



Многолетняя динамика состояния растительности хребтов Тянь-Шаня по данным eMODIS NDVI

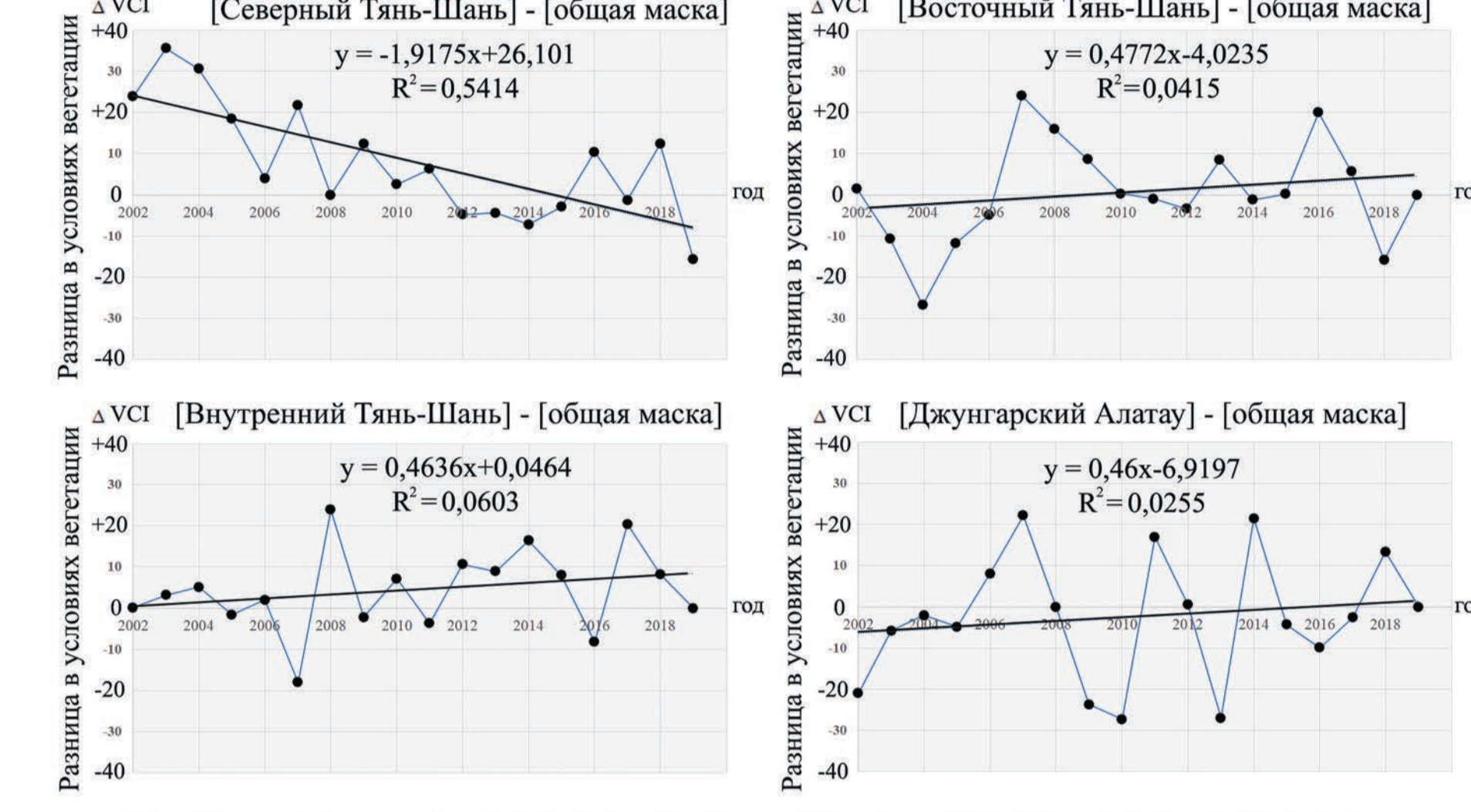
