

О связи многолетней динамики растительности северо-восточной Евразии с солнечной активностью

И.Ю. Савин, С.А. Баргалева, Е.А. Лупян, М.А. Медведева

Институт космических исследований РАН

117997 Москва, Профсоюзная, 84/32

E-mail: savin@smis.iki.rssi.ru

Специфика и география многолетней динамики основных типов растительности северо-восточной Евразии была выявлена на основе анализа информации архива GIMMS, построенного по данным NOAA AVHRR для периода с 1981 по 2006 год. В качестве параметров динамики растительности использовались дата начала и конца сезона вегетации, продолжительность сезона вегетации, дата сезонного максимального значения NDVI, величина сезонного максимума NDVI, а также сезонный фотосинтетический потенциал растительности. Анализ корреляции параметров динамики растительности с площадью солнечных пятен, осредненных для вегетационного сезона, показал, что статистически значимая корреляция обнаруживается для всех основных типов растительности северо-восточной Евразии. Для каждого типа растительности выявляется своя специфика пространственного варьирования величины и знака коэффициента корреляции. Сделаны предположения о вероятности прямого или опосредованного (через изменение климата) воздействия флуктуаций солнечной активности на многолетнюю динамику растительности.

Ключевые слова: динамика растительности, солнечная активность, NDVI, NOAA AVHRR.

Введение

В своих работах А.Л. Чижевский неоднократно указывал на то, что влияние Солнца на земные процессы многогранно, и что под воздействием его влияния многие земные процессы изменяют свое «обычное» поведение [1]. В результате исследований последних лет [2-6] было установлено, что потоки космических лучей солнечного происхождения могут оказывать воздействие на состояние облачности или прозрачности атмосферы, а также на атмосферное давление. Это может приводить к изменениям в циркуляции атмосферы и, соответственно, к пространственному и временному перераспределению количества осадков и температуры воздуха, что может оказывать влияния на рост и развитие растений. Солнце может воздействовать на растения и через другие механизмы. Так, изменение магнитного поля Земли под воздействием флуктуаций солнечной активности может оказывать воздействие непосредственно на клетки растений путем изменения проницаемости клеточных мембран и, соответственно, скорости обменных процессов [7-9]. Таким образом, флуктуации солнечной активности теоретически могут оказывать воздействие на рост растений, что может выражаться в наличии корреляции между параметрами роста растений и солнечными пятнами.

Работы, демонстрирующие связь 11-летних циклов солнечной активности с толщиной годовых колец деревьев [10], или же с урожайностью сельскохозяйственных культур [11], дают основание предположить, что реакция различных типов растительного покрова на флуктуации солнечной активности в разных регионах может иметь свою специфику.

Целью наших исследований было оценить наличие, уровень и географические особенности корреляционных связей между площадью солнечных пятен (ПСП) и многолетней динамикой растительности на примере северо-восточной Евразии.

Работа выполнена в рамках проекта CLIVT (Climate Induced Vegetation Change Analysis Tool) при поддержке корпорации Microsoft.

Объекты и методы

Территория исследований охватывает северо-восточную часть Евразии (23,75°-178,75°ВД и 41,25°-73,75°СШ) (рис.1) и характеризуется разнообразным растительным покровом: от пустынной растительности на юге до тундровой на севере региона.



Рис. 1. Территория исследований (серый цвет)

В качестве источника информации о географии растительности использовалась база данных GLC-2000 [12]. Она была создана на основе данных, полученных со спутника SPOT-VEGETATION в 2000 году с пространственным разрешением 1 км. Площади разных классов растительного покрова в пределах региона исследований, подсчитанные на основе информации этой базы данных, представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Площади классов растительного покрова на территории исследований

<i>Класс растительного покрова</i>	<i>Площадь (тыс.км²)</i>	<i>Процент от общей площади территории исследований</i>
Хвойные вечнозеленые леса	4785994	10,2
Лиственные леса	2627934	5,6
Смешанные леса	3066629	6,5
Хвойные листопадные леса	8032392	17,1
Луга	1367612	2,9
Степи	2640487	5,6
Болота	2136634	4,6
Тундра	8004894	17,1

