
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ NOAA-AVHRR ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

© 2011 г. М. А. Медведева*, И. Ю. Савин, С. А. Барталев, Е. А. Лупян

Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН, Москва

*E-mail: Evezza@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.08.2010 г.

Разработан метод выявления многолетней динамичности растительности на больших территориях, основанный на совместном использовании данных со спутников серии NOAA и метеорологической информации. Используя архив данных вегетационного индекса NDVI, рассчитанного по данным прибора AVHRR за период с 1982 по 2006 гг., проанализирована специфика многолетней динамики преобладающих классов растительного покрова Северной Евразии. Выделены регионы, характеризующиеся статистически значимым трендом состояния растительности. Проанализирована направленность наблюдаемых изменений растительности и их связь с региональными изменениями климата.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, многолетняя динамика растительности, NDVI, GIMMS

ВВЕДЕНИЕ

Растительный покров является динамичным образованием, многолетние изменения которого обусловлены как естественными процессами взросления самой растительности, так и воздействием на нее изменяющихся климатических условий, а также антропогенного воздействия. Все это обуславливает региональную специфику изменения растительности, изучению которой посвящено достаточно большое количество научных исследований (Вальтер, 1982; Казенс, 1982; Елагин, 1983). Большой интерес к анализу многолетних трендов изменения растительности вызван ее важной ролью в функционировании биосферы Земли, и соответственно необходимостью учета этих изменений при моделировании и построении сценариев многолетних изменений климата, гидросферы, педосферы, а также при планировании и прогнозировании хозяйственной активности на ближайшую и отдаленную перспективу. На базе результатов ряда проведенных работ получены свидетельства влияния изменений климата на различные факторы, в той или иной мере определяющие состояния растительности, в том числе: продолжительность вегетационного сезона, число и площадь природных пожаров, частоту вспышек массового размножения насекомых-вредителей в лесах, глубину сезонного оттаивания вечной мерзлоты и т.д. (Muneni et al., 1997; Bogaert et al., 2002; Balzter et al., 2005; Goetz et al., 2007). Наличие большого количества региональных исследований изменения растительного покрова, тем не менее, не позволяет получить обобщенную картину изменений на уровне отдельных континентов и планеты в

целом, особенно детерминированную по типам растительности.

Использование данных спутниковых наблюдений является одним из эффективных путей изучения трансформаций растительности на больших территориях. Следует отметить, что предложенные к настоящему времени алгоритмы анализа многолетней динамичности растительности по спутниковым данным базируются на существенно различающихся принципах и не обеспечивают получение согласованных между собой оценок (Reed, Brown, 2003; Maignan et al., 2007; Karlsen et al., 2008), что в свою очередь накладывает ограничения на возможности практического использования получаемых результатов.

В предлагаемой статье изложены новые подходы к анализу многолетней динамичности растительности, основанные на анализе изменений многолетней динамики растительности Северной Евразии и обусловленности этих изменений климатом, на основе данных спутниковых наблюдений.

Для оценки состояния растительности в работе используется информация, полученная на основе данных прибора AVHRR, установленного на спутниках серии NOAA. Сегодня для работы доступны ряды такой информации, начиная с 1981 г. Следует отметить, что для решения поставленной задачи могли бы быть использованы также данные, получаемые на основе приборов SPOT-Vegetation (имеются наблюдения начиная с марта 1998 г.) и Terra-MODIS (имеются наблюдения начиная с февраля 2000 г.). Качество этих данных, безусловно, выше

