

Анализ длинных рядов вегетационного индекса территории Российской Федерации и регионов

А.А. Тронин, А.В. Киселёв

*Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН 197110, Санкт-Петербург, ул. Корпусная, 18
E-mail: a.a.tronin@ecosafety-spb.edu*

По результатам многолетних наблюдений установлено увеличение среднегодовой приземной температуры воздуха на территории Российской Федерации. Целью исследования являлось выяснение реакции экосистем на увеличение температуры, выраженное в вегетационном индексе. Для расчётов использовались базы данных вегетационного индекса, построенных по данным спутников серии NOAA и спутника Terra. Были выбраны базы с пространственным разрешением 1 градус и временным – 1 месяц. В результате расчётов были построены среднегодовые (для вегетационного периода) а также сезонные значения вегетационного индекса для Азиатской и Европейской частей России с 1982 по 2010 гг. Такие же вычисления были выполнены для всех субъектов федерации. В результате исследований был показан рост вегетационного индекса как в Азиатской, так и в Европейской частях за последние 30 лет. На примере Архангельской области показана зависимость изменения вегетационного индекса от температуры воздуха.

Ключевые слова: вегетационный индекс, длинные ряды, изменение климата.

Введение

По результатам многолетних наблюдений установлено увеличение среднегодовой приземной температуры воздуха на территории Российской Федерации (Оценочный..., 2008). Температура воздуха является одним из определяющих факторов жизни растений, поэтому изменения климата России должны привести и к изменениям растительного покрова. Количество осадков изменилось незначительно. Учитывая то, что большая часть территории страны лежит в умеренном климате с преобладанием осадков над испарением, можно прогнозировать увеличение объёмов биомассы. Наиболее доступным инструментом анализа долговременных изменений растительности на больших территориях является космическая съёмка. Для исследований изменения растительности на территории России и сопредельных стран был использован вегетационный индекс в варианте нормированного дифференцированного индекса (NDVI). Целью исследования являлось выяснение реакции экосистем на увеличение температуры, выраженное в вегетационном индексе.

Данные и методика обработки

Для анализа состояния растительности были использованы два набора (таб. 1) данных об NDVI спутников системы NOAA и EOS (Terra).

Таблица 1. Характеристики исходных баз данных NDVI

| База данных | Годы | Разрешение на местности | Источник |
|---------------|-----------|-------------------------|---|
| NOAA (AVHRR) | 1982-2001 | 1 градус | PAL Pathfinder AVHRR Land, NOAA/NASA (James, Kalluri, 1994) |
| Terra (MODIS) | 2000-2010 | 1 градус | GIOVANNI, GSFC/NASA (Acker, Leptoukh, 2007) |

Исходные данные, находящиеся в спутниковых архивах содержали значения вегетационного индекса. Эти значения и были использованы в дальнейших расчётах. Пример исходных

данных приведён на рис. 1. Первичный анализ данных показал значительные расхождения в значениях вегетационного индекса, полученных системами NOAA и EOS (Terra). На рис. 2 показана динамика вегетационного индекса по Азиатской и Европейской частям России с января по сентябрь 2001 г. по данным NOAA и Terra. На графиках ясно видно, что значения вегетационного индекса NOAA всегда ниже, чем у Terra. Кроме того, в зимние месяцы на данных NOAA отмечаются отрицательные значения NDVI, что, по-видимому, объясняется игнорированием влияния снежного покрова на расчёт вегетационного индекса. Более детальный анализ сравнения синхронных съёмок NOAA и Terra в 2000-2001 гг. показал удовлетворительное совпадение данных с марта по октябрь (рис. 3). В остальные месяцы зимний покров мешает корректному определению вегетационного индекса по данным NOAA. Предварительный анализ показал невозможность сравнения среднегодовых значений NDVI по данным NOAA и Terra, а также необходимость корректировки значений вегетационного индекса одной из систем для построения длинных рядов (рис. 4).

В результате было принято решение о построении длинных рядов вегетационного индекса только для периода апрель-октябрь, а также о корректировке NDVI по данным NOAA на величину +0.097 для Азиатской части и +0.114 для Европейской части России. Эти величины были определены при синхронных наблюдениях NOAA и Terra в 2000–2001 гг. Таким образом, были получены непрерывные ряды вегетационного индекса для России, а также Украины, Казахстана и Финляндии.