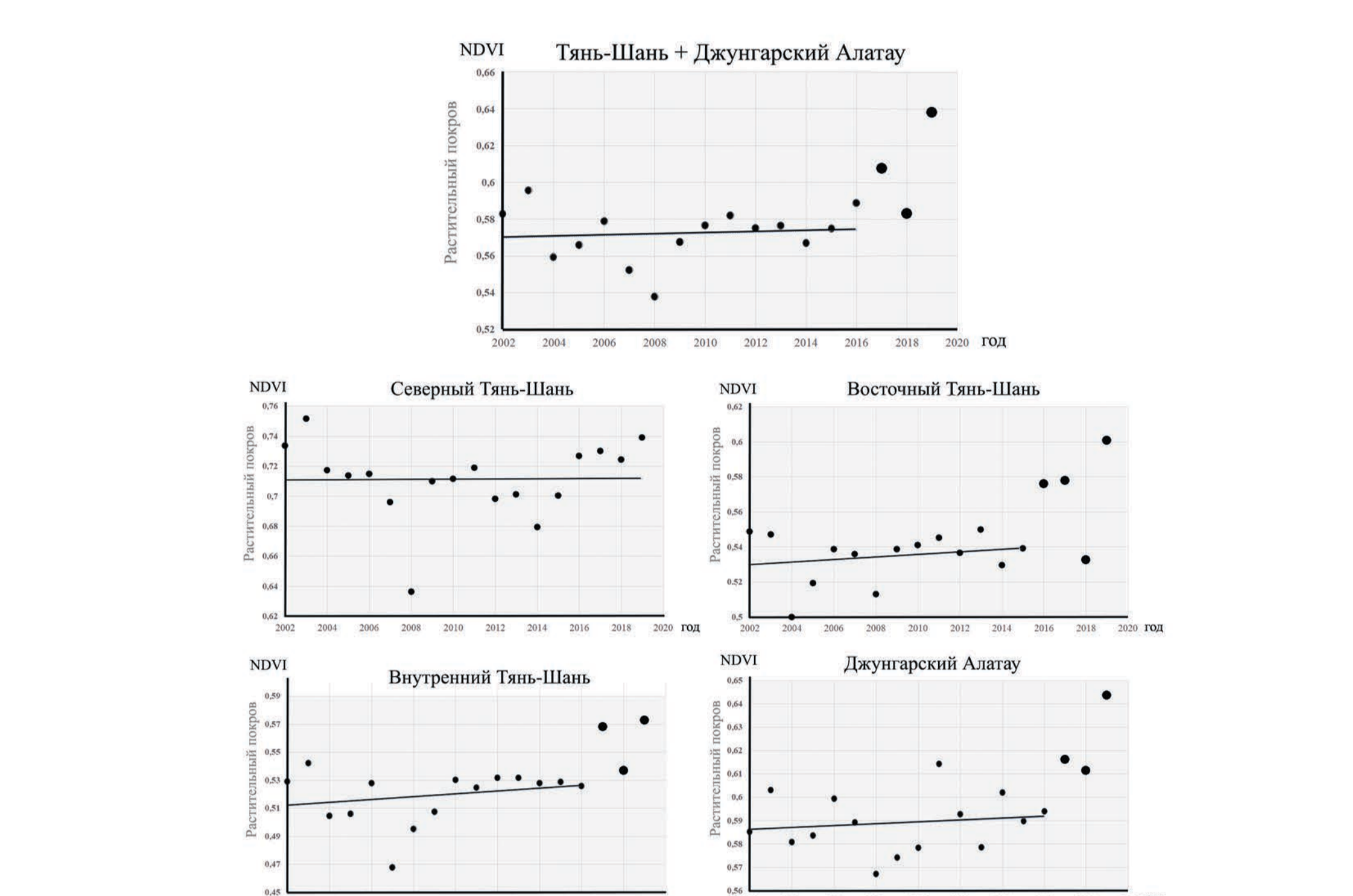
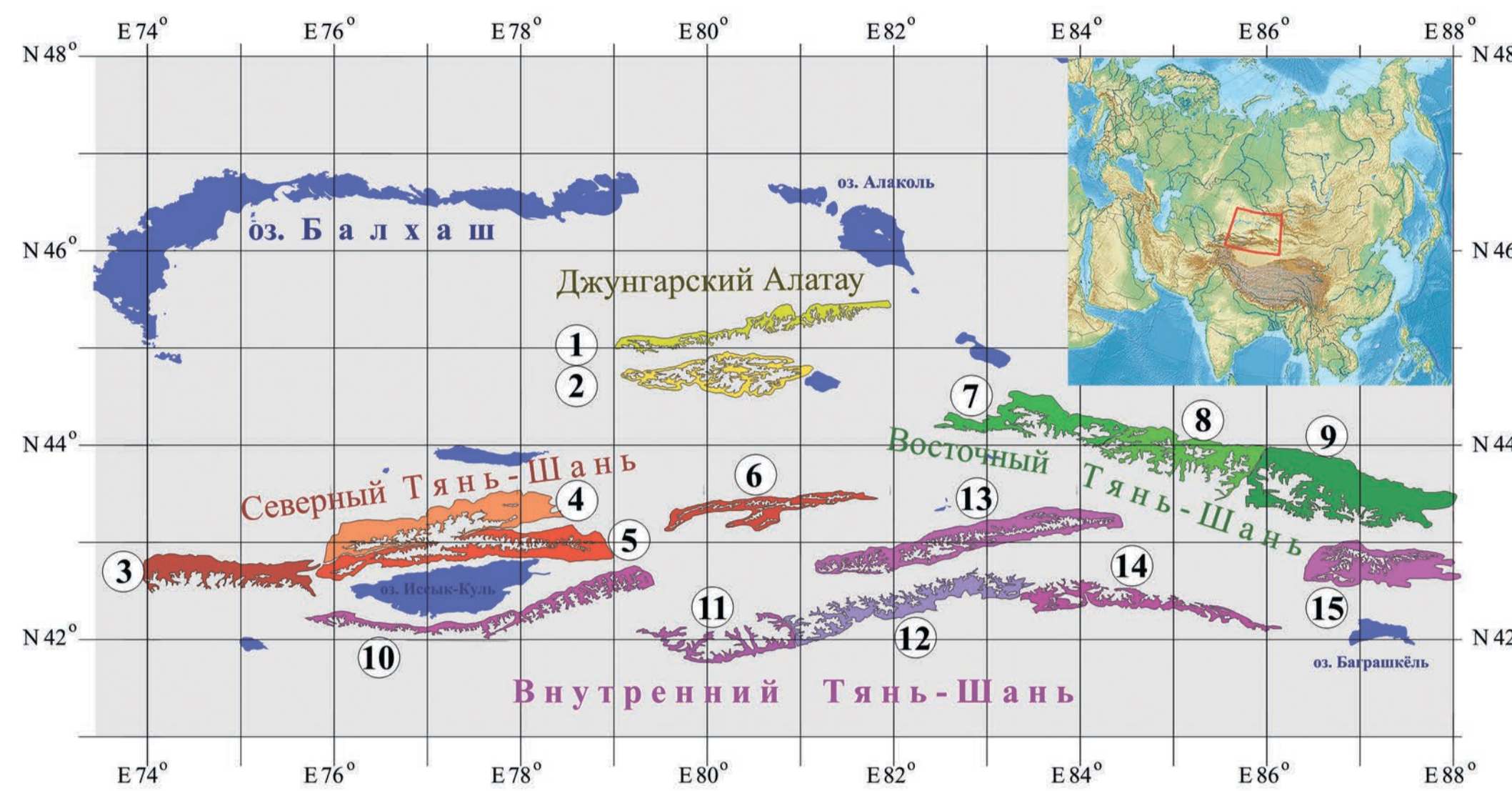
Терехов А.Г.^{1,2}, Абаев Н.Н.^{2,3}, Долгих С.А.²