Динамика наиболее распространенных классов растительного покрова анализировалась с использованием полученных за период с 1981 по 2006 годы данных радиометра AVHRR со спутников серии NOAA (архив данных GIMMS) [13]. Архив содержит данные о многолетней динамике значений вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [14], отражающем долю поглощенной наблюдаемой поверхностью фотосинтетически активной радиации и характеризующем такие параметры растительного покрова, как объем зеленой биомассы, индекс листовой поверхности и содержание хлорофилла. Указанные данные имеют пространственное разрешение 8 км и получают с периодичностью 15 дней.

Для оценки динамики классов растительности использовались следующие параметры, определяемые по данным GIMMS: 1) дата начала сезона вегетации; 2) дата окончания сезона вегетации; 3) продолжительность сезона вегетации; 4) дата сезонного максимума NDVI; 5)

величина сезонного максимума NDVI; 6) фотосинтетический потенциал растительности (сумма значений NDVI*PAR (PAR - фотосинтетически активная радиация) за сезон вегетации. Первые четыре параметра описывают фенологические изменения растительности, а последние два – характеризуют потенциальные изменения в накоплении биомассы. Для нахождения границ сезона вегетации применялся метод, использующий совместно спутниковые и метеорологические данные [15].

В качестве индикатора солнечной активности использовались средние для сезона вегетации растительности значения ПСП, исходные данные для вычисления которых были собраны Королевской гринвичской обсерваторией и получены нами с веб-сайта <http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch.shtml>.

Анализировалась также зависимость параметров динамики растительности от изменений климата, на основе чего оценивалась возможность влияния на нее солнечной активности через климат. Как источник климатических данных использовались архивы, сформированные Национальным центром прогнозирования окружающей среды (NCEP) и Национальным центром атмосферных исследований (NCAR) США за период 1949-2006 годов, заданные в узлах регулярной сети с пространственным шагом 2.5°x2.5° при временной частоте 6 часов. В качестве климатических индикаторов использовались такие параметры как сумма осадков за сезон вегетации и за период между сезонами вегетации, а также средняя температура воздуха за эти же два периода.

Возможность совместного анализа различных видов данных обеспечивалась их пространственно-временной интеграцией. В качестве пространственной основы интеграции данных разнородных наблюдений использовались ячейки регулярной сети (2.5°x2.5°), для каждой из которых были вычислены средние по классам показатели динамики растительного покрова, а также интегрированные с учетом границ вегетационного сезона индикаторы климата и солнечной активности.

В качестве критерия наличия связи использовался коэффициент корреляции Пирсона, при условии достоверности 0,9 по критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Статистически значимая корреляция между параметрами динамики растительного покрова и ПСП обнаруживается для всех наиболее распространенных на территории исследований классов растительности. Доля территории различных классов растительности, где выявлена статистически значимая корреляция между ПСП хотя бы с одним из проанализированных параметров динамики растительности, показана в Таблице 2.

Таблица 2. Статистически значимая корреляция между ПСП и параметрами динамики растительности

<i>Класс растительного покрова</i>	<i>Процент от общей площади класса с наличием корреляции с ПСП</i>	<i>Разброс величин коэффициента корреляции</i>
хвойные вечнозеленые леса	59,6	от -0.61 до +0.52
лиственные леса	68,0	от -0.70 до +0.61
смешанные леса	51,9	от -0.55 до +0.48
хвойные листопадные леса	64,1	от -0.77 до +0.71
луга	61,5	от -0.62 до +0.47
сухие степи	71,4	от -0.59 до +0.53
болота	82,2	от -0.67 до +0.53
тундра	57,9	от -0.84 до +0.69

Каждый класс имеет свою специфику степени выраженности этой зависимости и ее географии. Практически для всех параметров и классов растительности можно обнаружить

отдельные пиксели со статистически значимой корреляцией. Для выделения наиболее выраженных зависимостей нами учитывались лишь случаи, когда пиксели со значимой корреляцией агрегировались в компактные группы.

