



# Тенденции изменения горных ландшафтов Северного Кавказа по спутниковым и климатическим данным

*Виноградова В.В.*

*Институт географии РАН, Москва, Россия*

[vvvinog@yandex.ru](mailto:vvvinog@yandex.ru)

# Задачи и мотивация

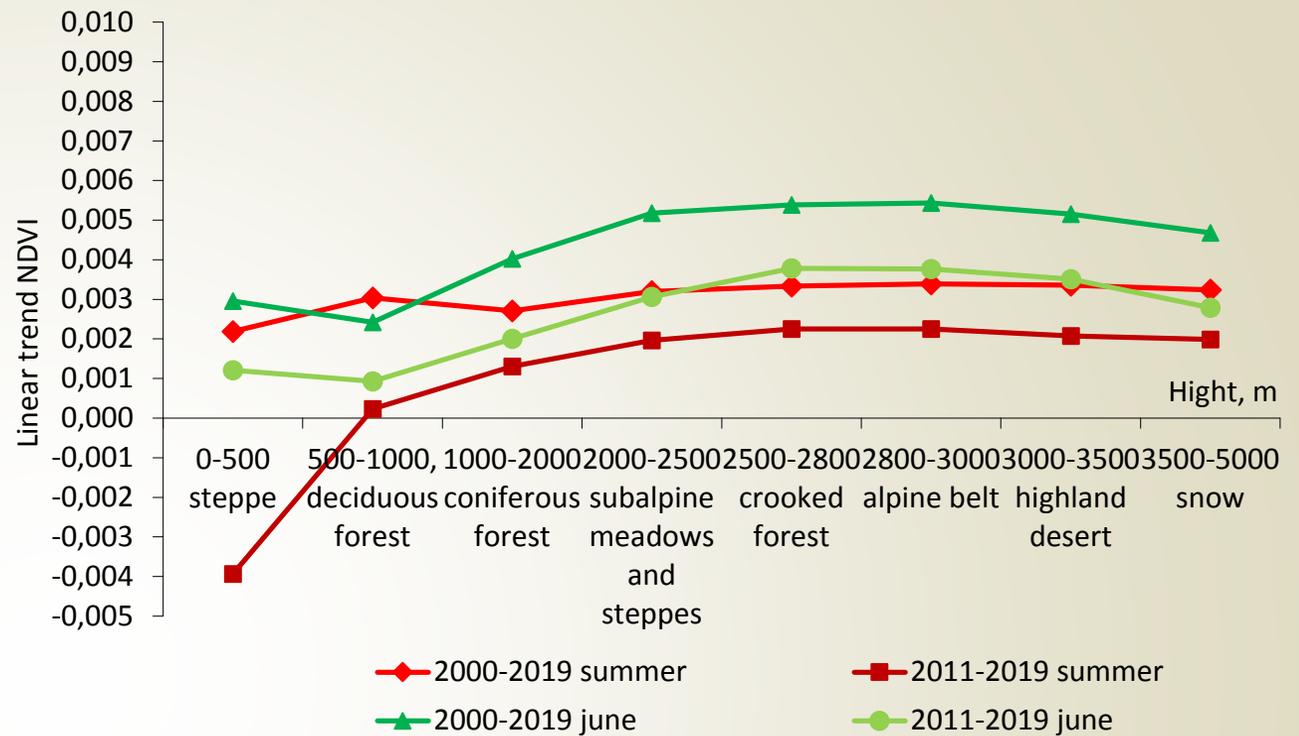
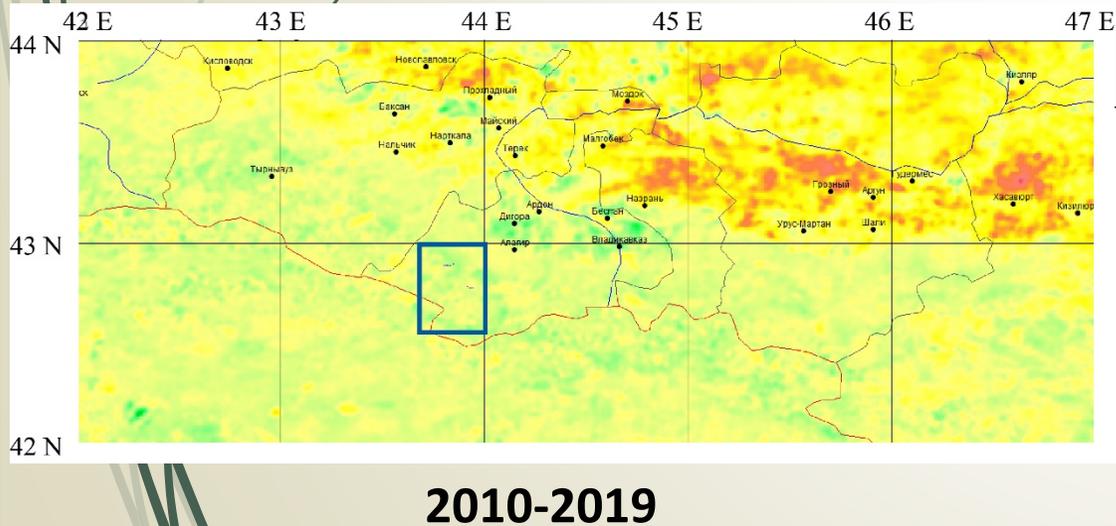
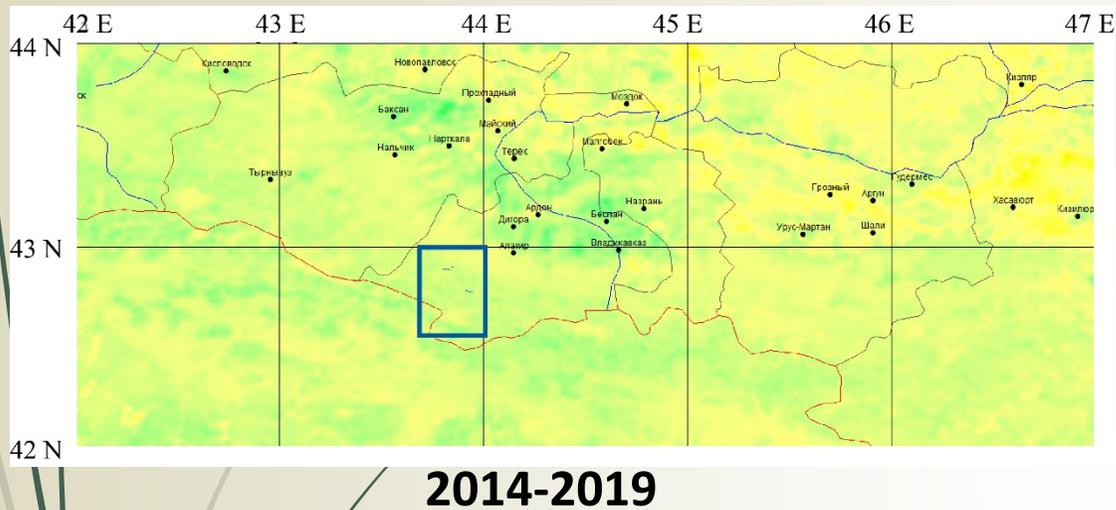
- Проведенные нами исследования в 2014–2016 гг. субальпийских ландшафтах Северной Осетии. Они показали, что Изменение границ высокогорных поясов можно рассматривать как доказательство изменения климата. Эти изменения были вызваны прекращением деятельности человека.
- В дальнейшем исследования были продолжены с целью установить реакцию растительного покрова на климатические изменения.
- Были использованы данные реанализа и спутниковые вегетационные индексы.
- В исследовании показана роль климатических факторов в изменении границ и состояния субальпийских ландшафтов Северного Кавказа, где наблюдалась трансформация системы землепользования.

