

УДК 911.3.001

## ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В АРАРАТСКОЙ ДОЛИНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ

А. Т. ГРИГОРЯН \*, С. К. ТЕРТЕРЯН \*\*

*Кафедра физической географии и гидрометеорологии ЕГУ, Армения*

Глобальные изменения, усиление антропогенного воздействия сказываются на земном покрове и приводят к процессу деградации почв. Деградация земель считается одной из важнейших проблем для многих стран мира из-за ее воздействия на сельскохозяйственное производство и окружающую среду. Процессы деградации будут продолжаться, если не принять соответствующие меры. Существует ряд методов изучения и реабилитации деградированных земель, но данные дистанционного зондирования позволяют более эффективно обнаруживать и картографировать деградированные земли. Спутниковые снимки дают пространственные и однородные данные о состоянии почвы и деградации растительности. Следующие спектральные индексы используются для оценки деградации на основе отражательной способности почв: CI – индекс цвета, FI – индекс формы, NDVI – индекс растительности.

Процесс деградации в Республике Армения характерен для Араратской долины, которая считается основным сельскохозяйственным регионом страны. Для оценки состояния почв долины использовались методы дистанционного зондирования и ГИС-системы.

<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2022.56.3.161>

**Keywords:** Ararat Valley, soil degradation, spectral indices, satellite images, GIS system.

**Введение.** Деградация земель считается одной из важнейших проблем для многих стран мира из-за ее воздействия на сельскохозяйственное производство и окружающую среду. Деградация земель – это процесс, при котором снижается качество и продуктивность земель, интенсификация сельского хозяйства и бесхозяйственность приводят к увеличению ее темпов. В настоящее время деградация земель негативно влияет на получение средств к существованию более 900 млн человек примерно в 100 странах (материалы конференции ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД)).

Процесс деградации почвы в Армении наиболее типичен для Араратской долины. Она занимает бассейн среднего течения реки Аракс, вытянута с северо-запада на юго-восток, имеет длину 120 км и ширину 10–30 км.

\* E-mail: [arsengrigoryan@ysu.am](mailto:arsengrigoryan@ysu.am)

\*\* E-mail: [terteryan.sona@ysu.am](mailto:terteryan.sona@ysu.am)

Долина простирается от слияния рек Ахурян–Аракс до остаточных возвышенностей Дахна и Велидаг, где соединяется с юго-восточной частью Межараксянской впадины, Нахичеванской впадиной, через палеозойский антиклинальный выступ, называемый “Гайлинским пьяным”. Араратская долина считается основным сельскохозяйственным районом Республики Армения (РА). Здесь сосредоточено около 50% сельскохозяйственных предприятий и выращивается более 40% сельскохозяйственной продукции страны [1].

Засоление и эрозия являются основными причинами снижения продуктивности почвы в Араратской долине. Их возникновение происходит из-за чрезмерной эксплуатации ресурсов подземных вод, нарушения норм орошения, бездействия дренажной системы и антропогенного воздействия. Процессы деградации будут продолжаться, если не принять соответствующие меры. Для оценки состояния почв Араратской долины использовались методы дистанционного зондирования и ГИС-системы.

**Методы исследования.** Существует ряд методов анализа деградированных земель, но данные дистанционного зондирования позволяют более эффективно обнаруживать и картографировать деградированные земли. Спутниковые снимки дают пространственные и однородные данные о состоянии почв и деградации растительности. По этой причине исследования проводились с использованием спутниковых снимков Landsat 8 OLI и программного приложения QGIS [2].

#### *Хронология и источник спутниковых изображений*

| Спутниковые данные | Время                              | Источник            |
|--------------------|------------------------------------|---------------------|
| Landsat 8 OLI      | 13 августа 2013 г., 9 июля 2022 г. | USGS Earth Explorer |

Перед каждым использованием спутниковых снимков во избежание ошибок необходимо выполнять атмосферную калибровку и атмосферную коррекцию. Их невыполнение приводит к тому, что эрозионное состояние почвы будет оценено неоднозначно. Поэтому изображения Landsat 8 OLI были радиометрически откалиброваны (см. таблицу).

