

УДК 911.9:528.8

АНАЛИЗ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛАНДШАФТОВ В ОТНОШЕНИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

А. Н. Щавелев, К. В. Мячина, С. А. Дубровская, Р. В. Ряхов

*Институт степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН, ул. Пионерская, 11, 460000,
г. Оренбург, Россия, orensteppe@mail.ru*

Необходимость оценки поглотительного потенциала ландшафтов в отношении диоксида углерода приобретает все большую актуальность. Цель работы - выявить особенности пространственно-временной динамики поглотительной способности отдельных ландшафтов в степных, лесостепных и горнолесных регионах юга России. Выполнена тематическая обработка спутниковых данных, на основе которой произведено пространственное зонирование территории по показателю поглощения углерода. Установлено, что в масштабах регионов поглотительная способность изменяется, отражая зональную смену природно-климатических условий.

Ключевые слова: степные, лесостепные и горнолесные ландшафты; потенциал поглощения углерода; пространственно - временная динамика; данные дистанционного зондирования; Чеченская Республика; Оренбургская область.

ANALYSIS OF THE ABSORPTION CAPACITY OF LANDSCAPE WITH RESPECT TO CARBON DIOXIDE BASED ON SATELLITE DATA

A. N. Shchavelev, K. V. Myachina, S. A. Dubrovskaya, R. V. Ryakhov

*Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
st. Pionerskaya, 11, 460000, Orenburg, Russia, orensteppe@mail.ru*

The need to assess the carbon dioxide absorption potential of landscapes is becoming increasingly important. The purpose of the work is to identify the features of the spatio-temporal dynamics of the absorption capacity of individual landscapes in the steppe, forest-steppe and mountain forest regions of southern Russia. Thematic processing of satellite data was carried out, on the basis of which spatial zoning of the territory was carried out according to the carbon absorption indicator. It has been established that on a regional scale, the absorption capacity changes, reflecting zonal changes in natural and climatic conditions.

Keywords: steppe, forest-steppe and mountain forest landscapes; carbon sequestration potential; spatiotemporal dynamics; remote sensing data; Chechen Republic; Orenburg region.

Глобальная проблема оценки поглотительного потенциала ландшафтов в отношении диоксида углерода приобретает все большую актуальность.

В настоящее время разворачиваются исследования, использующие возможности спутниковых снимков для оценки поглотительной способности ландшафтов и запасов углерода. Установлено, что спектральные индексы, отражающие биофизические параметры растительной биомассы, положительно коррелируют с депонированием углерода [5, с. 1-22] и отрицательно — с содержанием углерода в атмосфере [3]. Цель работы — выявить особенности пространственных изменений и временной динамики поглотительной способности российских горнолесных, лесостепных и степных ландшафтов в отношении атмосферного диоксида углерода.

В качестве регионов исследования выбраны центральная часть Оренбургской области и Чеченская Республика.

В первую очередь, с учетом имеющихся рекомендаций [1, с. 1-57], была выполнена тематическая обработка доступных данных дистанционного зондирования Земли - продуктов спутникового спектрорадиометра MODIS, что позволило рассчитать ежегодный показатель поглощения углерода (ППУ) растительным покровом в регионах исследования за период с 2000 по 2020 гг. На основе полученных значений произведено пространственное зонирование территории изучаемых регионов по ППУ, а также проанализированы временные тренды значений ППУ для семи ключевых участков. Каждый из участков отличается как по типу ландшафта, так и по растительному покрову. Участки № 1-6 расположены на территории Чеченской Республики, участок № 7 в Оренбургской области: 1 – низкогорные лесостепные ландшафты, смешанные широколиственные леса, кустарники; 2 – разнотравно-злаковые степи; 3 – низкогорные лесостепные ландшафты, широколиственные леса и кустарники; 4 – естественные и залежные степи межгорной котловины с разнотравно-типчаково-ковыльной, разнотравно-злаково полынной растительностью; 5 – низкогорно-долинные ландшафты, горно-лесная древесно-кустарниковая растительность; 6 – остепненные луга и горные степи приподнятой межгорной котловины; 7 – сухая степь с полынно-тырсово-типчаково-ковыльной растительностью.

