

Двадцатая международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Оценка гидрологической засухи на юге Западной Сибири по данным спутника SMOS

Рябинин И.В., Хвостов И.В., Романов А.Н.

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия
cgsiena@gmail.com, khvostov.iwep@ya.ru, romanov_alt@mail.ru

Актуальность исследований

- Гидрологическая засуха, возникающая на какой-либо территории при уменьшении запасов воды в водоемах (озерах, водохранилищах), а также в водоносных горизонтах, снижает биологическую продуктивность почвы, оказывая тем самым негативное влияние на растительный покров.
- В последние десятилетия при изучении водной поверхности, океанического льда, почвы, растительного покрова находят все более широкое применение микроволновые методы дистанционного зондирования.
- В данной работе приведен анализ гидрологических изменений внутренних водоемов суши, основанный на изучении сезонной и межгодовой динамики радиояркостных температур подстилающей поверхности, измеренных со спутника SMOS на тестовых участках за период с 2012 по 2022 годы.
- Исследования проводились на юге Западной Сибири на территории Кулундинской равнины, крупнейшим гидрологическим объектом которой является соленое Кулундинское озеро. Площадь водной поверхности озера в течение года изменяется от 615 до 770 кв. км в зависимости от погодно-климатических условий.

Методика исследований

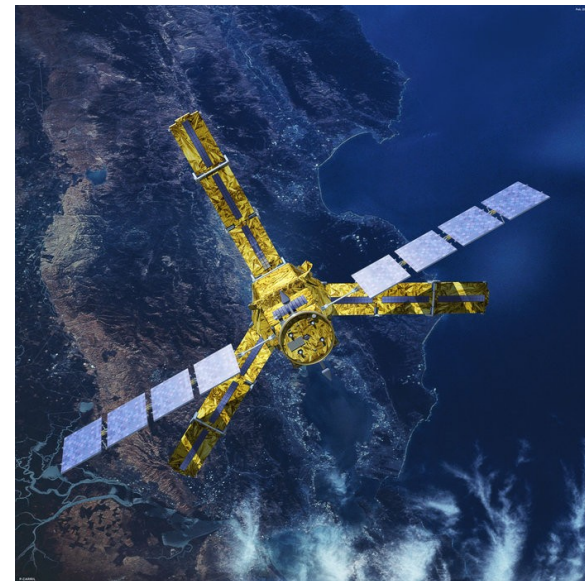
1. Использовали данные спутника SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) на частоте 1.41 ГГц (продукт L1C), полученные при измерении восходящего излучения на горизонтальной поляризации под углом зондирования 42.5° с пространственным разрешением 40 км и откалиброванные в единицах радиояркостных температур $T_{\text{я}} = \chi T$, (χ , T – коэффициент излучения и эффективная температура скин-слоя поверхности).

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

3. Данные MODIS (спутник Terra) (ИК- диапазон) использовали для определения температуры подстилающей поверхности.

4. Снимки спутника Landsat (оптический диапазон) использовали для нанесения на них сетки DGG ISEA 4H9 и данных спутника SMOS.

Совмещение спутниковых данных в оптическом, инфракрасном, микроволновом диапазонах позволило установить радиояркостные характеристики подстилающей поверхности и соотнести их с конкретными участками подстилающей поверхности.



Исследуемая территория

- При дистанционном микроволновом зондировании Кулундинского озера учитывалось, что его площадь меньше разрешающей способности спутникового радиометра. Соответственно в пиксель SMOS попадали участки подстилающей поверхности существенно различающиеся по диэлектрическим и радиоизлучательным характеристикам – водная поверхность соленого озера, высохшее дно озера и степь.