В засушливых регионах цвет почвы и минеральные вещества в ней, а также структурные и пространственные изменения растительности считаются индикаторами деградации и изменений почвы. Для оценки почвы на основании ее отражательной способности использовались следующие спектральные индексы: CI – индекс цвета, FI – индекс формы, NDVI – индекс вегетации или растительный [3].

**Индекс цвета – CI.** Цвет считается важным показателем при оценке качества почвы. Это связано с ее минеральным составом и содержанием органических веществ. Почвы с меньшим количеством органического вещества светлее и плотнее, поэтому индекс CI будет ниже, а почвы с большим количеством органического вещества будут иметь обратное значение [4]:

$$CI = \frac{RED - BLUE}{BLUE},$$

где RED, BLUE – спутниковые снимки Landsat 8 OLI в красных и голубых спектрах.

При расшифровке спутниковых снимков 2013 и 2022 гг. (рис. 1, а, б) в ГИС-системе становится ясно, что за последние 9 лет количество органического вещества в почве Араратской долины уменьшилось примерно в 3 раза.

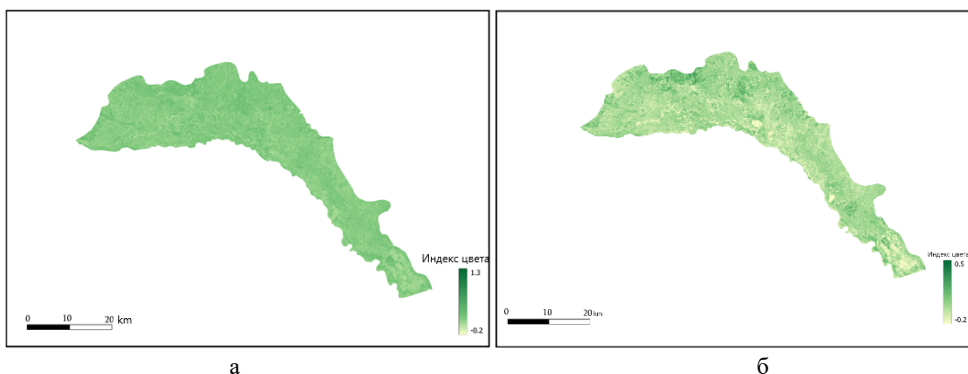


Рис. 1. Индекс цвета деградации земель Араратской долины 2013 г. (а) и 2022 г. (б).

**Индекс формы – FI.** Почвы характеризуются спектральной отражательной способностью. Изменение индекса FI связано с наличием или отсутствием оксида железа и органического вещества, т.е. слабое отражение связано со слабой деградацией почвы. Именно поэтому этот индекс используется для определения типов почв и степени их деградации [5]:

$$FI = \frac{2 \times -RED - GREEN - BLUE}{GREEN - BLUE},$$

где RED, GREEN, BLUE – спутниковые снимки Landsat 8 OLI в красных, голубых и зеленых спектрах.

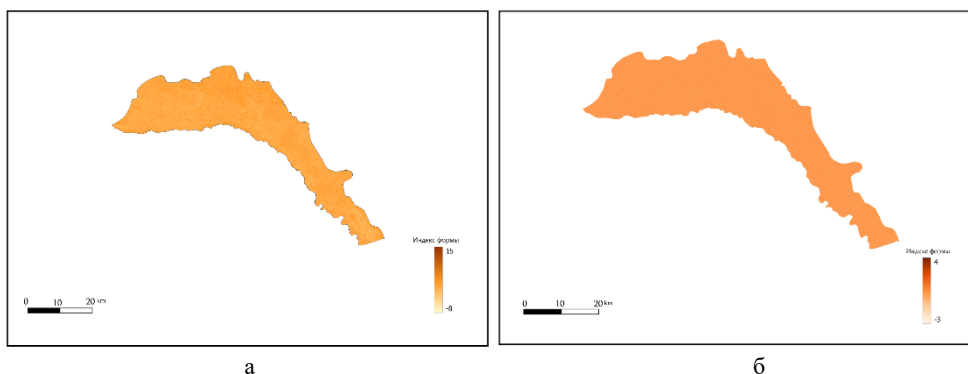


Рис. 2. Индекс формы деградации земель Араратской долины 2013 г. (а) и 2022 г. (б).

