

**XX международная конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»**

**Сравнительный анализ
спутниковых и контактных измерений
влажности почвы в условиях засухи
и почвенного засоления**

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

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

Явления засухи, атмосферной и почвенной засухи в аграрных регионах наносят существенный экономический урон сельскому хозяйству. Мониторинг этих опасных явлений с целью выявления, профилактики и оценки ущерба осуществляется средствами наземных и спутниковых измерений. При локальной оценке почвенной засухи опираются на такие параметры как количество выпавших осадков, профили влажности почвы, температура и скорость ветра, определяемые на стационарных и мобильных постах. Для оценок на большой площади состояния растительного покрова в период вегетации и обеспеченности сельскохозяйственных культур продуктивной влагой используют индексы EVI, NDVI, SAVI, SCEI, основанные на результатах спутниковых измерений в оптическом и ближнем ИК диапазонах.

Svoboda M., Fuchs B.A. Handbook of Drought Indicators and Indices // World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). 2016. Geneva.

Zargar A., Sadiq R., Naser B. and Khan F.I. A review of drought indices // Environmental Reviews. 2011. Is. 19. pp. 333–349.

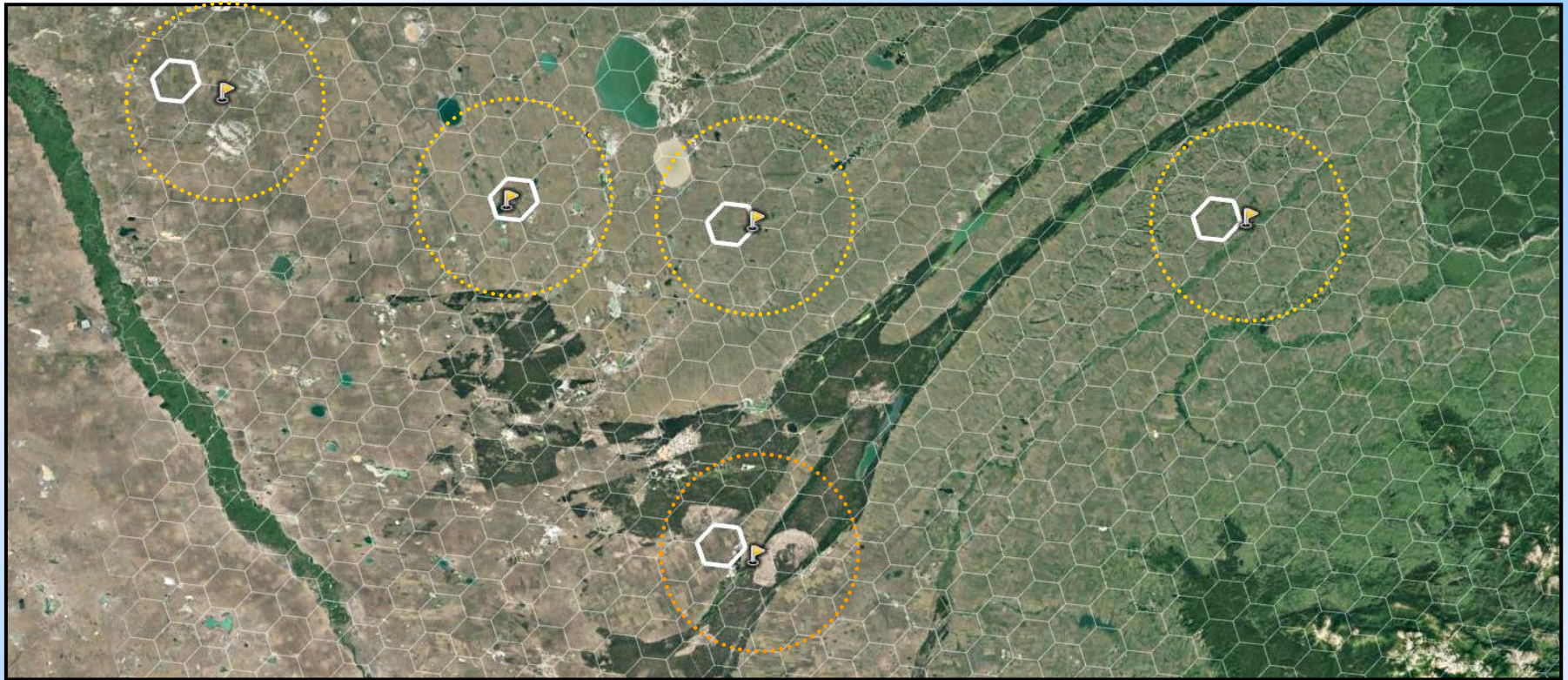
Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Виноградова В.В. Сравнительные исследования засух 2010 и 2012 гг. на Европейской территории России по метеорологическим и MODIS данным // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2013. Т. 10. № 1. С. 246-253.