В тундровой зоне наиболее выражена зависимость между площадью Солнечных пятен (ПСП) и такими параметрами, как конец сезона вегетации, максимальное значение NDVI и фотосинтетический потенциал. Отрицательная корреляция с максимальным значением NDVI (Ккор до -0.51) и с концом вегетационного сезона (Ккор до -0.43) выявляется для Притаймырских тундр. Положительная корреляция с ПСП отмечается для фотосинтетического потенциала для Кольского полуострова (Ккор до +0.52) и низовой Яны и Индигирки (Ккор до +0.52). Таким образом, в тундровой зоне ПСП в большей степени коррелирует с динамикой накопления биомассы, чем с изменениями в фенологии растительности, что может служить основанием для предположения о наличии прямого воздействия флуктуаций Солнечной активности на растительность этой зоны. Хотя проявление данной зависимости проявляется лишь в отдельных местах, а не повсеместно.

В ареале лиственничных лесов выявляется отрицательная зависимость между ПСП и началом сезона вегетации в бассейне Колымы (Ккор до -0.57), а также с днем достижения максимума NDVI (Ккор до -0.51) и с фотосинтетическим потенциалом (Ккор до +0.56) в этом же регионе (рис. 2). Положительная корреляция также отмечается между ПСП и фотосинтетическим потенциалом в западной части ареала распространения лиственницы (запад Восточной Сибири) (Ккор до +0.56). Учитывая взаимосвязи между индикаторами динамичности растительности, можно заключить, что в зоне распространения лиственницы выявляется зависимость изменений фенологического развития растительности (с соответствующими изменениями в накоплении биомассы) в районе Колымы. При этом нельзя исключить наличие как прямого, так и косвенного влияния флуктуаций Солнечной активности на развитие растительности. Корреляция же между ПСП и фотосинтетическим потенциалом на западе Восточной Сибири скорее всего не связана с косвенным влиянием изменений Солнечной активности, так как фенологические параметры растительности не коррелируют с ПСП.

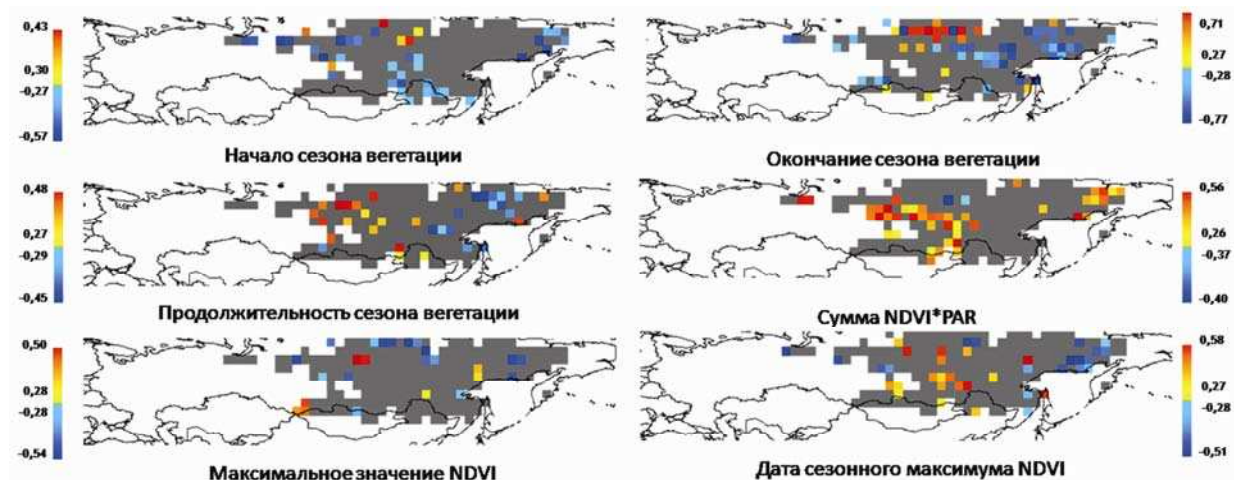


Рис. 2. Значение статистически значимого коэффициента корреляции между параметрами динамики хвойных листопадных лесов и площадью солнечных пятен