- (1) Институт информационных и вычислительных технологий, КН МОН, Республика Казахстан
 (2) РГП Казгидромет, Алматы, Казахстан
 (3) Казахский Национальный университет им. Альфараби, Алматы, Казахстан

Продукт eMODIS NDVI C6, с 10-дневным периодом обновления, пространственным разрешением 250 м и архивом с 2002 по 2019 год, доступный на сайте программы «Early Warning and Environmental Monitoring Program», (<http://earlywarning.usgs.gov>) использовался для мониторинга состояния естественной, горной растительности, относящейся к альпийским (субальпийским) лугам и горным лесам Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау. В качестве сезонной характеристики состояния растительного покрова выступал накопленный за 10-31 июля максимум значений NDVI. Было рассмотрено 15 контуров, относящихся к хребтам Северного, Восточного, Внутреннего Тянь-Шаня, а также Джунгарского Алатау. В результате получено, что в период 2002-2016 гг. тренды многолетних изменений в значениях вегетационного индекса NDVI были мало выражены, с направленностью на незначительное улучшение. Последние три года (2017-2019 гг.) имели аномальный характер и характеризовались очень высокими значениями NDVI, что сформировало тенденцию на улучшение состояния растительности. Для анализа корреляционных связей в динамике растительности между различными хребтами и регионами Тянь-Шаня был использован модифицированный индекс VCI (Vegetation Condition Index). Временные ряды NDVI были пересчитаны в индекс условий вегетации (VCI), с универсальной для всех контуров шкалой: 0 – многолетний минимум; 50 – среднее арифметическое анализируемого ряда отсчетов; 100 – многолетний максимум. Было получено, что основные изменения сводятся к относительному ухудшению состояния растительности в Северном Тянь-Шане, который включает четыре хребта: Киргизский, Западный Алатау, Кунгей Алатау и Кетмень. Их отличие от остальных хребтов Тянь-Шаня заключается в том, что они первыми взаимодействуют с атмосферными течениями (западный перенос) переносящими влагу. Таким образом, регистрируемые в течение 2002-2019 гг. относительные изменения в растительном покрове Тянь-Шаня могут трактоваться, как следствие уменьшения эффективности взаимодействия передовых хребтов Тянь-Шаня с западным атмосферным переносом и увеличения доли влаги, поступающей к внутренним хребтам.

