

Исследование вариаций вегетационного индекса NDVI арктической зоны Якутии

Е.В. Варламова, В.С. Соловьев

*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН
677980 г. Якутск, пр-т Ленина, 31
E-mail: varlamova@ikfia.ysn.ru*

Для исследования вариаций индекса растительности арктической зоны Якутии использованы данные (1998-2009) радиометра AVHRR (ИСЗ NOAA), полученных на станции СКАНЭКС (ИКФИА СО РАН, г. Якутск). В работе использовались значения вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). На территории Якутии были выбраны четыре тестовых участка размером 30x30 км: три участка на северо-востоке и один в центральной части Якутии. Для исследуемых участков использовались данные, полученные в течение вегетационного периода май – сентябрь. Проведена обработка данных радиометра AVHRR, рассчитаны и получены декадные, сезонные и годовые усредненные значения NDVI. Кроме измерений AVHRR, для оценки температуры и влажности тестовых участков были использованы данные Росгидромета. В качестве индикатора солнечной активности использованы средние значения числа Вольфа. Проведено сопоставление полученных данных. Анализ динамики вегетационного индекса растительности показывает, что за исследуемый период 1998-2009 на фоне слабой, но устойчивой тенденции повышения влажности и температуры, не смотря на значительные межгодовые колебания NDVI в минимуме солнечной активности (2006-2009), наблюдается общее снижение NDVI растительности на северо-востоке Якутии. Особенно заметный спад NDVI наблюдался в 2001-2005. Можно отметить, что этот спад совпал с фазой понижения солнечной активности в 23-м цикле.

Ключевые слова: NOAA, AVHRR, вегетационный индекс, NDVI, температура, влажность, солнечная активность.

Введение

Наибольшая амплитуда проявления эффектов глобального изменения климата происходит в высоких северных широтах [1], что вызывает заметное изменение компонентов природной среды этого региона. Почти на всей территории тундровой зоны распространена вечная мерзлота. Анализ полученных на геокриологических (мерзлотных) стационарах данных свидетельствует о широко распространенной деградации верхних горизонтов криолитозоны (повышении температуры вечномерзлых пород, уменьшении их площади, возрастании глубины сезонного протаивания) за последние 15-25 лет [2]. Глубокое протаивание мерзлотных почв может внести заметный вклад в изменение углеродного баланса атмосферы и подстилающей поверхности за счет разложения сезонноталого органического вещества и усилить парниковый эффект [3]. Очевидно, что изменения почвенно-гидрологического и термического режима многолетней мерзлоты и многих других факторов существенно влияют на общую экологическую обстановку северной природы, в том числе на растительность.

Развитие и физиологическое состояние растительности, или фитоценозов, определяются влиянием ряда внешних факторов. Важнейшие из них: тип почвы, образование почвенного профиля, характеристика питательных веществ в почве, характеристика вод (соответственно влажность почвы), морфология рельефа местности и топографическая позиция объекта, солнечная радиация, климатические условия и ежегодные изменения окружающей среды (фенология). Растения реагируют на изменения окружающей среды из-

менениями содержания пигмента, структуры мезофилла, а также изменениями свойств поверхности листьев и влагосодержания в них. Такая реакция растений всегда воздействует на свойства спектрального отражения и поглощения света их листвой. Зависимость спектральных характеристик растений и фитоценозов в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах от их физиологического состояния имеет большое значение для дистанционного зондирования [4].

Современные технологии сбора данных, основанных на использовании методов дистанционного зондирования, обладают рядом неоспоримых достоинств – оперативность и высокая периодичность наблюдений на обширных и труднодоступных участках, широкий спектр получаемых данных, относительная дешевизна измерений и т.п. – и широко применяются для решения самых разнообразных задач.

Исходные данные

В качестве основы для исследования растительности использован длинный ряд данных радиометров AVHRR, полученных на станции СКАНОР (ИКФИА СО РАН, г. Якутск) со спутников серии NOAA [5-7] в период 1998–2009 гг. По данным первого и второго спектральных каналов AVHRR рассчитывается вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [8], коррелирующий с объемом зеленой биомассы, величиной листового индекса и концентрацией хлорофилла. На территории Якутии были выбраны четыре тестовых участка (рис. 1) размером ~30x30 км (три участка на северо-востоке и один в центральной части Якутии), для которых рассчитывался NDVI в течение вегетационного периода май–сентябрь. В результате обработки данных прибора AVHRR получены декадные, сезонные и годовые усредненные значения NDVI тестовых участков. Кроме измерений AVHRR, для оценки температуры и влажности тестовых участков были использованы данные Росгидромета. В качестве индикатора солнечной активности использовались средние для сезона вегетации растительности значения числа Вольфа, исходные данные которых были собраны Королевской гринвичской обсерваторией и получены нами с веб-сайта http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/spot_num.txt.

