



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»  
РТУ МИРЭА

Институт радиоэлектроники и информатики  
Кафедра геоинформационных систем

# «Оценка связи температурного режима и площади льдов береговой линии Антарктиды на основе спутниковых данных дистанционного зондирования»

Работу выполнил: *студент группы РГБО-01-22,*  
*Васильева-Куприянова С.О.*

Научный руководитель: *кандидат технических наук,*  
*доцент, Двилянский А.А.*

# Актуальность

В последние десятилетия особое внимание уделяется мониторингу изменений ледников Антарктиды с использованием методов дистанционного зондирования. Эти сведения являются ключевыми для анализа тенденций изменения ледников и их реакции на глобальные климатические изменения. Ледовый покров приантарктической акватории Южного океана в навигационный период обладает сложной пространственной структурой, состоящей из многих элементов, изменчивых во времени. Это обуславливает необходимость систематических наблюдений за его состоянием.

# Цель и задачи

Целью работы является оценка связи температурного режима и площади льдов береговой линии Антарктиды на основе спутниковых данных дистанционного зондирования.

1. Проанализировать существующие данные и исследования ледового покрова участка береговой линии Антарктиды с помощью дистанционного зондирования, и статистических методов.
2. Выявить основные дешифровочные признаки изменения ледового покрова береговой линии Антарктиды.
3. Выполнить картографирование выбранного участка ледового покрова береговой линии Антарктиды, используя в качестве спутниковых снимков материалы, полученные помошью космических аппаратов (КА) серии Landsat 7 и Landsat 8-9.
4. Провести анализ полученных результатов, выявить основные тенденции изменения ледового покрова и факторы, влияющие на этот процесс.



Таблица 1 – Координаты первой области

№221112 (зелёный квадрат)	Широта	Долгота
правый верхний угол снимка	74°22'20.86"S	73°06'07.92"W
левый верхний угол снимка	71°59'15.90"S	75°25'21.90"W
правый нижний угол снимка	74°54'15.08"S	82°16'30.72"W
левый нижний угол снимка	72°26'36.31"S	83°22'34.93"W

Таблица 2 – Координаты второй области

№226112 (красный квадрат)	Широта	Долгота
правый верхний угол снимка	74°33'11.56"S	81°24'17.24"W
левый верхний угол снимка	72°08'40.78"S	82°35'09.71"W
правый нижний угол снимка	74°43'25.50"S	90°38'55.39"W
левый нижний угол снимка	72°17'26.95"S	90°33'30.56"W

# Ход работы:

Для исследования были выбраны два участка размером 185 км<sup>2</sup>, расположенные в западной части Антарктиды вблизи моря Беллинсгаузена. Данные участки были выделены на основе анализа снимков, полученных с помощью космических аппаратов (КА) серии Landsat 7 и Landsat 8-9 за период 2003-2025 гг. Общее количество обработанных снимков составило 22 сцены. Пространственные координаты, описывающие границы исследуемой области, изображенной на космических снимках, отражены в таблице 1 и таблице 2.

- Использованы инструменты «Редактирование» и «Создание новых векторных слоёв» в QGIS.
- Проекция WGS 84 / Antarctic Polar Stereographic для минимизации искажений.
- Векторизация границ в QGIS с помощью Shapefile слоя (геометрия линии).
- Каждый год отображался различным цветом для анализа динамики границ ледников.

