

**Двадцатая Всероссийская открытая конференция  
"Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса"  
Москва 14-18 ноября 2022 г**

**Секция:** Технологии и методы использования  
спутниковых данных в системах мониторинга  
Доклад: XX.D.317.

**Многолетние тренды изменений состояния  
пустынной растительности Приаралья и  
Прибалхашья в Казахстане по данным  
NDVI\_MODIS (2000-2022 гг.)**

*Терехов А.Г. (1), Сагатдинова Г.Н. (1), Долгих С.А. (2), Абаев Н.Н. (1,2), Амиргалиев Е.Н. (1)*

(1) Институт информационных и вычислительных технологий Министерство науки и высшего образования,  
Алматы, Казахстан

(2) РГП Казгидромет, Алматы, Казахстан

e-mail: [aterekhov1@yandex.ru](mailto:aterekhov1@yandex.ru)

## **Цель работы:**

Рассмотрение по данным ДДЗ состояния растительности сухих территорий Казахстана, в аспекте ее реакции на изменения погодных условий в течении последних 23 лет (2000-2022 гг.)



## CEOS Working Group on Calibration and Validation

### CEOS VALIDATION HIERARCHY

Validation Stage - Definition and Current State		Variable
0	No validation. Product accuracy has not been assessed. Product considered beta.	
1	Product accuracy is assessed from a small (typically < 30) set of locations and time periods by comparison with in-situ or other suitable reference data.	<b>Snow Fire Radiative Power Biomass</b>
2	Product accuracy is estimated over a significant (typically > 30) set of locations and time periods by comparison with reference in situ or other suitable reference data. Spatial and temporal consistency of the product, and its consistency with similar products, has been evaluated over globally representative locations and time periods. Results are published in the peer-reviewed literature.	<b>fAPAR Phenology Burned Area LAI</b>
3	Uncertainties in the product and its associated structure are well quantified over a significant (typically > 30) set of locations and time periods representing global conditions by comparison with reference in situ or other suitable reference data. Validation procedures follow community-agreed-upon good practices. Spatial and temporal consistency of the product, and its consistency with similar products, has been evaluated over globally representative locations and time periods. Results are published in the peer-reviewed literature.	<b>Vegetation Indices Albedo Soil Moisture LST &amp; Emissivity Active Fire</b>
4	Validation results for stage 3 are systematically updated when new product versions are released or as the interannual time series expands. When appropriate for the product, uncertainties in the product are quantified using fiducial reference measurements over a global network of sites and time periods (if available).	<b>Land Cover</b>

**NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности - простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом). Один из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова.

Вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

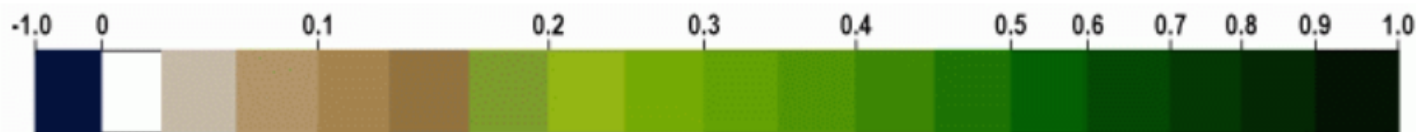
где,

**NIR** - отражение в ближней инфракрасной области спектра

**RED** - отражение в красной области спектра

Комбинации каналов камер спутников используемые для расчета NDVI:

MSS Landsat(4,5)	<b>5</b> (0.6-0.7 мкм), <b>6</b> (0.7-0.8 мкм) или <b>7</b> (0.8-1.1 мкм)
TM Landsat(4,5)	<b>3</b> (0.63-0.69 мкм), <b>4</b> (0.76-0.90 мкм)
ETM+ Landsat7	<b>3</b> (0.63-0.69 мкм), <b>4</b> (0.75-0.90 мкм)
AVHRR NOAA	<b>1</b> (0.58-0.68 мкм), <b>2</b> (0.72-1.0 мкм)
MODIS Terra(Aqua)	<b>1</b> (0.62-0.67 мкм), <b>2</b> (0.841-0.876 мкм)
ASTER Terra	<b>2</b> (0.63-0.69 мкм), <b>3</b> (0.76-0.86 мкм)
LISS IRS(1C/1D)	<b>2</b> (0.62-0.68 мкм), <b>3</b> (0.77-0.86 мкм)



**Дискретная шкала NDVI**

# Характеристические значения NDVI для различных типов подстилающей поверхности

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0.1	0.5	0.7
Разряженная растительность	0.1	0.3	0.5
Открытая почва	0.25	0.3	0.025
Облака	0.25	0.25	0
Снег и лед	0.375	0.35	-0.05
Вода	0.02	0.01	-0.25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	0.3	0.1	-0.5

# Используемые спутниковые продукты

A satellite image showing a green landscape with some red and brown patches, representing vegetation indices from MODIS/Terra.

**MOD13A1 v006**

MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500 m SIN Grid

A satellite image showing a green landscape with some red and brown patches, representing vegetation indices from MODIS/Aqua.

**MYD13A1 v006**

MODIS/Aqua Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500 m SIN Grid

Период: 2000 – 2022 гг.

## Программное обеспечение

Google Earth Engine

Google Earth Engine combines a multi-petabyte catalog of satellite imagery and geospatial datasets with planetary-scale analysis capabilities. Scientists, researchers, and developers use Earth Engine to detect changes, map trends, and quantify differences on the Earth's surface. Earth Engine is now available for commercial use, and remains free for academic and research use.



# ҚАЗАҚСТАННЫҢ САЯСИ-ӘКІМШІЛІК КАРТАСЫ



Географиялық негізгі атаулар мен елді мекендер 2008 жылғы Қазақстан Республикасының Мемлекеттік каталогына сай жазылды.  
Арал теңізінің жағалау сызығы 2004 жылғы мәлімет бойынша көрсетілді.



Астана 2018

Тиражы 1700 дана  
Көпестік № 2889 18

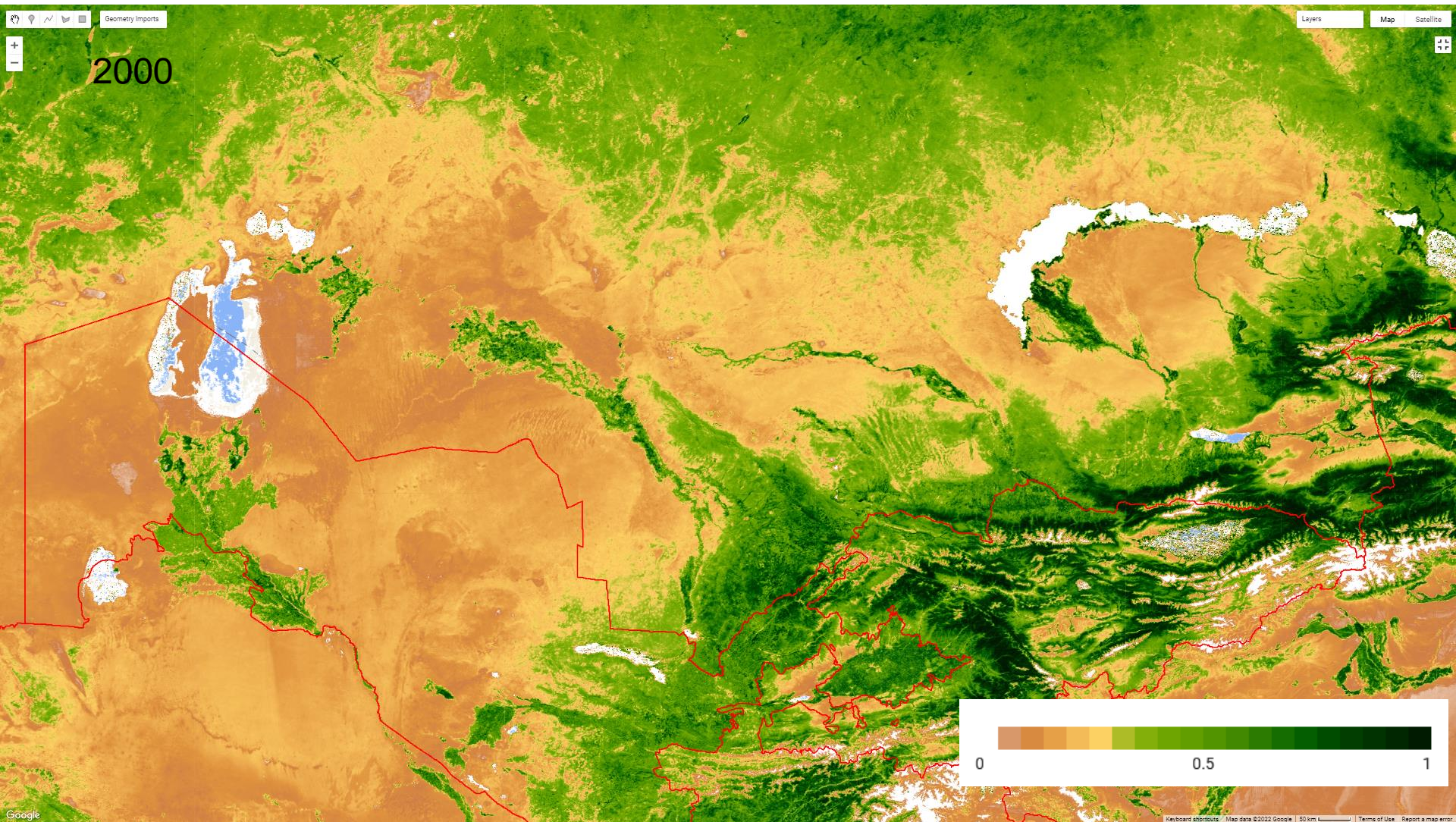
ЖАН-8000 www.jan.kz  
Алматы А. Ш. Шайхалиевтің 11  
Елшілік көшесінде  
ЖАН 976 001 268 800 4