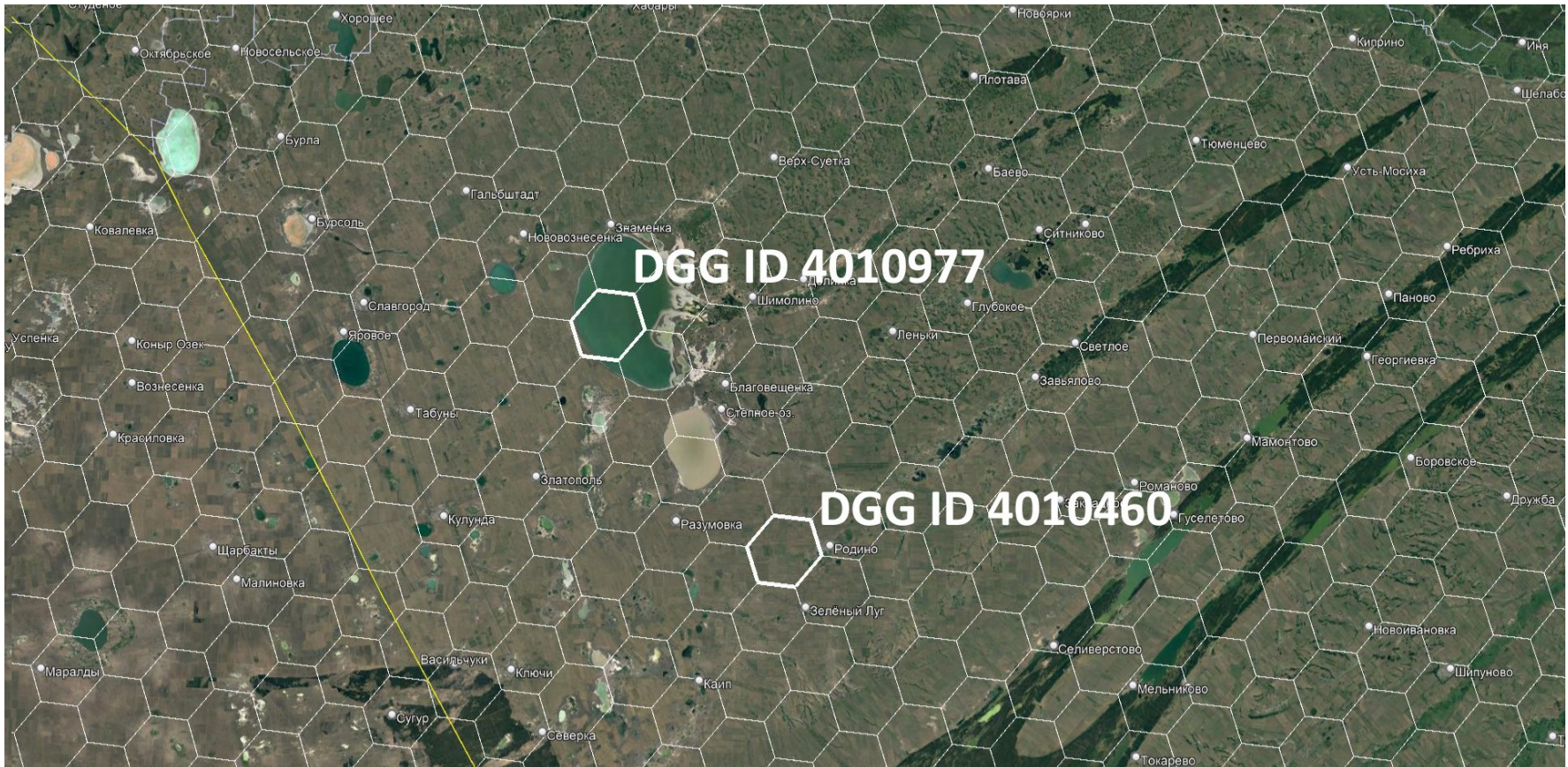
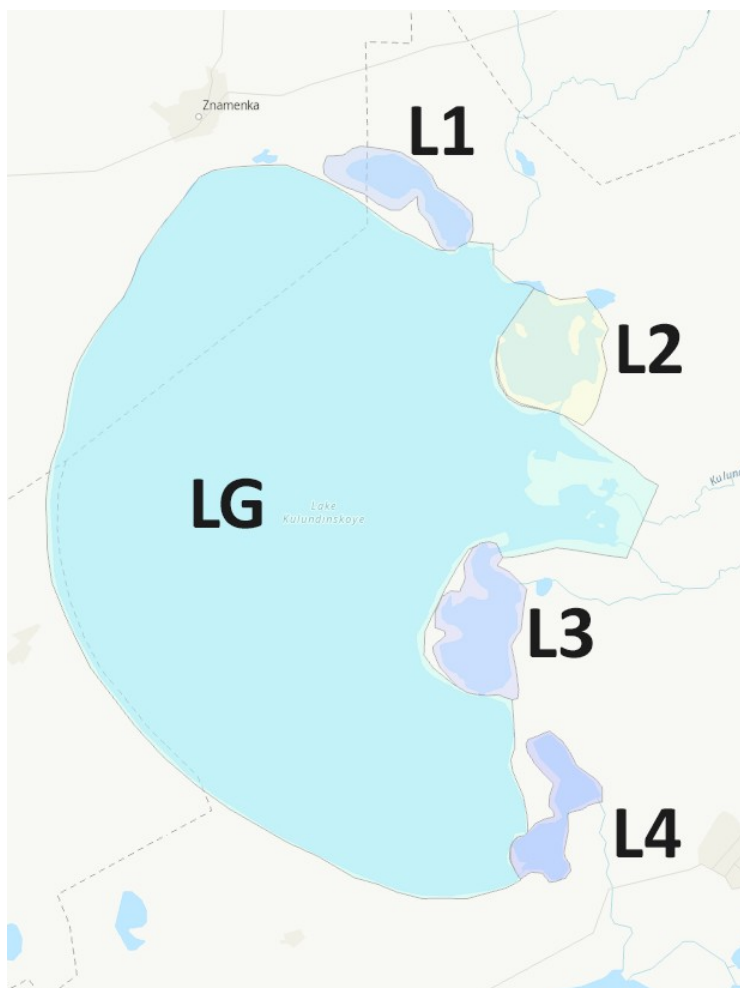