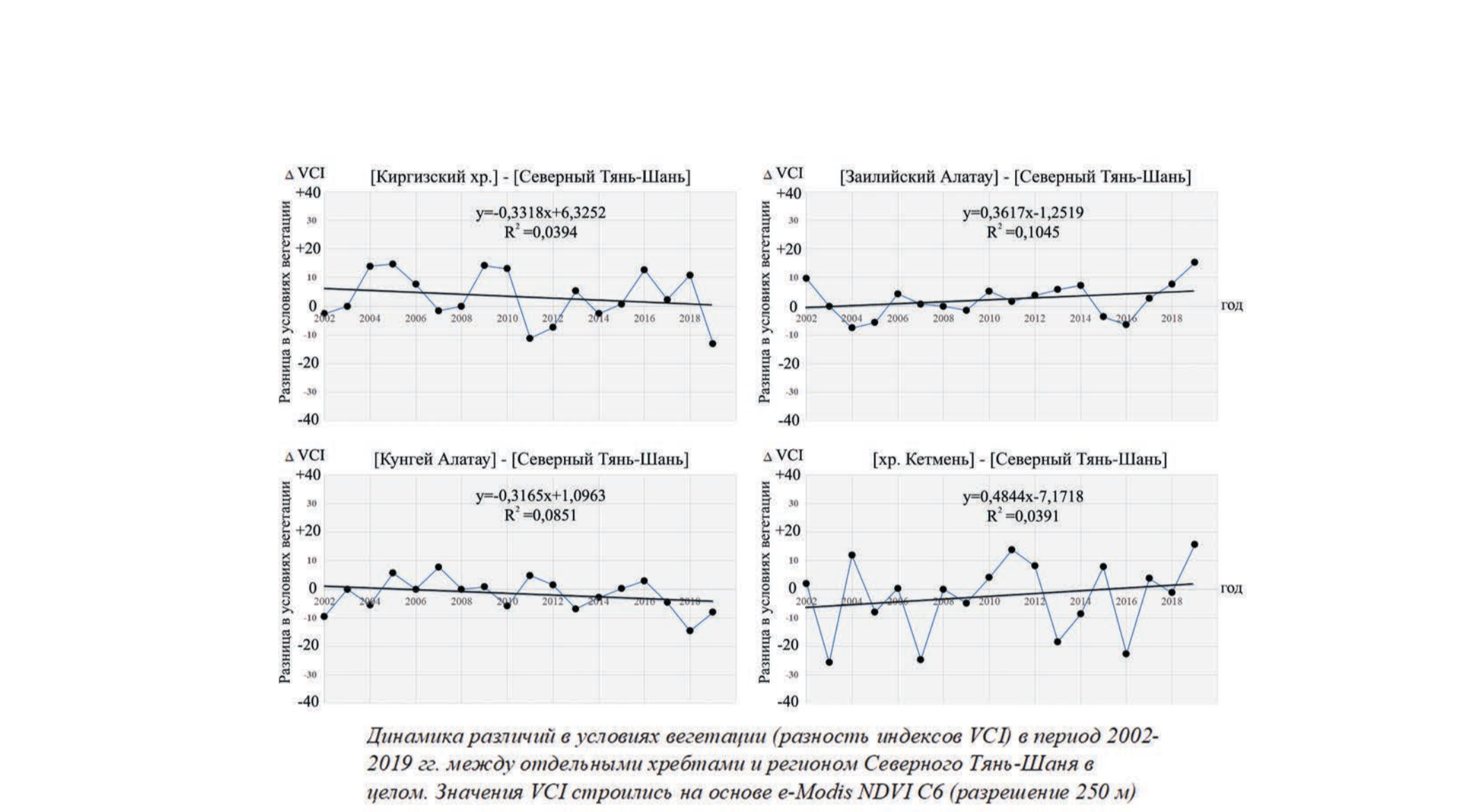
Для подтверждения этих изменений метеорологическими наблюдениями были рассмотрены данные по облачному покрову, регистрируемые на метеостанции Алматы (WMO ID-36870). Показано, что параметры режима зимне-весенней инверсии температуры воздуха (февраль-апрель) существенно изменились. Это в высотной зоне 300-600 м, в среднем, от 25 случаев (период 2005-2013 гг.), до 7 в период с 2014 по 2019 гг.

Горная страна Тянь-Шань расположена в центре материка Евразия. Состояние растительности этой горной страны и ее многолетние вариации являются важным трассером погодных особенностей Северного полушария, в целом. Существует тесная, статистически значимая связь между летним состоянием растительного покрова Тянь-Шаня (сезонный максимум, 2002-2018 гг.) и средними величинами NAO (North Atlantic Oscillation index) за период март-июль следующего года (коэффициент корреляции Пирсона $r=0,598$; t -фактор $=2,792$; при $t_{крит} = 2,12$, для $p=0,95$). Это открывает дополнительные возможности прогноза характеристик, одного из основных центров действия атмосферы, определяющих преобладающий характер погодных режимов в Северном Полушарии, с одной стороны, а с другой, иллюстрирует персистентность погодных режимов материка, когда тенденция подменяется.