Пространственное распределение средних за исследуемый период значений показателя поглощения углерода растительным покровом в регионах исследования представлено на рисунках 1, 2.

Рисунок 1а демонстрирует, что в масштабе региона поглотительная способность наземной фитомассы ландшафтов Чеченской Республики увеличивается по направлению с севера на юг, отражая зональную смену природно-климатических условий: от степей и полупустынь в северных районах, где значения ППУ представлены в диапазоне от 0,5 до 1 кгС/м²/год, до предгорных луговых степей и горных лесов на юге, где

значения ППУ превышают $3 \text{ кгС/м}^2/\text{год}$. В то же время, в части *b* рисунка 1, визуализирующей пространственно-временные тренды ППУ, видно, что в зонах с преобладанием лесов многолетний прирост значений ППУ минимален и не превышает $0,5 \text{ кгС/м}^2/\text{год}$. Существующие гипотезы объясняют это как снижением поглотительной способности в возрастных лесах за счет стабилизации валовой первичной продуктивности и непрерывного повышения автотрофного дыхания [2, с. 70-87], так и тем, что снижение поглотительной способности в многолетних лесах в первую очередь обусловлено снижением валовой первичной продуктивности, которая с возрастом уменьшается быстрее, чем автотрофное дыхание, но соотношение поглотительной способности и валовой первичной продуктивности остается примерно постоянным в пределах экосистемы [4, с. 8856-8860]. Для построения прогнозных моделей нужно учитывать вышеописанные особенности поглотительной способности лесов.

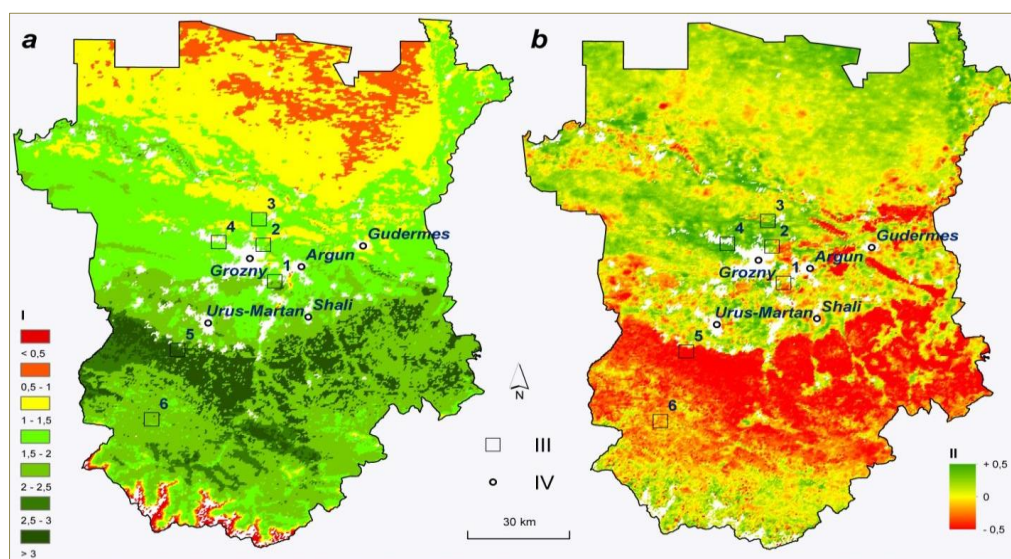


Рис. 1. Пространственное распределение на территории Чеченской Республики: а) средних значений показателя поглощения углерода ($\text{кгС/м}^2/\text{год}$), б) трендов значений показателя поглощения углерода за период с 2002 по 2020 гг.; I - диапазоны значений ППУ; II - черно-белый градиент тренда ППУ; III - ключевые участки исследования №№ 1-6; IV - населенные пункты