Проблема выявления предвестников почвенной засухи дистанционными методами, обеспечивающими глобальный охват, связана с экранированием микроволнового излучения почвенного покрова слоем растительности с разной биомассой. Также долю неопределённости вносит явление засоления почв. Решение видится в моделировании микроволнового излучения системы почва-растительность на основе полевых подспутниковых измерений химического состава и профиля влажности почвы и последующем сопоставлении с дистанционно регистрируемым микроволновым излучением.

По факту выявления критического снижения урожайности вследствие засух, как правило, вводится режим ЧС. В Алтайском крае такая ситуация или близкая к ней складывается уже на протяжении трёх последних лет почти во всех муниципальных районах региона, и наблюдалась 2012 году.

В данной работе производится анализ сезонной и межгодовой динамики профилей влажности плодородного слоя почв на нескольких тестовых участках, расположенных на территории Кулундинской равнины. Результаты сопоставлены со спутниковыми данными микроволнового радиометра MIRAS о влажности поверхностного слоя почвы и позволяют судить о возможности использования ежедневных продуктов L1CL, L2SM спутникового наблюдения для раннего оповещения об угрозах возникновения почвенной засухи.

Объект исследования: плодородные и засоленные почвы Кулундинской равнины

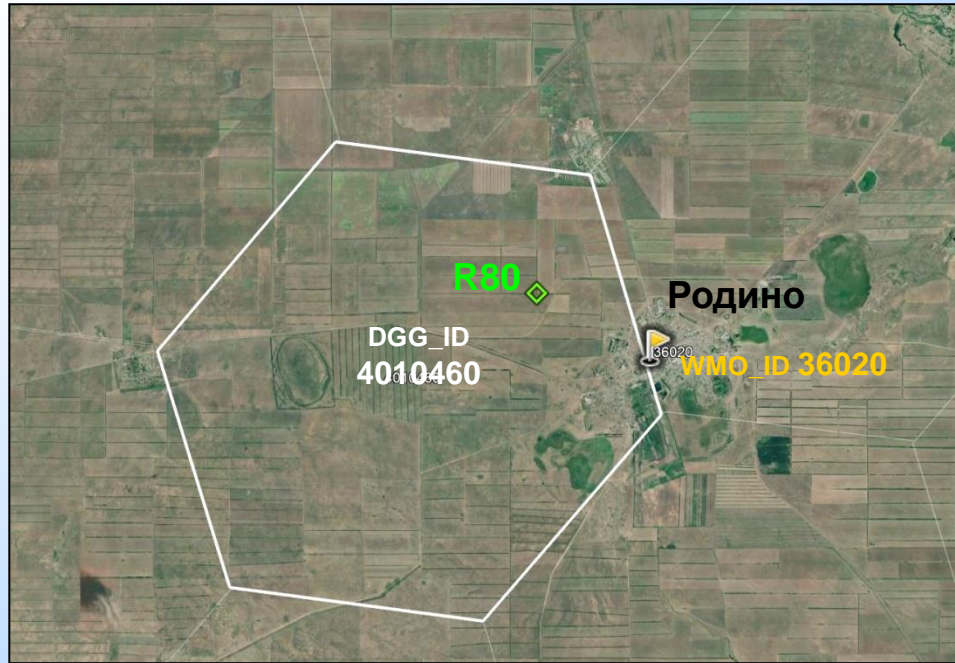


Профили влажности почв на тестовых участках определены службой Росгидромета по методикам ГУ «ВНИИСХМ» термостатно-весовым способом, предоставлены в рамках выполнения работ по гранту РФФ № 22-17-20041.

Сведения о количестве осадков на станциях Росгидромета получены посредством сервиса «Расписание погоды» (rp5.ru).

Спутниковые данные радиометра MIRAS (SMOS) предоставлены в рамках проекта ESA № 4747 «Remote mapping of Siberian saline soils».

Профили влажности на тестовых участках



Профили влажности почвы определяются на сети станций Росгидромета еженедельно в течение всего вегетационного периода сельскохозяйственных культур по единой программе и методике с помощью термостатно-весового метода согласно РД 52.33.217–99.