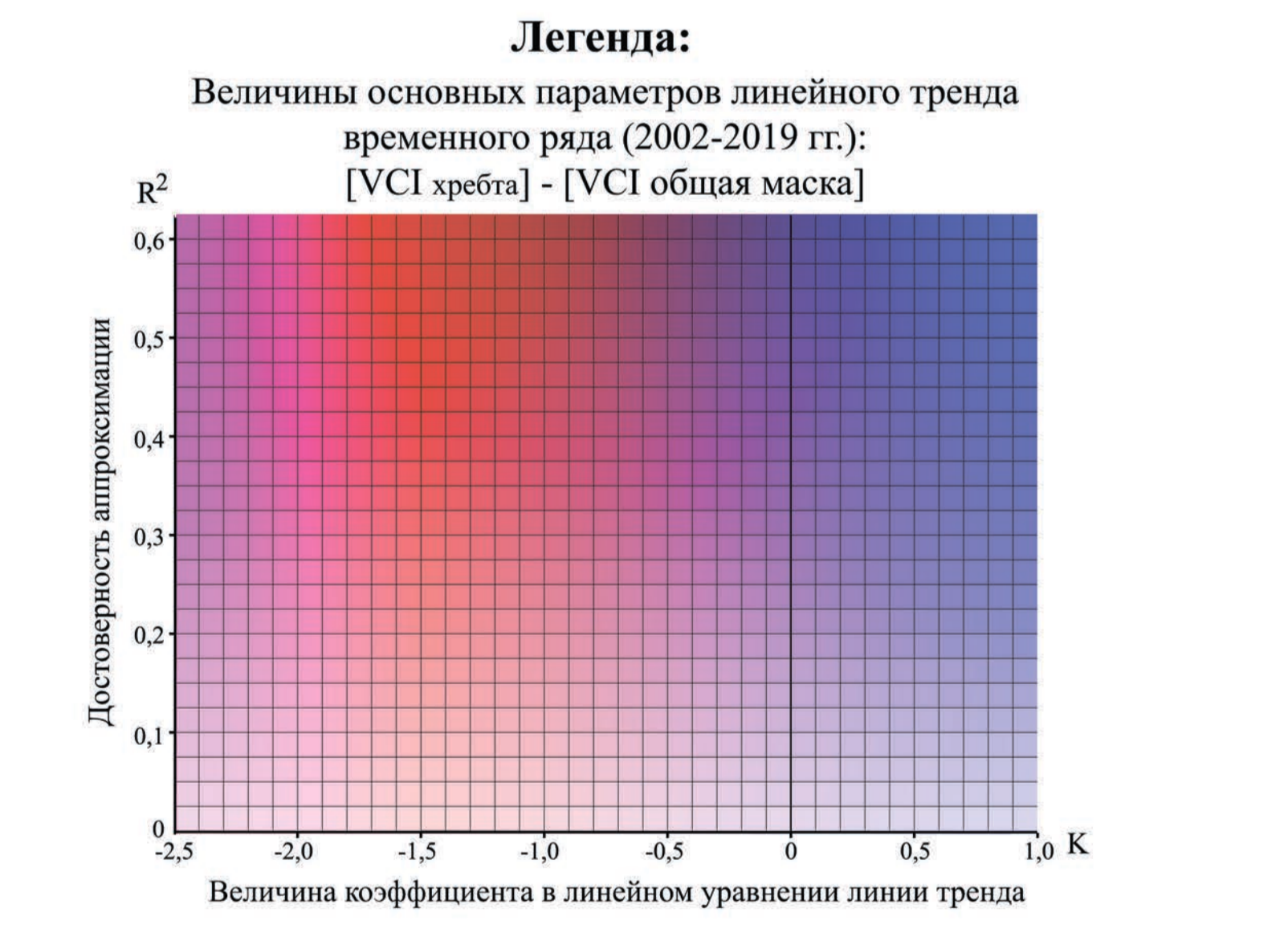
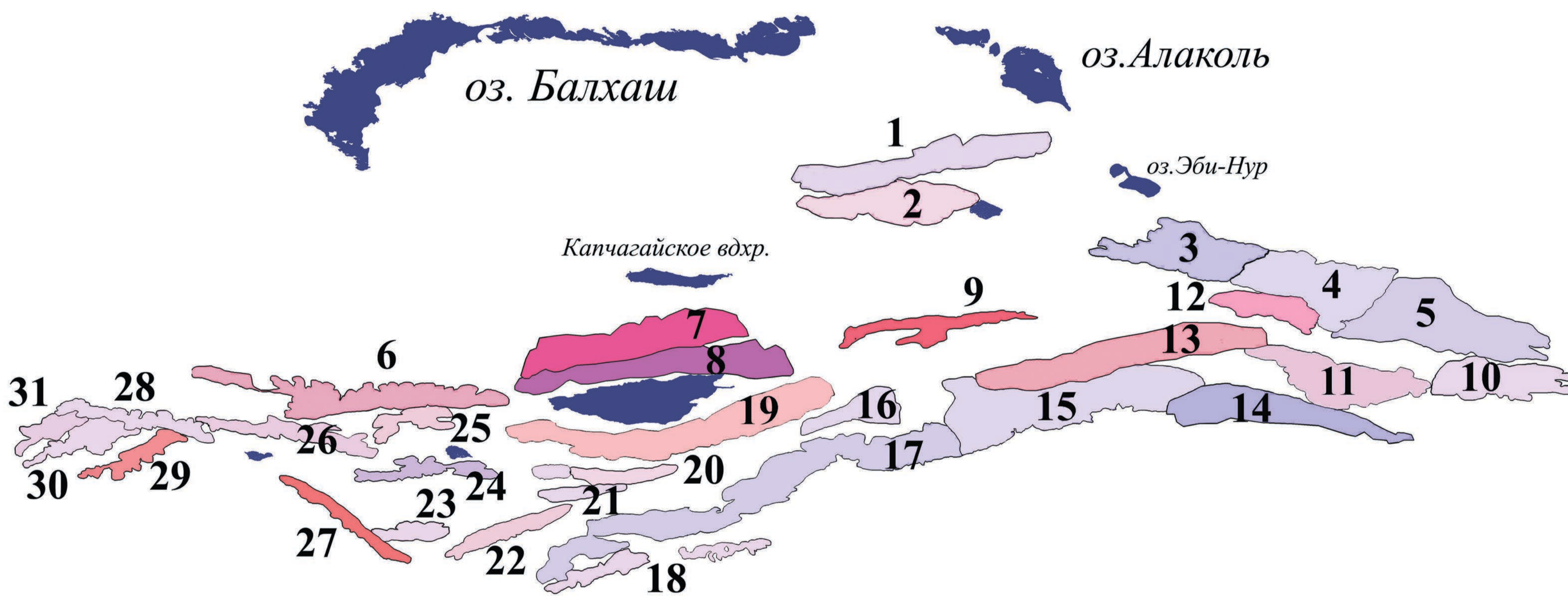
Динамика значений (максимум 10-31 июля) значений вегетационного индекса NDVI в период 2002-2019 гг. для альпийских субальпийских лугов и хвойных лесов горных районов Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау. Кривыми выделены облачные режимы, регистрируемые в течение 2002-2019 гг. В качестве вегетационного индекса использовался продукт e-Modis NDVI C6 (разрешение 250 м)