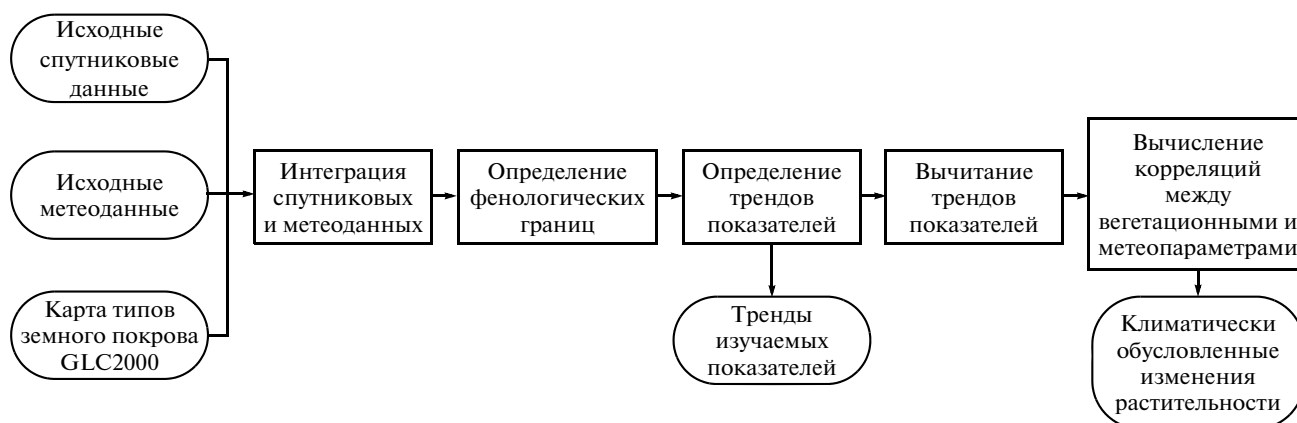


Рис. 1. Блок-схема очередности выполнения процедур для выявления климатически индуцированных тенденций в многолетней динамике растительного покрова.

качества данных NOAA-AVHRR, однако продолжительность имеющихся рядов их наблюдений существенно ниже продолжительности рядов наблюдений NOAA-AVHRR.

Для вычисления характеристик состояния растительности используются ряды данных NOAA-AVHRR за период с января 1982 г. по декабрь 2006 г. Специалистами университета Мериленд (США) была проведена работа по гомогенизации данных, полученных со всех спутников этой серии, и созданию единого однородного архива (GIMMS) (Tucker et al., 2005). Создание архива впервые позволило исследователям использовать для анализа спутниковые данные за столь большой промежуток времени (Pinzon et al., 2005; Karlsen et al., 2006; Shutova et al., 2006; Савин, Вриелинг, 2008). Архив GIMMS содержит информацию о вегетационном индексе NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный разностный вегетационный индекс), представленную с пространственным разрешением 8 км и с периодичностью раз в 15 дней.

Для анализа климатической информации использовались архивы климатических данных NCEP/NCAR (Национального центра прогнозирования окружающей среды и Национального центра атмосферных исследований США), охватывающие период 1949–2006 гг., заданные в узлах регулярной сети с пространственным шагом $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ при временной частоте 10 мин (Kalnay et al., 1996).

РАЗРАБОТАННЫЙ ПОДХОД

Основной идеей используемого подхода является поиск корреляции между динамикой вегетационного индекса, осредненного по различным территориям и типам экосистем, а также различными климатическими характеристиками, которые могут существенно влиять на состояние растительности, в частности, на характеризующие как фенологиче-

ское развитие растительности (начало, конец, длительность сезона вегетации и дата достижения максимума NDVI), так и специфику накопления биомассы в течение сезона вегетации (значение максимума NDVI и фотосинтетический потенциал). Фотосинтетический потенциал – сумма произведений NDVI и фотосинтетически активной радиации за вегетационный период.

Блок-схема очередности этапов предлагаемого подхода представлена на рис. 1.

В качестве отправной точки для вычисления индикаторов состояния растительности использовалась дата начала сезона вегетации. Для определения этой даты был разработан специальный метод, основанный на комплексном анализе согласованных временных рядов спутниковых и метеорологических данных (Медведева и др., 2008). В качестве начала вегетационного сезона принимается момент времени, после которого вегетационный индекс имеет устойчивый положительный прирост за два последовательных промежутка времени при условии выполнения следующей совокупности дополнительных условий:

– значение NDVI на левой границе рассматриваемого временного интервала превышает экспериментально полученное фиксированное пороговое значение $P_1^{ndvi} = 0.14$, условно соответствующее открытой почве (значение порога было получено путем осреднения во времени и пространстве значений многолетних серий NDVI на базе данных SPOT в наборе точек, где в течение года не было отмечено связанной с вегетацией динамики исследуемого индекса);

– значение NDVI на левой границе рассматриваемого временного интервала превышает пороговое значение P_2^{ndvi} , в качестве которого принимается величина вегетационного индекса, соответствующая, согласно уравнению линейной регрессии, переходу

агрегированной ниже описанным способом температуры воздуха через 0°C ;

– среднесуточная температура воздуха в день, соответствующий левой границе рассматриваемого временного интервала, и в течение четырех последующих должна превышать 0°C .

Перечень ограничений схематично представлен на рис. 2.

