



Устойчивость ландшафтов Калмыкии и Дагестана к долговременным изменениям климата

В.В. Виноградова^{1, 2}, Т.Б. Титкова¹

¹Институт географии РАН, 109017, Москва, Россия,

²Национальный исследовательский университет “Высшая школа экономики”, 109028, Москва, Россия

E-mail: vvvinog@yandex.ru; titkova@igras.ru

Оценивается резилиентность (устойчивость) степных и горных ландшафтов Калмыкии и Дагестана к долговременным изменениям климата на основе характеристик температуры, осадков и индекса сухости, а также комплексного индекса воздействия изменения климата на природные экосистемы. Реакция растительности и подстилающей поверхности на долговременные климатические изменения рассматривалась на основе анализа стандартных продуктов спутникового мониторинга MODIS

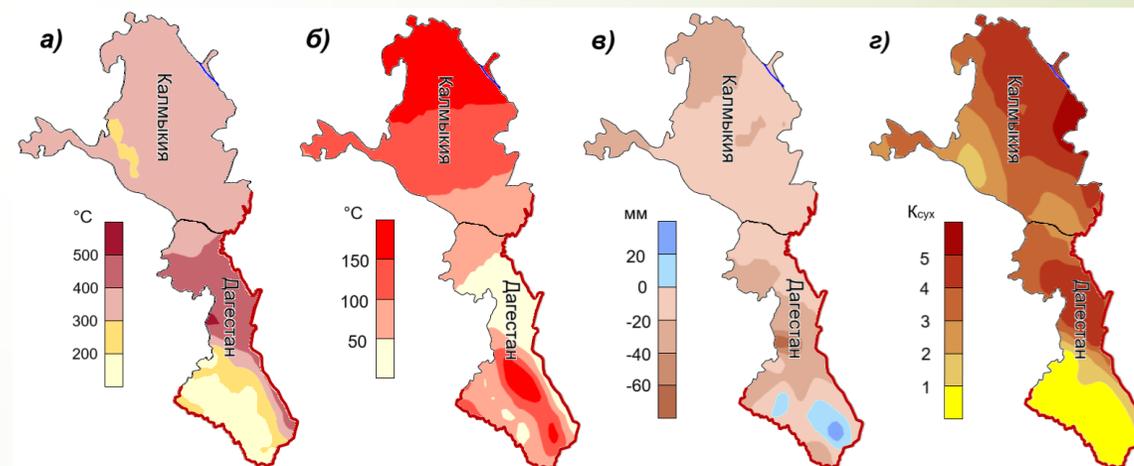
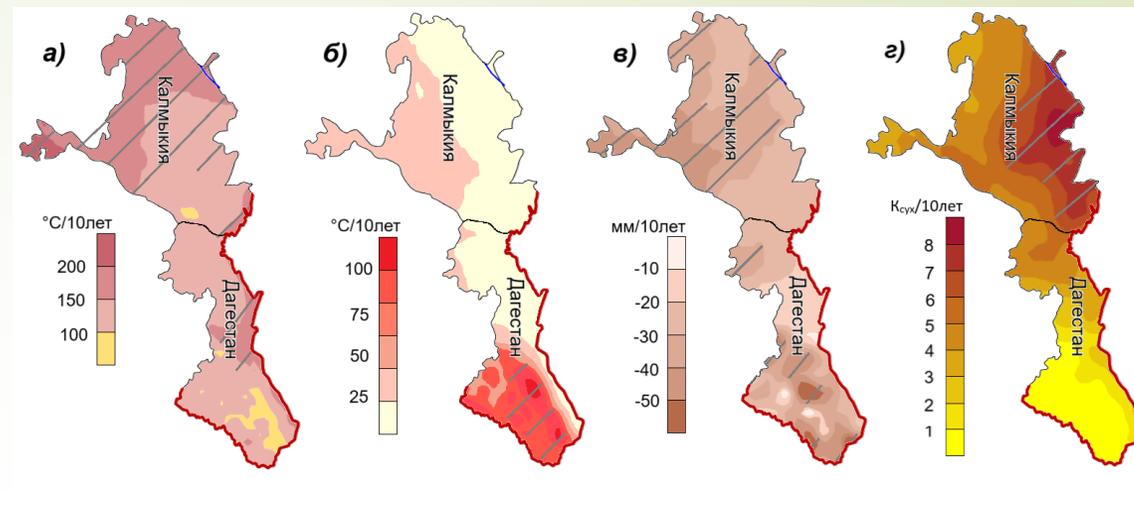
Использовались данные:

