

УДК 528.852:504.54
(477.75)

Ю. О. Ульянцева

Об использовании космических изображений при изучении биомассы и продуктивности растительных сообществ в Крыму

Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» г. Симферополь
e-mail: ylenka009@i.ua

Аннотация. Биомасса является одним из важнейших показателей ландшафта. На территории Крыма данные по биомассе практически отсутствуют, что делает актуальным необходимость изучения вопроса в регионе. Для получения данных по биомассе растительности, в ходе работы использовались космические изображения, которые позволяют рассчитать вегетационный индекс NDVI. Выявлена зависимость вегетационного индекса от расположения растительности в гидроряде. Наличие связи величины индекса с фитомассой позволило рассчитать величину фитомассы для основных типов растительного покрова региона. Максимальные значения индекса характерны для главной горной гряды с лесными сообществами. Из этого следует, что можно использовать космические изображения для определения биомассы на территории Крыма.

Ключевые слова: биомасса, растительные сообщества Крыма, вегетационный индекс, космические изображения, корреляция.

Введение

Биомасса – интегральный показатель функционирования экосистем. Она отражает свойство растительного сообщества и ландшафта в целом производить органическое вещество (первичную продукцию) из минеральных элементов в процессе фотосинтеза и накапливать ее. При этом каждая экосистема характеризуется своим диапазоном динамических характеристик, в том числе и биомассой [1].

Ее величина зависит от многих показателей: почвенных, геохимических и климатических условий, характера биоценологических отношений, горных пород. Среди них на зональном уровне решающее значение имеют климатические условия. Распределение биомассы в Крыму мало изучалось, и данные по территории полуострова практически отсутствуют.

Материалы и методы

Для получения данных по фитомассе и биологической продуктивности растительности нередко используют космические изображения [2]. Для оценки фитомассы на больших территориях, в настоящее время, используют множество модельных и дистанционных подходов, таких как: инвентаризационно-статистические методы, модели различной природы (gap-модели, эколого-

физиологические модели потоков углерода, например, с использованием хлорофильного индекса, дистанционные методы, построенные на измерении вегетационного индекса (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) и другие. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и свои недостатки [2].

NDVI является наиболее популярным и часто используемым индексом. Это нормализованный разностный индекс растительности, который впервые был описан В. J. Rouse [3]. Он является количественным показателем фотосинтетически активной биомассы (обычно используется определение «вегетационный индекс»).

Индекс вычисляется по следующей формуле:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}), \quad (1)$$

где, NIR - отражение потока радиации в ближней инфракрасной области спектра, RED - отражение в красной области спектра.

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть, высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные сообщества от прочих природных объектов. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и пр.

Вегетационный индекс NDVI характеризует объем зеленой биомассы растений. Более высокие значения NDVI соответствуют более интенсивному развитию растительности.

Будучи искусственным безразмерным показателем, NDVI предназначен для измерения эколого-климатических характеристик растительности, но в то же время может показывать значительную корреляцию и с другими параметрами:

1. Мортмассой (опадом и подстилкой), продукцией;
2. Испарением (эвапотранспирацией);
3. Величиной выпадаемых осадков.

Зависимость между этими параметрами и NDVI, как правило, не прямая и связана с особенностями исследуемой территории, ее климатическими и экологическими характеристиками. Кроме этого, необходимо учитывать временную разнесенность параметра и ответной реакции NDVI.

Благодаря всем этим особенностям, карты NDVI часто используются как один из промежуточных дополнительных слоев для проведения более сложных типов анализа. Результатами анализа могут являться карты продуктивности лесов и сельскохозяйственных земель, карты типов ландшафтов, растительности и природных зон, почвенные, аридные, фито-гидрологические и другие эколого-климатические карты. Также на его основе возможно получение численных данных для использования в расчетах оценки и прогнозирования урожайности и продуктивности, биологического разнообразия, степени нарушенности ландшафтов и т. д. [4].

Как правило, для задач, связанных с картографированием растительности, используют немасштабированную шкалу, начинающуюся с 0 (значения NDVI меньше 0 растительность принимать не может). Для перевода из шкалы -1..1 в 0..200 (масштабирование) используется следующая формула:

$$\text{масштабированный NDVI} = 100(\text{NDVI} + 1) \quad (2)$$

Автор использовала данные Л. Л. Голубятникова и Е. А. Денисенко [4] о соотношении фитомассы и величины индекса. Между названными величинами имеется криволинейная зависимость. Регрессионный анализ позволил получить зависимость величины [1] фитомассы от индекса в виде

$$y = 1679,3x - 151,88, \quad (3)$$

где x – величина индекса, y – величина фитомассы.
Корреляционное отношение равно 0,897.