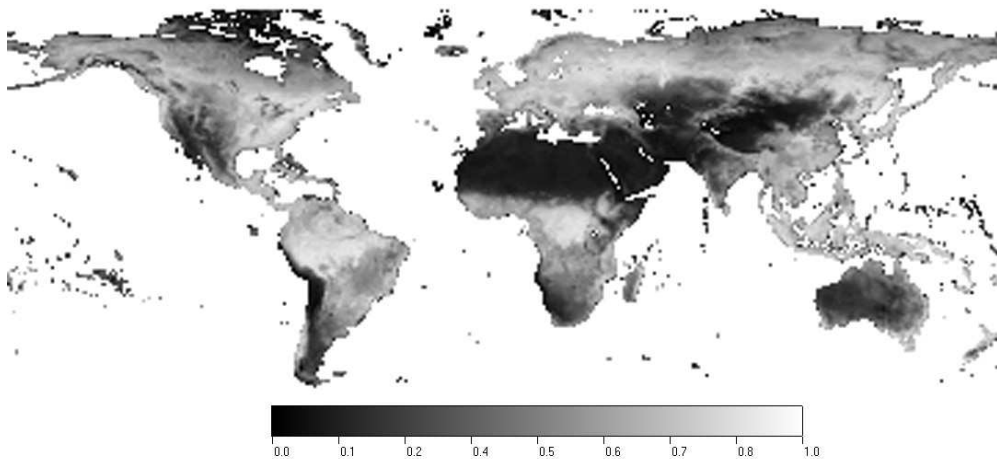


Рис. 1. Глобальное распределение NDVI в июне 2010 г. по данным спутника Terra

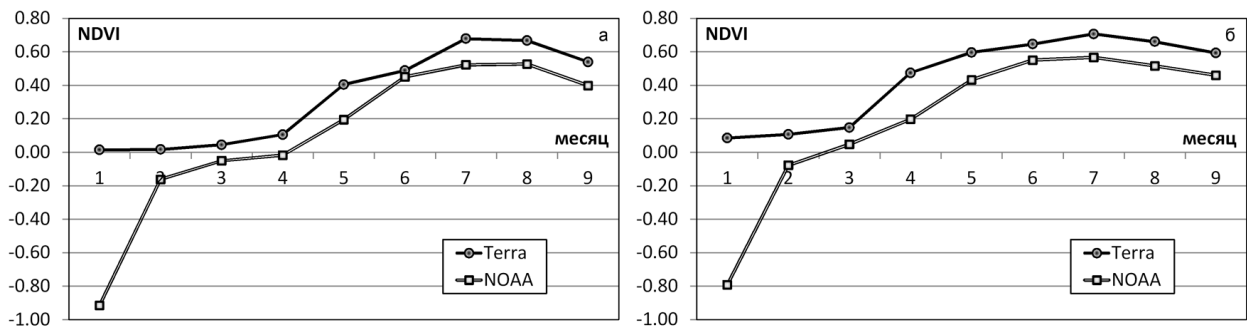


Рис. 2. Сравнение хода NDVI в Азиатской(а) и Европейской(б) частях России в январе-сентябре 2001 г. по данным спутников NOAA и Terra

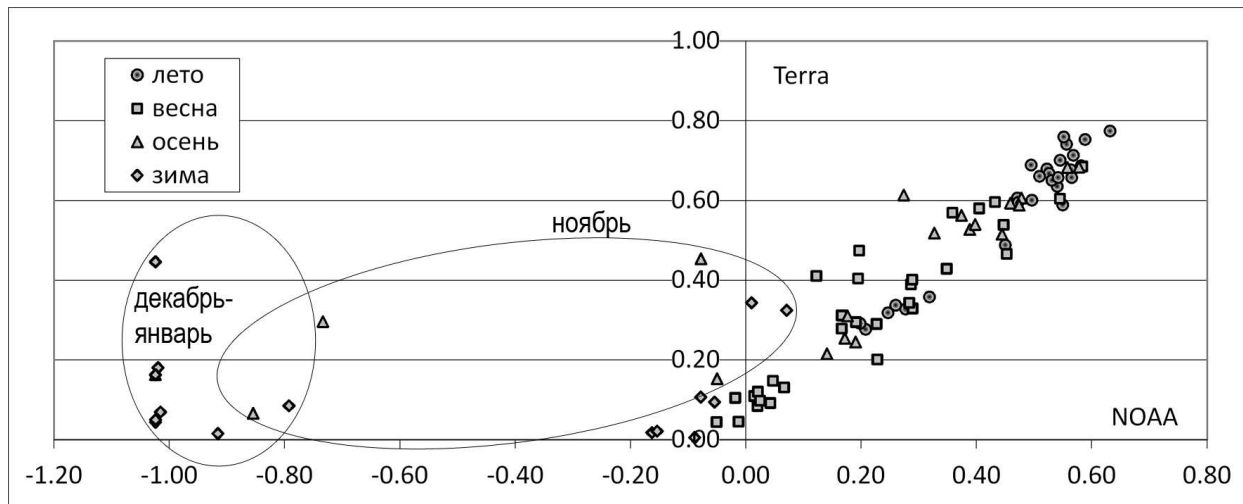


Рис. 3. Синхронные месячные измерения NDVI в Азиатской и Европейской частях России, Казахстане, Украине и Финляндии в 2000–2001 гг. по данным NOAA и Terra