В зоне вечнозеленых хвойных лесов наблюдается статистически значимая корреляция ПСП с началом, продолжительностью сезона вегетации, с днем достижения максимума NDVI, а также с фотосинтетическим потенциалом растительности. Так, для Беларуси и прилегающих областей России, Украины и восточно-европейских стран, отмечается отрицательная корреляция между ПСП и началом вегетационного сезона (Ккор до -0.60) и, соответственно, между ПСП и

продолжительностью сезона (Ккор до +0.42) и между ПСП и фотосинтетическим потенциалом (Ккор до +0.52). Кроме того, отмечается хорошая отрицательная корреляция между ПСП и днем достижения максимума NDVI для Западной Сибири (Ккор до -0.61), а также положительная корреляция между ПСП и фотосинтетическим потенциалом для запада Восточной Сибири (Ккор до +0.52). В случае с Беларусью можно предположить как прямое, так и косвенное влияние флуктуаций Солнечной активности на развитие растительности, в то время как на западе Восточной Сибири – роль прямого влияния выглядит более предпочтительно.

В пределах ареала лиственных лесов выделяются три четкие зоны выраженности корреляции ПСП с параметрами динамичности растительности. На западе Европейской части России и на Дальнем Востоке обнаруживается отрицательная корреляция ПСП с датой начала вегетационного сезона (Ккор до -0.63), и положительная корреляция с продолжительностью вегетационного сезона (Ккор до +0.46) и с фотосинтетической активностью растительности (Ккор до + 0.46). Обратная картина наблюдается в северной части ареала лиственных лесов на Европейской части России. Здесь корреляция между ПСП и датой начала вегетационного сезона положительна (Ккор до +0.33), а между ПСП и продолжительностью сезона вегетации и фотосинтетическим потенциалом – отрицательная (Ккор, соответственно, до -0.45 и до -0.60). Таким образом, вероятность косвенного влияния флуктуаций Солнечной активности на растительность рассматриваемой зоны потенциально выше, чем прямого влияния.

Смешанные леса и луга имеют достаточно ограниченное распространение на территории исследований, что не позволяет выявить каких-либо устойчивых закономерностей для этих классов растительности. Можно лишь отметить, что для всех параметров динамичности растительности выявляется хотя бы по одному пикселю, где присутствует статистически значимая корреляция с ПСП.

В сухостепной зоне корреляция наблюдается почти для всех параметров динамичности растительности. Большая концентрация пикселей с положительной корреляцией между ПСП и днем начала сезона вегетации отмечается для территории Монголии (Ккор до +0.48). На юге России ПСП коррелирует с датой окончания сезона вегетации (Ккор до -0.50). Достаточно выраженная корреляция наблюдается между ПСП и днем достижения максимума NDVI на территории Монголии и прилегающих районов Китая (Ккор до -0.65). Также хорошая корреляция обнаруживается между ПСП и максимальным сезонным значением NDVI для Монголии (Ккор до -0.53) и юга России и Казахстана (Ккор до +0.48). Фотосинтетический потенциал растительности также коррелирует с ПСП на территории Монголии (Ккор до -0.54). Данные результаты позволяют предположить наличие как прямого, так и опосредованного влияния флуктуаций Солнечной активности на растительность этой зоны.

Болотная растительность имеет также достаточно ограниченное распространение на территории исследований. Для всех параметров динамичности растительности здесь также выявляется хотя бы по одному пикселю, где присутствует статистически значимая корреляция с ПСП. Наиболее четко выявляется отрицательная корреляция ПСП с датой достижения сезонного максимума NDVI. Величина Ккор между этими параметрами в Западной Сибири достигает -0.67.