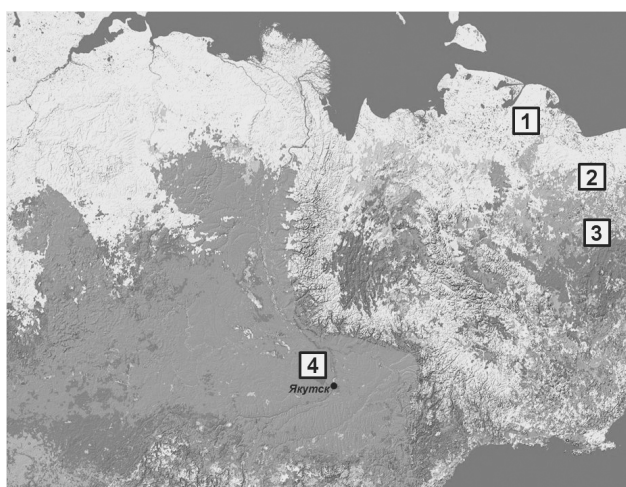


Рис. 1. Расположение тестовых участков № 1, 2, 3, 4

Обсуждение результатов

На рис. 2 показаны усредненные по трем участкам (№1, 2, 3) среднегодовые вариации NDVI. Участки пронумерованы в порядке широтного расположения по направлению «север-юг». Также приведены изменения температуры и влажности самого северного участка (№1) и уровень солнечной активности. Слева по вертикальной оси отложены значения NDVI (сплошной линией), справа – числа Вольфа (круглыми точками), температура (штрихом) и влажность (штрих-пунктиром). Прямыми сплошной и штрих линиями показаны тренды NDVI и температуры.

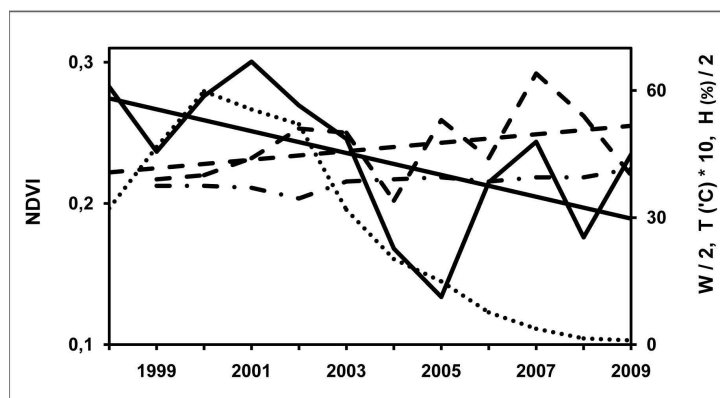


Рис. 2. Среднегодовые вариации NDVI, температуры и влажности северо-востока Якутии и солнечной активности за период 1998-2009

Как видно из рис. 2, за исследуемый период времени наблюдается тенденция повышения температуры и влажности. На определенных промежутках времени локальные минимумы температуры совпадают с локальными провалами NDVI. Поведение NDVI ведет себя сложным образом. С 1998-2001 на фазе роста и максимума 23-го цикла солнечной активности наблюдается небольшая тенденция повышения NDVI. Далее, на фазе спада солнечной активности (2001–2005), наблюдается заметное снижение NDVI. В течение последующих четырех лет на фоне низкого уровня солнечной активности наблюдаются резкие вариации NDVI, но в целом за исследуемый период наблюдается общая тенденция к снижению NDVI.

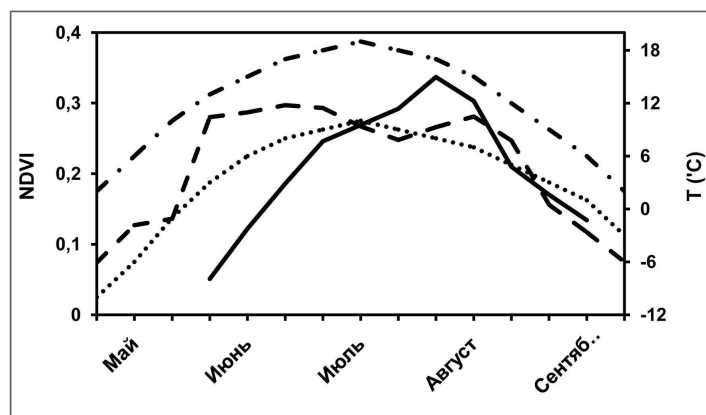


Рис. 3. Сезонный ход NDVI (1998-2009) участков №1-4 и сезонный ход температуры (1979-2009) участков № 1, 4

На рис. 3 показан усредненный за период 1998-2009 сезонный ход NDVI и усредненный за период 1979-2009 сезонный ход температуры самого северного (№1) и южного (№4) участков. NDVI обозначены сплошной (№1) и штрих (№4) кривыми, а температура – круглыми точками (№1) и штрих-пунктиром (№4). Слева по вертикальной оси отложены значения NDVI, справа – температуры.

Из рис. 3 видно, что изменения растительности и температуры северного и южного участков в течение сезона вегетации описываются характерными кривыми. Но, тем не менее, наблюдаются свои особенности поведения растительности и температуры отдельных участков. Разница в характере временного поведения растительности между самым северным (№1) и самым южным (№4) из рассматриваемых участков существенная.