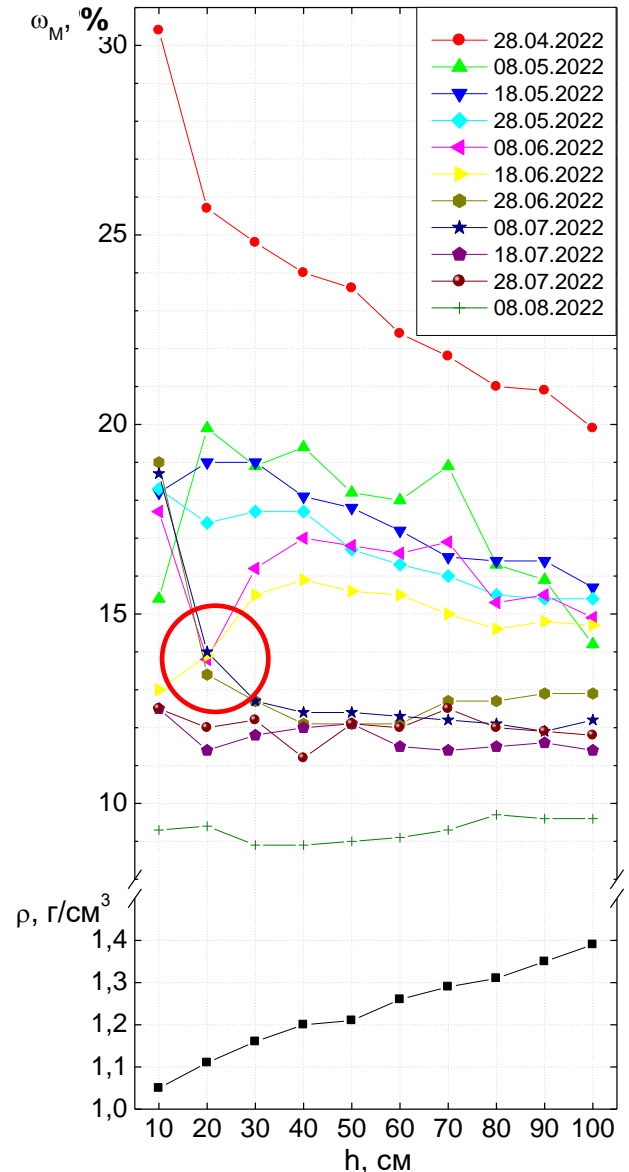
Массовая влажность почвы ω_M [гр/гр] определяется послойно с шагом 10 см в четырех скважинах на наблюдательном участке до глубины 100 см.

Наблюдательные участки удалены от ближайшей метеостанции на расстояние от 1 до 20 км.

Агрогидрологические свойства почв, в том числе профиль плотности почвы ρ [г/см³], определяют в год формирования наблюдательного участка.

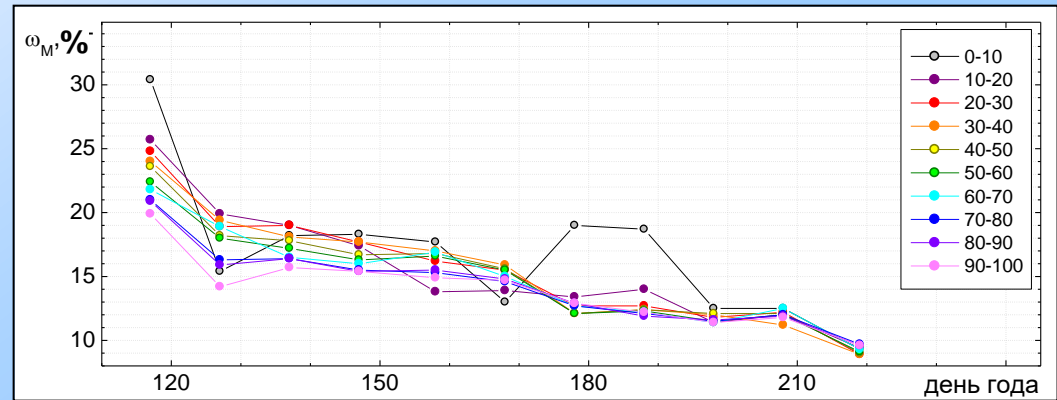
Объемная влажность ω [см³/см³] связана с измеряемой массовой влажностью соотношением:

Профили влажности почвы на участке A2

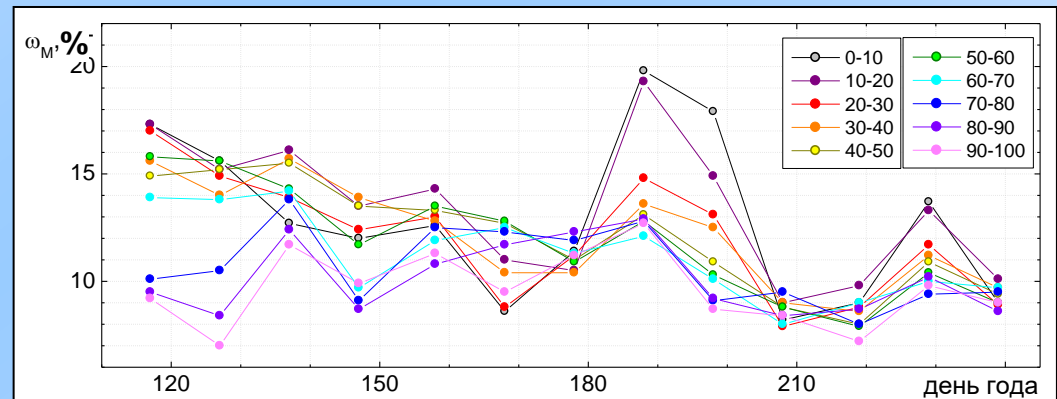


Динамика профилей влажности на тестовых участках в вегетационный период 2022 года