Судя по размаху значений установленных коэффициентов корреляции между ПСП и отдельными параметрами динамичности растительности для отдельных пикселей наиболее контрастная ситуация наблюдается для ареалов с преобладанием лиственных лесов (разброс от -0.77 до +0.71), а наименее контрастная – для пикселей смешанных лесов (от -0.55 до +0.48).

Рассмотрим полученные результаты с точки зрения проанализированных параметров динамичности растительности.

Дата начала сезона вегетации. (корреляция устанавливалась с ПСП, просуммированных с конца предыдущего сезона вегетации до начала текущего сезона). Оказалось, что выраженные регионы значимой корреляции ПСП с рассматриваемым параметром практически отсутствуют в тундровой зоне и зоне смешанных лесов. В лесной зоне выделяется ряд регионов с отрицательной корреляцией, причем расположены эти регионы в большинстве случаев на западной или на

восточной границах ареалов соответствующего класса растительности в пределах региона исследований. Положительная корреляция наблюдается лишь для сухостепных районов Монголии, лугов предгорий Тянь-Шаня и у северной границы ареала лиственных лесов на Европейской части России. Наиболее высокие отрицательные коэффициенты корреляции наблюдаются для ареалов вечнозеленых хвойных лесов (до -0.74), а наиболее высокие положительные – для отдельных пикселей в сухостепной и тундровой зонах (до +0.49).

Дата конца сезона вегетации. Выраженные регионы значимой корреляции этого параметра с ПСП практически не выделяются в ареалах с преобладанием вечнозеленых хвойных и лиственных лесов, а также лугов. Для каждого другого класса растительности выделяется по одному региону. Общей закономерностью является преобладание отрицательных значений коэффициента корреляции для всех классов растительности. Наиболее высокие отрицательные коэффициенты корреляции наблюдаются для отдельных пикселей в ареалах лиственных лесов (до -0.77). В этой же зоне отмечаются и пиксели с наиболее высокими положительными значениями коэффициента корреляции (до +0.71).

Продолжительность сезона вегетации. Из всех проанализированных классов растительности регионы со значимой корреляцией этого параметра с ПСП выделяются лишь в ареалах вечнозеленых хвойных лесов и лиственных лесов. Причем преобладают регионы с положительной корреляцией. Наиболее высокие отрицательные коэффициенты корреляции наблюдаются для отдельных пикселей в сухостепной зоне (до -0.59). В этой же зоне отмечаются и пиксели с наиболее высокими положительными значениями коэффициента корреляции (до +0.53).

День наступления сезонного максимума NDVI. Данный параметр коррелирует с ПСП в пределах ареалов хвойных лесов (вечнозеленых и лиственных), в сухостепной зоне, а также в ареалах болотной растительности. При этом во всех случаях преобладает отрицательная корреляция. Наиболее высокие отрицательные коэффициенты корреляции наблюдаются для отдельных пикселей в зоне болот и сухостепной зоне (до -0.67), а наиболее высокие положительные – для отдельных пикселей в ареале лиственных лесов (до +0.58).

Величина сезонного максимума NDVI. Регионы со значимой корреляцией не выявляются в ареалах с преобладанием лесной растительности и максимально выражены в сухостепной зоне. При этом отмечается присутствие регионов как с положительной, так и с отрицательной корреляцией. Наиболее высокие отрицательные коэффициенты корреляции наблюдаются для отдельных пикселей в ареале лиственных лесов (до -0.54), а наиболее высокие положительные – для отдельных пикселей в тундровой зоне (до +0.65).

Фотосинтетический потенциал растительности. Регионы со значимой корреляцией выделяются для всех проанализированных классов растительности. При этом, для тундр и хвойных лесов корреляция – положительна, а для сухостепной и полупустынной зоны – отрицательная. В ареале лиственных лесов выделяются регионы как с положительной, так и с отрицательной корреляцией. Наиболее высокие отрицательные коэффициенты корреляции наблюдаются для отдельных пикселей в ареале лиственных лесов (до -0.60), а наиболее высокие положительные – для отдельных пикселей в ареале лиственных лесов (до +0.56).