© 2008 ЖАН-8000

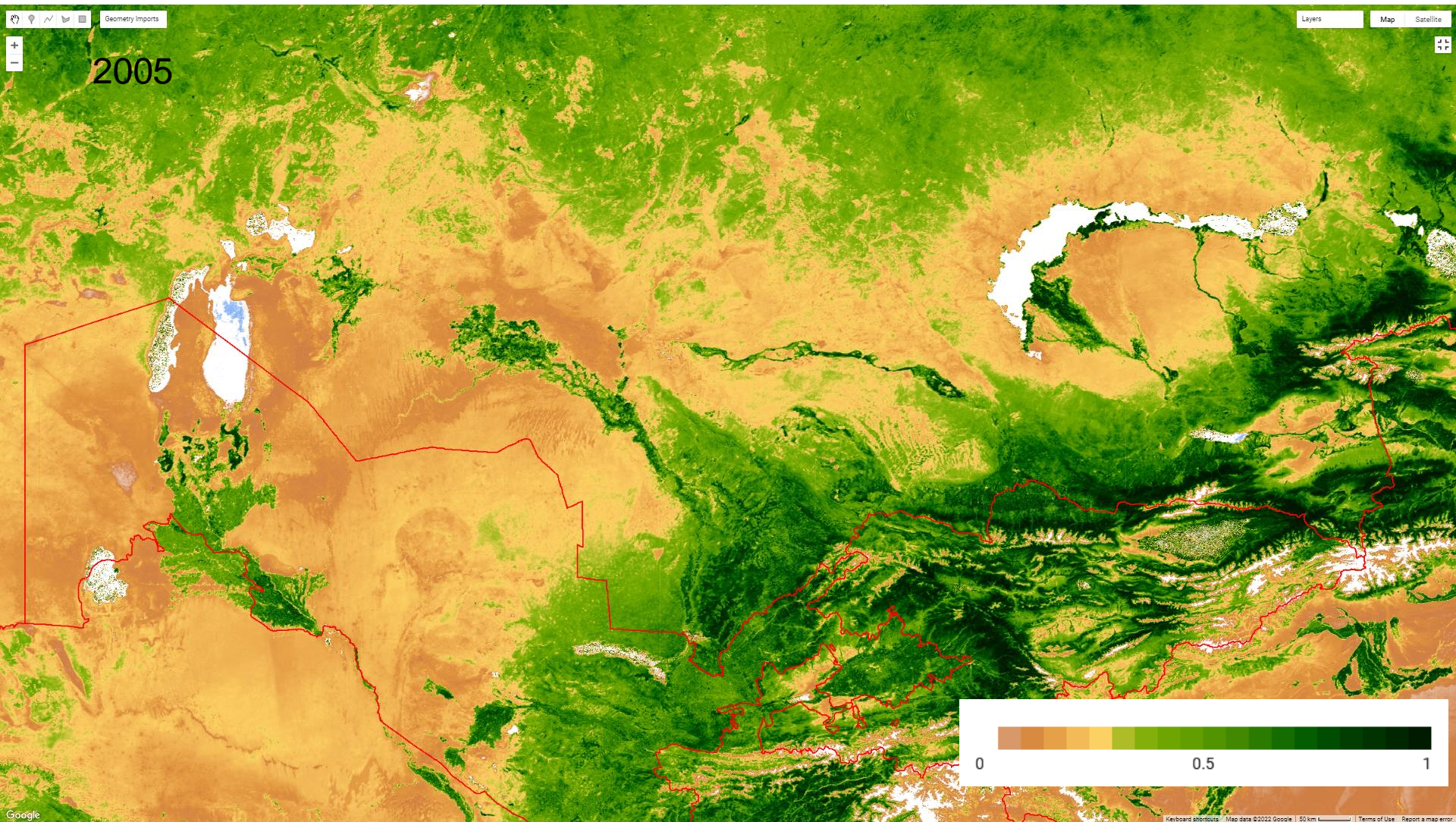


# Карта сезонного максимума NDVI



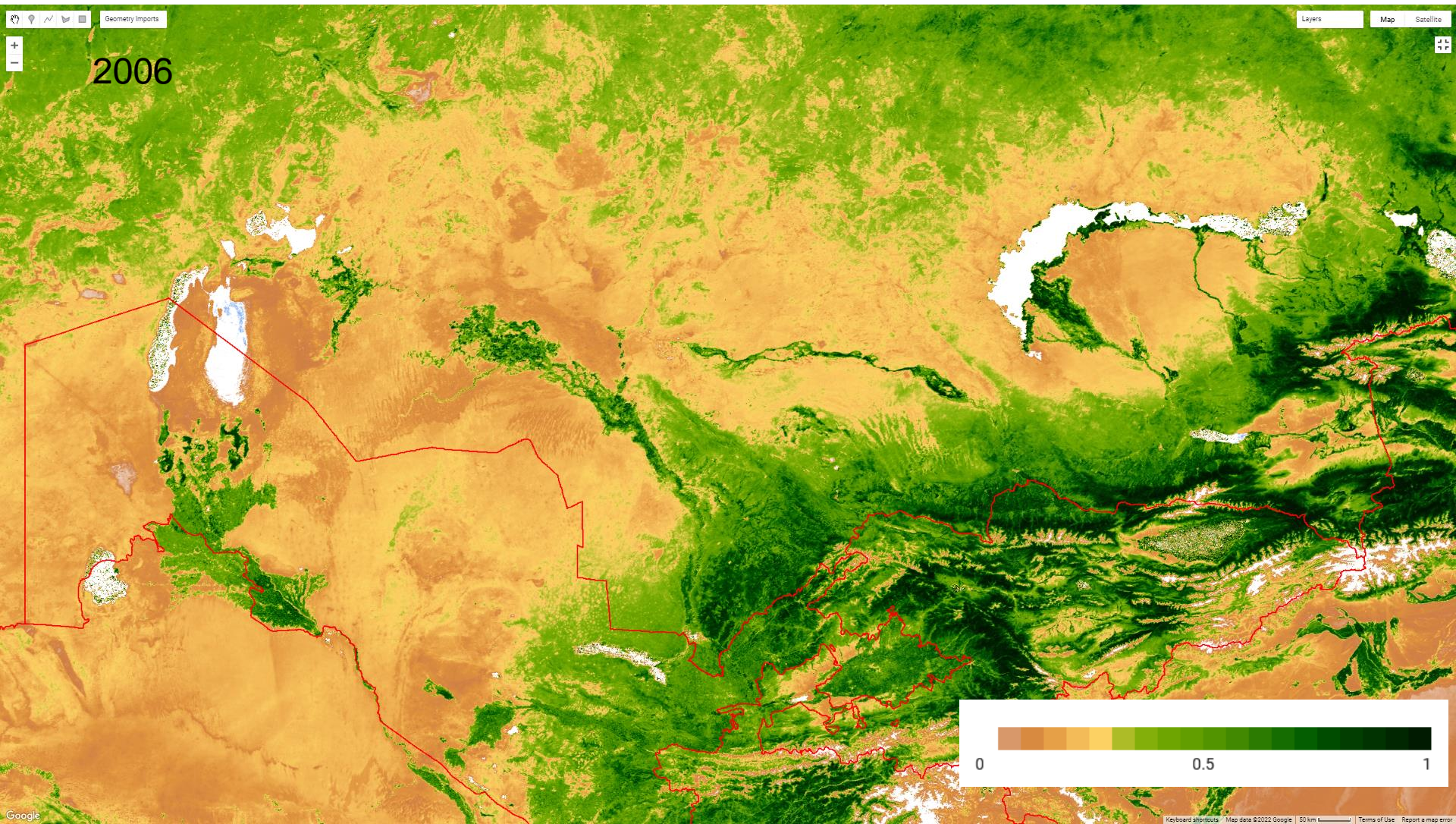


# Карта сезонного максимума NDVI



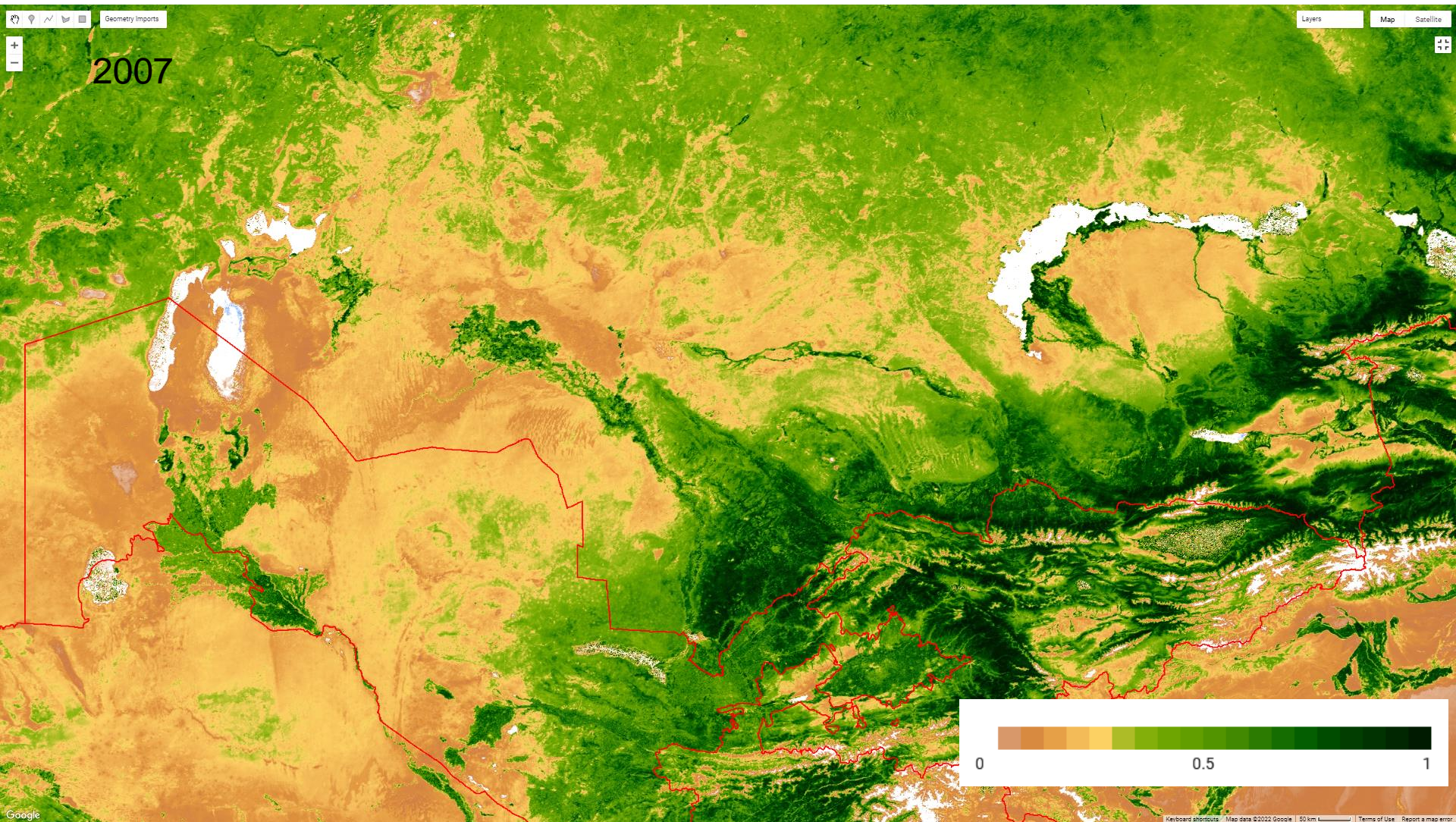


# Карта сезонного максимума NDVI



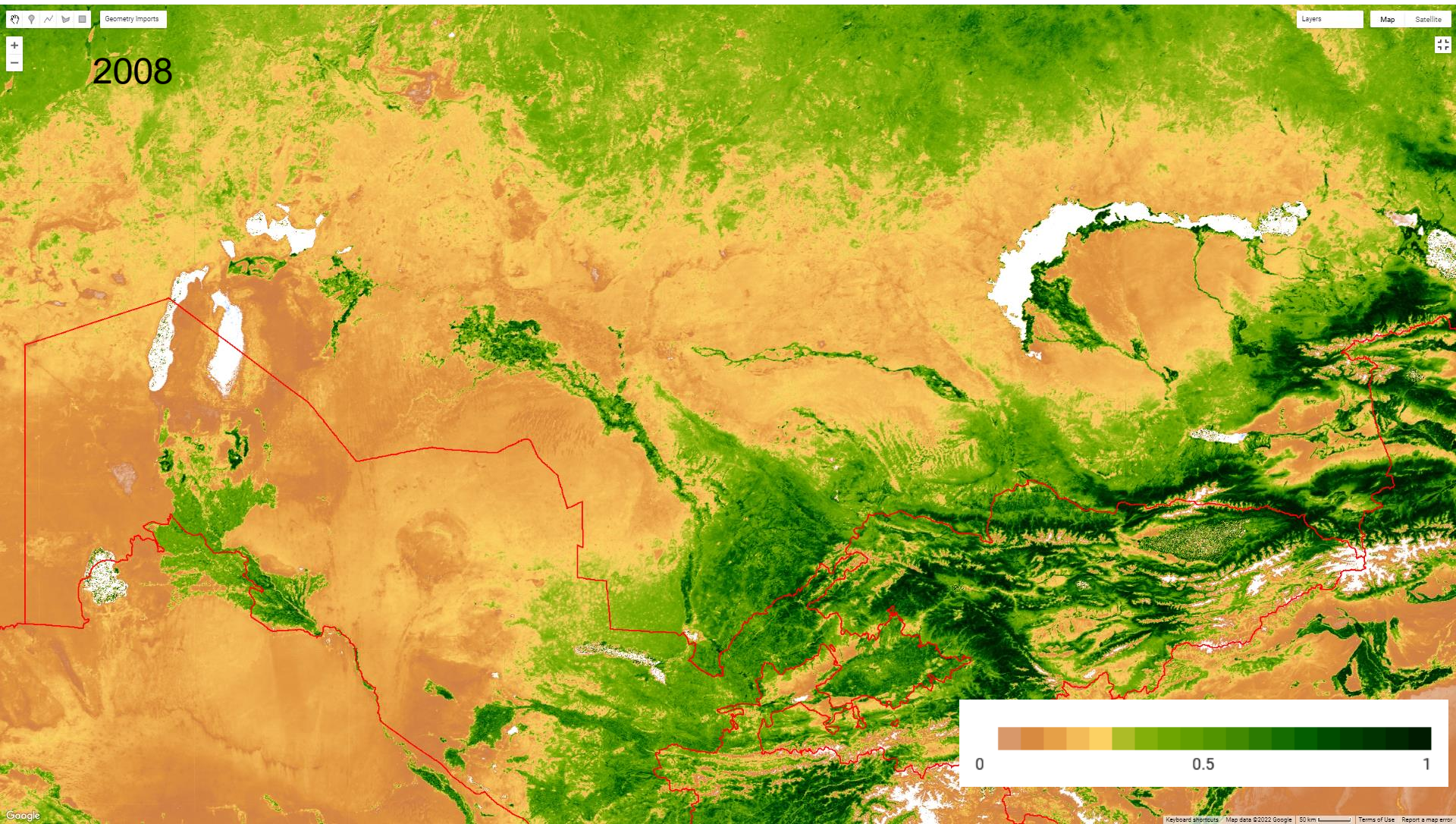