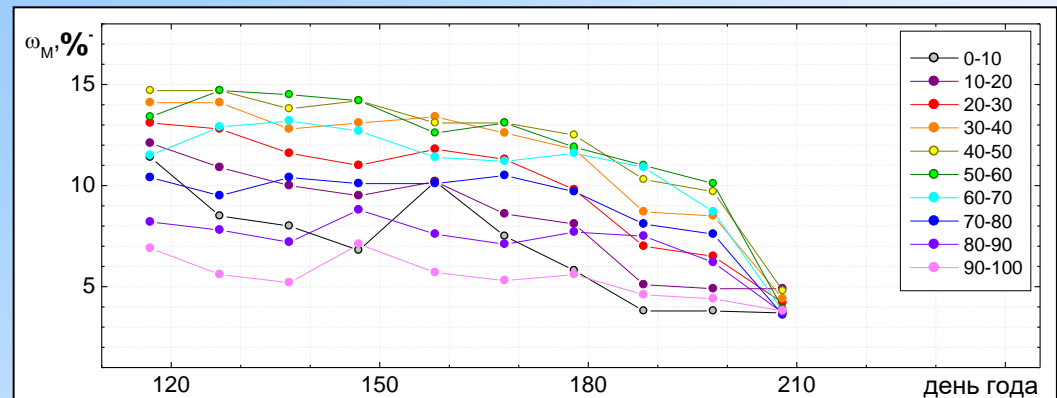
Наблюдательный участок: A2
Почва: чернозёмная обыкновенная
среднесуглинистая
Культура: яровая пшеница
Зона метеостанции: 29937
Ячейка сетки ISEA: 4014551



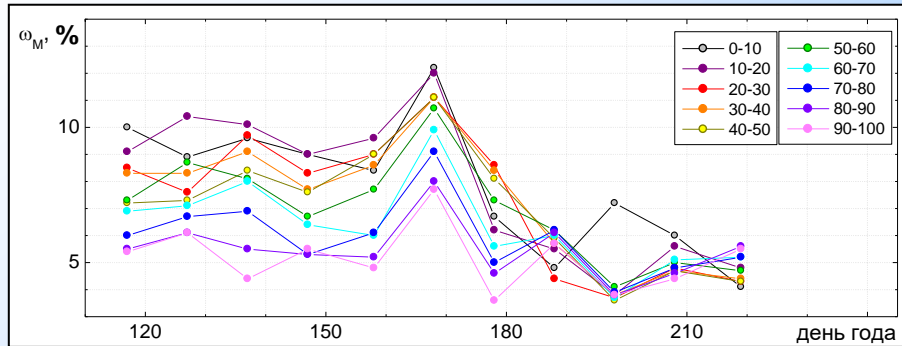
Наблюдательный участок: R80
Почва: тёмно-каштановая
среднесуглинистая
Культура: кукуруза
Зона метеостанции: 36020
Ячейка сетки ISEA: 4010460



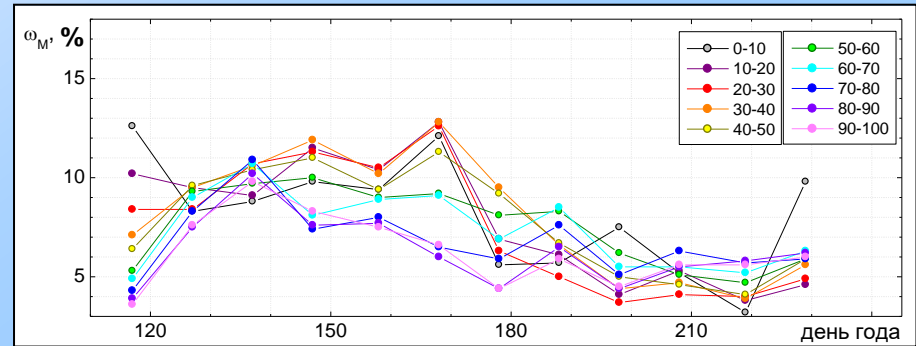
Наблюдательный участок: U22
Почва: каштановая легкосуглинистая
Культура: гречиха
Зона метеостанции: 36028
Ячейка сетки ISEA: 4006867



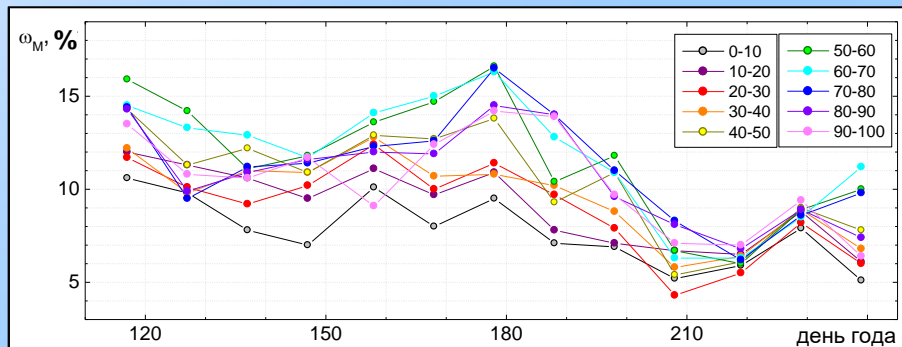
Динамика профилей влажности на тестовых участках в вегетационные периоды 2019 и 2022 года