Метод определения окончания сезона вегетации был построен по аналогии с вышеописанным, в том числе и с применением дат начала и окончания сезона вегетации, вычислялись и другие, используемые для анализа динамичности растительности, индикаторы, такие как: длина вегетационного периода; фотосинтетический потенциал растительности; сезонный максимум значения NDVI; дата достижения сезонного максимума NDVI.

Таким образом, анализировались как показатели изменения фенологического развития растительности (даты начала и конца периода вегетации, дата достижения сезонного максимума NDVI, длина вегетационного сезона), так и показатели изменения наземной биомассы растительности (фотосинтетический потенциал растительности и значение сезонного максимума NDVI).

Этап пространственно-временной интеграции как необходимого условия обеспечения возможности совместного анализа спутниковых и метеорологических данных включал приведение этих двух источников к единому пространственному разрешению и одинаковой временной частоте наблюдений. В качестве единой пространственной единицы интеграции при этом использовались границы ячеек регулярной сети, принятые при формировании базы климатических данных ($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$), а в качестве источника данных о пространственном распределении классов растительности использовалась карта типов наземного покрова Северной Евразии, которая была получена из базы данных Глобального наземного покрова (GLC-2000), разработанной на основе анализа космических данных со спутника SPOT-Vegetation и отражающей состояние растительности на 2000 г. (Bartalev et al., 2003).

Решение проблемы разного пространственного разрешения спутниковых (GLC-2000, GIMMS) и метеорологических данных было осуществлено следующим образом.

Сначала для каждого типа растительности были отобраны пикселы GIMMS, в пределах которых доля пикселов GLC-2000 с анализируемым типом растительности превышает 75%. Далее для каждой ячейки метеорологических данных ($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$) рассчитывалось среднее значение NDVI для каждого анализируемого типа растительности. При этом ячейки метеоданных, в которых количество пикселов GIMMS, принадлежавших к анализируемому классу растительности, не превышало 10, в дальнейшем из анализа исключались.

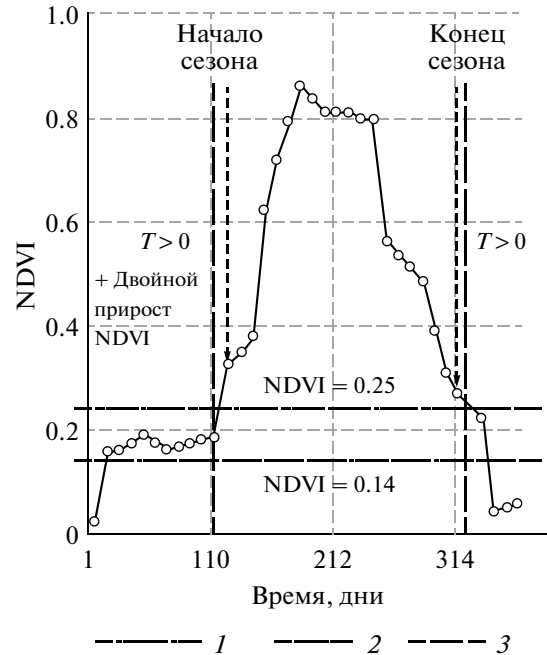


Рис. 2. Пороговые ограничения для оценки границ вегетационного периода на основе рядов NDVI и температуры: 1 – пороговое ограничение по открытой почве; 2 – адаптивное ограничение на значение NDVI, извлекаемое из уравнения регрессии в каждой ячейке; 3 – ограничение на положительные значения температур.

Так, для каждой ячейки $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ могло получаться несколько осредненных значений NDVI, соответствующих разным типам растительности.

Для согласования временной частоты спутниковых и метеорологических измерений температуры на первом этапе были получены среднесуточные значения последних с их дальнейшим сглаживанием методом скользящего осреднения временного ряда окном длиной 15 дней. Далее производился выбор максимального значения температуры за каждый пятнадцатидневный интервал. Для согласования временной частоты спутниковых наблюдений и данных об осадках были получены суммы последних за аналогичный период.

В качестве индикаторов изменений климата оценивалась динамичность таких показателей, как “средняя температура воздуха за вегетационный сезон” и “сумма осадков за вегетационный сезон” для каждого типа растительности.

Выявление долговременных климатически-индуцированных изменений растительного покрова проводилось в три этапа:

1. Определение многолетних статистически значимых трендов вегетационных и климатических показателей.

