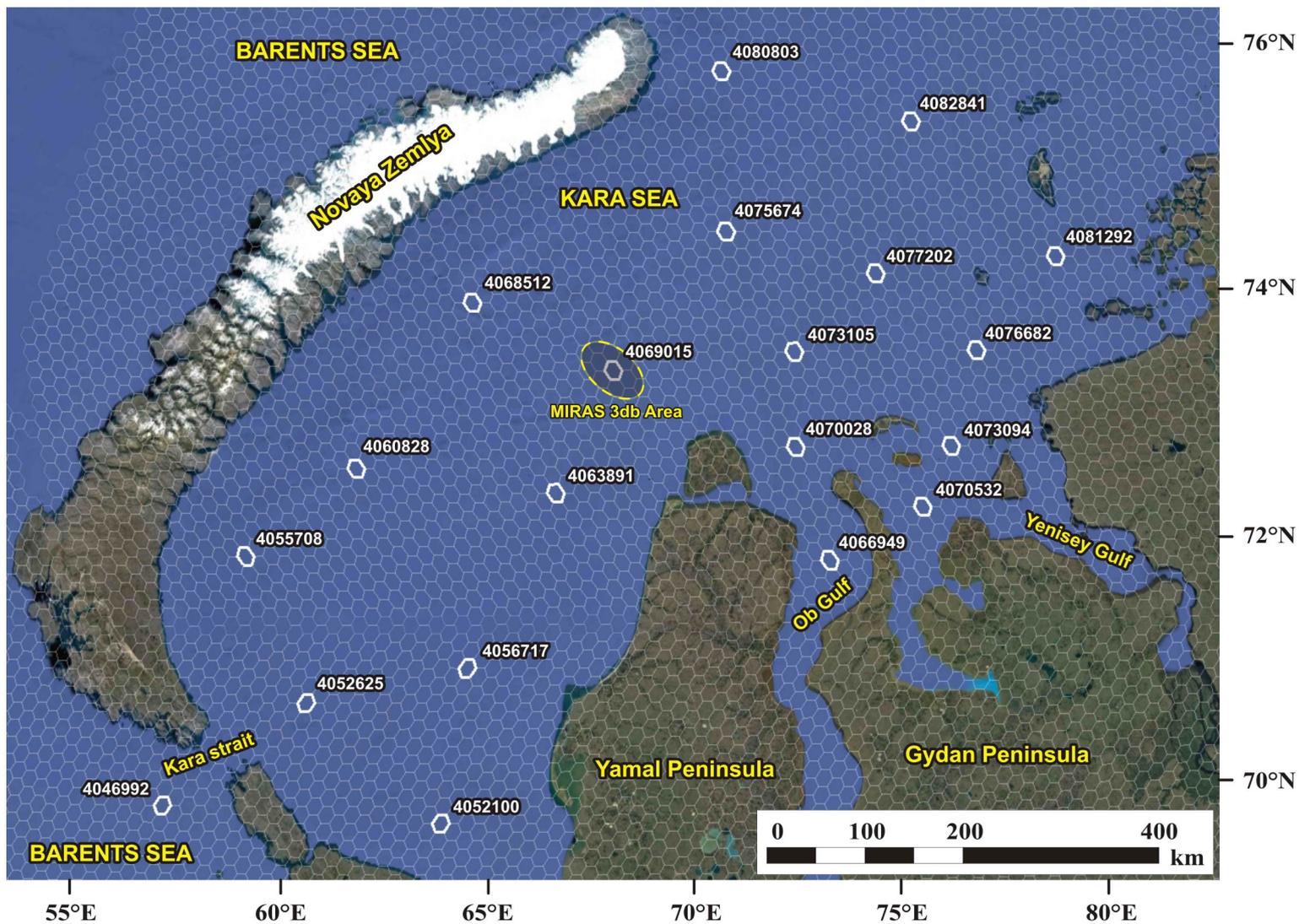


Рис. 3. Карта-схема исследуемой территории с ячейками геодезической сетки ISEA 4H9

Многолетняя сезонная динамика $T_{я}$ поверхности на участке наблюдения DGG ID 4069015