Судя по размаху значений установленных коэффициентов корреляции между ПСП и отдельными параметрами динамичности растительности для отдельных пикселей наиболее контрастная ситуация наблюдается для параметра «день конца сезона вегетации» (разброс Ккор от -0.77 до +0.71), а наименее контрастная – для параметра «продолжительность сезона вегетации» (от -0.59 до +0.53).

Как уже указывалось выше, флуктуации Солнечной активности теоретически могут оказывать как прямое, так и опосредованное воздействие на растительность через изменение метеорологических условий. Фенологическое развитие растений, как известно, в основном предопределяется метеорологическими условиями (температурными и условиями увлажнения). Поэтому вероятность прямого воздействия Солнечной активности на параметры, характеризующие фенологические аспекты динамичности растительности, достаточно мала.

Параметры, описывающие накопление растительной биомассы, теоретически могут испытывать как прямое, так и опосредованное (через изменение метеорологических условий), воздействие. Поэтому, для выявления регионов с высокой вероятностью прямого воздействия флуктуаций Солнечной активности на растительность, была проанализирована корреляция таких параметров, как величина сезонного максимума NDVI и фотосинтетический потенциал растительности, с метеорологическими параметрами (сумма осадков и средняя температура воздуха за сезон вегетации). При наличии статистически значимой корреляции этих параметров с ПСП и, одновременно, при отсутствии корреляции с метеорологическими параметрами, считалось, что вероятность прямого влияния флуктуаций Солнечной активности высока, в противном случае считалось, что вероятность – мала. При этом также учитывалась и возможная зависимость параметра «фотосинтетический потенциал» от параметра «продолжительность сезона вегетации». Результаты анализа представлены на рисунке 3.