Результаты и обсуждение

Космическое изображение распределения листового индекса было сопоставлено с контурами типов растительного покрова (табл. 1). Была использована карта растительности Крыма, составленная Л. Я. Гаркушей [5].

Сопоставление карты растительности с картой распределения листового индекса показывает в общем, удовлетворительное совпадение величин индекса с гидрорядом растительных сообществ горного Крыма. Максимальные значения индекса характерны для главной горной гряды с лесными сообществами.

По данным табл. 1 был построен график зависимости значения листового индекса от гидроряда растительных сообществ горного Крыма (рис. 1).

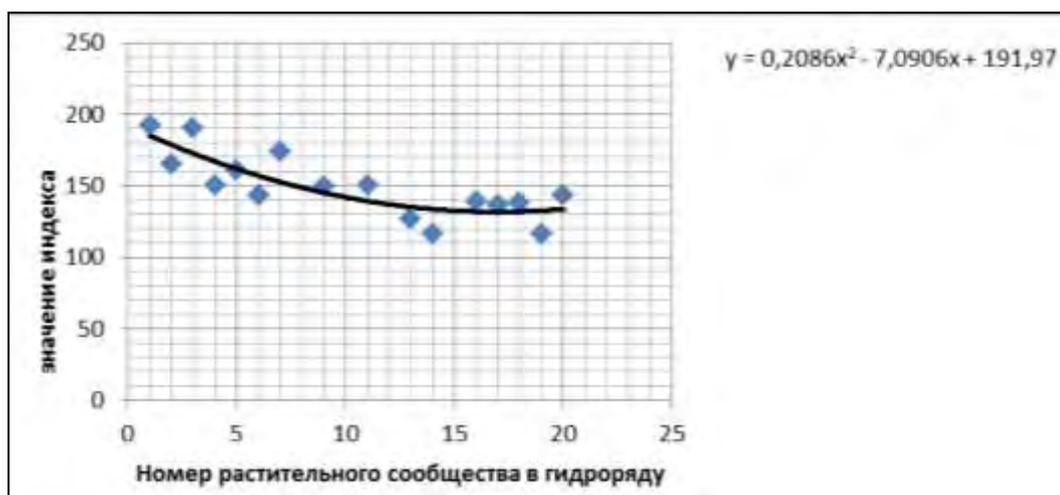


Рис.1. График зависимости значения листового индекса от гидроряда растительных сообществ (корреляционное отношение равно 0,77)

Из графика видно, что наибольшее значение листового индекса NDVI принадлежит буковым лесам, которые занимают первое место в гидроряду. В

целом выявилась отчетливая закономерность увеличения листового индекса в районах с высоким увлажнением.

Существует ряд работ, в которых приведены данные по биологической продуктивности регионов, которые аналогичны природным зонам Крыма. Среди которых наиболее детально изучены травяные [6], лесные экосистемы [1].

Имеет смысл сопоставить их данные с рассчитанными автором величинами биомассы по вегетационному индексу.

Исходя из сопоставления данных по биологической продуктивности аналогичных природных зон крымским, можно судить о том, что дубовые леса из дуба скального характеризуются сравнительно невысокими запасами фитомассы и соответственно показателем биопродуктивности. Ещё менее продуктивны грабинники, где запасы фитомассы порядка – 150 т/га. Более продуктивны буковые леса, из бука восточного. Средние запасы фитомассы в них составляют – 365 т/га.

Таблица 1.

Соотношение ряда ординации типов растительного покрова по увлажнению с листовым индексом

№ гидроряда	Растительность	Индекс NDVI, средний по контурам
1	Буковые леса	192
2	Грабово-буковые	165
3	Дубово-буковые	190
4	Буково-грабовые леса	150
5	Грабовые леса	161
6	Дубово-грабовые	143
7	Буково-дубовые леса	174
9	Дубовые леса(скальнодубовые)	149
11	Сосновые	150
13	Пушистодубовые с посадками сосны	127
14	Пушистодубовые леса	116
16	Можжевеловые леса	139
17	Грабинниково-дубовый шибляк	136
18	Фисташковое редколесье	138
19	Грабинниковый, фисташковый шибляк	116
21	Грабинниково-дубовые с палиуром шибляки	143

Составлено по [5]

При этом прослеживается тенденция увеличения запасов фитомассы параллельно возрасту древостоя. Наиболее старые бучины накапливают около

600 т/га. Продукция буковых лесов в среднем 12,4 т/га/год. Накопление подстилки в данных лесах – 11 т/га, а общей мортмассы менее 20 т/га [7, 8].