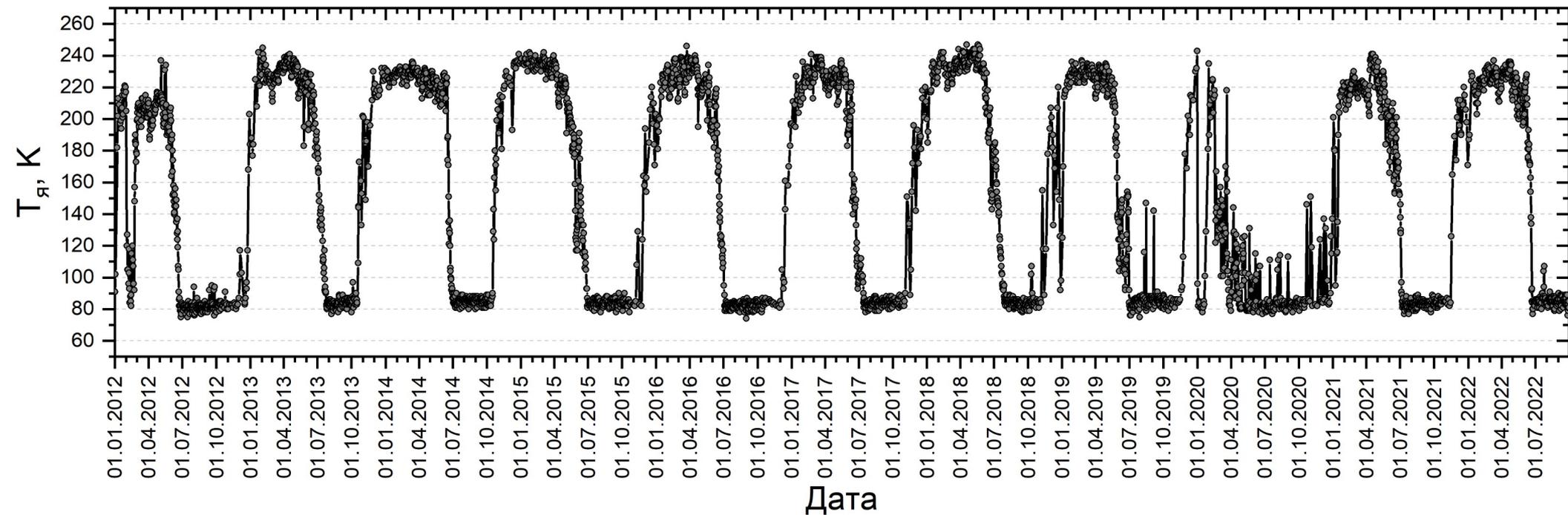


Рис. 4. Временной ход $T_{я}$, определенных по измерениям MIRAS (продукт L1C) для геодезической ячейки DGG ID 4069015

- В летний период радиояркостные контрасты ($T_{я} = 20$ K) связаны с вариациями температуры и морским волнением.
- В зимний период наблюдавшиеся радиояркостные контрасты ($T_{я} = 100$ - 150 K) связаны с разрушением ледяного покрова, образованием на его поверхности снежиц, появлением разводий.