# Карта сезонного максимума NDVI район оз. Балхаш



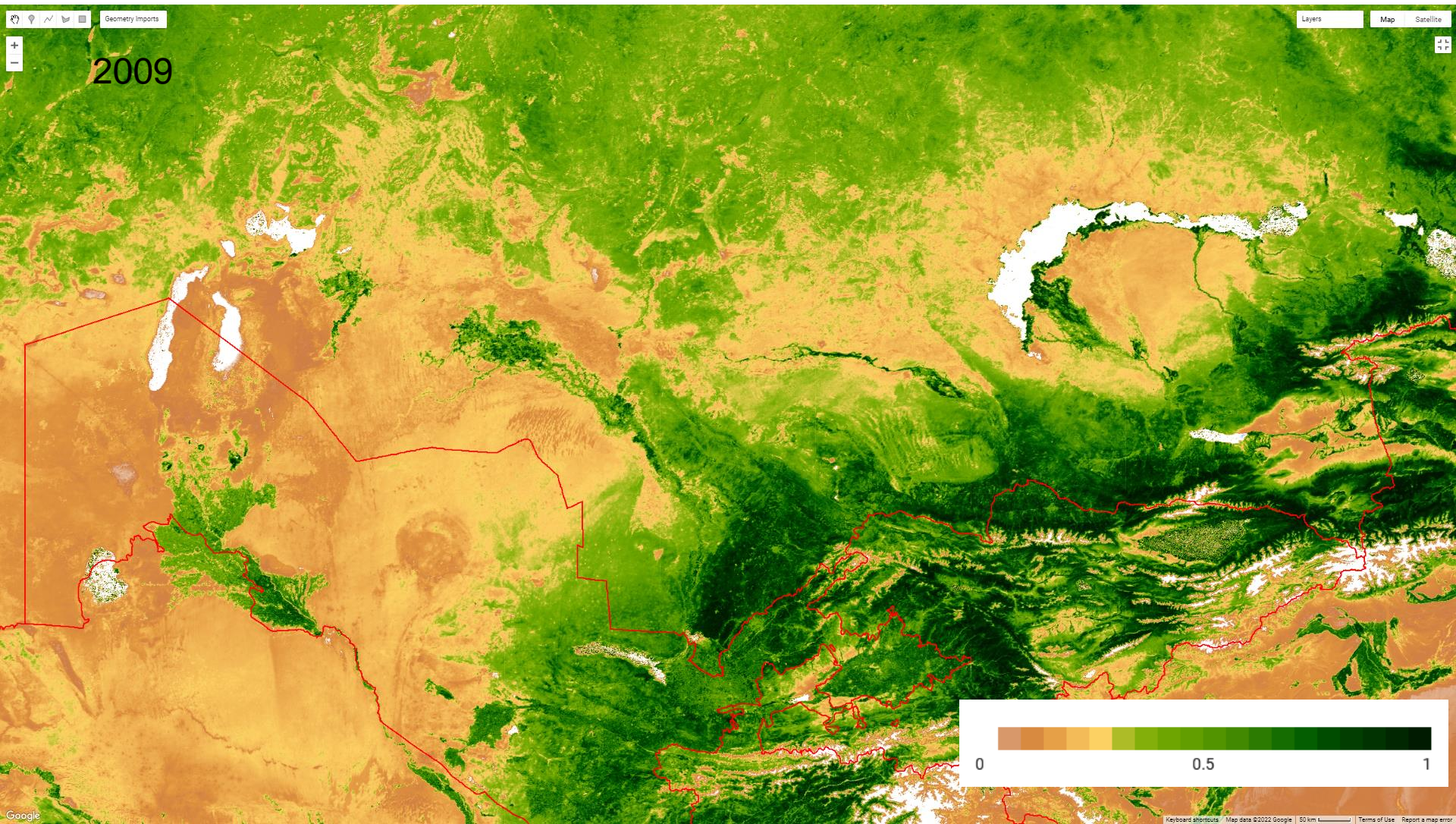


# Карта сезонного максимума NDVI



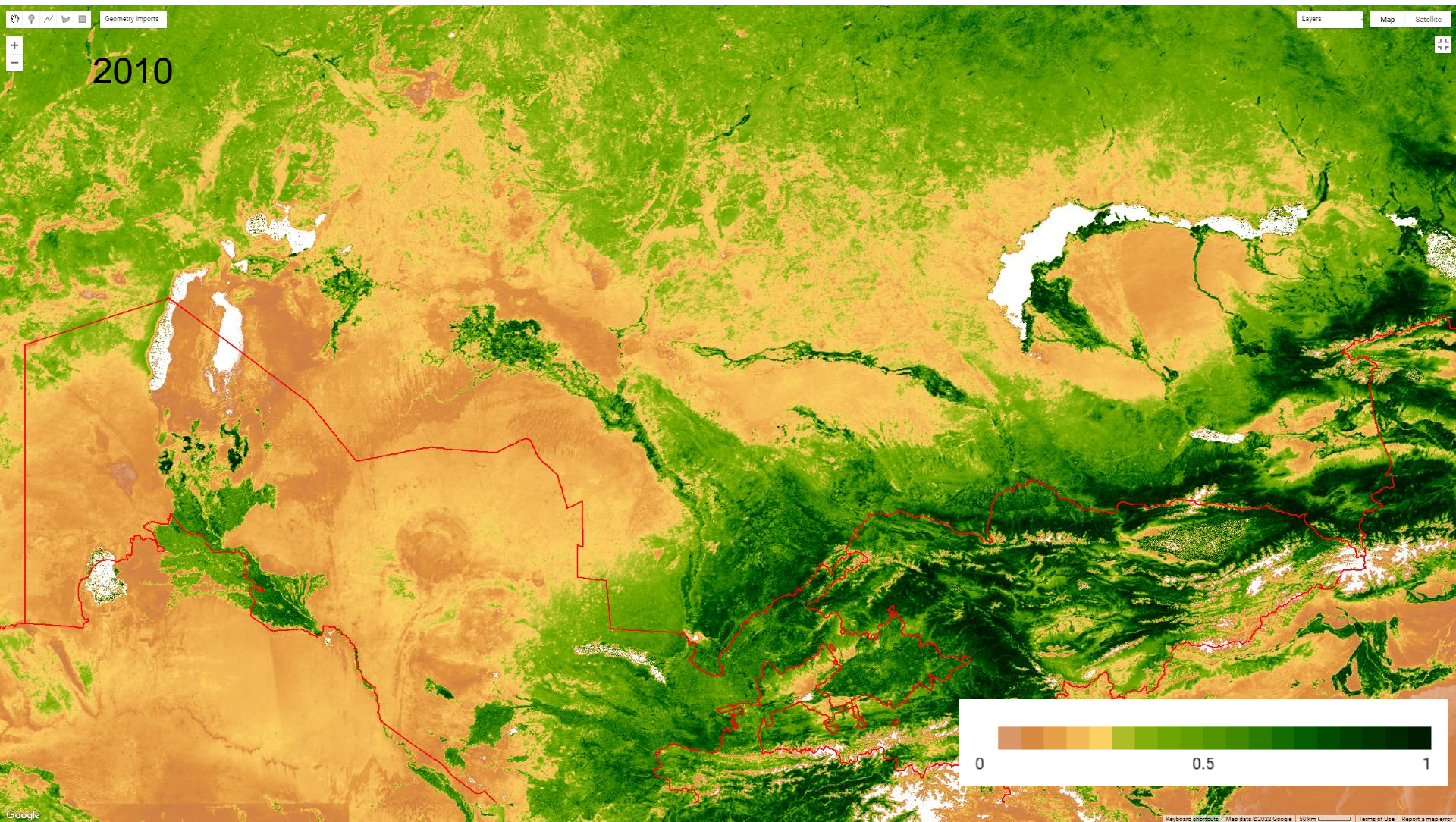


# Карта сезонного максимума NDVI





# Карта