

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЗАПУСКОВ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С КОСМОДРОМА БАЙКОНУР НА СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПО ДАННЫМ NOAA/AVHRR

У.М. Султангазин, Н.Р. Муратова, А.Г. Терехов

*Институт космических исследований МОН Республики Казахстан,
Шевченко 15, 050010, Алматы, e-mail: nmuratova@mail.kz*

Разработан подход к оценке экологического воздействия запусков космических аппаратов с космодрома Байконур на сопредельную территорию с помощью данных дистанционного зондирования. Проанализирован архив индекса VCI, содержащий обработанные недельные спутниковые данные NOAA/AVHRR/NDVI в период с 1985 по 1997 с разрешением 16 км. Вдоль трасс запуска космических аппаратов найдены самосогласованные изменения в растительности, состояние которой отличалось от подобной на окружающей территории.

Введение

Экологическое воздействие запусков космических аппаратов на сопредельную с космодромом территорию в настоящий момент не изучено достаточно. Данные дистанционного зондирования со спутников регистрируют отраженное и собственное электромагнитное излучение от подстилающей поверхности Земли, зависящее от ее состояния. Таким образом, космический мониторинг территории способен фиксировать изменения, связанные с запусками космических объектов.

Растительность является одним из важнейших компонентов, определяющих спектральные характеристики поверхности Земли в видимой и ближней инфракрасной частях спектра. Почва также вносит существенный вклад в суммарный образ отражения электромагнитного излучения, однако ее участие более предсказуемо. Динамика изменений отражения почвы зависит от типа, поверхностного увлажнения и шероховатости, создающей тени при солнечном освещении. С увеличением увлажнения и шероховатости коэффициент отражения в видимой и ближней инфракрасной частях спектра уменьшается.

Запуск ракетносителей с космодрома Байконур сопровождается выделением значительного количества химических веществ и тепла в атмосферу. При этом тепло-химическое воздействие происходит в различном диапазоне - от поверхности Земли до верхних слоев атмосферы и выше. Подобное воздействие теоретически может сказаться на состоянии растительности. Однако достоверного фактического материала о наличии и характере такого взаимодействия нам неизвестно.

Другой вид воздействия связан с падающими частями отработанных ступеней ракетносителей, которые содержат остатки несгоревшего топлива. Во многих случаях в качестве топлива используются агрессивные и ядовитые химические вещества, такие как несимметричный гидразин и др. Распыление этих веществ в атмосфере и попадание их на поверхность Земли может приводить к различным последствиям, отражающихся на состоянии растительного покрова. Причем характер влияния на состояние растительности может быть и положительным. Так распад азотсодержащих веществ может насыщать почву усвояемым азотом, что способствует лучшему росту растений.

Пространственный масштаб потенциального воздействия на растительный покров сильно варьируется. От небольших пятен, связанных с проливом топлива, до крупномасштабных зональных изменений вдоль трасс запуска. В первом случае требуются спутниковые снимки высокого разрешения в отдельные периоды вегетационного роста. Во втором эффективны ежедневные мониторинговые наблюдения с низким разрешением, способные оценить локальное состояние растительности относительно норм для этого места и времени, а также в сравнении с близлежащей территорией.

В настоящий момент основная активность по оценке воздействия космической деятельности в районе Байконура связана с зонами падения отработанных ступеней, проливами и распылением остатков топлива на поверхности Земли и в нижних слоях атмосферы. Влияние проливов топлива на состояние растительности в отдаленных от населенных пунктов зонах отчуждения носит локальный характер и не представляет значимой экологической проблемы. Более масштабной является ситуация с возможным самосогласованным изменением состояния растительности вдоль трасс запуска, оценить которое возможно только по многолетним спутниковым данным.

1. Спутниковые данные NOAA/AVHRR

С 1985 года NOAA проводит ежедневный глобальный мониторинг состояния растительности Земли. Мониторинг проводится с помощью вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), получаемого на базе спутниковых данных NOAA/AVHRR. Исходные данные с разрешением 1 км обрабатываются и приводятся к недельным значениям с разрешением 8 или 16 километров. Формируемый архив дает основу для различных анализов состояния растительного покрова. Глубина архива около 20 лет позволяет определять многолетние средние значения NDVI и оценивать отклонения от них в отдельные моменты времени. Таким образом, имеется возможность анализировать территорию вдоль трасс запусков космических аппаратов на предмет аномального состояния растительного покрова.

Для решения этой задачи выбран более информативный индекс VCI (Vegetation Condition Index). Индекс VCI варьирует от 0 до 100 и служит в качестве взвешенной оценки текущего значения индекса NDVI относительно многолетних наблюдений этого места (пикселя) в данную неделю [1]. Соответственно, если VCI равно 0, то регистрируется минимальное значение NDVI. При VCI равном 100 фиксируется максимальное в данном пикселе в данную неделю значение NDVI среди всех лет наблюдений.

В данной работе проанализирован архив индекса VCI, содержащий обработанные недельные спутниковые данные в период с 1985 по 1997 и разрешением 16 км. Вдоль трасс запуска космических аппаратов искались самосогласованные изменения в растительности, состояние которой отличалось от состояния окружающей территории.