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

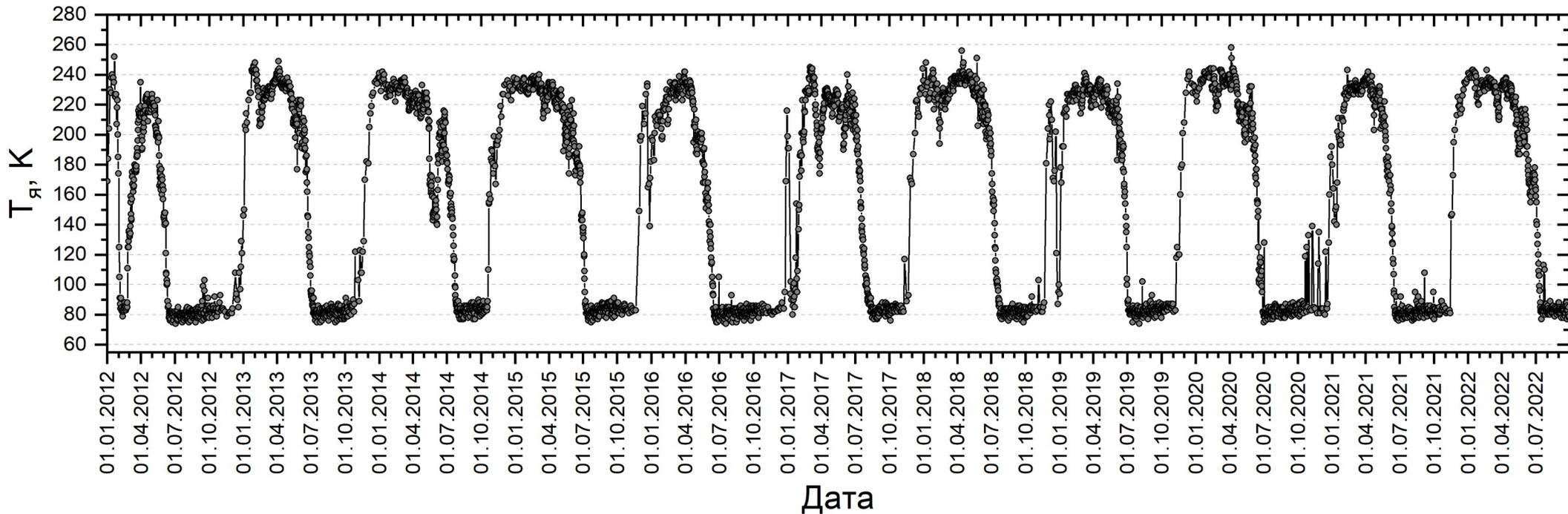


Рис. 5. Временной ход $T_{я}$, определенных по измерениям MIRAS (продукт L1C) для геодезической ячейки DGG ID 4068512

- 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.

Многолетняя сезонная динамика $T_{я}$ поверхности на участке наблюдения DGG ID 4052100 и DGG ID 4055708