2. Вычитание из исходных временных рядов обоих типов данных трендов в местах их наличия как в

Характеристики исследуемых классов растительности Северной Евразии с выявленными изменениями

Класс растительного покрова	Площадь, км ²	Процент от общей площади территории исследований	Процент от общей площади класса, где выявлены тренды	Процент климатически обусловленных изменений	
				От общей площади класса	От всех выявленных изменений
Хвойные вечнозеленые леса	4785994	10.2	91.6	41.0	44.8
Лиственные леса	2627934	5.6	96.9	43.8	45.2
Смешанные леса	3066629	6.5	96.3	44.4	46.2
Хвойные листопадные леса	8032392	17.1	96.4	38.6	40.1
Луга	1367612	2.9	97.4	53.8	55.3
Степи	2640487	5.6	92.4	67.6	73.2
Болота	2136634	4.6	86.7	2.2	16.7
Тундра	8004894	17.1	95.5	40.4	42.4
С.-х. растительность	3678684	7.8	94.0	51.9	55.2

любом из вегетационных показателей, так и в одном из климатических.

3. Вычисление попарных статистически значимых корреляций нормализованных параметров динамики растительности и климатических параметров.

Для проверки статистической значимости тренда использовался критерий Стьюдента при условии достоверности 0.9 (Львовский, 1988). В качестве признака наличия связи использовался коэффициент корреляции Пирсона, при условии достоверности 0.9 по критерию Стьюдента.

Описанный выше подход был использован для анализа многолетней динамичности растительности на территории Северной Евразии. Территория ограничена географическими координатами 41.25°–73.75° с.ш., 23.75°–178.75° в.д., охватывает более трети всей площади Евразии и включает в себя Россию и соседние страны. Северная Евразия отличается широким охватом различных биоклиматических условий и представленностью разнообразных типов растительного покрова. Площади основных типов растительного покрова, представленных на территории исследований в соответствии с картой типов наземного покрова Северной Евразии, приведены в таблице, из которой следует, что в Северной Евразии преобладает лесная растительность, причем, наибольшую площадь занимают хвойные листопадные леса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ трендов в климатических показателях позволил выявить зоны, в которых за последние

25 лет наблюдались статистически значимые изменения в климатических параметрах, которые могут существенно влиять на процессы вегетации. Карта таких зон приведена на рис. 3. Для показателя средней температуры были зафиксированы увеличение значения в среднем на 2°C за 25 лет с обеих сторон границы России с Казахстаном, весь северо-восточный участок Китая и небольшой участок в районе р. Северная Двина и снижение – на севере Казахстана и на северо-западе от него на территории России порядка 1.7°C. Для осадков же на юге направления трендов противоположные относительно температурных, плюс участок с отрицательными трендами в районе Верхоянского хребта и с положительными – в Магаданской обл., на Чукотке и Камчатке. На территории с положительными трендами рост осадков в среднем составил 118 мм за 25 лет, а отрицательные – в среднем – 155 мм за 25 лет.

В результате анализа трендов различных характеристик растительного покрова было установлено, что на 97% территории Северной Евразии имеются статистически значимые тренды хотя бы для одного из индикаторов динамики растительности за период 1982–2006 гг. (см. рис. 4). Этот факт также хорошо иллюстрирует таблица, из которой, в частности, можно сделать заключение о наличии направленных изменений хотя бы одного из анализируемых показателей более чем на 90% площади каждого типа растительности. Лишь для класса болот доля площадей без статистически значимых трендов достигает почти 13%.