сезонного максимума NDVI

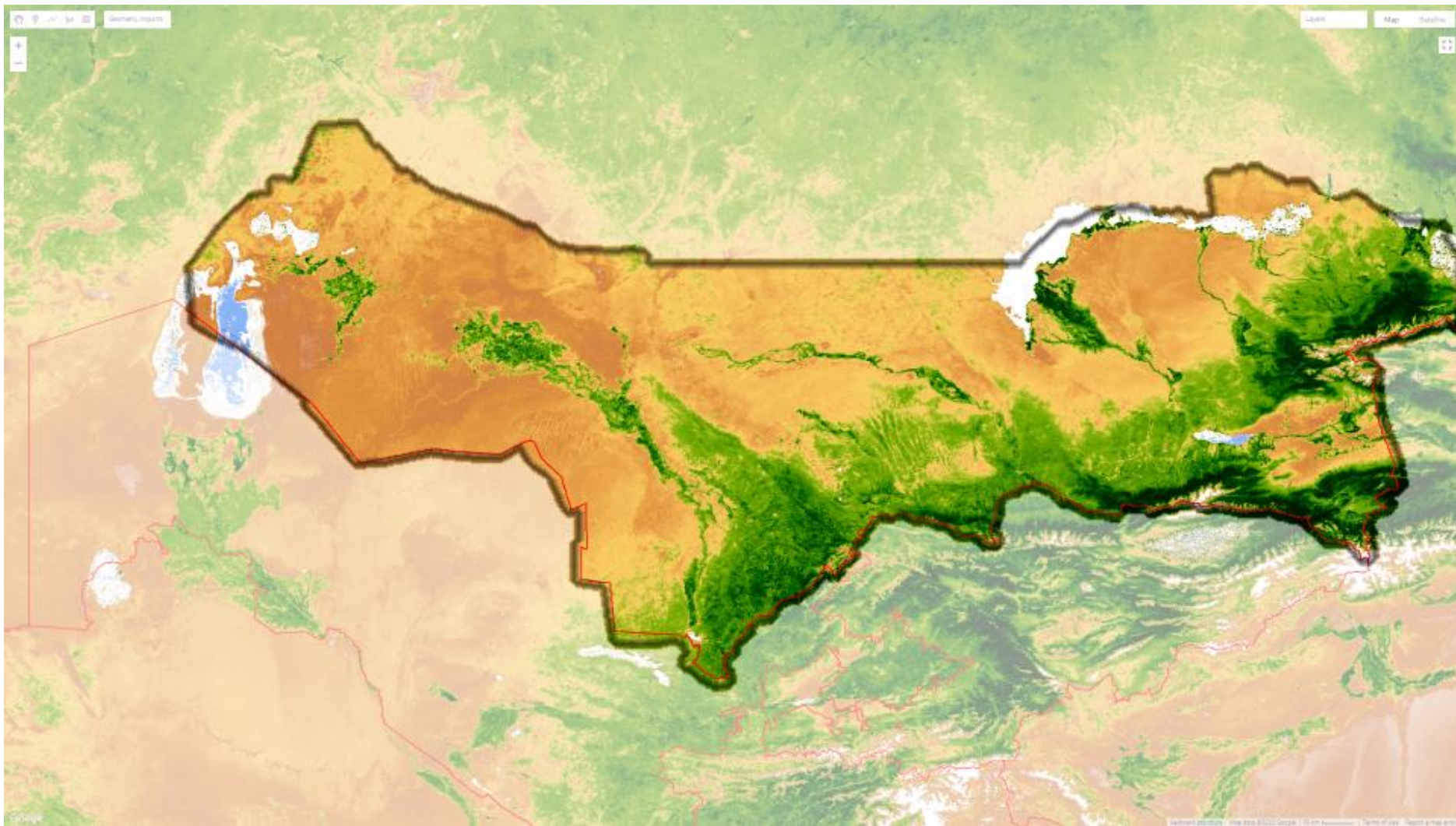




# Mann-Kendall Test

The **Mann-Kendall Test** is used to determine a time series has a monotonic upward or downward trend. It does not require that the data be normally distributed or linear.

