

СОВРЕМЕННАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ ВЕГЕТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Е. Н. Сумак^{1,2)}, В. В. Капусто¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет ²⁾Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды г. Минск, Республика Беларусь, katyasbelarus@gmail.com

Спутниковые вегетационные индексы широко используются в агромониторинге, позволяя оценивать состояние растительного покрова, влагосодержание почвы, содержание хлорофилла в растениях, проводить мониторинг засушливых условий. Анализ динамики вегетационных индексов предоставляет информацию о начале, продолжительности и интенсивности засухи путем фиксации изменений в растительном покрове и их сравнения с многолетними значениями. Эффективность вегетационных индексов определяется особенностями отражения и поглощения электромагнитного излучения растительностью. В данном исследовании проведен анализ временных рядов нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI на территории Беларуси в теплые сезоны (апрель-сентябрь) за период 1994-2023 гг. Выявлена пространственно-временная динамика развития растительного покрова, внутригодовая изменчивость, проведена оценка сезонных изменений на различных стадиях вегетационного периода в зависимости от метеорологических условий в условиях современного потепления климата.

Ключевые слова: спутниковый мониторинг; вегетационный индекс NDVI; вегетационные условия; растительный покров.

MODERN CLIMATOLOGY OF VEGETATION CONDITIONS IN THE TERRITORY OF BELARUS

К. Sumak^{1,2)}, V. Kapusto¹⁾

¹⁾Belarusian State University, ²⁾Republican center for hydrometeorology, control of radioactive contamination and environmental monitoring, Minsk, Republic of Belarus, katyasbelarus@gmail.com

Satellite vegetation indices are widely used in agricultural monitoring, allowing to assess the state of vegetation cover, soil moisture content, chlorophyll content in vegetation, and to monitor arid conditions. The analysis of the dynamics of vegetation indices provides information on the start, duration and intensity of drought by recording changes in vegetation cover and comparing them with long-term values. The effectiveness of vegetation indices is determined by the peculiarities of reflection and absorption of electromagnetic radiation by vegetation. In this study analyses the time series of the normalized difference vegetation index NDVI on the territory of Belarus in the warm seasons (April-September) for the period 1994-2023. The spatial and temporal dynamics of vegetation cover development, intraannual variability was revealed, and seasonal changes at various stages of the growing season were assessed depending on meteorological conditions under the modern climate warming.

Keywords: satellite monitoring; vegetation index NDVI; vegetation conditions; vegetation cover

На фоне глобального потепления в мире участились случаи засух, что привело к неурожаю, нехватке продовольствия, более частым, масштабным и сильным лесным пожарам, что в свою очередь серьезно отразилось на социально-экономическом развитии многих стран и сельскохозяйственном производстве. Ожидается, что интенсивность и продолжительность сильных засух в мире в будущем продолжит расти.

Проблема мониторинга и прогнозирования засушливых явлений, особенно с учетом наблюдаемых изменений климата, является неизменно актуальной как в научных исследованиях, так и при решении прикладных задач. Засуха является одним из крупнейших стихийных бедствий для человечества. Прогнозируется, что в долгосрочной перспективе глобальная температура продолжит повышаться, увеличится пространственно-временная неравномерность выпадения осадков, что приведет к дальнейшему увеличению риска засух в засушливых регионах.

Несмотря на то, что территория Беларуси расположена в зоне достаточного увлажнения, временная и пространственная неравномерность распределения атмосферных осадков по ее территории обуславливает образование засушливых периодов различной продолжительности. Засуха в республике может возникать ежегодно, в любое время с апреля по сентябрь.

В конце XX-начале XXI вв. в Беларуси повторяемость засушливых явлений значительно участилась, особенно в южных регионах страны. Значительные последствия для экономики государства имели засухи 1990, 1992, 1994-1997, 2001, 2002, 2004, 2006, 2009, 2010, 2012, 2015, 2018 гг. [1; 2]. Дефицит осадков сопровождался повышенным температурным режимом, что усилило неблагоприятные хозяйственные последствия [3].