- температура воздуха на высоте 2 м и осадки реанализа ERA5-Land с разрешением $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ (<https://climate.copernicus.eu/>);
- Температура поверхности (T_s) оценивалась по модели MOD11C2 версии 06 с пространственным разрешением $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ (<https://lpdaac.usgs.gov/products/mod11c2v061/>), среднемесячные значения за весну (апрель – май) и лето (июнь-август) и для периодов 2000–2020 гг., 2000–2010 гг. и 2011–2020 гг.
- NDVI MODIS модель MOD13C2 версии 061 с пространственным разрешением $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ (<https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13c2v061/>), среднемесячные значения за весну (апрель – май) и лето (июнь-август) и для периодов 2000–2020 гг., 2000–2010 гг. и 2011–2020 гг.

Климатические изменения

► Изменение в 2000–2020 гг. по сравнению с 1961–1990 гг.: а) суммы температур выше $+5^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{C}$), б) суммы отрицательных температур ($^{\circ}\text{C}$), в) среднегодовых осадков (мм), г) индекса сухости

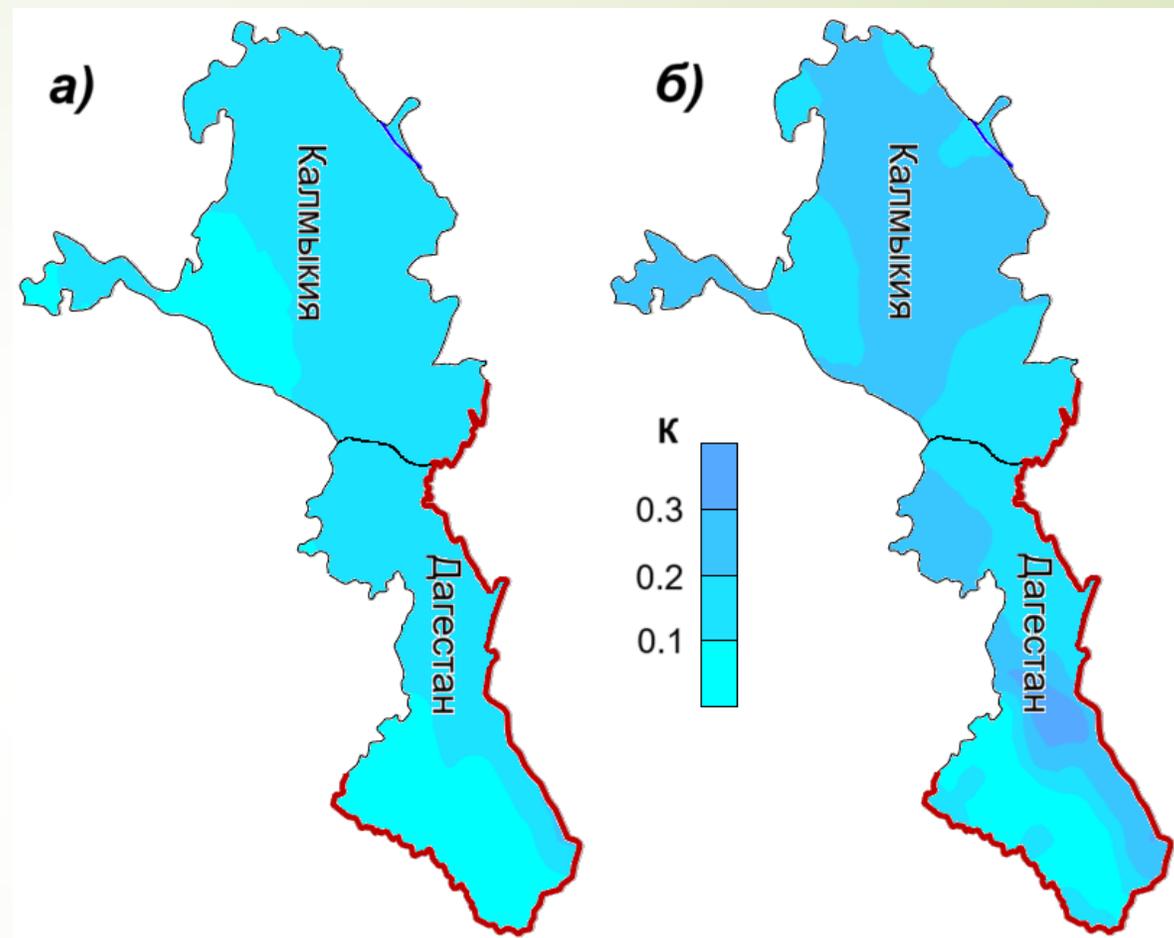
► Тренды (/10 лет) за 2000–2020 гг.: а) суммы температур выше $+5^{\circ}\text{C}$, б) суммы отрицательных температур, в) среднегодовых осадков, г) индекса сухости. Значимые тренды показаны штриховкой