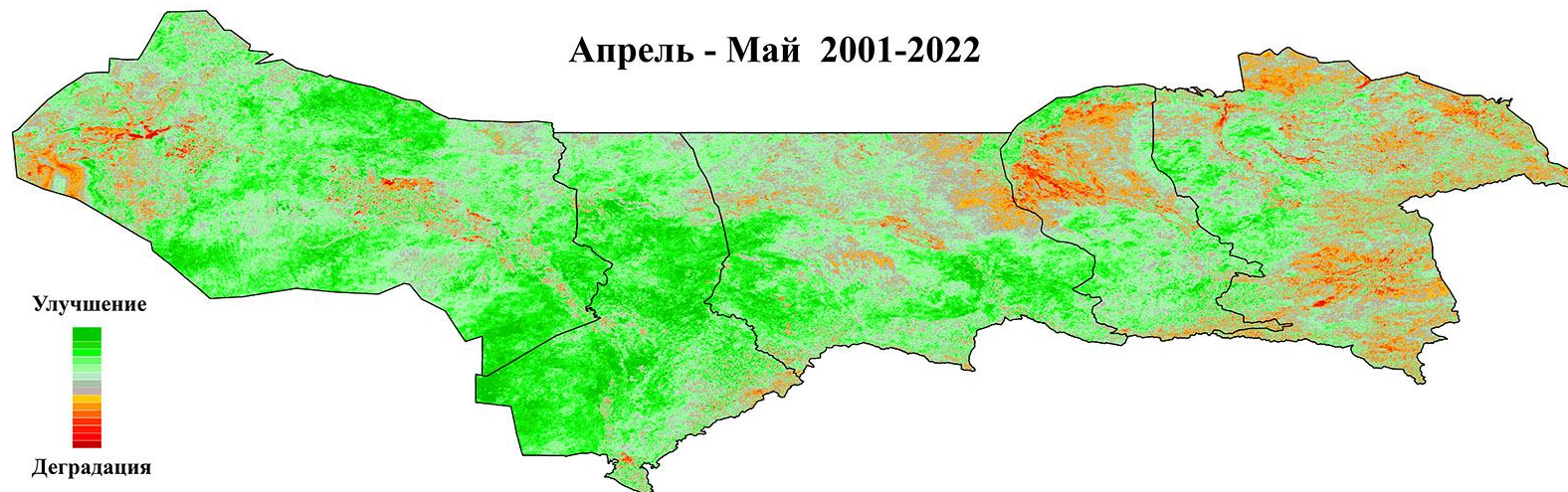
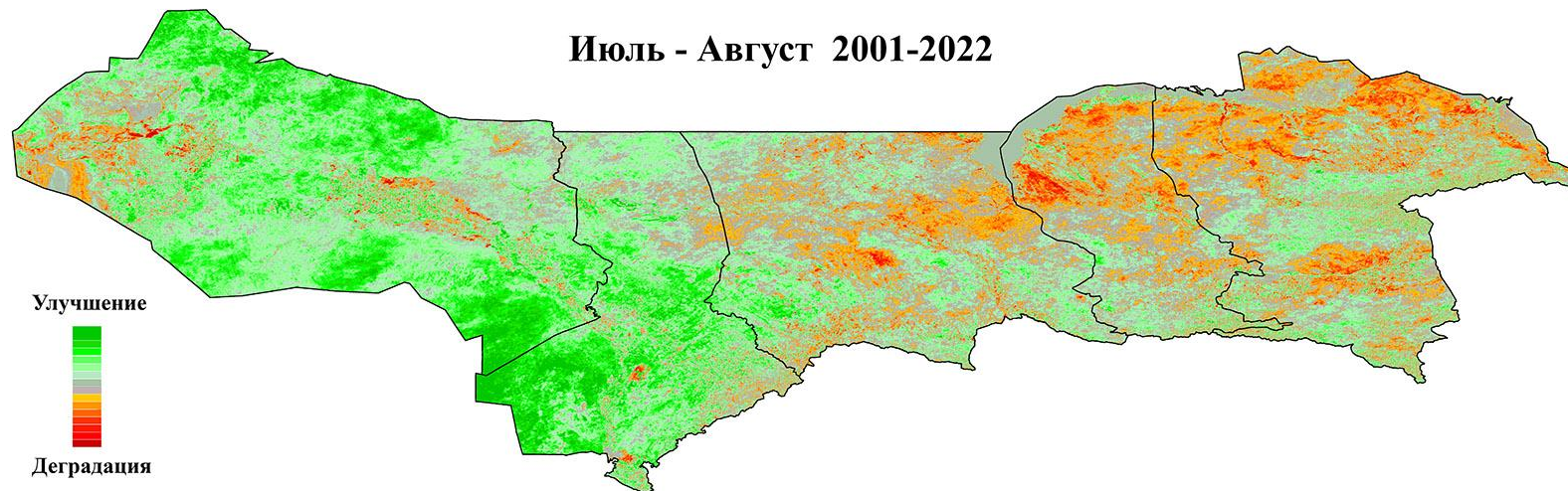
# Проектная территория: Кзылординская, Туркестанская, Жамбыльская и Алматинская области Казахстана





# Результаты теста Манна-Кенделла для двух временных окон

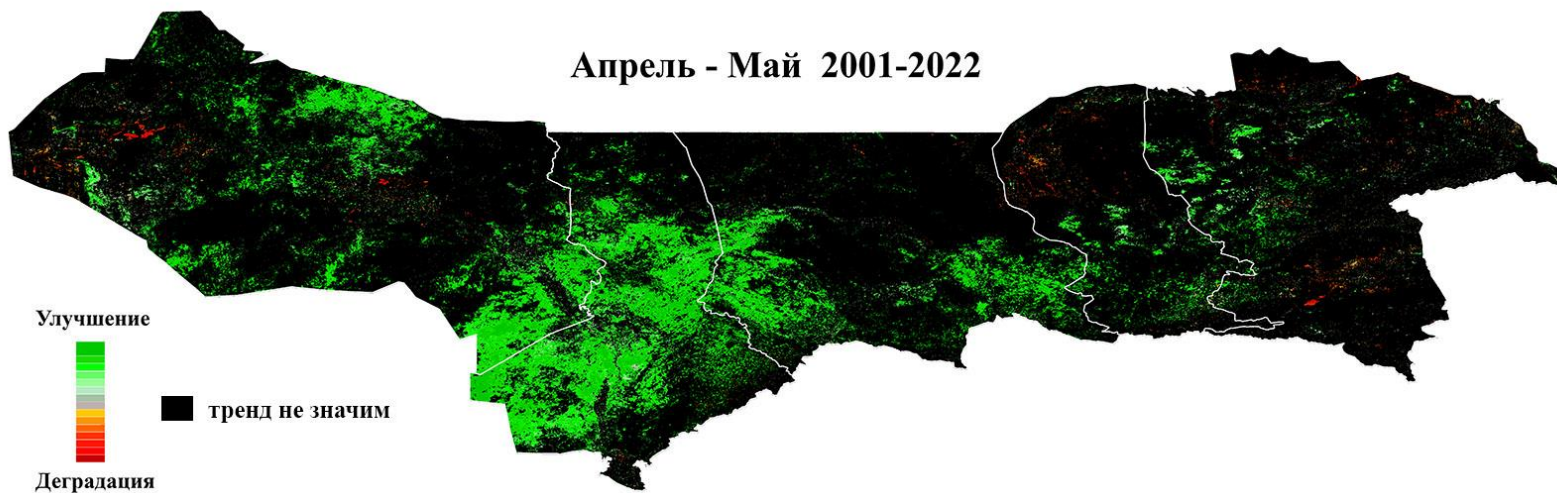
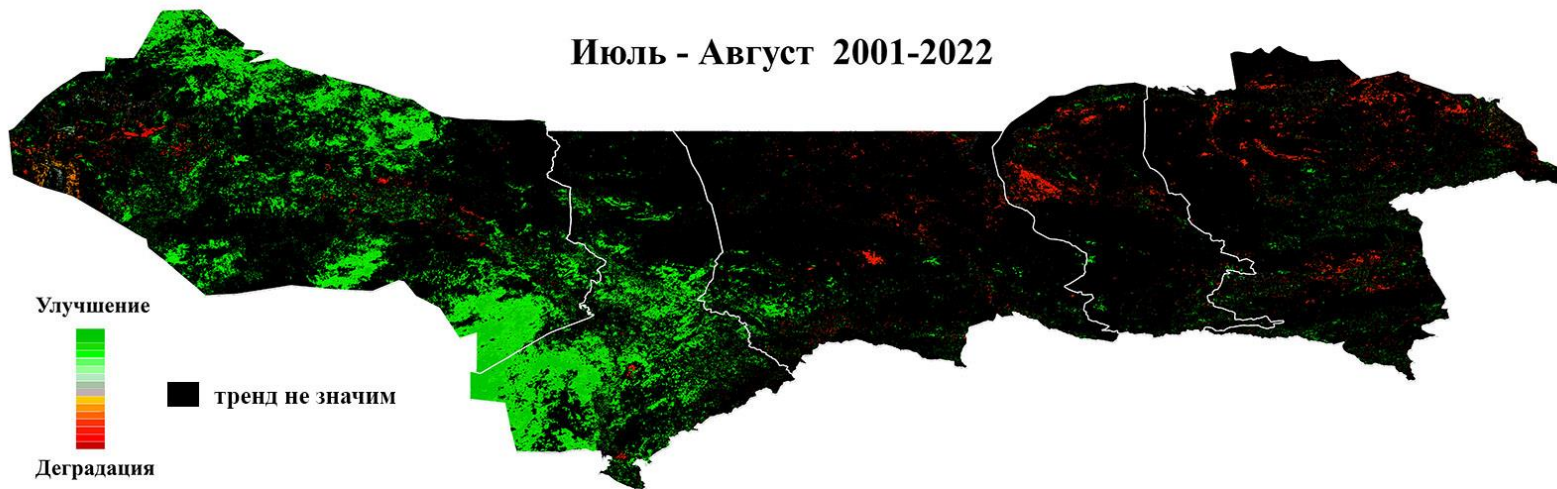
апрель-май : сезонный максимум для пустынной растительности (эфемеры);  
июль-август : сезонный максимум для растительности.