Динамика различий в условиях вегетации (разность индексов VCI) в период 2002-2019 гг. между отдельными регионами Тянь-Шаня, включая Джунгарский Алатау и анализированной территории в целом. Значения VCI строятся на основе e-Modis NDVI C6 (разрешение 250 м)



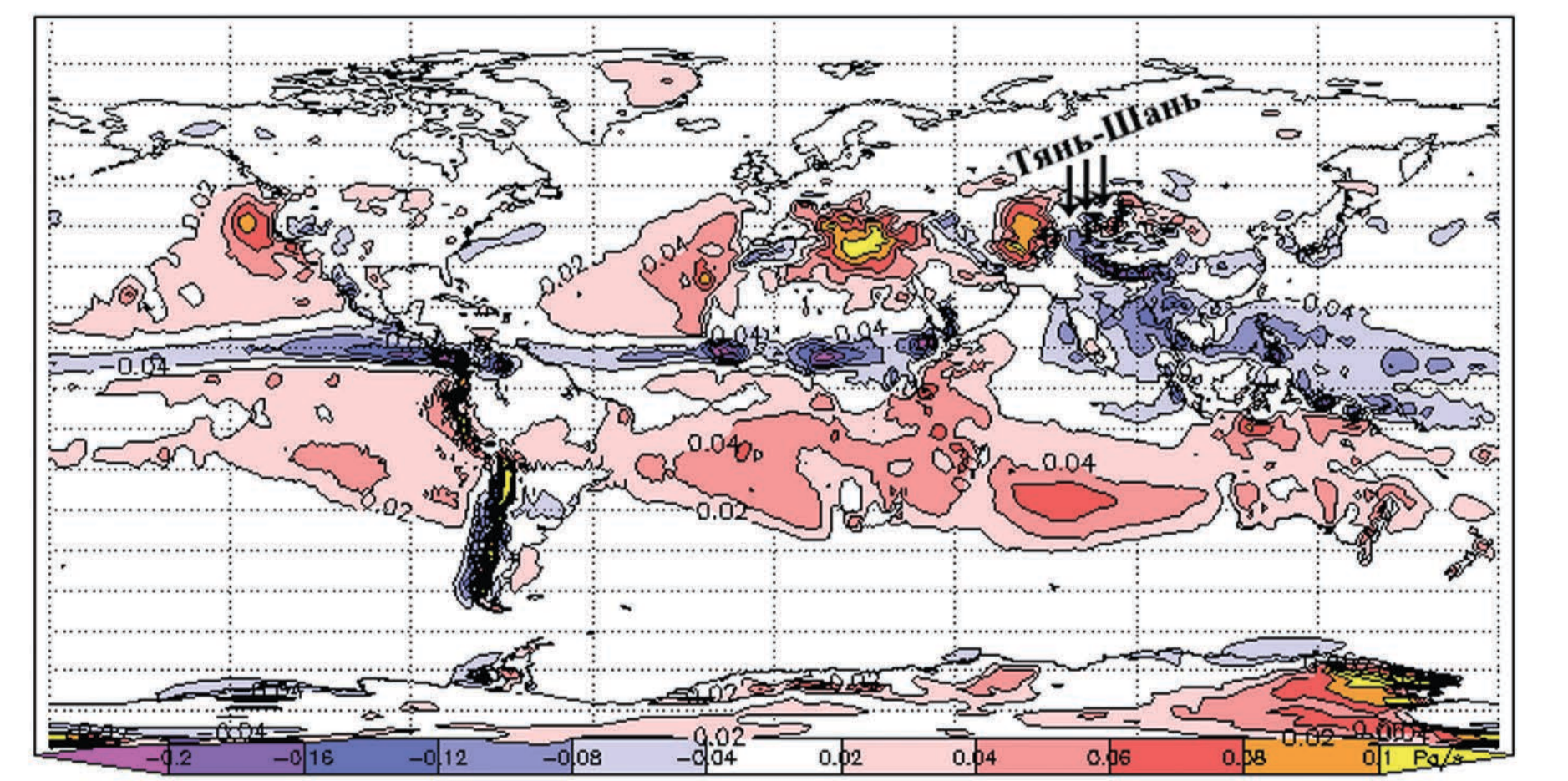
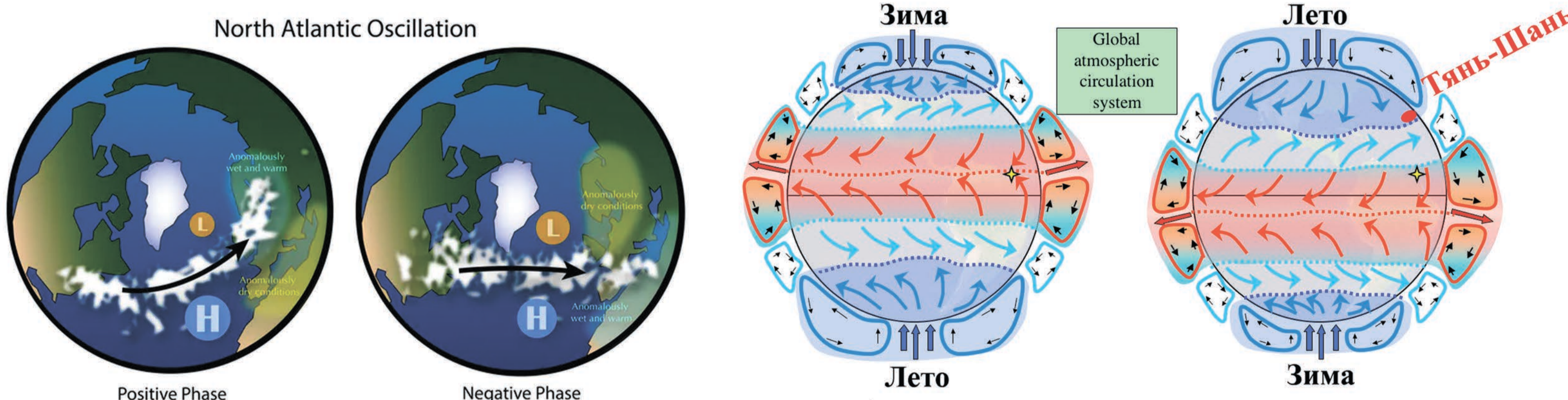
Динамика различий в условиях вегетации (разность индексов VCI) в период 2002-2019 гг. между анализированными регионами. Значения VCI строятся на основе e-Modis NDVI C6 (разрешение 250 м)