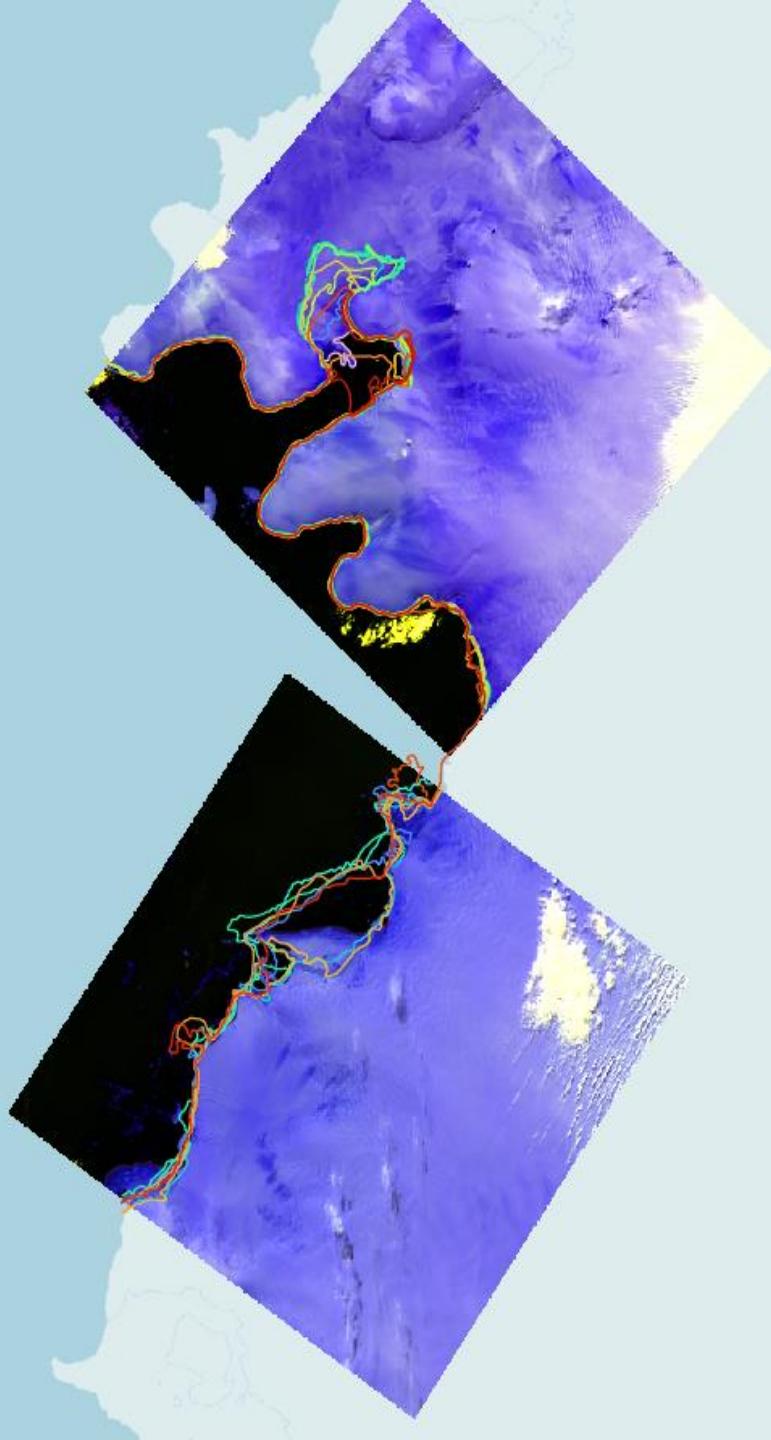


Таблица 3 – Коэффициент корреляции для участка №226112

	температура a, С°	площадь, км <sup>2</sup>	X·Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	-10.1	371.457	-3751.7157	102.01	137979.903
2	-12.5	490.467	-6130.8375	156.25	240557.878
3	-11.3	393.187	-4443.0131	127.69	154595.997
4	-11.6	1308.127	-15174.2732	134.56	1711196.328
5	-14.6	118.369	-1728.1874	213.16	14011.220
6	-12.3	1702.576	-20941.6848	151.29	2898763.036
7	-12.9	1625.283	-20966.1507	166.41	2641545.130
8	-12.8	120.262	-1539.3536	163.84	14462.949
9	-13.0	1530.021	-19890.2730	169.00	2340964.260
10	-11.6	1251.646	-14519.0936	134.56	1566617.229
<b>Сумма</b>	<b>-122.7</b>	<b>8911.395</b>	<b>-110084.5826</b>	<b>1518.77</b>	<b>12097693.930</b>
<b>Ср. зн.</b>	<b>-12.27</b>	<b>891.1395</b>			