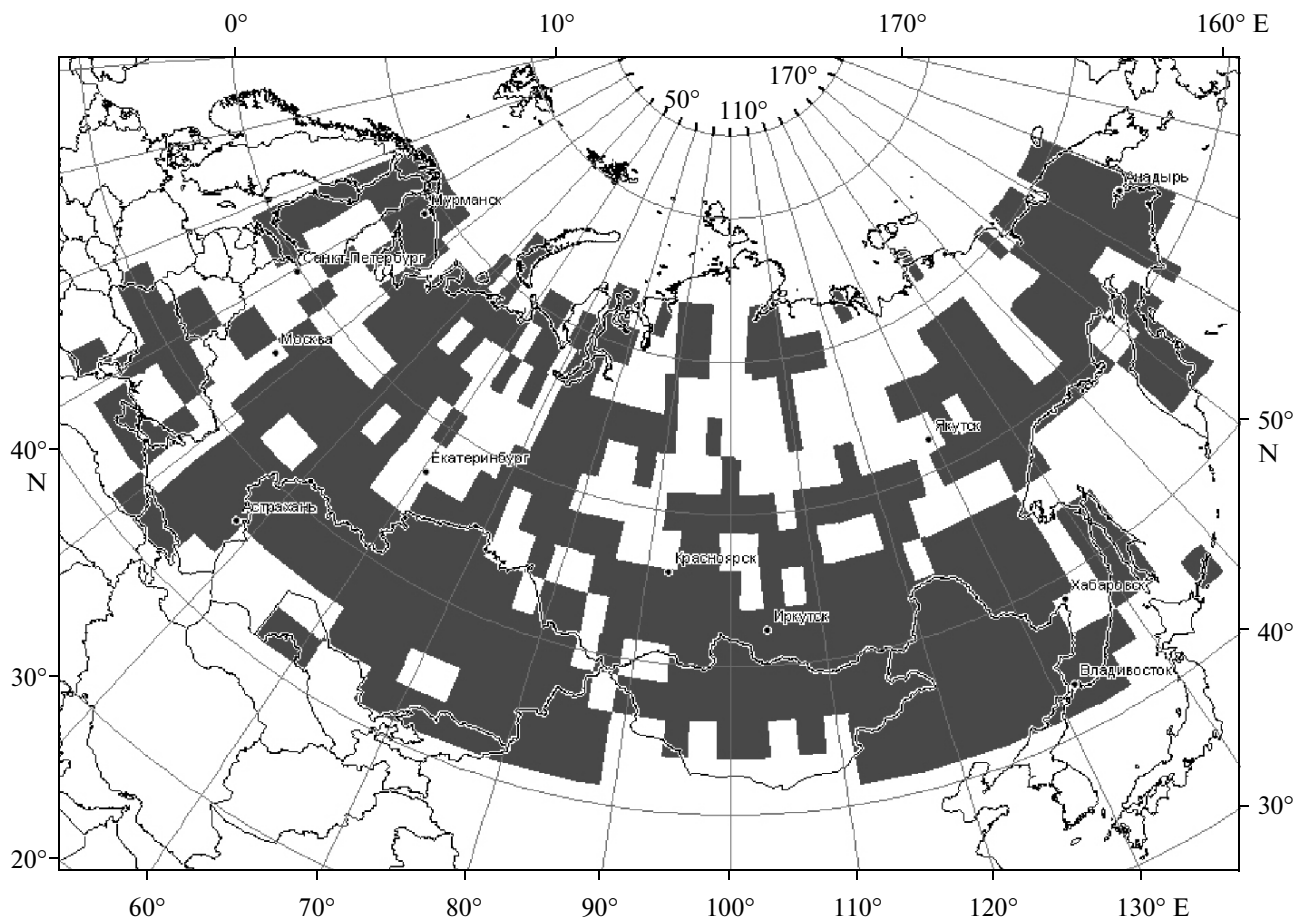


Рис. 3. Наличие трендов климатических параметров (отмечены черным цветом).

Были оценены направления и значения полученных трендов. Для различных типов растительности в разных регионах наблюдается различная динамика анализируемых индикаторов состояния растительности. Для большинства проанализированных типов растительности на всей территории Северной Евразии наблюдается задержка наступления момента окончания вегетации в среднем по территории на 18 дней за исследуемые 25 лет. Для начала сезона вегетации характерно более позднее наступление на востоке региона в среднем порядка 16 дней за 25 лет. По результатам анализа было установлено увеличение длительности сезона вегетации в среднем на 24 дня за 25 лет, происходящее в большей степени за счет более позднего его окончания. На рис. 5 представлен пример временного ряда значений длины вегетационного сезона с выявленным положительным трендом в Кировском районе.

Для территорий восточной части п-ова Камчатка и Казахской половины Прикаспийской низменности наблюдаются экстремальное запаздывание окончания (до 3.5 дней в год) и удлинение сезона вегетации (до 3.3 дней в год). На юго-восточном участ-

ке исследуемой территории достигаются аномальные задержки начала сезона вегетации на 2 дня в год. Но местами наблюдается и более раннее начало с аномалиями на юго-западе порядка 1.5 дня в год.

Для тренда показателя сезонный максимум NDVI характерно широтное распределение – на северных и местами южных участках наблюдается положительная динамика, для средней же полосы исследуемой территории – отрицательная.