2. Описание территории

Трассы запусков космических объектов (рис. 1) устроены так, что проходят в основном по малонаселенным территориям, для которых типичными ландшафтами являются сухие степи и лесостепи. Природная растительность этих мест разнообразна и приспособлена к суровым погодным условиям. Условия увлажнения являются основным фактором, определяющим состояние растительного покрова. Поиск интересующих закономерностей затруднен вариациями погодных условий года. Разные режимы увлажнения создают мозаику состояний растительности. Выделение линейных, самосогласованных изменений на фоне неоднородного поля состояний не представляется возможным без подробной наземной информации, которая могла бы дать оценку соответствия фиксируемого состояния растительности естественной погодной компоненте или действию дополнительных антропогенных факторов. Исключение составляют особые погодные условия года, когда большая часть территории, сопряженной с трассами запуска космических аппаратов, находится в однородном с точки зрения многолетних норм состоянии. Максимально хорошее состояние дает возможность диагностировать депрессии растительности вдоль трасс запуска. Максимально плохое - улучшение состояния.



Рис.1. Карта зон падения ракет и трассы запуска космических объектов с космодрома Байконур по данным [2].

В анализируемом архиве данных NOAA/AVHRR имелись два погодных сценария (1993 и 1997 гг.), когда сухостепная и степная зоны Казахстана длительное время находились в однородно хорошем состоянии. В обоих случаях фиксировалась линейная депрессия растительности вдоль трассы запуска, ориентированной от Байконура с юго-запада на северо-восток. В 1993 году эффект наблюдался с 15 по 24 неделю, в 1997 с 20 по 25 неделю. Наиболее хорошо выраженные и согласованные с трассой запуска депрессии растительности приведены на рис. 2.

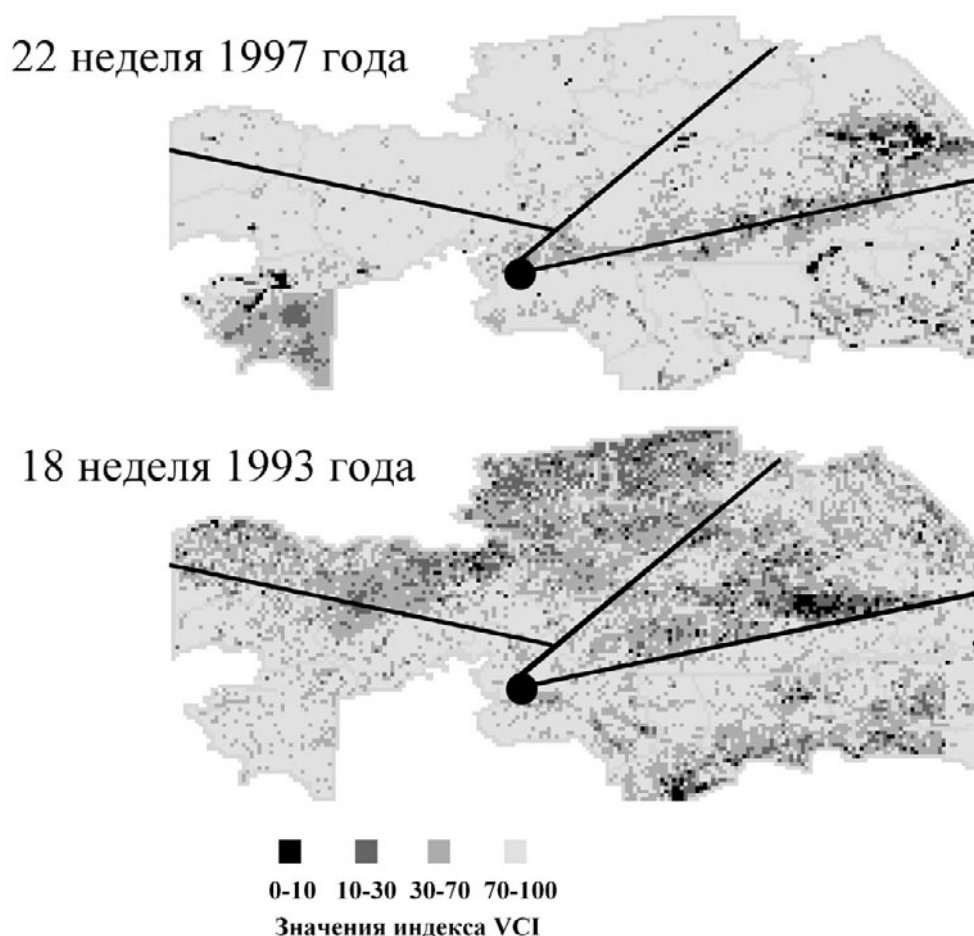


Рис. 2. Недельные карты состояния растительного покрова Казахстана в представлении индекса VCI

Депрессия 1997 года пространственно хорошо согласована с трассой запуска, депрессия 1993 года несколько хуже. Причина их существования состоит, очевидно, в других условиях увлажнения. Любой другой кратковременный неблагоприятный фактор, влияющий на зеленую растительную биомассу, в виду большого разнообразия произрастающих растений с различными датами начала и конца вегетации, был бы быстро преодолен за счет новой вегетации. Календарные даты депрессии: весна - начало лета, указывают на связь неблагоприятного фактора с зимним снегонакоплением или весенним снеготаянием. Более детальное понимание происходящих явлений требует дополнительных исследований.

Литература

1. Kogan F.N. Drought of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data // Bul. of the Amer. Met. Soc. 1995. v. 76. N5. p. 655-668.
2. «Окружающая среда и устойчивое развитие в Казахстане» ПРООН Казахстан № UNDPKAZ 06, Алматы 2004. 211 с.