В начале 21 века на всей территории Калмыкии и Дагестана отмечались значимые положительные тренды суммы температур выше $+5^{\circ}\text{C}$ и незначительное сокращение суммы отрицательных температур, уменьшение среднегодовых осадков, что привело к увеличению индекса сухости.

Устойчивость ландшафтов

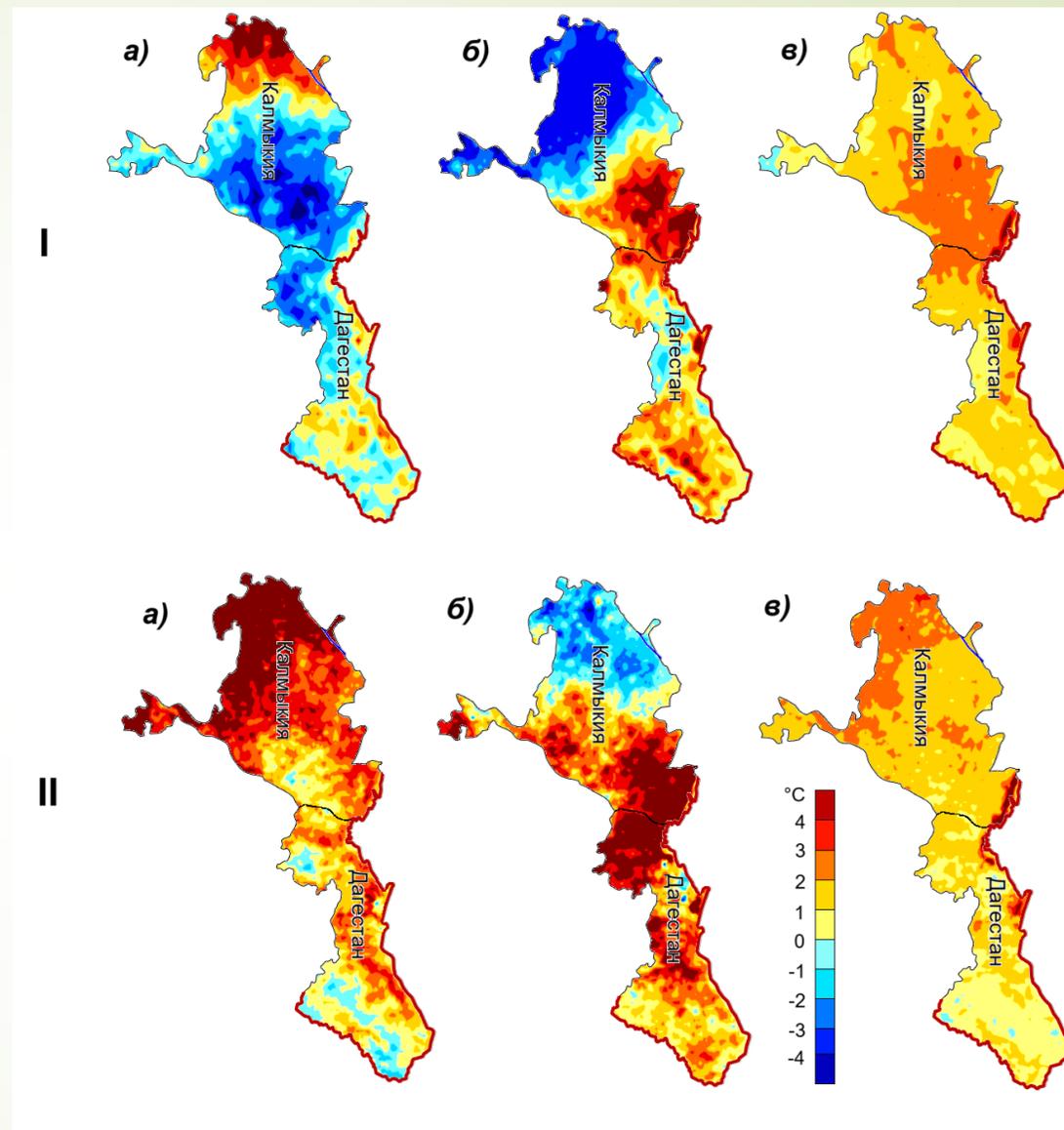
Индекс воздействия изменения климата на природные ландшафты (К) для периодов
а) 2000–2010 гг., б) 2011–2020 гг.