Момент достижения сезонного максимума NDVI становится более ранним в районе Кавказа и на северо-восточной границе между Россией и Казахстаном в среднем на 23 дня за 25 лет с аномальными значениями на юго-западе порядка 1.5 дней в год. Дата сдвигается на более позднее время на небольших участках Дальнего Востока, между Индигиркой и Колымой, в районе Нижневартовска, в нижнем течении Нижней Тунгуски и в Монголии в среднем на 20 дней за 25 лет с аномалиями в восточной части границы РФ с Китаем порядка 1.8 дней в год.

Фотосинтетический потенциал растительности увеличивается в Европейской части Северной Евразии и вдоль всего течения р. Обь, захватывая

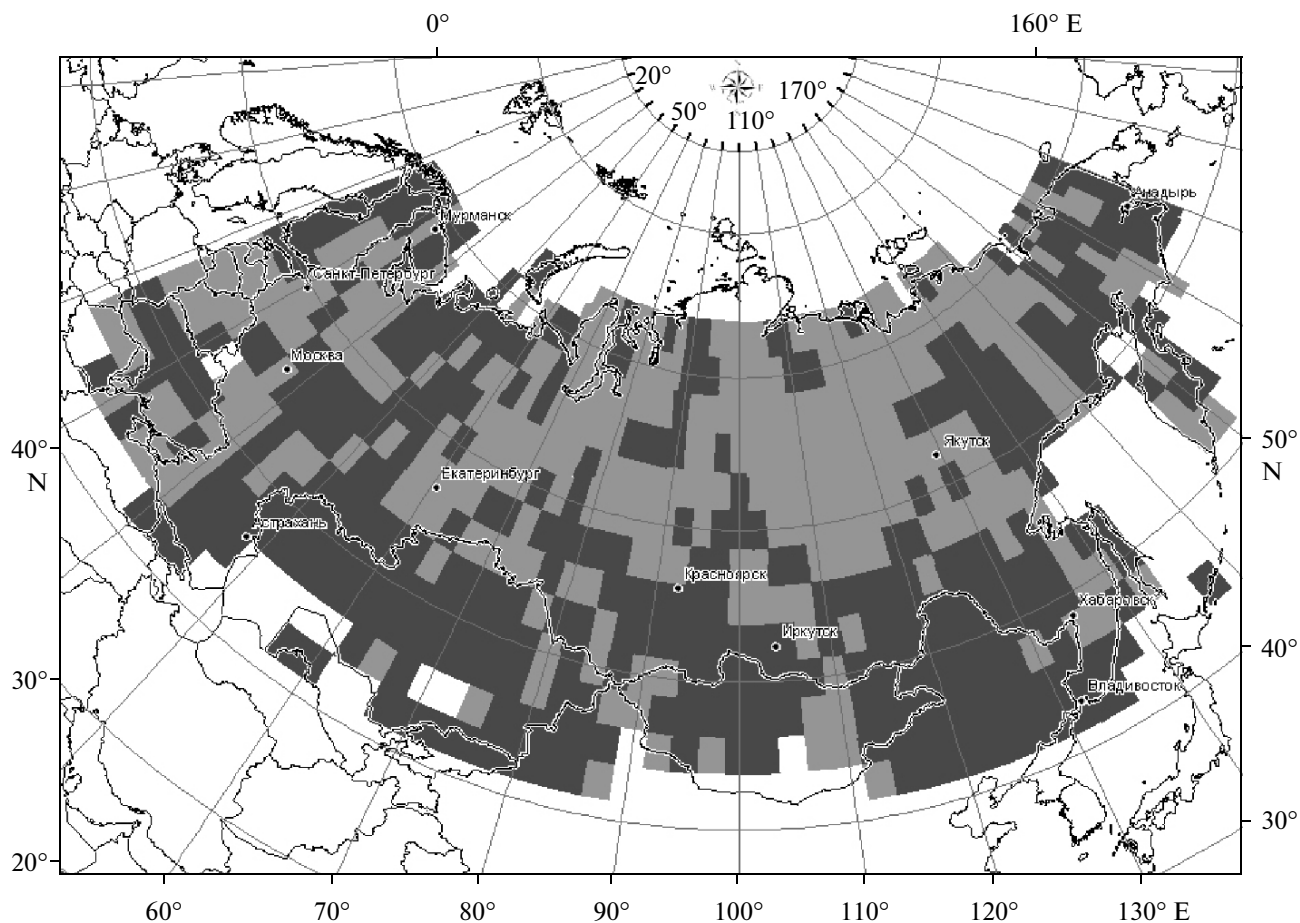


Рис. 4. Карта климатически обусловленных изменений растительного покрова. Черный – климатически обусловленные изменения растительности, серый – несвязанные с климатом изменения растительности.