## Используемые данные

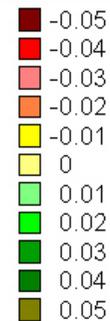
- Климатические условия оценивались по данным реанализа “Water and Global Change” (WATCH) (<http://www.eu-watch.org/>).
- Спутниковые данные вегетационного индекса NDVI продукт MODIS для периода 2000–2019 гг. модель MOD13C2 v006 с пространственным разрешением  $0.05 \times 0.05^\circ$  ([https://lpdaac.usgs.gov/dataset\\_discovery/modis/modis\\_products\\_table](https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table)).
- Район исследования 42–42 с.ш., 42–47 в.д.
- Рассчитаны средние значения температуры, максимальной и минимальной температуры, суммы осадков суммы активных температур, суммы отрицательных температур, продолжительность безморозного периода и биоклиматические индексы (Hill, Vodman, STI) и суммарный балл климатической дискомфортности).

Период	Линейный тренд											
	1979–2016				2001–2010				2011–2016			
Высота н.у.м.	< 500 м	500–1000 м	1000–2000 м	> 2000 м	< 500 м	500–1000 м	1000–2000 м	> 2000 м	< 500 м	500–1000 м	1000–2000 м	> 2000 м
Параметр												
Т лето	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.05</b>	<b>0.18</b>	<b>0.16</b>	<b>0.14</b>	<b>0.13</b>	<b>0.07</b>	<b>-0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>
Т зима	0.02	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.17</b>	<b>0.22</b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	0.19	<b>0.11</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>
Т год	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>	<b>0.08</b>	<b>0.10</b>	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>	<b>0.14</b>	<b>0.11</b>	<b>0.12</b>	<b>0.13</b>
Σ Т>+10°	<b>11.2</b>	<b>12.5</b>	<b>11.7</b>	<b>11.0</b>	<b>22.4</b>	<b>17.4</b>	<b>24.2</b>	<b>21.8</b>	<b>-3.7</b>	<b>-7.9</b>	<b>2.2</b>	<b>18.9</b>
Σ Т < 0°	<b>1.5</b>	<b>2.5</b>	<b>3.7</b>	<b>4.7</b>	<b>-0.1</b>	<b>7.2</b>	<b>12.3</b>	<b>16.1</b>	<b>21.3</b>	<b>21.5</b>	<b>38.2</b>	<b>40.0</b>
безморозный период	<b>0.33</b>	0.26	<b>0.37</b>	<b>0.60</b>	<b>1.92</b>	<b>2.12</b>	<b>0.94</b>	<b>1.19</b>	<b>3.89</b>	<b>1.37</b>	<b>-1.51</b>	<b>-1.48</b>
осадки лето	<b>-0.74</b>	<b>-0.62</b>	<b>-0.04</b>	<b>0.15</b>	<b>-8.62</b>	<b>-7.43</b>	<b>-9.36</b>	<b>-7.75</b>	<b>-8.17</b>	<b>-10.73</b>	<b>-8.01</b>	<b>-13.47</b>
осадки зима	<b>0.18</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.28</b>	<b>0.23</b>	<b>0.17</b>	<b>1.21</b>	<b>1.08</b>	<b>-0.32</b>	<b>8.51</b>	<b>7.63</b>	<b>6.86</b>	<b>8.22</b>
осадки год	<b>0.95</b>	<b>0.91</b>	<b>2.70</b>	<b>3.36</b>	<b>-2.79</b>	<b>0.31</b>	<b>-0.01</b>	<b>1.93</b>	<b>1.28</b>	<b>2.59</b>	<b>5.69</b>	<b>-5.39</b>