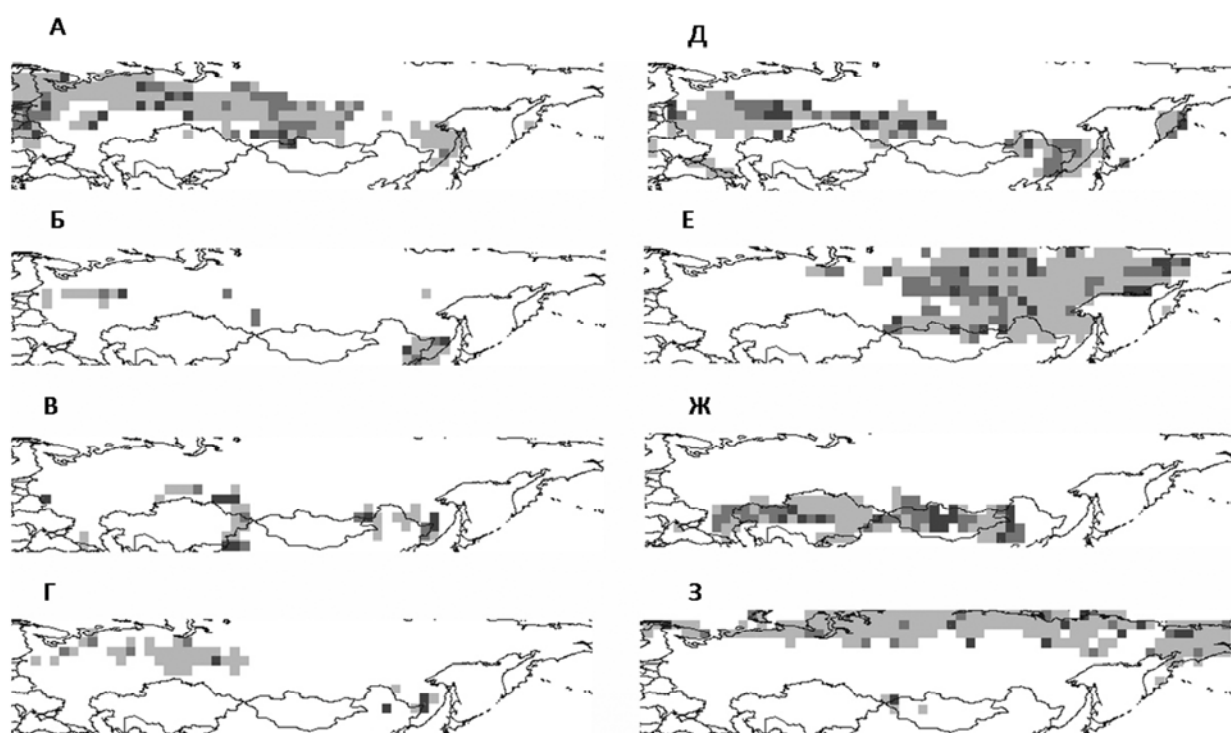


Рис. 3. Регионы с высокой вероятностью прямого воздействия флуктуаций Солнечной активности на растительность (темно-серый цвет – высокая вероятность прямого влияния; серый цвет – опосредованное через климат влияние; светло-серый цвет – занимаемая классом растительности территория). Буквами обозначены: А - хвойные вечнозеленые леса; Б - смешанные леса; В – луга; Г – болота; Д – лиственные леса; Е - хвойные листопадные леса; Ж – степи; З - тундра

Из рисунка следует, что, несмотря на большое количество регионов со статистически значимой корреляцией, лишь в пределах некоторых из них можно предположить преобладание прямого воздействия флуктуаций Солнечной активности на растительность. Наиболее хорошо выделяется участок сухостепной растительности в центральной части Монголии. Причем в большинстве регионов, выделяемых по фотосинтетическому потенциалу растительности, наблюдается положительная корреляция с ПСП, а в регионах, выделяемых по максимальному значению NDVI в тундре – отрицательная корреляция с ПСП.

Выводы

В результате исследований было установлено, что многолетние изменения растительного покрова северо-восточной Евразии хорошо коррелируют с флуктуациями Солнечной активности,

выраженными в виде площади Солнечных пятен. Статистически значимая корреляция параметров динамичности с ПСП выявляется более чем на семидесяти процентах территории исследований.

Регионы со статистически значимой корреляцией выделяются для всех основных классов растительности, представленных в регионе. При этом для каждого класса растительности выделяются свои специфические параметры динамичности, обнаруживающие наиболее надежную корреляцию. Пространственное расположение регионов со статистически значимой корреляцией, а также знак и величина коэффициента корреляции также специфичны для каждого класса растительности.

Наиболее высокие значения коэффициента корреляции площади Солнечных пятен отмечаются с датой конца сезона вегетации для ареалов лиственных лесов в восточной Сибири (до -0.77) и с датой начала сезона вегетации для ареала вечнозеленых хвойных лесов в районе Беларуси (до -0.74).

Из всех рассмотренных классов растительности наибольшие коэффициенты корреляции между ПСП и параметрами динамичности растительности отмечаются для ареалов лиственных лесов, а наименьшие – для ареалов смешанных лесов.

В несколько большей степени, по сравнению с другими параметрами динамичности растительности, с площадью Солнечных пятен коррелирует параметр «день конца сезона вегетации», а в наименьшей – «продолжительность сезона вегетации».

В большинстве случаев наиболее вероятно, что выявленная корреляция обусловлена опосредованным влиянием флуктуаций Солнечной активности на растительность через изменение метеорологических условий. Однако полученные в результате анализа данные позволяют предположить наличие регионов, где статистически значимая корреляция между площадью Солнечных пятен и параметрами динамичности растительности может быть обусловлена прямым воздействием флуктуаций Солнечной активности на растительность.