Рис. 5. Пример временного ряда значений длины вегетационного сезона с выявленным положительным трендом в Кировском районе: I – временной ряд значений длины вегетационного сезона, Линейный (I) – линейный тренд ряда значений длины вегетационного сезона.

участок юго-восточной границы Казахстана и западную половину Монголии, а также северный участок Дальнего Востока, Алданского и Станового нагорий.

Для выявления зон, в которых изменения растительности могут быть связаны с изменением различных климатических параметров, был проведен корреляционный анализ между климатическими показателями и каждым из параметров динамичности растительности в местах наличия трендов – как первых, так и вторых. Из исходных данных вычитались выявленные тренды. Если хотя бы один из параметров состояния растительности обнаруживал статистически значимую корреляцию с климатическими показателями, то считалось, что изменения климата являются одной из значимых причин динамичности растительности. Подобный анализ был проведен для всех исследуемых параметров характеризующих динамику растительного покрова и для всех типов растительности региона исследований. Результаты анализа в обобщенном виде для всего растительного покрова региона исследований показаны на рис. 4.

Необходимо подчеркнуть, что в пределах регионов с климатически обусловленным изменением растительности наблюдаются также наиболее выраженные тренды климатических параметров. Так, на юге региона были определены наиболее значительные как положительные, так и отрицательные тренды показателей средней температуры воздуха по модулю до 0.2°C/год и суммы осадков — до 17 мм/год.

В таблице также представлены проценты выявленных климатически индуцированных трендов хотя бы одного из анализируемых индикаторов для разных типов растительного покрова от общей площади класса растительности и от всех выявленных изменений в регионе. По данным таблицы можно сделать предположение о климатической обусловленности около половины обнаруженных изменений почти для каждого типа растительного покрова. Несколько в большей степени выявленная динамика коррелирует с изменениями климата для степной растительности, и в несколько меньшей степени — для хвойных листопадных лесов и растительности тундры. Почти не наблюдается корреляция между динамикой изменения растительности и климатическими изменениями для болот.

В пределах регионов с климатически обусловленным изменением растительности наблюдаются также наиболее выраженные тренды и климатических параметров.

На основании полученных данных можно утверждать, что практически на половине территории Северной Евразии, покрытой естественной растительностью, ведущей причиной многолетней динамики растительности является изменение анализируемых метеорологических показателей. На остальной территории выявленные изменения растительности, вероятно, могли быть вызваны вырубками, повреждениями растительности насекомыми-вредителями, пожарами, подтоплениями, воздействием промышленных предприятий на растительность, ведением активного животноводства, земледелия, добычи полезных ископаемых или изменением климата в годы предыдущие наблюдаемым.

В заключение следует отметить, что предложенный подход выявления влияния региональных климатических изменений на различные параметры растительного покрова позволяет анализировать многолетнюю динамику растительности на больших территориях. На наш взгляд, данный метод не имеет пространственных ограничений и может быть применен для изучения различных регионов Земли.