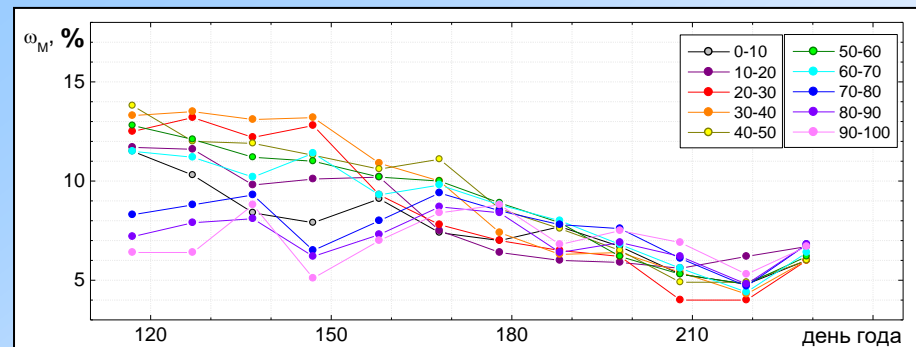
2019 год
Наблюдательный участок: К1
Почва: тёмно-каштановая
Культура: подсолнечник
Зона метеостанции: 36024
Ячейка сетки ISEA: 4008927



2019 год
Наблюдательный участок: К13
Почва: тёмно-каштановая легкосуглинистая
Культура: яровая пшеница
Зона метеостанции: 36024
Ячейка сетки ISEA: 4008927



2022 год
Наблюдательный участок: К3
Почва: тёмно-каштановая легкосуглинистая
Культура: гречиха
Зона метеостанции: 36024
Ячейка сетки ISEA: 4008927



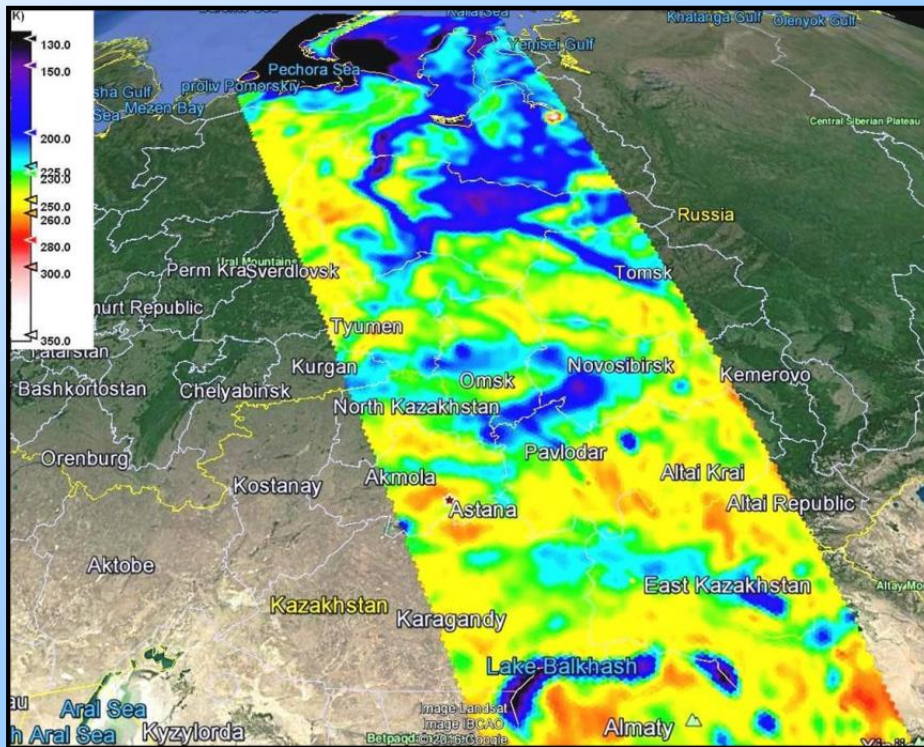
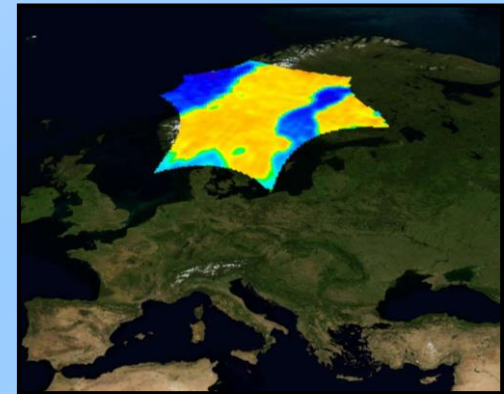
2022 год
Наблюдательный участок: К14
Почва: тёмно-каштановая легкосуглинистая
Культура: яровая пшеница
Зона метеостанции: 36024
Ячейка сетки ISEA: 4008927