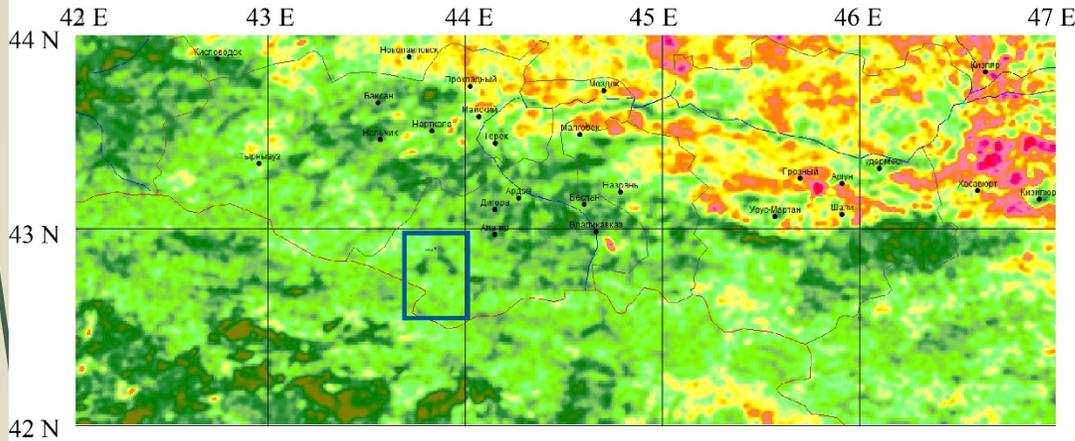
# Линейный тренд NDVI



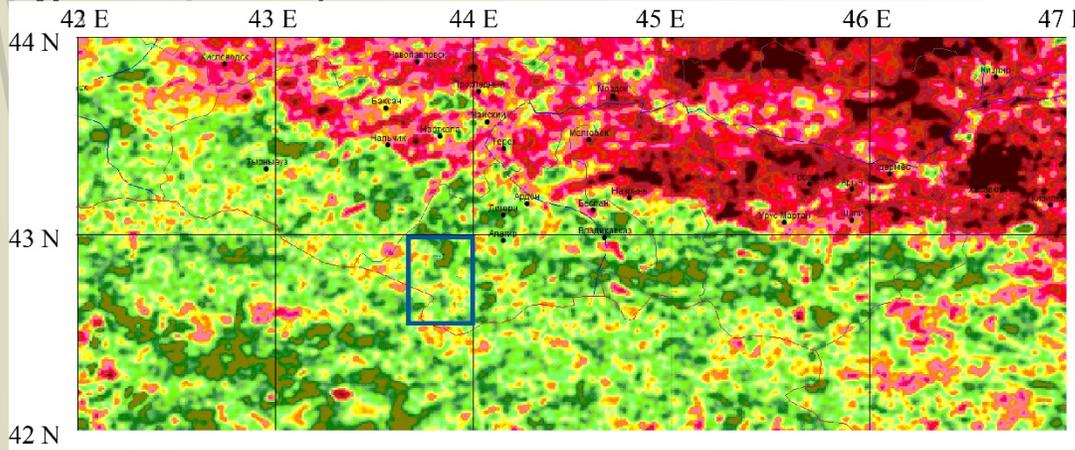
Карты среднесезонного NDVI за три периода в начале XXI в. показывают увеличение индекса на высотах более 1000 м н. у. м., что свидетельствует о зарастании склонов в этом районе. Это согласуется с нашим исследованием и подтверждает зарастание склонов (Грачева и др., 2018; Белоновская и др., 2016). Рост индекса ускорился в последние годы (2014–2019 гг.). Напротив, в предгорьях NDVI продолжает снижаться. Об этом свидетельствуют тренды NDVI, положительные в горах и отрицательные в предгорьях и на равнинах. Высота, на которой меняется знак тренда, после 2014 года опускается ниже 1000 м н. у. м.