# Результаты теста Манна-Кенделла для двух временных окон

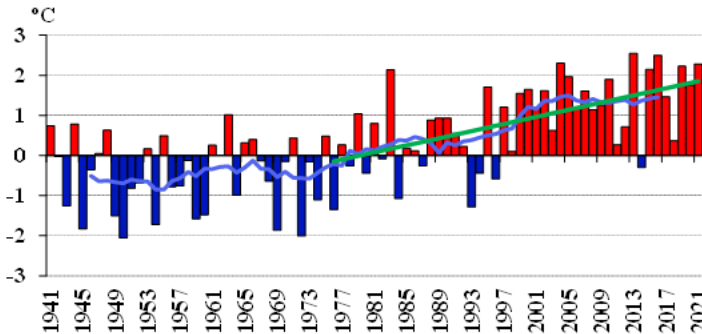
апрель-май : сезонный максимум для пустынной растительности (эфемеры);  
июль-август : сезонный максимум для растительности.



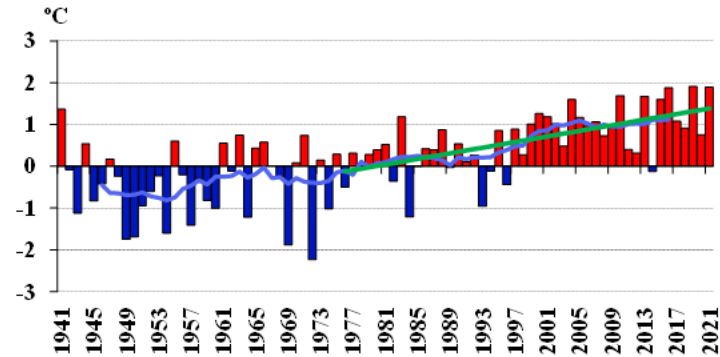
# Климатические характеристики территории

ИЗ: ЕЖЕГОДНОГО БЮЛЛЕТЕНЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА КАЗАХСТАНА: 2021 год

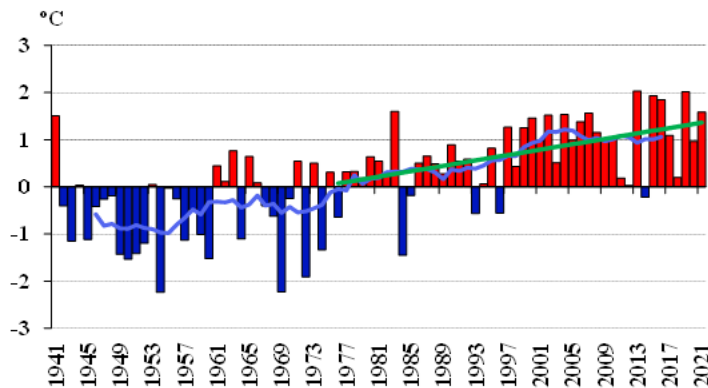
Кызылординская область



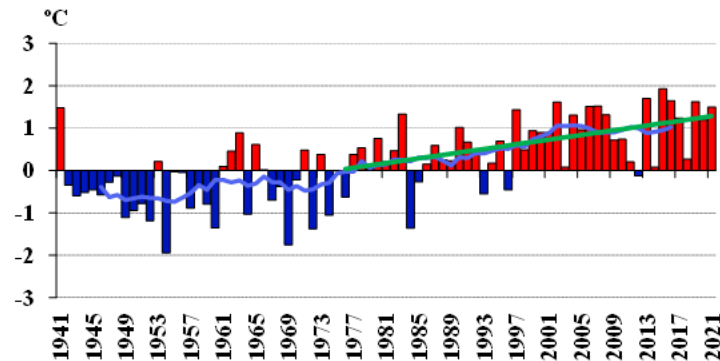
Туркестанская область



Жамбылская область

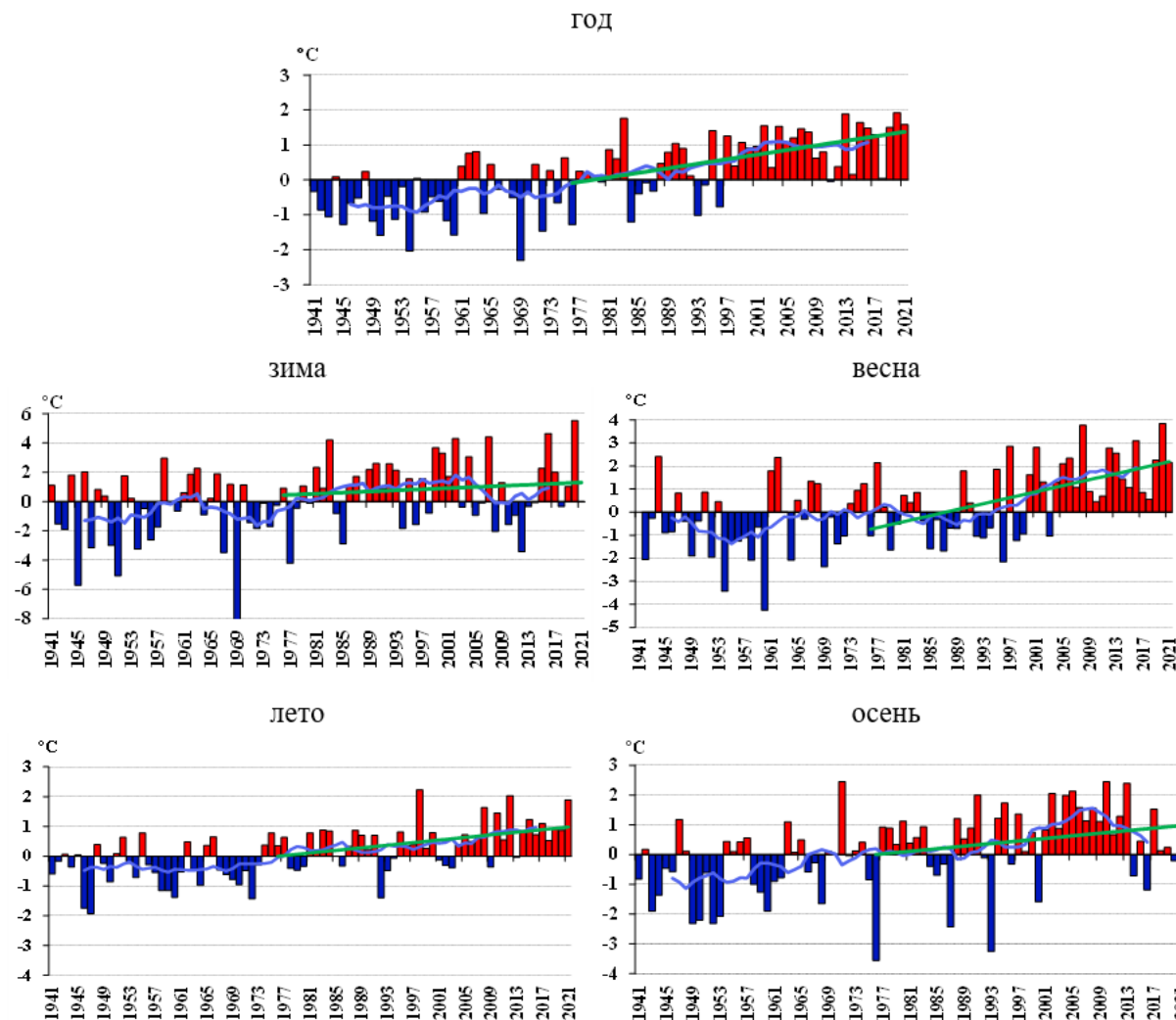


Алматинская область



Временные ряды аномалий годовых температур воздуха (°C), осредненных по областям Казахстана за период 1941–2021 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг. Линейный тренд за период 1976–2021 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.