Миссия SMOS Европейского Космического Агентства



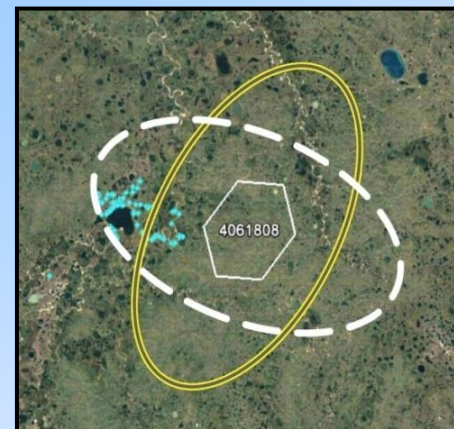
Поляризационный 2-D интерферометр MIRAS

Период активности:	с 02.11.2009
Рабочая частота:	1400-1427 МГц
Высота орбиты:	~766 км
Наклонение орбиты:	98.449°
Период повторения орбиты:	23 суток
Период повторного посещения:	72 часа
Ширина полосы обзора:	890 км
Пространственное разрешение:	30-50 км
Радиометрическая точность:	2.5-5 К



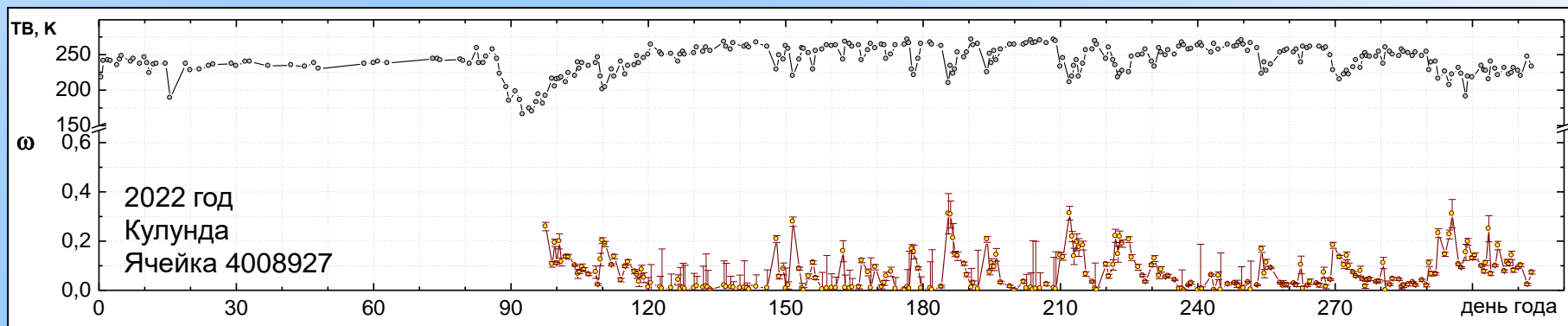
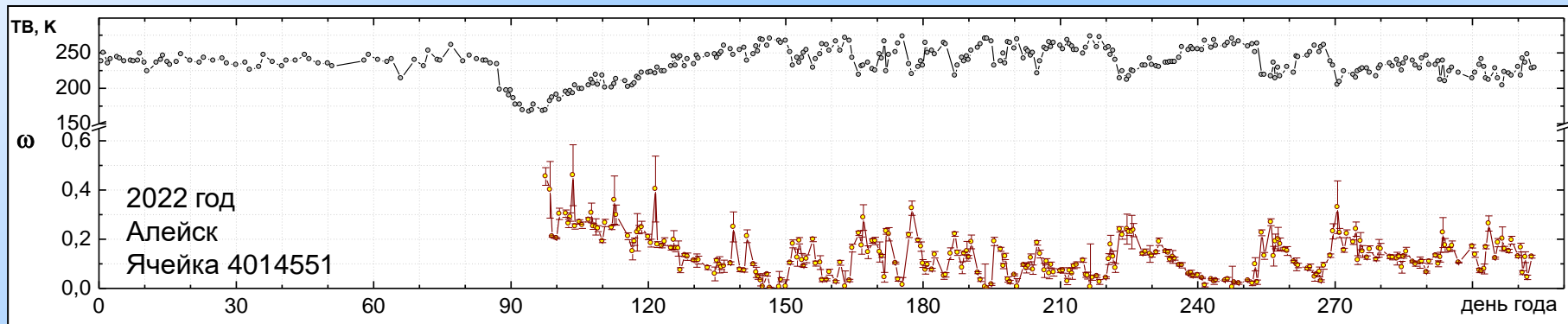
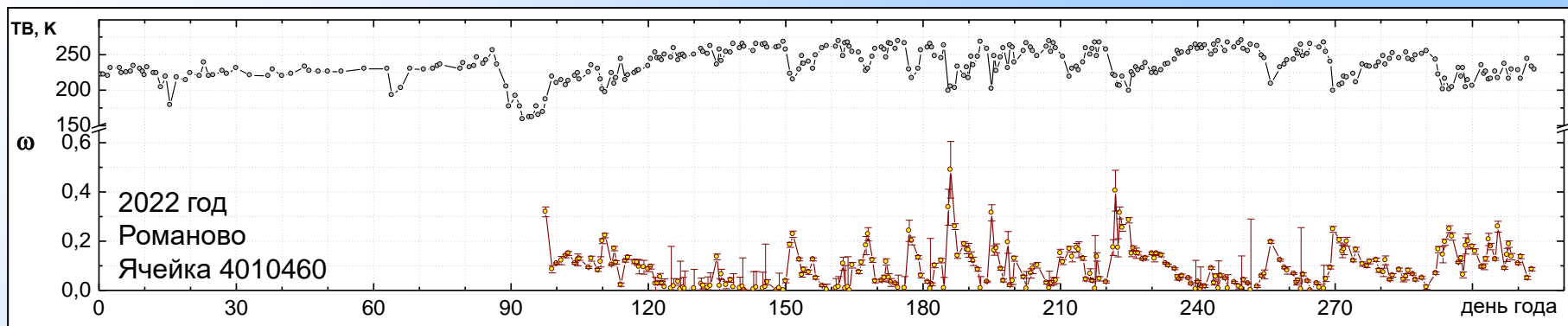
Продукт L1C. Значения радиояркостных температур T_B с погрешностью от ± 3 К в центре до ± 7 К на краях полосы обзора.