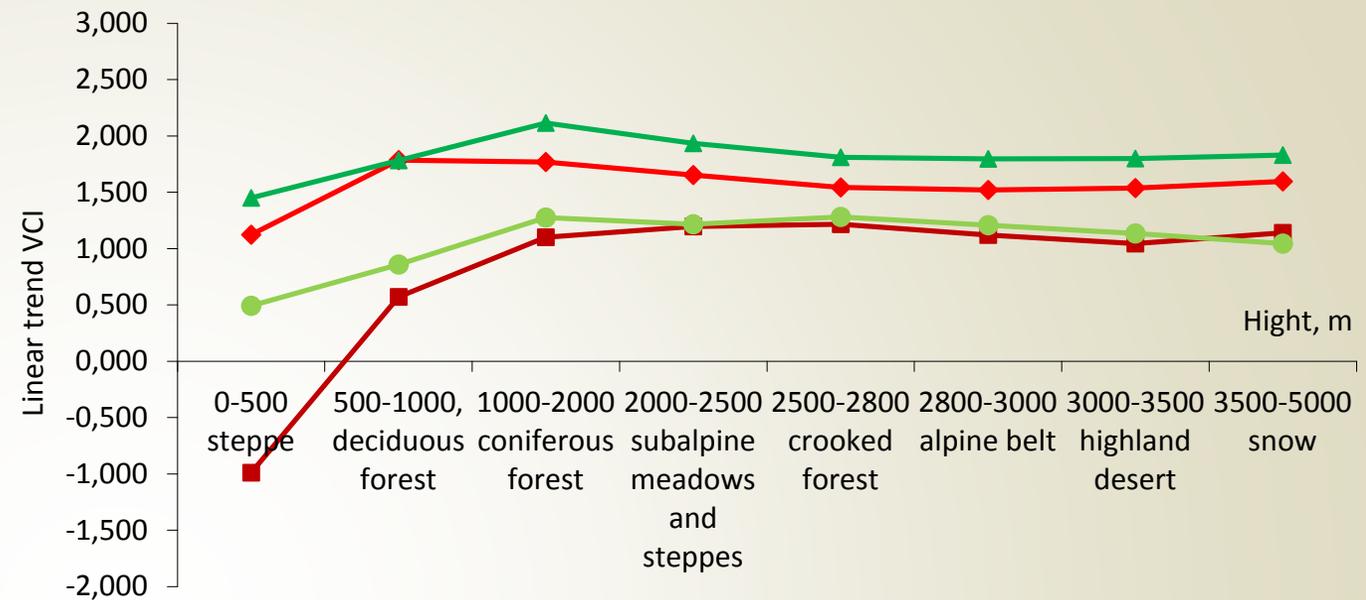
# Линейный тренд VCI



2000-2019



2010-2019

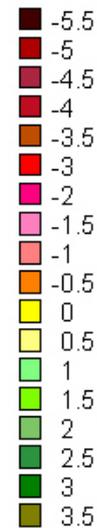


◆ 2000-2019 summer

■ 2011-2019 summer

▲ 2000-2019 june

● 2011-2019 june



Повышение температуры и стабильное увлажнение в горах способствует продвижению хороших условий вегетации на более высокий уровень. Снижение суммы активных температур и стабильное увлажнение на высотах 500–1000 м н. у. м. приводит к улучшению вегетационных условий растительности на этих высотах. Тренд VCI меняет знак на высоте около 500 м, тогда как в 2000–2014 гг. высота смены знака была расположена около 1400 м н. у. м. (Виноградова, Грачева, Белоновская, 2015; 2018).

# Выводы

1. Результаты показывают повышение температуры в Кавказском регионе. На равнине после 2010 года этот рост замедляется (особенно летом). Количество летних осадков уменьшается. В среднегорных и высокогорных районах температура продолжает повышаться, но количество осадков также уменьшается.
2. Повышение температуры в горах и стабильное увлажнение приводят к улучшению условий вегетации в среднегорьях, что приводит к зарастанию склонов. Снижение суммы активных температур на высотах 500–1000 м при устойчивом увлажнении способствует улучшению вегетационных условий. Напротив, в предгорьях NDVI продолжает снижаться, что свидетельствует об ухудшении условий вегетации.
3. Уменьшение дискомфорта в горных регионах, вызванное тепловым фактором, может привести к возрождению сельского хозяйства, пробуждению интереса к горной жизни и отдыху в горах.