# Климатические характеристики территории



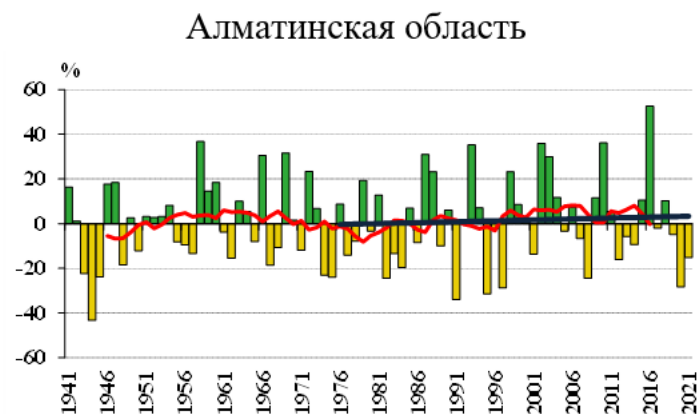
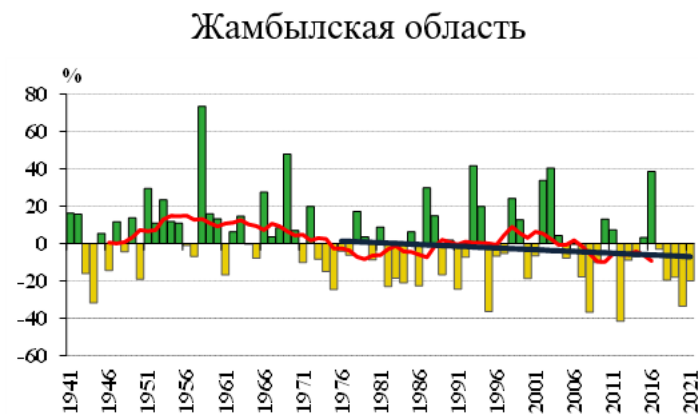
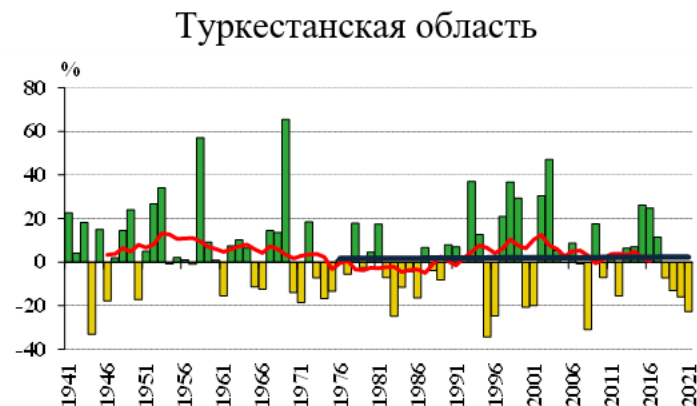
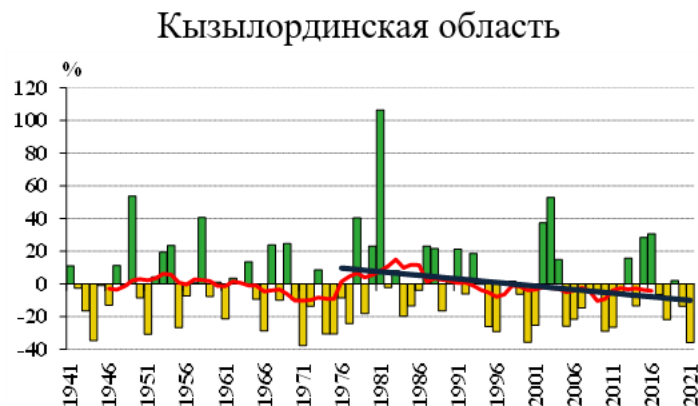
Временные ряды аномалий годовой и сезонных температур воздуха (°C), осредненных по территории Казахстана за период 1941–2021 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг. Линейный тренд за период 1976–2021 гг. выделен зеленым цветом.

*Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением*



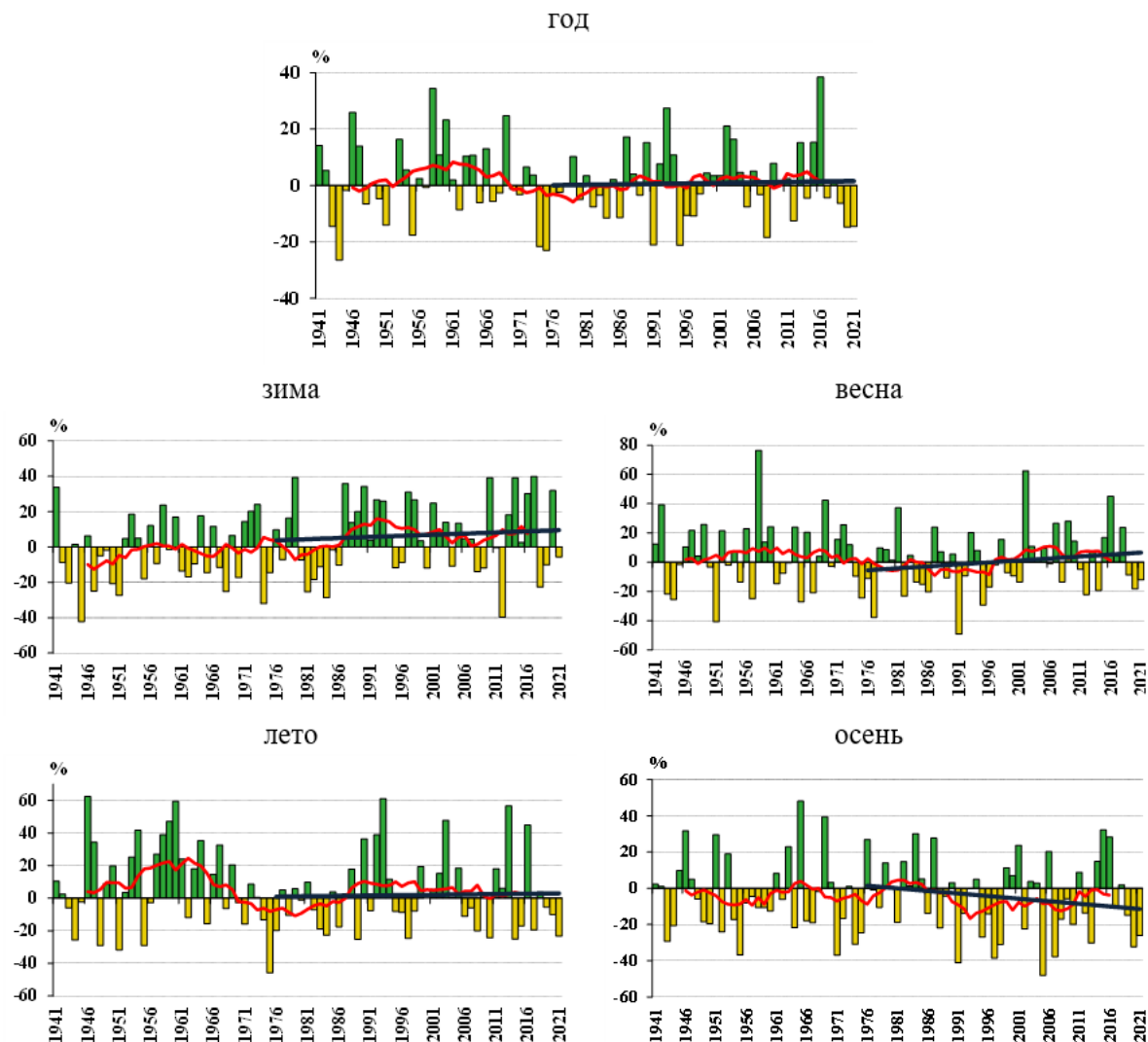
# Климатические характеристики территории