Рисунок 2 в части *c* показывает, что поглотительная способность ландшафтов центральной части Оренбургской области возрастает по направлению с юга на север, отражая зональную смену природно-климатических условий: от сухой типчаково-ковыльной степи на юге с ППУ от $0,5$ до $1 \text{ кгС/м}^2/\text{год}$ до разнотравно-ковыльной и разнотравно-злаковой степи на севере, где максимум ППУ достигает $1,5 \text{ кгС/м}^2/\text{год}$. Пространственно-временные тренды ППУ в центральной части Оренбургской области не демонстрируют каких-либо значимых колебаний

(рис. 2 в части *d*). Такая однородность связана, прежде всего, с условным однообразием растительного покрова, сохраняющимся, несмотря на смену подзональных вариантов.

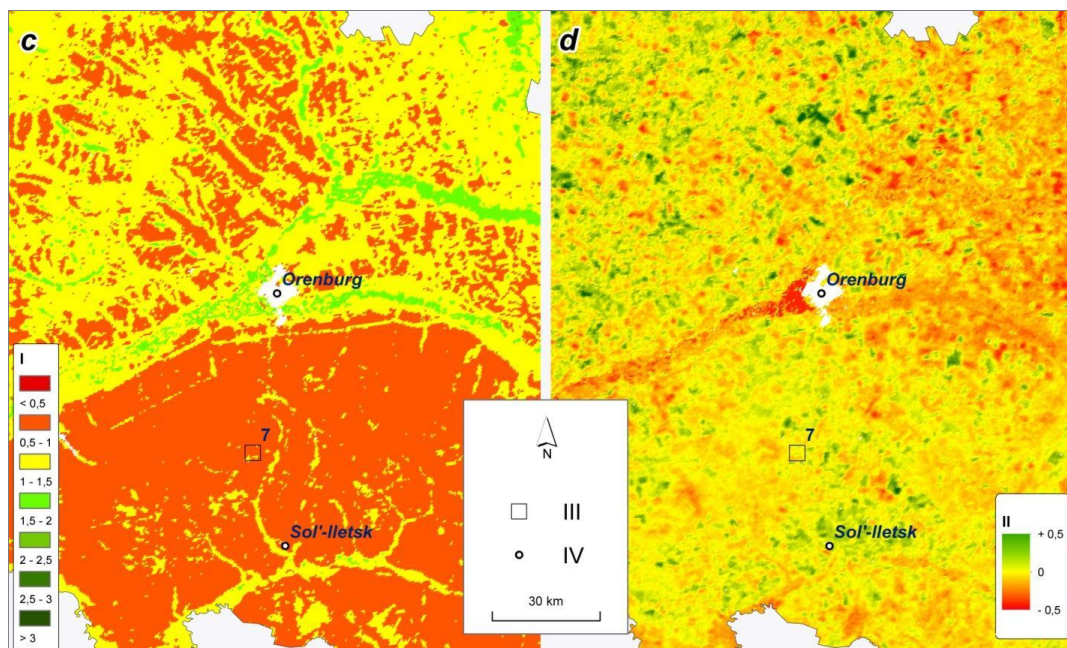


Рис. 2. Пространственное распределение в центральной части Оренбургской области: *c*) средних значений показателя поглощения углерода ($\text{кгC}/\text{м}^2/\text{год}$), *d*) трендов значений показателя поглощения углерода за период с 2002 по 2020 гг.; I – диапазоны значений ППУ; II – цветовой градиент тренда ППУ; III – ключевой участок исследования №7; IV – населенные пункты

Особый интерес представляют временные тренды ППУ на ключевых участках исследования (рис. 3).

Снижение поглотительной способности в возрастных лесах за счет стабилизации валовой первичной явно отражается на облесенном участке № 5. При неизменном состоянии лесных массивов в следующие десятилетия обстоит вопрос нижнего порога значения ППУ для данного участка.

На сухостепном участке № 7 отмечается нисходящая линия тренда ППУ. Судя по всему, на участках залежных или естественных многолетних степей действует аналогичный механизм стабилизации и постепенного снижения поглотительной способности.