Установленные закономерности могут быть использованы для прогноза динамики растительности региона, для выделения зон, в которых наблюдаемые изменения растительности связаны не с глобальными изменениями климата, а с другими факторами, в частности, с солнечной активностью. Наличие подобных связей должно учитываться при моделировании последствий изменения климата и баланса углерода в биосфере.

Литература

1. *Чижевский А.Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768с.
2. *Кондратьев К.Я., Никольский Г.А.* Солнечная активность и климат // В кн.: Солнечно-земные связи, погода и климат. под ред. Б. Мак-Нормана, Т. Селиги. М.: Мир, 1982. 328 с.
3. *Courtillot V., Le Mouel J., Ducruix J., Cazenave A.* Geomagnetic secular variation as a precursor of climate change // *Nature*, 1982. 297. P.284-287.
4. *McCormac, B. M.*, Hsg.: Weather and climate responses to solar variations // Boulder, Associated University Press, 1983. 301-304.
5. *Schatten K. H. & A. Arking*, Hsg.: Climate impact of solar variability // Greenbelt, NASA, 1990. 142.
6. *Пудовкин М.И., Распопов О.М.* Механизм воздействия солнечной активности на состояние нижней атмосферы и метеопараметры (Обзор) // *Геомагнетизм и аэрономия*, 1992. Т. 32. № 3. С. 1–22.
7. *Lednev, V.V.* Possible mechanism for the influence of weak magnetic fields on biological systems // *Bioelectromagnetics*, 1991. 12(2), p. 71-75.
8. *Phirke P.S., Kubde A.B., Umbarkar S.P.* The influence of magnetic field on plant growth // *Seed Science and Technology*, 1996. V.24. No.2. P.375-392.

9. Carbonell, M.V., Martinez, E., Amaya, J.M. Stimulation of germination in rice (*Oryza sativa* L.) by a static magnetic field // *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2000. 19 (2), p. 121-128.
10. Ловелуис Н.В. Дендроиндикация. СПб.: СПбУ, 2000. 313 с.
11. Броунов П.И. Полевые культуры и погода: К вопросу о приспособлении сельских хозяйств к климатическим условиям // *Спб.*, 1912. - 45 с.
12. Bartalev, S., Belward, A., Erchov, D. V. and Isaev, A. S. A new SPOT4-VEGETATION derived land cover map of Northern Eurasia // *International Journal of Remote Sensing*, 2003. 24:9. p.1977-1982.
13. Tucker, C.J., J.E. Pinzon, and M.E. Brown Global Inventory Modeling and Mapping Studies // NA94apr15b.n11-VIg, 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, 2004.
14. Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS // *Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I*, 1973. P.309-317.
15. Медведева М.А., С.А. Барталёв, Е.А. Луян, А.М. Матвеев, В.А. Толпин, А.А. Пойда. Возможности оценки момента наступления вегетационного сезона на основе спутниковых и метеорологических данных // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сб. научных статей. Вып.5. Том II. 2008. С. 313-321.*

Relationship between Vegetation Dynamics in North-Eastern Eurasia and Solar Activity

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

*Space Research Institute of RAS
117997 Moscow, Profsoyuznaya Str., 84/32
E-mail: savin@smis.iki.rssi.ru*

Specific and geography of long-term vegetation dynamics in North-Eastern Eurasia was investigated based on GIMMS NOAA AVHRR archive data for the period 1981-2006. The following parameters were selected for the vegetation dynamics characterization: date of the beginning of the vegetative season, date of the end of the vegetative season, duration of the vegetative season, date of the NDVI seasonal maximum, NDVI seasonal maximum value, and seasonal photosynthetic potential of the vegetation. Correlation analysis between vegetation parameters dynamics and seasonal average Sun spot area has demonstrated presence of statistically significant correlation for all main vegetation types of the region. Each type of vegetation is characterized by its own specific of spatial distribution, value and sign of the correlation coefficient. The probability of direct or indirect (throughout climate) effect of solar activity fluctuation on the vegetation dynamics was investigated.

Keywords: vegetation dynamics, Solar activity, NDVI, NOAA AVHRR.