ИЗ: ЕЖЕГОДНОГО БЮЛЛЕТЕНЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА КАЗАХСТАНА: 2021 год



Временные ряды аномалий годовых сумм осадков (%) за период 1941 - 2021 гг., пространственно-осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 – 2021 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

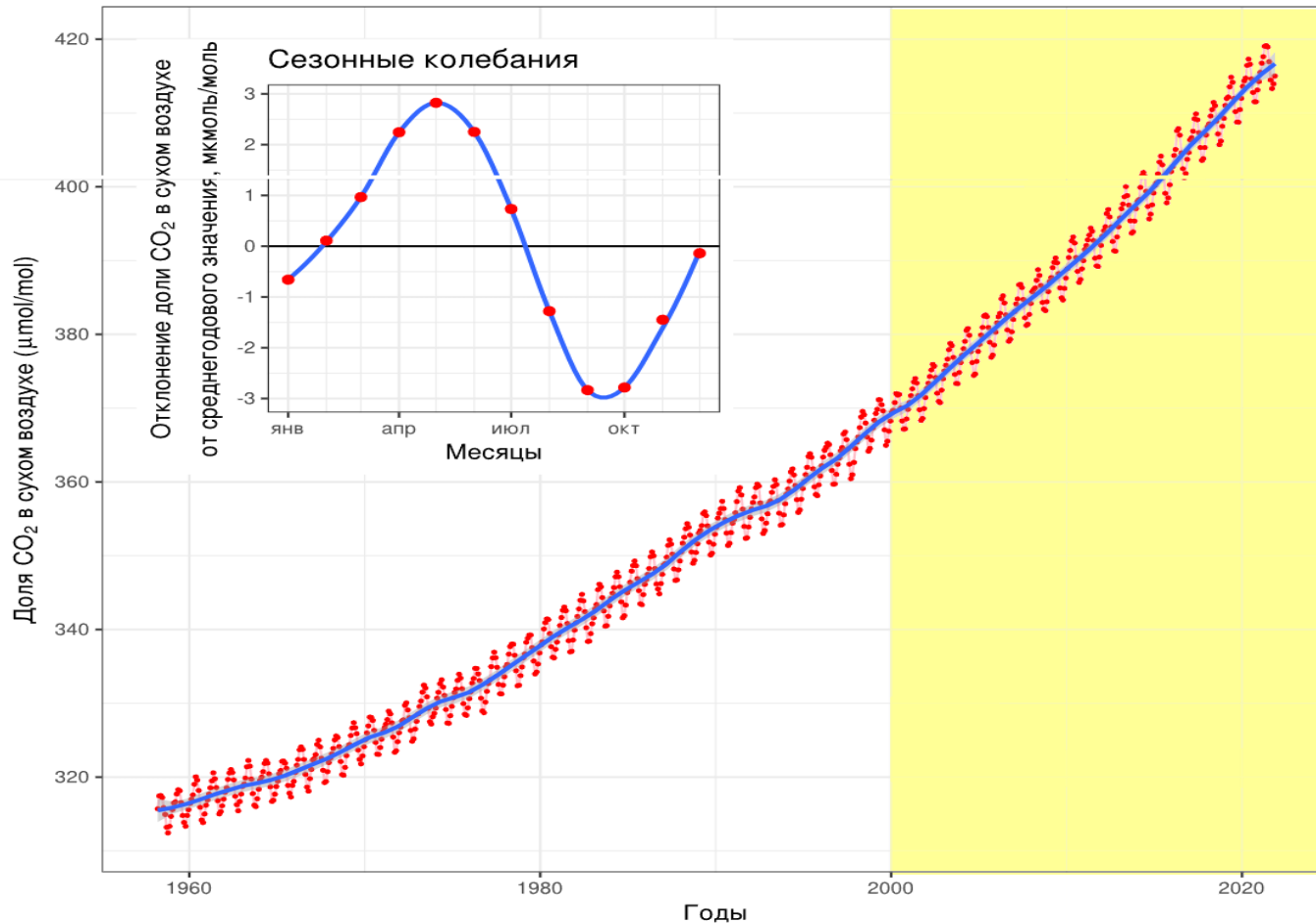
# Климатические характеристики территории



Временные ряды аномалий годовых и сезонных сумм осадков (%) пространственно-осредненных по территории Казахстана за период 1941 – 2021 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 – 2021 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

## Среднемесячная и среднегодовая концентрации CO<sub>2</sub>

Мауна Лоа, Гавайи 1958 - 2021



данные : Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL (<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>) и Dr. Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography (<https://scrippsco2.ucsd.edu/>). доступ на 2021-12-16 <https://w.wiki/4ZWn>

Рост  
содержания  
CO<sub>2</sub>  
в атмосфере

С 1982 по 2010 г. в зоне полупустынь в целом на планете наблюдался рост зеленой массы растений на 11% при неизменном количестве осадков [<http://compulenta.computerra.ru/zemlya/klimatologiya/10007168>]



# Некоторые публикации в области изучения влияния роста концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере на состояние растительности

1. Curtis, P. S. , Wang, X. A meta-analysis of elevated CO<sub>2</sub> effects on woody plant mass, form, and physiology // *Oecologia*. 113. 1998. — Pp. 299—313.
2. Ghannoum, O., Caemmerer, S. v. , Ziska, L. H., Conroy, J. P. The growth respons of C<sub>4</sub> plants to rising atmospheric CO<sub>2</sub> partial pressure: a reassessment // *Plant, Cell and Environment*, 23. 2000. — Pp. 931—942.
3. Idso, C. D., Carter, R. M., Singer, S. F., Eds. Climate change reconsidered: interim report of the nongovernmental panel on climate change (NIPCC), Chicago, IL: The Heartland Institute. 2011. — 415 p.
4. Idso, C. D., Idso, K. E. Forecasting world food supplies: the impact of rising atmospheric CO<sub>2</sub> concentration // *Technology* 7 (suppl). 2000. — Pp. 33—56.
5. Keenan, T. F., Hollinger, D. Y., Bohrer, G., et al. Increase in forest water-use efficiency as atmospheric carbon dioxide concentrations rise // *Nature*. v. 499. 2013. — Pp. 324—327.
6. Nakano, H., Makino, A., Mae, T. The effect of elevated partial pressures of CO<sub>2</sub> on the relationship between photosynthetic capacity and N Content in rice leaves // *Plant Physiology*, 1997. Vol.115, N.1. — Pp. 191—198.
7. Norby, R. J., Wullschleger, S. D., Gunderson, C. A., Johnson, D. W., Ceulemans, R. Tree responses to rising CO<sub>2</sub> in field experiments: implications for the future forest // *Plant, Cell and Environment*. 22. 1999. — Pp. 683—714.
8. Nowak, R. S., Ellsworth, D. S., Smith, S. D. Functional responses of plants to elevated atmospheric CO<sub>2</sub> — Do photosynthetic and productivity data from FACE experiments support early predictions? // *New Phytologist*. 162. 2004. — Pp. 253—280.
9. Schippers, P., Lürling, M., Dcheffer, M. Increase of atmospheric CO<sub>2</sub> promotes phytoplankton productivity // *Ecology Letters*. 7. 2004. — Pp. 446—451.
10. Seaquist, J. W., Hickler, T., Eklundh, L., Ardo, J., Heumann, B. W. Disentangling the effects of climate and people on Sahel vegetation dynamics // *Biogeosciences*, 6. 2009. — Pp. 469—477.
11. Taub, D. R. Effects of rising atmospheric concentrations of carbon dioxide on plants // *Nature Education Knowledge*. 2010, 3(10). — P. 21.
12. Wittwer, S. H. Flower power: rising carbon dioxide is great for Lants. *Policy Review* 1992. — Pp. 4—10.

# Граница «пустынного» пожара в полупустынной зоне (пожар 2006 года)





# Остепнение полупустынь

Herbaceous plants  
of dry territory



*Festuca valesiaca*  
*Koeleria gracilis*



Dry steppe vegetation

Wood plants of  
dry territory



*Kalidium foliatum*  
*Reaumuria alternifolia*



*Salsola arbuscula*



*Eurotia ceratoides*



# Полупустынная древесная растительность

Burned down hemp



Пример полупустынных кустарников (высота 30 см)





# Пустынные деревья

Саксаул [Haloxylon] (белый, черный)





## Выводы :

Изменения растительного покрова на сухих территориях Казахстана (Приаралье, Прибалхашье), в период 2000-2022 годов, сопровождались доминированием положительного тренда в значениях сезонного максимума вегетационного индекса NDVI\_MODIS. Т.е. направления текущего изменения территорий, в целом, направлены на видоизменение растительности пустынь\полупустынь в более продуктивные, с точки зрения сезонного максимума проективного листового покрытия, сообщества. Причины изменений многообразны, это погодно-климатические параметры, включая рост концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере. Также нельзя исключить влияние изменений землепользования, например, защиту саксаульников.

Спасибо за внимание