Таблица 4 – Коэффициент корреляции для участка №221112

	температура, С°	площадь, м <sup>2</sup>	X·Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	-10.1	637.419	-6437.9319	102.01	406,302.902
2	-12.5	893.364	-11167.0500	156.25	798,099.380
3	-11.3	117.641	-1329.3433	127.69	13,839.405
4	-11.6	708.371	-8217.0916	134.56	501,789.474
5	-14.6	83.557	-1219.9322	213.16	6,981.772
6	-12.9	43.173	-556.9317	166.41	1,864.208
7	-12.1	121.079	-1465.0559	146.41	14,660.124
8	-11.8	419.371	-4948.5778	139.24	175,872.036
9	-13.4	37.861	-507.3374	179.56	1,433.455
10	-11.4	1122.878	-12800.8092	129.96	1,260,855.003
11	-11.3	581.818	-6574.5434	127.69	338,512.185
12	-7.7	1336.487	-10290.9499	59.29	1,786,197.501
<b>Сумма</b>	<b>-130.6</b>	<b>5,701.219</b>	<b>-73,145.5543</b>	<b>1,682.23</b>	<b>5,306,4</b>
<b>Ср. зн.</b>	<b>-11.7250</b>	<b>508.5849</b>			

**Участок №226112 (2005-2024):**

Максимальная площадь ледников в 2018: 1702,576 км<sup>2</sup>.

Минимальная площадь в 2019: 118,369 км<sup>2</sup>.

Восстановление в 2022 до 1308,127 км<sup>2</sup>, умеренный рост до 490,467 км<sup>2</sup> в 2024.

Температура января: от -11,30°C (2023) до -14,60°C (2019).

Взаимосвязь: низкие температуры способствуют росту ледников, высокие - их сокращению.

**Участок №221112 (2003-2024):**

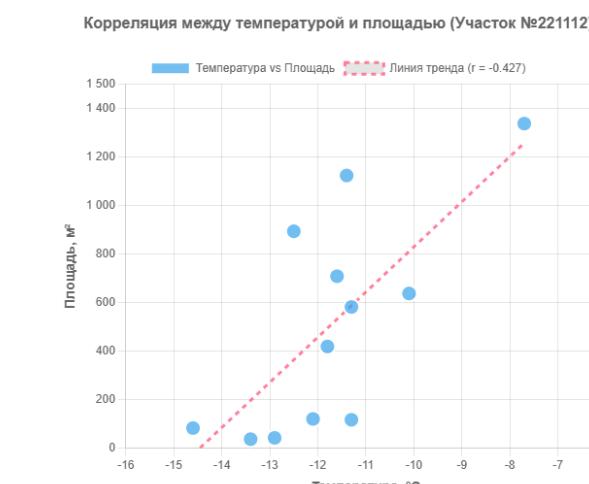
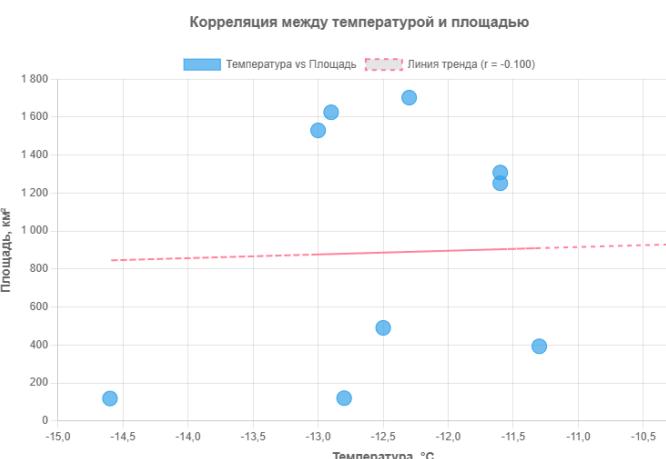
Максимальная площадь ледников в 2003: 1336,487 км<sup>2</sup>.