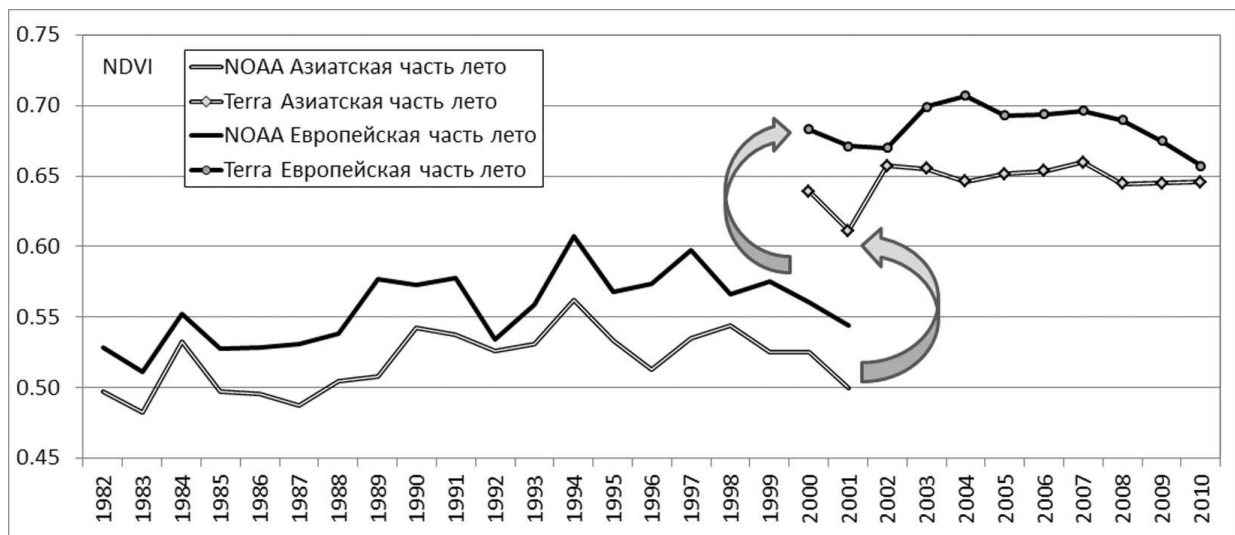


Рис. 4. Изменение NDVI в Азиатской и Европейской частях России в июне–августе 1982–2010 гг. по данным NOAA и Terra. Исходные данные. Стрелки показывают разность данных синхронных наблюдений NDVI NOAA и Terra в 2000–2001 гг.

Результаты

Скорректированные ряды вегетационного индекса для Азиатской и Европейской части России с 1982 по 2010 гг. показаны на рис. 5. Их анализ показал следующее:

1. Весь период наблюдений вегетационный индекс в Европейской части был выше чем в Азиатской в среднем на 0.123.
2. В обеих частях России вегетационный индекс вырос. В Азиатской части изменение средних значений NDVI на период 2002–2010 к 1982–1990 гг. составило +0.046, а в Европейской – +0.041 за тот же период.
3. В Европейской части в 2008–2010 гг. отмечено снижение вегетационного индекса, тогда как в Азиатской части в это же время продолжался рост NDVI.