В горных лесах Крыма наблюдается сходная ситуация, а именно наименее продуктивны грабинники и наиболее продуктивны бучины [9]. В общем продукция широколиственных горных лесов Крыма 10 т/га/год [1].

Выводы

Полученные результаты близки значениям фитомассы, приводимым в работах А. А. Титляновой [6] и Н. И. Базилевич [1]. Определенные различия величин биопродуктивности являются следствием локальных различий климатических факторов ландшафтов Крымского полуострова и ландшафтов-аналогов.

Сопоставление карты растительности с картой распределения листового индекса показывает в общем, удовлетворительное совпадение величин индекса с гидрорядом растительных сообществ горного Крыма. Максимальные значения индекса характерны для главной горной гряды с лесными сообществами.

В целом можно сделать вывод о том, что для определения фитомассы можно использовать космические изображения.

Выражаю благодарность В. О. Яшенкову за предоставленную возможность использования космического снимка.

Литература

1. Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.
2. Швиденко А. З., Щепаченко Д. Г., Нильссон С. и др. Система моделей роста и динамики продуктивности лесов России. Таблицы хода роста // Лесное хозяйство. 2003. № 6. С. 34
3. Rouse J. V., & Birnbaum, M. H. Impression formation: Datability as a function of face, figure, and personality. *WPA*, Anaheim, CA, April, 1973
4. NDVI - теория и практика [Электронный ресурс] URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>
5. Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX веке – начале XXI века // Под ред. проф. В. А. Бокова. С.: ДОЛЯ, 2010. 304 с.
6. Титлянова А. А., Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Н.: Наука, 1988. 130с.
7. Пастернак П. С. Взаимодействие между лесом и почвой в буковых насаждениях. // Лесоводство и агролесомелиорация. К., 1967. Вып. 12
8. Одинак Я. П., Борсук Д. В. Структура и продуктивность буковых лесов // Биогеоценатический покров Бескид и его динамические тенденции. К.: Наукова думка, 1983.
9. Дзенс-Литовская Н. Н. Минеральный состав растительности и почвообразование в лесах Крымских предгорий // Вести. ЛГУ. Геология. География. 1960. Т.12

Yu. O. Uliantseva

The use of space images for data biomass of Crimea

Academi of Taurida, Crimean Federal University
V. I. Vernadsky, Simferopol, Russian Federation
e-mail: ylenka009@i.ua

Annotation. *Biomass is one of the most important indicators of the landscape. On the territory of Crimea data on biomass are virtually absent, so the real need to study the issue in the region. To obtain data on the biomass of vegetation in the course of space images were used, which allows to calculate the vegetation index NDVI. The dependence on the location of vegetation index vegetation gidroryadu. The association with the value of the index phytomass possible to calculate the biomass of the value for the main types of vegetation in the region. The maximum value of the index for the main characteristic of the mountain range with forest communities. From this it follows that the space images can be used to determine the biomass on the territory of Crimea.*

Keywords: *biomass, plant community of the Crimea, vegetation index, space image, correlation.*

References

1. Bazilevich N. I. Biologicheskaya produktivnost ekosistem severnoy Evrazii. M.: Nauka, 1993. 293 s.
2. Shvidenko A. Z., Schepaschenko D. G., Nilsson S. i dr. Sistema modeley rosta i dinamiki produktivnosti lesov Rossii. Tablitsyi hoda rosta // Lesnoe hozyaystvo. 2003. # 6. S. 34
3. Rouse B. J., & Birnbaum, M. H. Impression formation: Datability as a function of face, figure, and personality. WPA, Anaheim, CA, April, 1973
4. NDVI teoriya i praktika [Elektronnyiy resurs] URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>
5. Transformatsiya landshaftno-ekologicheskikh protsessov v Kryimu v HH veke–nachale XXI veka // Pod red. prof. V. A. Bokova. S.: DOLYa, 2010.304 s.
6. Titlyanova A. A., Bazilevich N. I. Biologicheskaya produktivnost travyanyih ekosistem. N.: Nauka, 1988. 130s.
7. Pasternak P. S. Vzaimodeystvie mezhdru lesom i pochvoy v bukovyih nasazhdeniyah. // Lesovodstvo i agrolesomilioratsiya. K. ,1967. Vyip. 12
8. Odinak Ya. P., Borsuk D. V. Struktura i produktivnost bukovyih lesov // Biogeotsenaticheskiiy pokrov Beskid i ego dinamicheskie tendentsii. K.: Naukova dumka, 1983.
9. Dzens-Litovskaya N. N. Mineralnyiy sostav rastitelnosti i pochvoobrazovanie v lesah Kryimskih predgoriy // Vesti. LGU. Geologiya. Geografiya. 1960. T.12

Поступила в редакцию 02.10.2015г.