Работа выполнена при поддержке проекта CLIVT (Climate Induced Vegetation Change Analysis Tool) и при поддержке Microsoft Research (Барталев и др., 2008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барталев С.А., Жижин М.Н., Лупян Е.А., Матвеев М.Ю., Матвеев А.М., Медведева М.А., Савин И.Ю., Толпин В.А.* Возможности исследований влияния изменений климата на состояние растительного покрова: концепция проекта CLIVT // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов / Под. ред. Н.П. Лаврова, Е.А. Лупяна, О.Ю. Лавровой. Вып. 5. Т. 2. М.: Азбука-2000, 2008. С. 272–278.
- Вальтер Г.* Общая геоботаника: Пер. с нем. М.: Мир, 1982. 264 с.
- Елагин И.Н.* Дистанционная фенология. Новосибирск: Наука, 1983. 208 с.
- Казенс Дж.* Введение в лесную экологию: Пер. с англ. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 144 с.
- Львовский Б.Н.* Статистические методы построения эмпирических формул. М.: Высш. шк., 1988. 239 с.
- Медведева М.А., Барталев С.А., Лупян Е.А., Савин И.Ю., Матвеев А.М., Толпин В.А., Пойда А.А.* Возможности оценки момента наступления вегетационного сезона на основе спутниковых и метеорологических данных // Современные проблемы дистанц. зондир. Земли из космоса. 2008. Т. 2. С. 313–321.
- Савин И.Ю., Вриелинг А.* Анализ динамики сельскохозяйственной растительности в России на основе данных NOAA AVHRR // Исслед. Земли из космоса. 2008. № 5. С. 74–82.
- Balzer H., Gerard F.F., George C.T., Rowland C.S., Jupp T.E., McCallum I., Shvidenko A., Nilsson S., Sukhinin A., Onuchin A., Schmullius C.* Impact of the Arctic Oscillation pattern on inter-annual forest fire variability in Central Siberia // Geophys. Res. Lett. 2005. № 32. P. 1–4.
- Bartalev S.A., Belward A.S., Erchov D.V., Isaev A.S.* A new SPOT4-VEGETATION derived land cover map of Northern Eurasia // Int. J. Rem. Sens. 2003. V. 24. № 9. P. 1977–1982.
- Bogaert J., Zhou L., Tucker C.J., Myneni R.B., Ceulemans R.* Evidence for a persistent and extensive greening trend in Eurasia inferred from satellite vegetation index data // J. Geophys. Res. 2002. 107:10.1029/2001JD001075.
- Goetz S.J., Mack M.C., Gurney K.R., Randerson J.T., Houghton R.A.* Ecosystem responses to recent climate change and fire disturbance at northern high latitudes: observations and model results contrasting northern Eurasia and North America // Envir. Res. Lett. 2007. V. 4. № 4. P. 045031.
- Kalnay E, et al.* The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // Bull. Am. Meteorol. Soc. 1996. V. 77. P. 437–471. (<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/>).
- Karlsen S.R. et al.* MODIS-NDVI-based mapping of the length of the growing season in northern Fennoscandia // Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinform. 2008. V. 10. P. 253–266.
- Karlsen S.R., Elvebakk A, Hogda K.A., Johansen B.* Satellite based mapping of the growing season and bioclimatic zones in Fennoscandia // Global Ecol. Biogeogr. 2006. V. 15. P. 1–15.
- Maignan F., Breon F.-M., Bacour C., Demarty J., Poirson A.* Inter-annual vegetation phenology estimates from global AVHRR measurements. Comparison with in situ data and applications // Rem. Sens. Env. 2007. V. 112. № 2. P. 496–505.

Myneni R.B., Keeling C.D., Tucker C.J., Asrar G., Nemani R.R. Increase plant growth in the northern high latitudes from 1981–1991 // *Nature*. 1997. № 386. P. 698–702.

Pinzon J., Brown M.E., Tucker C.J. Satellite time series correction of orbital drift artifacts using empirical mode decomposition // *Hilbert–Huang Transform: Introduct. and Appl.* 2005. P. 167–186.

Reed B., Brown J. Issues in characterizing phenology from satellite observations // *Use of earth observ. data for phenolog. Monitor*. 2003. V. EUR 20675 EN. P. 23–26.

Shutova E., Wielgolaski F.E., Karlsen S.R., Makarova O., Berlinina N., Filimonova T., Haraldsson E., Aspholm P.E., Flo L., Hogda K.A. Growing seasons in nordic mountain birch in northernmost Europe as indicated by long-term field studies and analyses of satellite images // *Int J. Biometeorol.* 2006. № 51. P. 155–166.

Tucker C.J., Pinzon J.E., Brown M.E., Slayback D., Pak E.W., Mahoney R., Vermote E., El Saleous N. An Extended AVHRR 8-km NDVI Data Set Compatible with MODIS and SPOT Vegetation NDVI Data // *Int. J. Rem. Sens.* 2005. V. 26. № 20. P. 4485–5598.

Usage of NOAA-AVHRR Data for Detection of Vegetation Dynamics in Northern Eurasia

M. A. Medvedeva, I. Yu. Savin, S. A. Bartalev, E. A. Lupyán

Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow

The method of long-term vegetation dynamics detection in vast territories based on data of NOAA-AVHRR satellites series and the meteorological information was developed. The dynamics features of Northern Eurasia vegetation prevailing classes were analyzed using the time series of spectral vegetative index NDVI of NOAA-AVHRR device data set (data set GIMMS) derived from the satellite observations results for the 1982–2006 period. The regions with long-term trends of vegetation dynamics were delineated. The direction of vegetation changes and their correlation with climate change were analyzed.

Keywords: Remote sensing, climate change, vegetation dynamics, NDVI, GIMMS