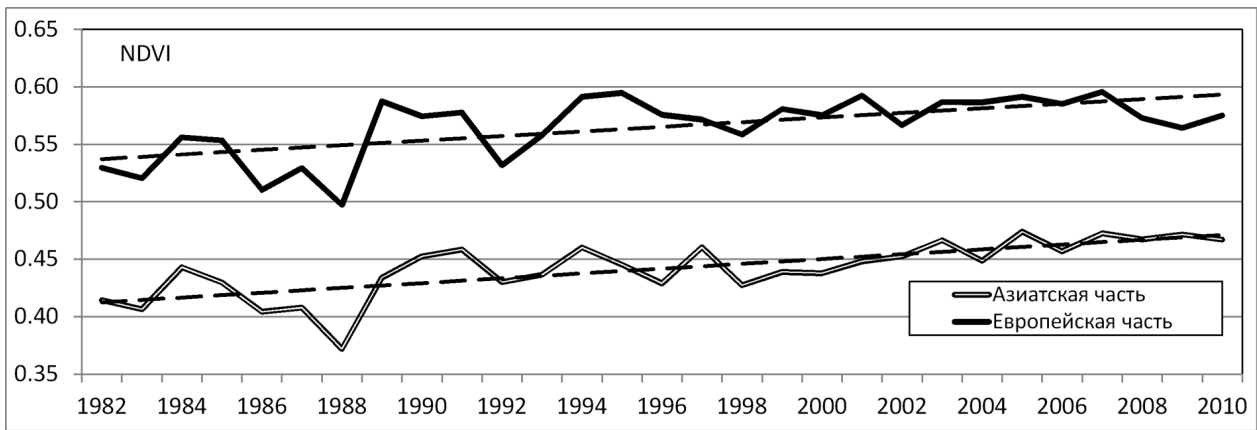


Рис. 5. Изменение NDVI в Азиатской и Европейской частях России в апреле-октябре 1982–2010 гг. по данным NOAA и Terra. Корректированные данные. Штриховые линии показывают линейные тренды

Скорректированные ряды вегетационного индекса для некоторых сопредельных с Россией государств с 1982 по 2010 гг. показаны на рис. 6. Их анализ показал, что изменение вегетационного индекса во всех рассмотренных странах (Казахстан, Украина, Финляндия) имеет схожий характер. В 80-х и начале 90-х во всех странах отмечается рост вегетационного индекса, к 2000 г. он выравнивается, а в последнее десятилетие (2001–2010 гг.) по сравнению к периоду 1991–2000 гг., отмечается снижение NDVI на величину около 0.02 для Казахстана и Украины, тогда как в Финляндии зафиксирован небольшой рост на 0.01.

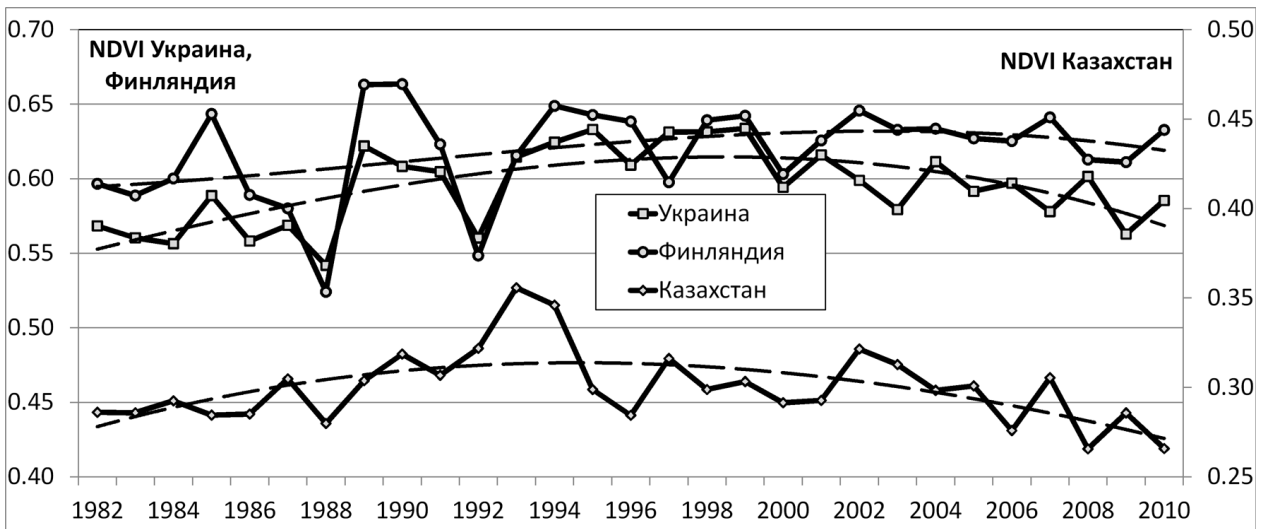


Рис. 6. Изменения NDVI в Казахстане, Украине и Финляндии в апреле-октябре 1982–2010 гг. по данным NOAA и Terra. Корректированные данные. Штриховые линии показывают полиномиальные тренды

На примере Архангельской области показано изменение вегетационного индекса в зависимости от температуры (рис. 7). Был выполнен совместный анализ среднемесячных значений температуры воздуха и NDVI в Архангельской области. В результате исследований было определено, что максимальный коэффициент корреляции между температурой воздуха и вегетационным индексом регистрируется для периода апрель-июнь и составляет 0.73.