Продукт L2SM (версия 700). Значения объёмной влажности почвы.

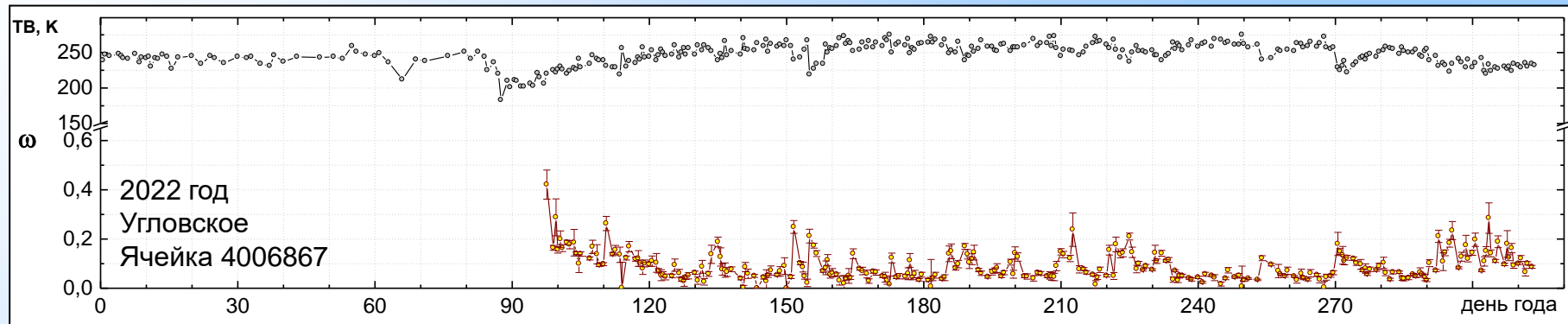


Продукты SMOS привязаны к гексагональной геодезической сетке **DGG ISEA 4H9**, состоящей из 2621442 ячеек площадью ~ 200 км².

Сезонная динамика радиоярких температур поверхности и восстановленных по алгоритмам SMOS значений влажности почвы

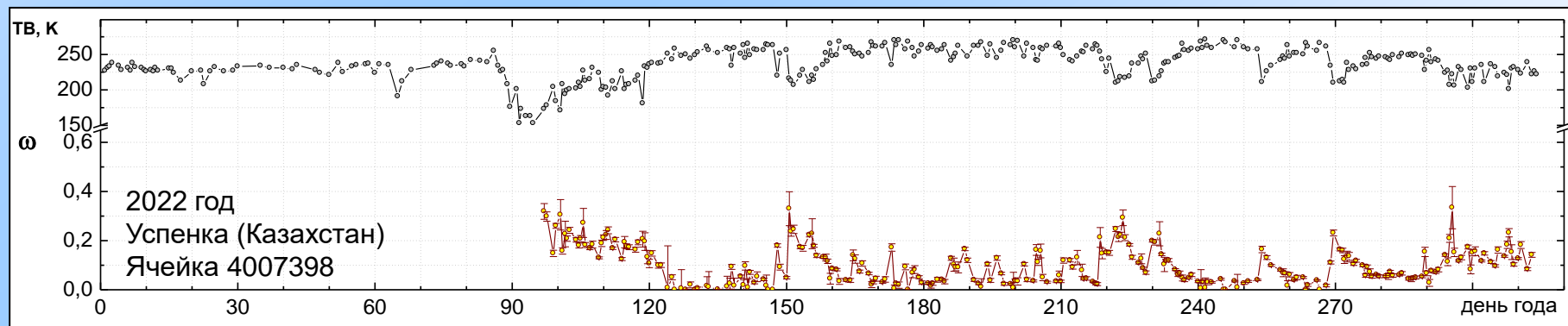


Сезонная динамика радиоярких температур поверхности и восстановленных по алгоритмам SMOS значений влажности почвы