Бурное развитие космических технологий в последние десятилетия привело к появлению многочисленных видов продукции дистанционного зондирования Земли из космоса, некоторые из которых с успехом могут применяться для оценки засушливых условий — это так называемые вегетационные индексы, характеризующие состояние растительности в зависимости от ее спектральной отражающей способности [4; 5]. Как правило, используется красная зона электромагнитного спектра (0,62-0,75 мкм), на которую приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а также ближняя инфракрасная зона (0,75-1,30 мкм), в которой наблюдается максимальное отражение солнечной энергии внутренней клеточной структурой листа. Следует отметить, что все вегетационные индексы, так, или иначе, зависят от состояния атмосферы и подстилающей

поверхности, а также характеристик сенсора спутника, поэтому их использование может требовать предварительного этапа интерпретации с привлечением данных наземных наблюдений.

Наиболее известный и широко применяемый вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) построен на разности измеренных значений интенсивности отраженного излучения в красном и ближнем инфракрасном спектральных диапазонах, нормированных на сумму этих величин [5]. Для растительности индекс принимает значения от 0,2 до 0,8, при этом, чем больше зеленая фитомасса, тем больше значение индекса, таким образом, индекс позволяет выявлять стресс растительности, связанный с засухой. Как правило, индекс NDVI рассчитывается за восьми- или десятидневный период с целью уменьшения погрешностей от облачности, при этом имеет очень высокое разрешение и большой пространственный охват.

Целью данного исследования является оценка условий вегетации на территории Беларуси в теплые сезоны (апрель-сентябрь) за период 1994-2023 гг. с использованием вегетационного индекса NDVI.

В качестве исходных данных использовались еженедельные значения NDVI, полученные из базы данных NOAA STAR (Center for Satellite Applications and Research) – Global Vegetation Health Products (<https://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/vci/VH>), осредненные по шести регионам страны.

Выявлено, что за последние 30 лет вегетационные периоды в стране характеризовались чередованием сухих и влажных годов с различным температурным режимом. Анализ временных рядов значений NDVI показал, что в весенние месяцы во всех регионах страны была отмечена тенденция к увеличению индекса, особенно в апреле, на 10-20 %, т. е. в конце периода исследования растительность весной была более развита, чем в конце XX в. Таким образом, агроклиматические условия на протяжении последних 30-ти лет улучшались.

Пик развития вегетирующей растительности приходился на июнь месяц, когда значения колебались от 0,45 до 0,51, минимум — в Минской и Могилевской областях (0,4). В июле и августе в среднем по стране значения индекса существенно не изменялись и колебались от 0,42 до 0,48, лишь в августе 1994, 2000, 2002 и 2008 гг. значения NDVI снижались до 0,34-0,39, что свидетельствует об уменьшении содержания воды и общем увядании растительного покрова в указанные годы в конце лета.

В начале осени (сентябрь) самые низкие значения NDVI отмечались в 2002 и 2008 гг. в большинстве регионов страны — 0,26-0,3, как косвенный фактор начала ранней осени в эти годы и последствий экстремальной

засухи. В 2005, 2011 гг. наблюдались благоприятные условия для вегетации растительности, значения индекса достигали 0,41-0,42.

Таким образом, оценка спутникового нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI позволила выявить пространственно-временную динамику развития растительного покрова, внутригодовую изменчивость, оценить сезонные изменения на различных стадиях вегетационного периода в зависимости от метеорологических условий на территории Беларуси в условиях современного потепления климата.

Библиографические ссылки

1. *Логинов В. Ф., Сачок Г. И., Микуцкий В. С., Мельник В. И., Коляда В. В.* Изменения климата Беларуси и их последствия. Минск : Тонпик, 2003. 330 с.
2. *Блетько В. А., Мельчакова Н. В.* Засухи в Беларуси // Родная прырода. 2019. № 8. С. 16-18.
3. *Герменчук М. Г.* Климат Республики Беларусь в 2015 году. Минск : Белгидромет, 2016. 32 с.
4. *Хлебникова Е. И., Павлова Т. В., Сперанская Н. А.* Засухи. В: Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. Москва : Росгидромет, 2012. С. 126-164.
5. Handbook of Drought Indicators and Indices. WMO/GWP Integrated Drought Management Programme (IDMP) [Electronic resource]. WMO, Geneva, Switzerland and GWP, Stockholm, Sweden, 2016. № 1173. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3057 (date of access: 12.01.2024).