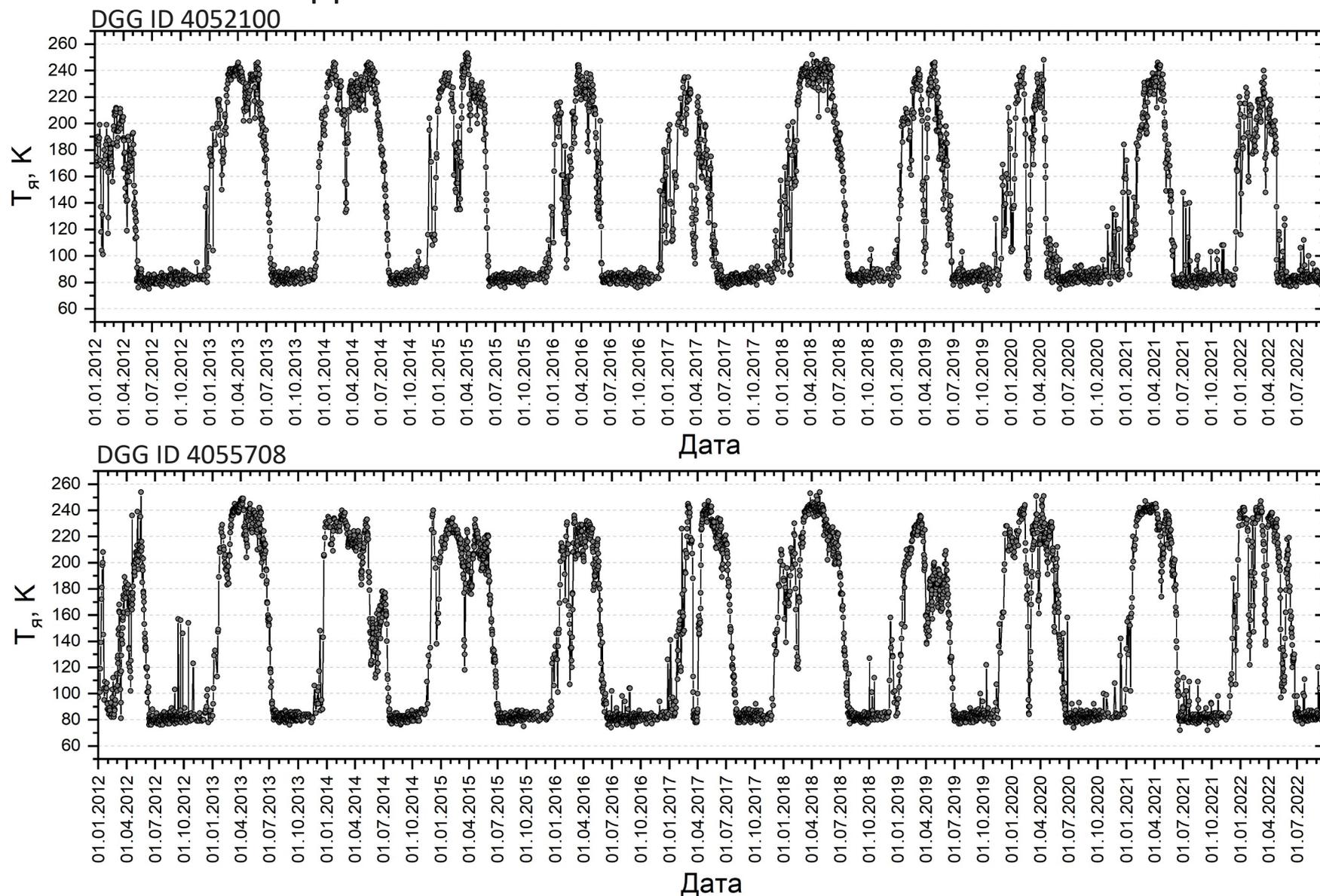


Рис. 6. Временной ход $T_{я}$, определенных по измерениям MIRAS (продукт L1C) для геодезической ячейки DGG ID 4052100 и DGG ID 4055708

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

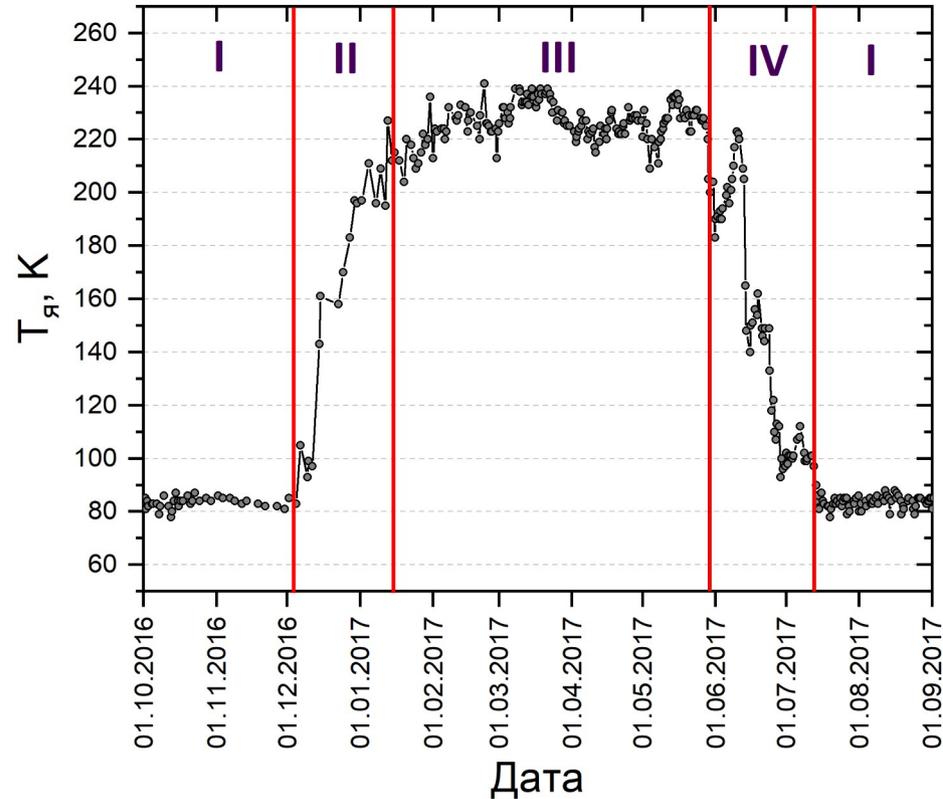


Рис. 7. Временной ход $T_{я}$, определенных по измерениям MIRAS (продукт L1C) для геодезической ячейки DGG ID 4052100

Радиоизлучение водной поверхности с установившимся ледяным покровом существенно отличается от радиоизлучения открытой водной поверхности: значения радиояркостного контраста достигают 140-150 К.