Индекс воздействия изменения климата на природные экосистемы показал, что равнинные биомы северных опустыненных степей и южных остепненных пустынь Дагестана и Калмыкии достаточно устойчивы к изменениям климата начала 21 века, в следствие невысокого биоразнообразия и хорошей адаптации видов к засухам.

Реакция подстилающей поверхности (T_s)

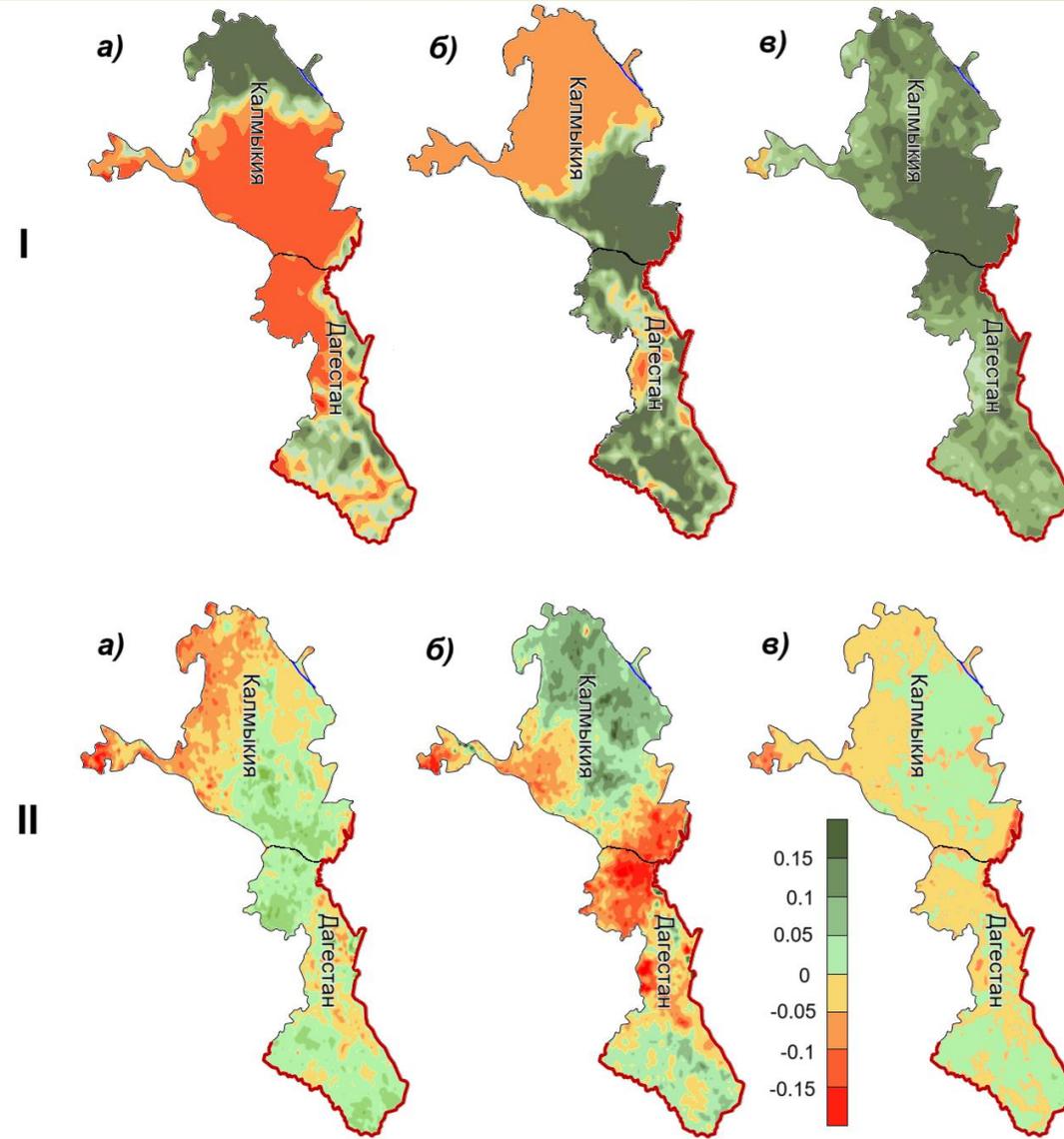
► Тренды ($^{\circ}\text{C} / 10$ лет) температуры поверхности за весенний (апрель-май) (I) и летний (II) период (июнь-август): а) 2001–2010, б) 2011–2020, в) 2000–2020 гг. Тренды значимы при значениях температуры больше (меньше 1°C)