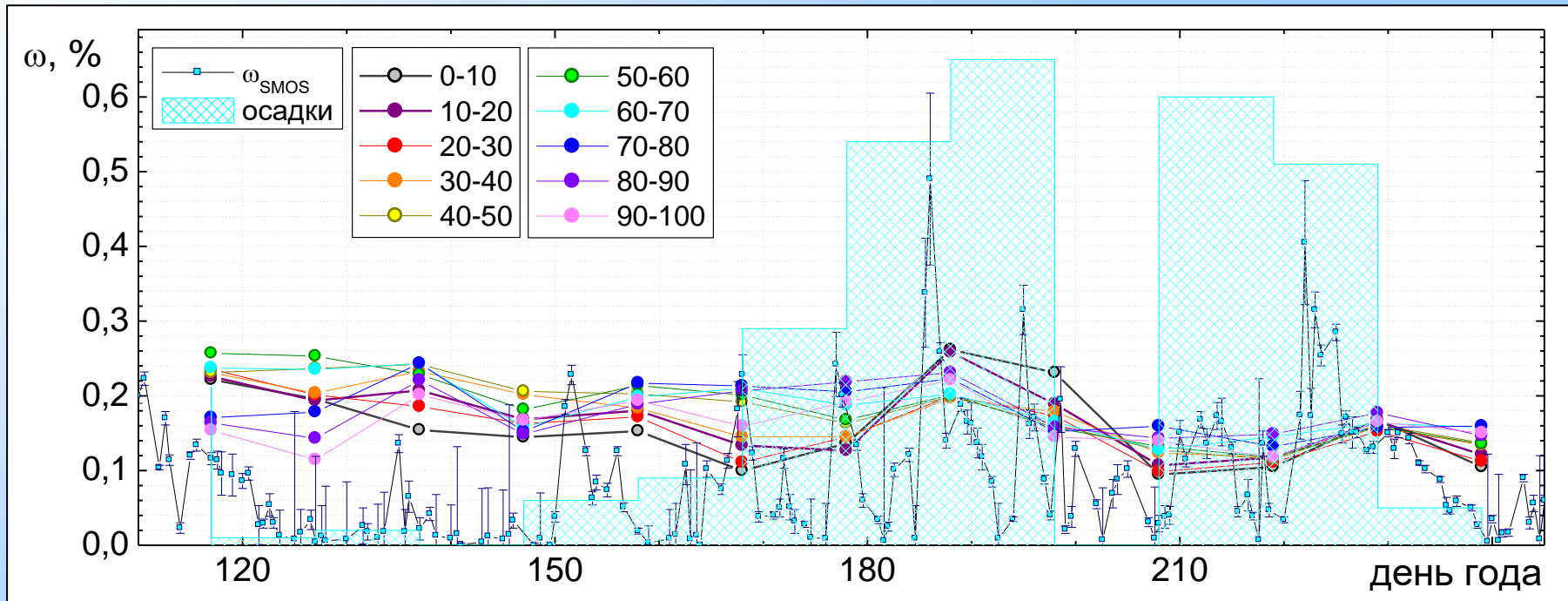


Локальные минимумы в динамике ТВ, образующие перепады значений более 20К, обусловлены скачкообразным изменением излучательной способности самых верхних слоёв почвы (5-10 см), случающимся как правило вследствие выпадения жидких осадков. Им обычно соответствуют максимумы во временных рядах значений влажности почвы, восстановленной по алгоритмам L2SM SMOS.

...



Сопоставление результатов спутниковых и контактных измерений влажности почвы в различных условиях



Наблюдательный участок: R80

Зона метеостанции: 36020

Ячейка сетки ISEA: 4010460

2022 год

Заключение

Из сравнительного анализа спутниковых и контактных измерений объёмной влажности почвы следует, что значения, восстановленные по алгоритмам SMOS L2SM версии 700, хорошо согласуются со значениями, определенными на метеостанциях термостатно-весовым способом для верхних слоёв почвы (0-20 см), но только в периоды, когда наблюдаются обильные осадки (более 300 мм за декаду). В таких условиях различие объёмных влажностей как правило не превышает 10-15%. Причины расхождения связаны с ландшафтной пестротой почв, различием физических характеристик почв на разных участках, формирующих микроволновое излучение почвенного покрова, наличием временного смещения между контактными и дистанционными измерениями.

В периоды, когда количество атмосферных осадков невелико, восстановленные значения ω_{SMOS} оказываются в разы меньше значений, определяемых контактно для всех слоёв почвы, что существенно затрудняет использование значений влажности из продуктов L2SM в условиях засух.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-17-20041, <https://rscf.ru/project/22-17-20041/>

***Данные SMOS получены в рамках проекта ESA № 4747
«Remote mapping of Siberian saline soils».***

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