Сокращение до 581,818 км<sup>2</sup> в 2006, рост в 2014-2015: от 378,61 км<sup>2</sup> до 419,371 км<sup>2</sup>.

Минимальная площадь в 2019: 83,557 км<sup>2</sup>.

Восстановление в 2022 до 708,371 км<sup>2</sup>, рост до 893,364 км<sup>2</sup> в 2024.

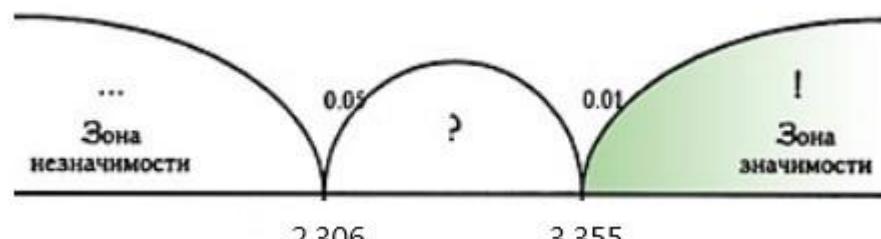
Температура января: от -7,7°C (2003) до -14,6°C (2019).



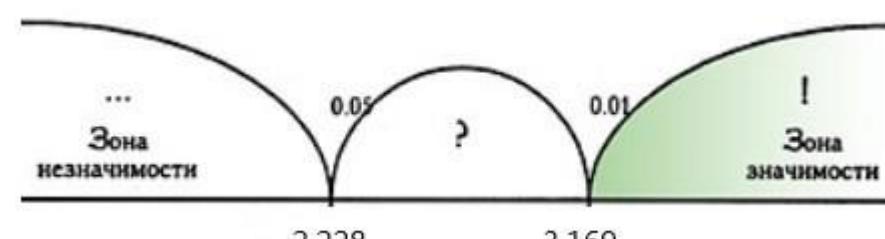
# Анализ данных:

Для участка №226112 t-статистика составила -0.284. Коэффициент корреляции Пирсона  $r = -0.100$  является **статистически незначимым** на уровне значимости 0.05. Это означает, что наблюдаемая слабая отрицательная связь между температурой и площадью может быть случайной и не отражает зависимости в генеральной совокупности.

Для участка №221112 t-статистика составила -1.52. Коэффициент корреляции Пирсона  $r = -0.427$  является статистически незначимым на уровне значимости 0.05, поскольку  $|t| = 1.52 < 2.228 = t_{кр}$ . Это означает, что наблюдаемая умеренная отрицательная связь между температурой и площадью может быть случайной и не отражает зависимости в генеральной совокупности



Ось значимости для участка №226112



Ось значимости для участка №221112

# Выводы

1. Проанализированы спутниковые данные двух участков береговой линии Антарктиды, полученные с помощью космических аппаратов серии LANDSAT за период наблюдений, что позволило получить репрезентативную выборку для статистического анализа.
2. Анализ динамики ледового покрова выявил значительные колебания площади ледников на обоих участках, однако эти изменения не демонстрируют статистически значимой линейной зависимости от температурных колебаний.
3. Выполнено картографирование двух участков ледового покрова береговой линии Антарктиды, используя в качестве спутниковых снимков материалы, полученные КА Landsat 7 и Landsat 8-9.
4. Выполненное картографирование и статистическая обработка данных позволили установить, что коэффициент корреляции между температурой и площадью ледников составляет -0,100 для участка №226112 и -0,427 для участка №221112, что указывает на отсутствие сильной линейной связи.
5. Проверка статистической значимости с использованием t-критерия Стьюдента показала, что полученные коэффициенты корреляции являются статистически незначимыми ( $p > 0,05$ ), что свидетельствует о необходимости учета дополнительных факторов при анализе динамики ледового покрова Антарктиды.