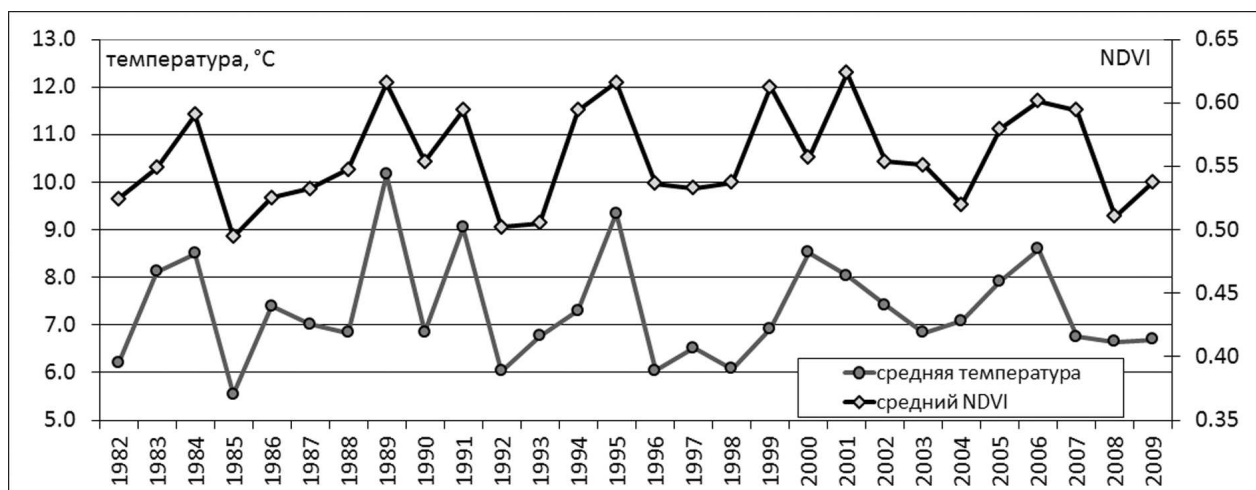


Рис. 7. Изменение NDVI и температуры воздуха в Архангельской области в апреле-июне 1982–2010 гг. по данным NOAA и Terra. Данные корректированы

Заключение

В результате анализа долговременных рядов вегетационного индекса можно сделать некоторые заключения:

1. В Азиатской и Европейской частях России за последние 30 лет отмечен рост NDVI, совпадающий по времени с ростом температуры атмосферного воздуха.
2. В Казахстане и Украине в последнее десятилетие зафиксировано снижение NDVI. По-видимому, климатические и социально-экономические процессы в этих странах ведут к снижению объема зелёной растительности.
3. Для приарктического региона (Архангельская область) выявлена зависимость NDVI от температуры воздуха (апрель-июнь). Для анализа долговременных изменений экосистем можно использовать NDVI вместо температуры воздуха. Коэффициент вариации NDVI составляет 7%, а температуры – 15% для Архангельской области.
4. В дальнейших исследованиях целесообразно использовать базы данных с более высоким пространственным разрешением. Требуется пересчет значений вегетационного индекса для спутников серии NOAA для компенсации влияния снежного покрова.

Литература

1. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). ГУ «НИЦ Планета», 2008. 90 с.
2. Acker J.G., Leptoukh G. Online Analysis Enhances Use of NASA Earth Science Data // Eos, Trans. AGU. 2007. Vol. 88. No. 2. P. 14.
3. James M.E., Kalluri S.N.V., The Pathfinder AVHRR land data set: An improved coarse resolution data set for terrestrial monitoring // *International Journal of Remote Sensing*. 1994. Vol. 15. No.17. P. 3347–3363.

Longterm NDVI series change in Russia and regions

A.A. Tronin , A.V. Kiselev

*Institution of Russian Academy of Sciences Saint-Petersburg Scientific-Research Centre for Ecological Safety RAS, 197110, Saint-Petersburg, Korpusnaya st, 18
E-mail: a.a.tronin@ecosafety-spb.edu*

Longterm observations indicate air temperature growth in Russia Ecosystems response on air temperature growth is the main aim of the research. Vegetation index NDVI was chosen as an indicator. NOAA and Terra NDVI 1 degree monthly databases were involved in processing. Annual and seasonal values of NDVI for European and Asian parts of Russia were compiled for 1982–2010 period. The same calculations were done for regions inside Russia. Research shows the growth of NDVI both Asian and European parts of Russia last 30 years. Correlation between seasonal air temperature and NDVI was demonstrated for Archangelsk oblast.

Keywords: NDVI, Climate change.