Температура северного участка, находящегося в Яно-Индигирской низменности достигает плюсовых значений в июне, с этого же месяца начинает расти NDVI растительности данного участка, к началу августа достигает максимума, который тут же сменяется спадом. Сезон вегетации «южного» участка, расположенного в речной долине у слияния реки Лены и Алдана, имеет развитую фазу с начала июня и до конца августа, при этом в конце июля наблюдается локальный минимум. Отметим, что температура на данном участке положительная с начала мая месяца.

Восточная Сибирь, частью которой является Якутия, по количеству годовых осадков (250-300 мм) относится к зоне полупустынь. Наибольшее количество осадков наблюдается весной и осенью, поэтому доминирующую роль в «водоснабжении» растительности этого региона в сезон вегетации играют грунтовые воды, подпитываемые сезонной оттайкой вечной мерзлоты. Максимальная глубина оттаивания почвы наблюдается в конце лета. Возможно, это обстоятельство: большой уровень влагонасыщенности почвы за счет большей оттайки вечной мерзлоты обеспечивает наблюдаемый рост NDVI к концу лета.

Заключение

Проведенные исследования по данным ДЗЗ вегетационного индекса показали интересные результаты. За последние одиннадцать лет (1998-2009) при устойчивой тенденции роста благоприятных факторов (влажность, температура) индекс растительности в тундровой зоне показал отрицательный прирост. Были также выявлены региональные особенности в сезонном ходе вегетационного индекса. Интерпретация и понимание этих результатов требует проведения дальнейших исследований с привлечением комплексных данных компонентов природной среды севера Якутии.

Работа выполнена при поддержке по Программе РАН №16/3.

Литература

1. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ)/ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. Изд-во ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». Москва, 2008. 90 с.
2. Павлов А.В., Гравис Г.Ф. Вечная мерзлота и современный климат // Природа. 2000. №4. С.10-18.
3. Анисимов О.А., Лавров С.А., Ренёва С.А. Оценка изменения эмиссии парниковых газов из многолетнемерзлых болот криолитозоны России в условиях глобального потепления. Совре-

- менные проблемы экологической метеорологии и климатологии. С. Пб.: Гидрометеиздат, 2005, С.114-138.
4. *Кронберг П.* Дистанционное изучение Земли: Основы и методы дистанционных исследований в геологии: Пер. с нем.-М.: Мир, 1988.-343 с.
 5. *Соловьев В.С., Козлов В.И., Варламова Е.В.* Исследование проявления солнечно-земных связей в динамике облачности Северной Азии по данным ДЗЗ // Солнечно-земная физика, Вып. 12, Т. 2, 2008, С.329-331
 6. *Соловьев В.С., Козлов В.И., Васильев М.С., Варламова Е.В.* Недельная вариация площади лесных пожаров, наблюдаемая на территории Якутии / Материалы международного симпозиума: Контроль и реабилитация окружающей среды / Под общ. ред. М.В. Кабанова, А.А. Тихомирова. VI Международный симпозиум, Томск, 3-5 июля 2008 г. – Томск: Аграф-Пресс, 2008. С.133-134.
 7. *Соловьев В.С., Козлов В.И., Муллаяров В.А.* Дистанционный мониторинг лесных пожаров и гроз в Якутии. Якутск: Изд-во. ЯНЦ СО РАН, 2009. 108 с.
 8. *Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W. and Harlan, J. C.* Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third NASA ERTS Symposium, NASA SP-351 I, 1973, P.309-317.

Research of variations of NDVI vegetation index of Yakutia arctic zone

E.V. Varlamova, V.S. Solovyev

*Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of SB RAS (IKFIA SB RAS),
677980, Yakutsk, 31 Lenin ave.
E-mail: varlamova@ikfia.ysn.ru*

A long-term of data (1998-2009) of AVHRR radiometer (NOAA satellites), received at the station SCANECS (IKFIA SB RAS, Yakutsk) were used to research variations of vegetation index of Yakutia arctic zone. In this work we used values of NDVI vegetation index (Normalized Difference Vegetation Index). Four test sites with sizes 30x30 km on territory of Yakutia have been selected: three sites in the north-east and one in central Yakutia. To investigate test sites the data received during the vegetation period may – september were used. AVHRR data have been processed. Decadal, seasonal and annual averaged values of NDVI have been calculated. In addition to AVHRR measurements, Rushydromet data were used to assess the temperature and humidity of test sites. Average values of Wolf number were used as an indicator of solar activity. Comparison of the data obtained was conducted. Analysis of vegetation index dynamics shows that during the monitoring period 1998-2009 on the background of overall increase in temperature and humidity despite noticeable interannual variations of NDVI in minimum solar activity (2006-2009) general decrease of NDVI in north-eastern of Yakutia is observed. Particularly strong decline phase of NDVI was observed for period 2001-2005. It may be noted that this declination has coincided with a phase of decreasing solar activity in the 23rd cycle.

Keywords: NOAA, AVHRR, vegetation index, NDVI, temperature, humidity, solar activity.