Рис. 1. Карта-схема исследуемой территории с ячейками геодезической сетки ISEA 4H9 DGG ID 4010977 (Кулундинское озеро) и DGG ID 4010460 (участок степи)

Исследуемая территория



Date	S_LG	S_L1	S_L2	S_L3	S_L4
Day	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
2021.08.21	610 583 799	8 347 928	11 418 736	13 326 954	8 568 570
2021.09.02	608 199 172	8 058 834	10 936 076	12 803 646	8 180 637
2021.09.15	609 557 726	8 231 578	11 761 823	13 207 145	8 814 081
2021.10.12	605 520 572	8 462 473	10 822 608	12 447 155	8 940 323
2021.10.27	607 587 543	8 410 127	11 528 539	12 088 514	9 028 895
2022.04.28	620 103 507	8 523 311	14 100 255	16 299 488	9 370 534
2022.05.10	609 850 315	8 176 189	12 558 499	14 994 114	9 232 229
2022.05.30	618 005 833	7 654 563	14 229 081	16 004 542	9 580 378

Рис. 1. Карта-схема исследуемой территории Кулундинского озера.

Расчет радиояркостной температуры минерализованного озера

$$T_B^W = \left(T_B^{4010497} - T_B^S S_S \right) / S_W$$

$T_B^{4010497}$, T_B^S , T_B^W , S_S , S_W - радиояркостные температуры геодезической ячейки DGG ID 4010977 и входящих в нее участков степи и воды, а также их площади, взятые в процентном отношении от общей площади зондируемого участка. В качестве T_B^S использовалась измеренная со спутника SMOS радиояркостная температура геодезической ячейки DGG ID 4010460, соответствующей степному участку.

Многолетняя сезонная динамика радиояркой и физической температур подстилающей поверхности в пикселе 4010977 DGG ISEA 4H9