Картограмма хребтов Тянь-Шаня



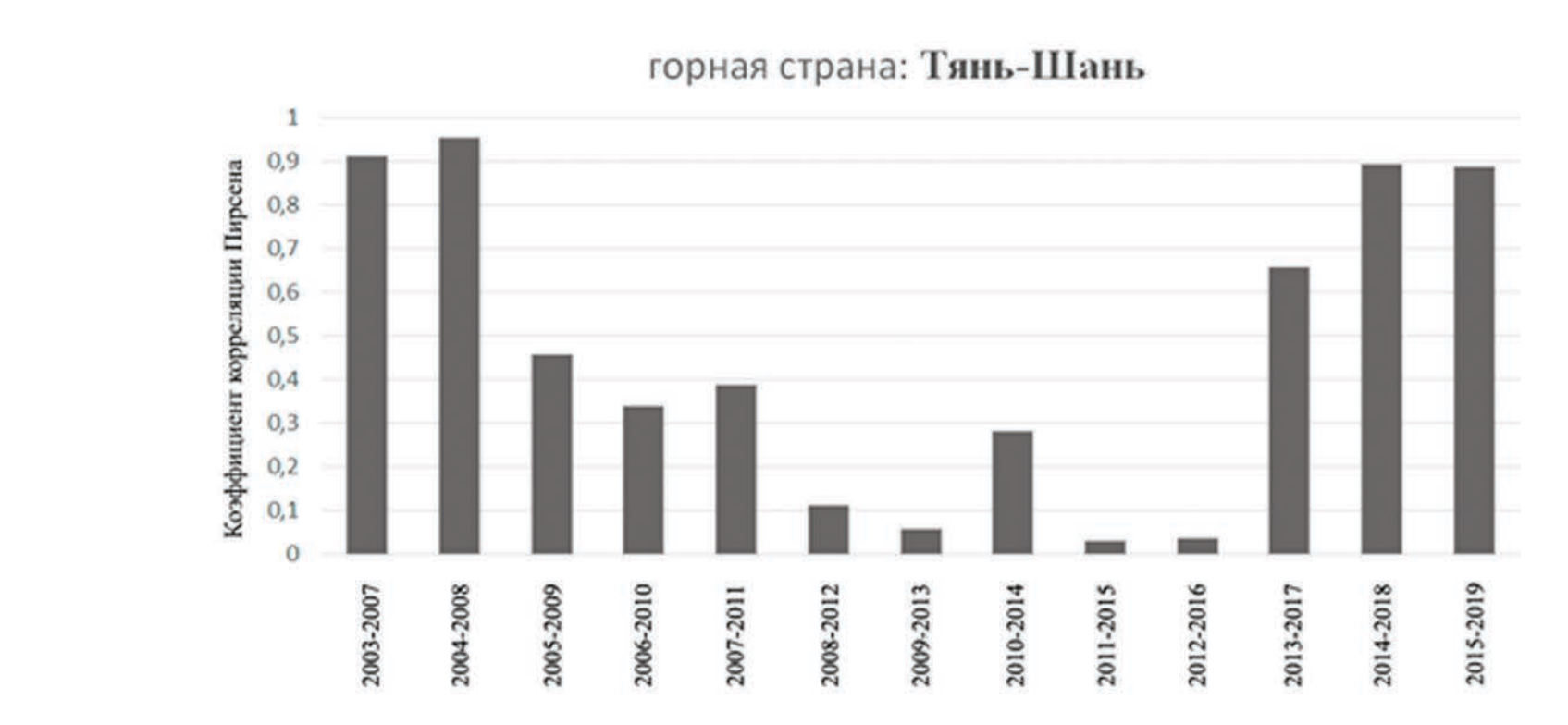
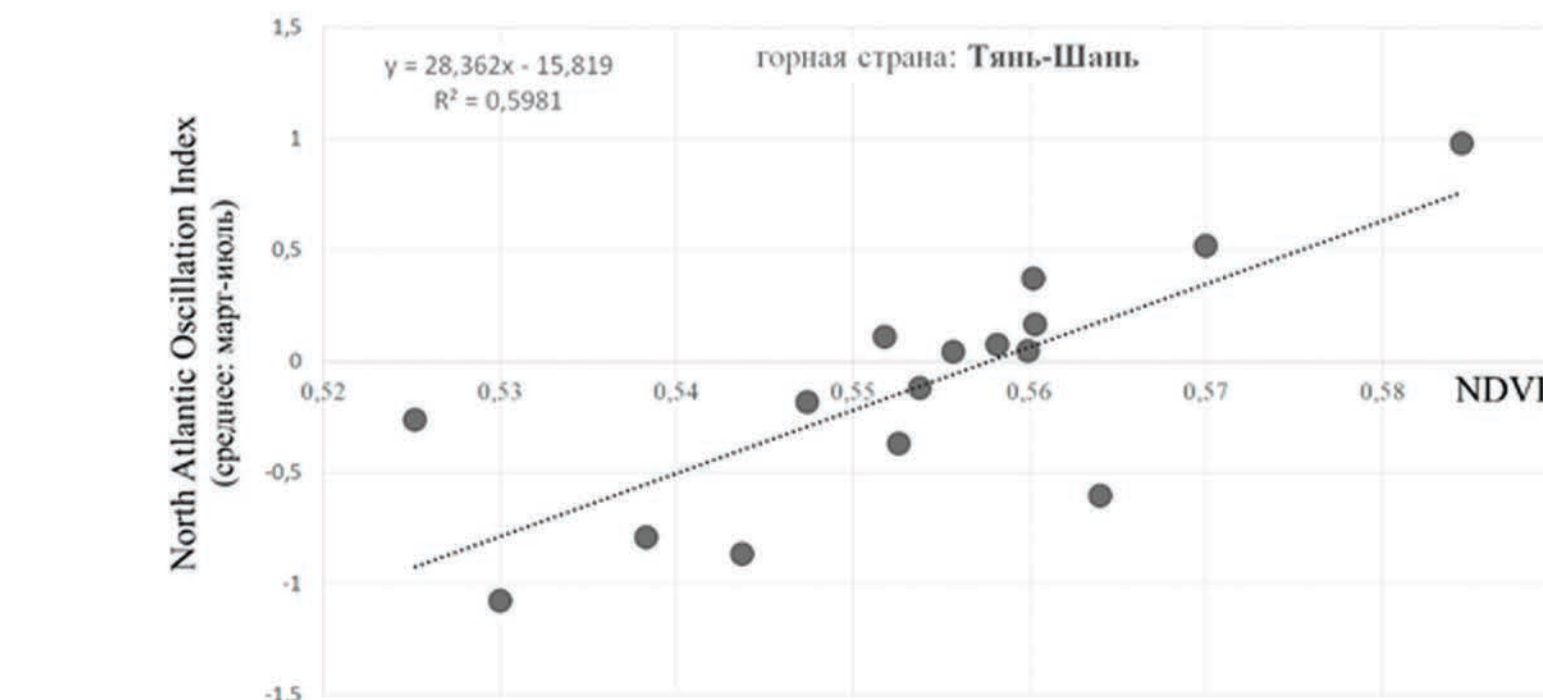
- Хребты горных районов: 1-2: Джунгарский Алатау; 3-5: Восточный Тянь-Шань; 6-9: Северный Тянь-Шань; 10-26: Внутренний Тянь-Шань; 27-31: Западный Тянь-Шань.

Цвет контура хребта отображает параметры линейного тренда значений сезонных максимумов NDVI горной растительности за период 2002-2019 гг.



Вертикальная скорость на 500 hPa. июльское среднее

Взаимосвязь между состоянием растительного покрова Тянь-Шаня и величинами индекса NAO



Динамика сезонных максимумов NDVI горной растительности Тянь-Шаня и средних (март-июль) значений NAO, выраженных в шкале условий (0- многолетний минимум; 50- среднее; 100- многолетний максимум) периода 2002-2018 гг.

Взаимосвязь между вегетационным индексом eMODIS NDVI для горной растительности Тянь-Шаня (макс 11-31 июля, 2002-2017 гг.) и средними величинами NAO (март-июль, следующего года).
 NDVI - <https://earlywarning.usgs.gov>;
 NAO - <https://www.cpc.ncep.noaa.gov>.

Изменения величин коэффициентов корреляции Пирсона между вегетационными индексами (NDVI) растительности Тянь-Шаня (макс 11-31 июля, 2002-2017 гг.) и средними величинами NAO (март-июль, следующего года) в плавающем 5-и летнем окне (сдвиг 1 год).
 NDVI - <https://earlywarning.usgs.gov>;
 NAO - <https://www.cpc.ncep.noaa.gov>.