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 ОВ на участке наблюдения DGG ID 4069015

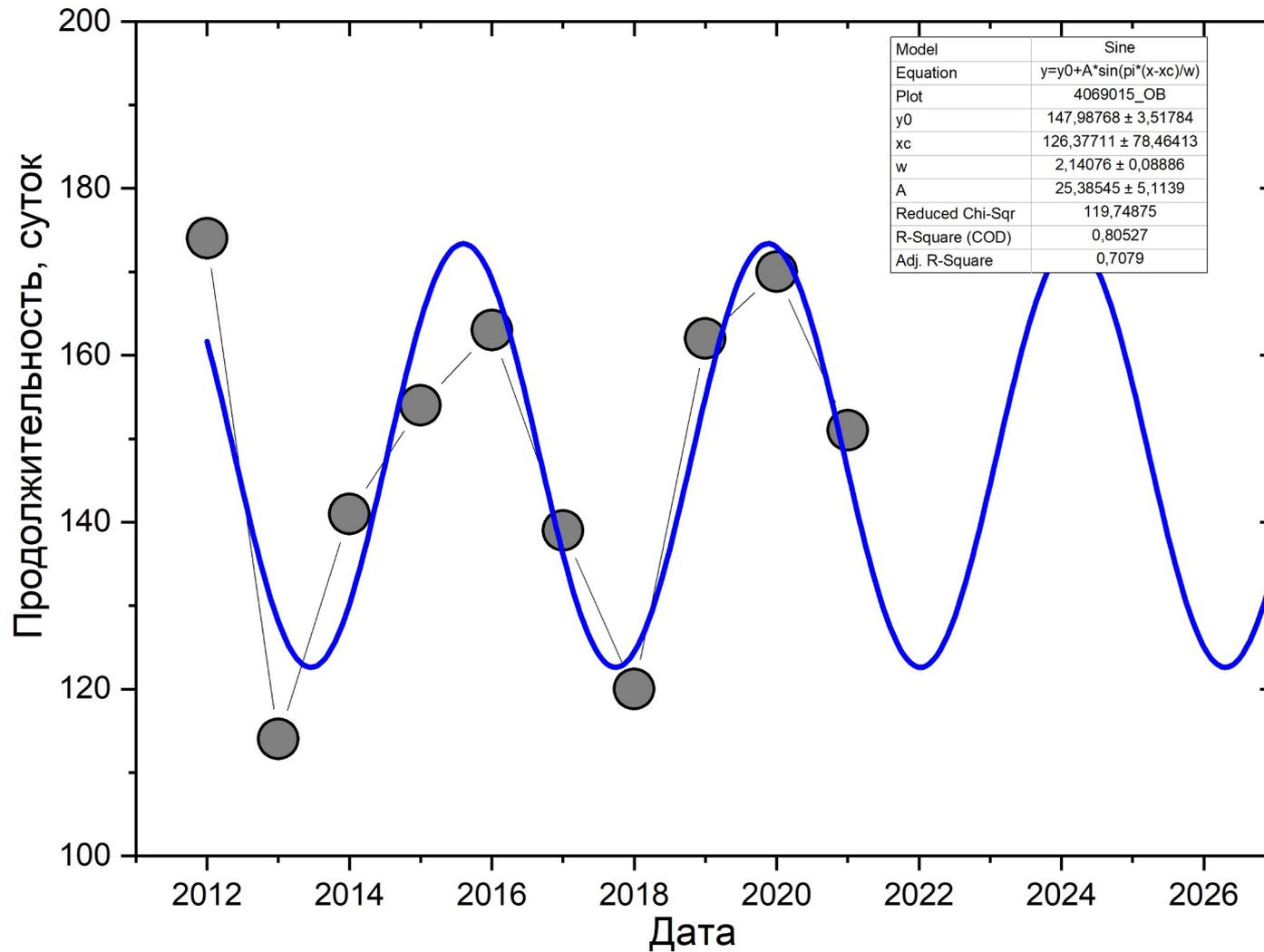


Рис. 8. Временной ход продолжительности ОВ для геодезической ячейки DGG ID 4069015

Заключение

- По результатам проведенных исследований следует что по всему Карскому морю установившейся ледовый покров не образовывается. Это может быть связано как с погодными (климатическими) изменениями, так и с влиянием судоходства (интенсификация морских грузоперевозок).
- Исходя из спутниковых данных можно прогнозировать на несколько лет продолжительность ледового и водного периодов.
- Анализ ледовой обстановки в Карском море, в Северном Ледовитом океане важен не только для оценки но и для анализа климатических изменений в Северной Евразии (осенние снегопады в Северном Китае, зимние оттепели в Алтайском крае и т.д.)

Спасибо за внимание

Рябинин И.В. / cgsiena@gmail.com