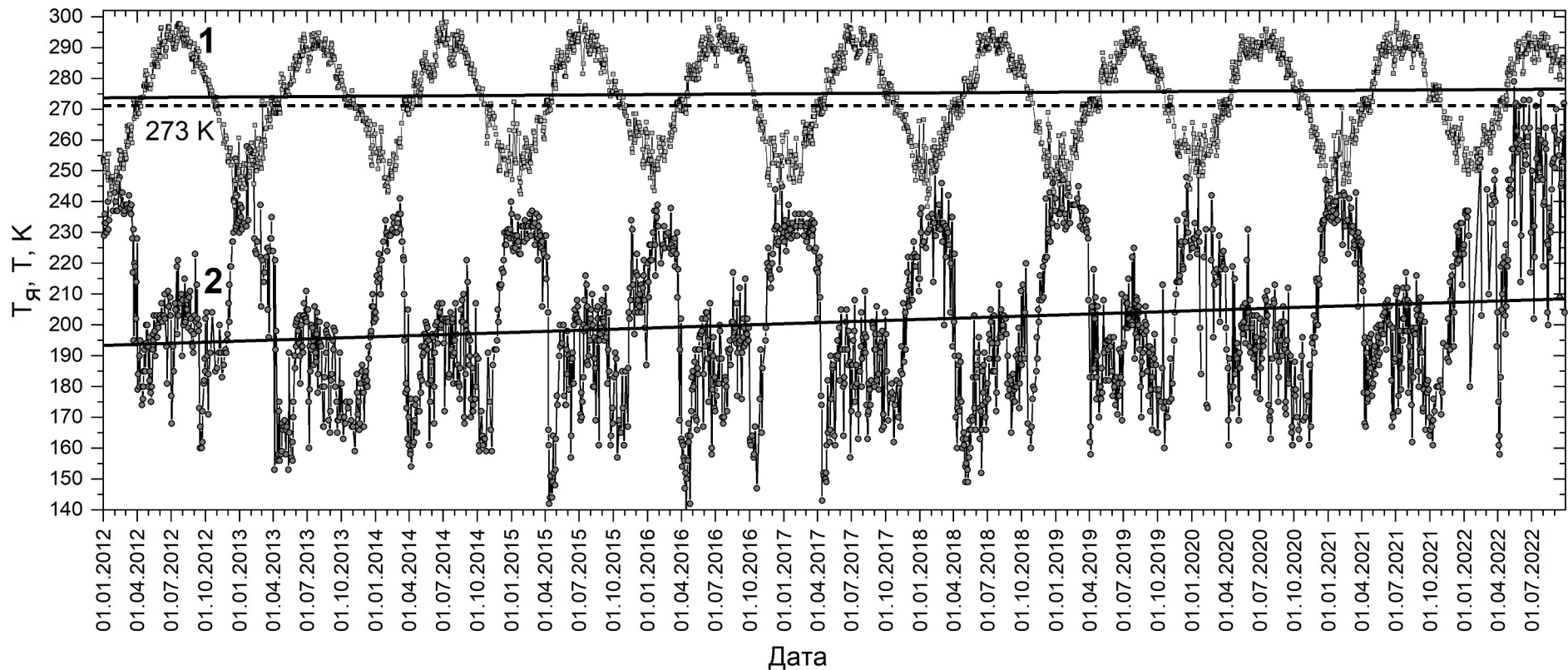


Рис. 3. Временной ход термодинамической (1) и радиояркой температур (2), определенных по измерениям MODIS (продукт MOD11A1) и MIRAS (продукт L1C) для геодезической ячейки DGG ID 4010977

- Из анализа спутниковых данных следует, что закономерности годовой динамики радиоярких температур подстилающей поверхности существенно различаются.
- Разное поведение радиоизлучательных характеристик засоленных почв, солончаков, водной поверхности обуславливает специфику зависимостей $T_{я}(D)$ для каждого тестового участка.

Заключение

- Установлена сезонная и межгодовая динамика радиоярких температур $Tя(D)$ двух ячеек геодезической сетки DGG ISEA 4H9: 1. – степь, 2 – Кулундинское озеро (35% площади) и прилегающие к нему степными территориями (65%).
 - Показано, что специфической особенностью микроволнового излучения этих двух различающихся участков является существование следующих периодов с разными радиоизлучательными характеристиками:
 1. Для почвенного покрова: 1) незамерзшая почва; 2) образование сезонно-мерзлого слоя толщиной $d L$; 4) оттаивание сезонно-мерзлого слоя.
 2. Для водной поверхности: 1) открытая вода; 2) образование ледяного покрова толщиной $d L$; 4) таяние ледяного покрова.
 - В каждом из выделенных временных интервалов радиояркие характеристики водной поверхности и почвенного покрова (степи) зависят от скоростей образования или таяния льда на водной поверхности, изменения температуры и минерализации воды, изменения площади водного зеркала, появления участков оголенного дна, радиоизлучательные характеристики которого зависят от температуры, влажности и засоленности донных отложений.
 - Рассчитанный тренд $Tя(D)$ показывает, что $Tя$ повышается. Одной из причин повышения $Tя$ может являться изменение коэффициента излучения водной поверхности, что указывает на различие гидрологических изменений.
 - По результатам проведенных исследований разработана методика расчета характеристик объектов, размер которых меньше пикселя спутникового радиометра.
- **Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 22-17-20041 (<https://rscf.ru/project/22-17-20041/>.)**

Спасибо за внимание!

- Институт водных и экологических проблем СО РАН
г. Барнаул, Россия
- Лаборатория физики атмосферно - гидросферных процессов
- Рябинин И.В. / cgsiena@gmail.com