На остальных участках исследования № 1-4 и № 6 линии трендов либо стабильны, либо слабоотрицательны. Можно объяснить это разнообразием растительного покрова и систематически-периодическим антропогенным воздействием, способствующим обновлению растительного покрова.

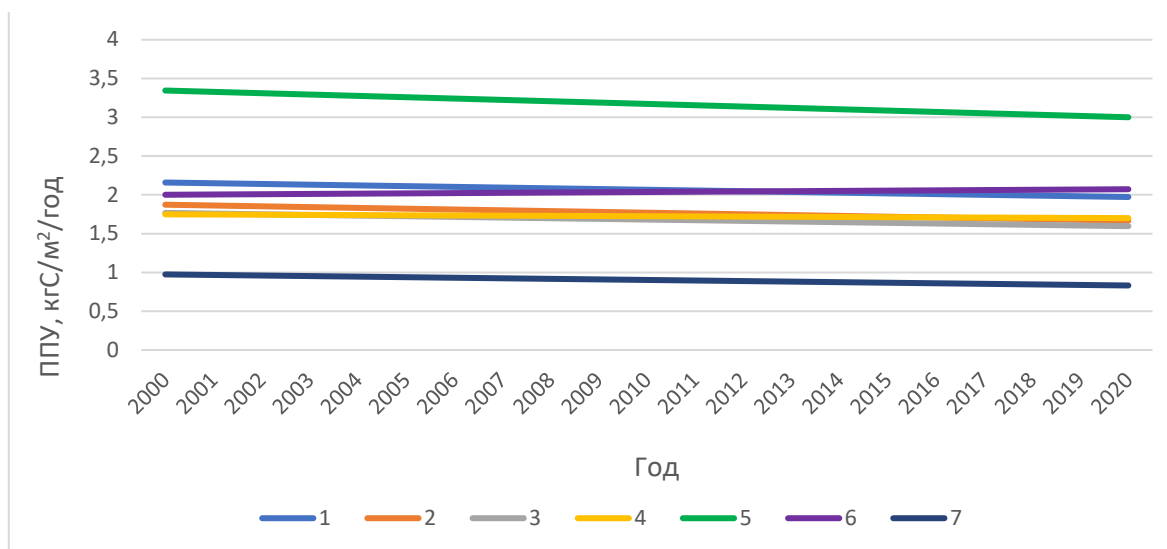


Рис. 3. Временные тренды значений показателя поглощения углерода растительностью на ключевых участках исследования №№ 1-7

В масштабах регионов поглотительная способность ландшафтов изменяется, отражая зональную смену природно-климатических условий: минимальная поглотительная способность отмечается в зонах степей и полупустынь, максимальная — в зонах низкогорных смешанных лесов.

Результаты исследования призваны помочь в разработке решений по оптимизации природопользования в степных, лесостепных и горных ландшафтах.

Исследование выполнено в рамках гос. задания Института степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН № ГР АААА-А21-121011190016-1 и гос. задания ГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова ФЗНУ-2021-0012

Библиографические ссылки

1. Heinsch F., Reeves M., Votava P., Kang S., Milesi C. Nemani R. User's guide GPP and NPP (MOD17A2/A3) products NASA MODIS land algorithm. Version 2.0. 2003. P. 1-57.
2. Kira T., Shidei T. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific // Jap J Ecol, 1967. №17. P. 70–87.
3. Lv Z, Shi Y, Zang S, Sun L. Spatial and Temporal Variations of Atmospheric CO₂ Concentration in China and Its Influencing Factors// Atmosphere, 2020. T. 11(3). P. 231.
4. Tang J., Luyssaert S., Richardson A. D., Kutsch W., Janssens I. A. Steeper declines in forest photosynthesis than respiration explain age-driven decreases in forest growth // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014. T. 111. №24. P. 8856-8860.
5. Wani, A. A. Assessing relationship of forest biophysical factors with NDVI for carbon management in key coniferous strata of temperate Himalayas / A. A. Wani, A. F. Bhat, A. A. Gatoo, S. Zahoor, B. Mehraj, N. Najam, P. K. Joshi // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2021. T. 26. № 1. P. 1-22.