За 2000–2020 гг., на большей части территории отмечается небольшой рост T_s , особенно весной, но он пока не приводит к снижению устойчивости ландшафтов.

Реакция подстилающей поверхности (NDVI)

► Тренды /10 лет NDVI за весенний (апрель-май) (I) и летний (II) (среднее за июнь-август): а) 2001–2010 гг., б) 2011–2020 гг., в) 2000–2020 гг. Тренды значимы при значениях NDVI больше (меньше) 0,05



Наибольшую реакцию растительного покрова на климатические изменения можно ожидать в предгорных и низкогорных районах Дагестана, которые показывают меньшую резиллиентность к росту засушливости.

Выводы

- ✓ В начале 21 века на всей территории Калмыкии и Дагестана отмечались значимые положительные тренды суммы температур выше $+5^{\circ}$ С и незначительное сокращение суммы отрицательных температур, на большей части территории наблюдалось уменьшение среднегодовых осадков, что привело к увеличению индекса сухости, особенно в самых засушливых ландшафтах Калмыкии.
- ✓ Оценка резилиентности Прикаспийских пустынно-степных биомов к долговременным изменениям климата с использованием индекса воздействия изменения климата на природные экосистемы показала, что равнинные биомы опустыненных степей и остепненных пустынь Калмыкии и Дагестана достаточно устойчивы к изменениям климата начала 21 века, в следствие невысокого биоразнообразия и хорошей адаптации видов к засухам. В тоже время, значительная антропогенная нагрузка на эти ландшафты (например, перевыпас) может привести к ослаблению этой устойчивости.
- ✓ В первое десятилетие текущего столетия (2001–2010 гг.) практически все, рассматриваемые ландшафты можно считать устойчивыми к флуктуациям климата, но усиление климатических изменений в 2011–2020 гг. приводит к снижению устойчивости предгорных и низкогорных биомов Дагестана под воздействием роста температур и уменьшения осадков. В тоже время опустыненные степи и остепнённые пустыни Калмыкии и Дагестана, а также высокогорные ландшафты остаются устойчивыми к потеплению климата.
- ✓ Температура поверхности и вегетационный индекс могут значительно варьировать при разреженной пустынно-степной растительности в зависимости от климатических условий, отражая устойчивость засушливых ландшафтов к изменениям климата.