Это исследование также подтверждает, что количество органического вещества в почве уменьшилось примерно в 3 раза за последние 9 лет (рис. 2).

**Индекс растительности – NDVI.** Вегетационный индекс является одним из наиболее широко используемых в последнее время. Уменьшение растительного покрова приводит к деградации земель, так как растительность защищает почву от эрозии. Индекс растительности определяют по следующей формуле [6]:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где RED, NIR – спутниковые снимки Landsat 8 OLI в красных и инфракрасных спектрах.

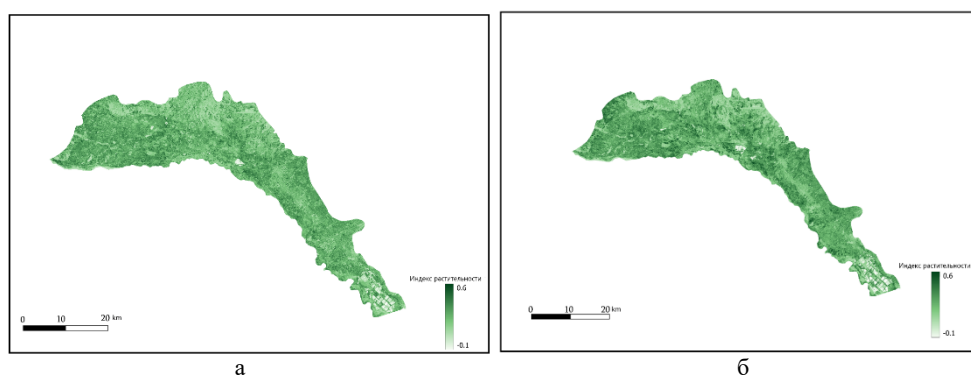


Рис. 3. Индекс растительности деградации земель Араратской долины 2013 г. (а) и 2022 г. (б).

При анализе спутниковых снимков становится ясно, что растительный покров Араратской долины за последние 9 лет не изменился (рис. 3, а, б). Другими словами, растительный покров не уменьшился, а значит мы не можем рассматривать это как фактор деградации почв Араратской долины.

**Результаты и выводы.** Декодирование космических снимков с использованием спектральных индексов позволяет выявить масштабы деградации земель, которые невозможно определить полевыми работами. При обработке космических снимков в ГИС-системе и расчете спектральных коэффициентов было получено, что за последние три года количество органического вещества в почвах Араратской долины уменьшилось примерно в 3 раза, что является одной из причин деградации почв. Кстати, снижение органического вещества в почве наблюдается на всей территории Араратской долины. Поэтому мы не можем рассматривать вегетационный индекс как показатель, отражающий деградацию почв Араратской долины.

Таким образом, можно сделать вывод, что спектральные индексы могут стать эффективным инструментом оценки деградации и эрозии почвы. Они могут служить инструментом надлежащего управления земельными ресурсами для местных органов власти.

Поступила 30.11.2022

Получена с рецензии 21.12.2022

Утверждена 26.12.2022

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Самвелян Н.И. *Природно-территориальные комплексы Араратской котловины и эколого-хозяйственная оценка их антропогенных модификаций*. Ереван (2012) (на арм. языке).

2. Bannari A., El-Harti A., et al. *Soil Erosion Modeled with USLE, GIS and Remote Sensing: A Case Study of Ikkour Watershed in Middle Atlas (Morocco)*. (2008).
3. Bannari A., Asalhi H., Teillet P. *Transformed Difference Vegetation Index (TDVI) for Vegetation Cover Mapping*. In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (2002).
4. Bannari A., El-Harti A., et al. *Intégration des Variables Spectrales Et Géomorphométriques Dans Un SIG Pour la Cartographie Des Zones Exposées à L'érosion*. *Rev Télédéét* 7 (2008), 1–2.
5. Barakat A., Ennaji W., et al. *Multivariate Analysis and GIS based Soil Suitability Diagnosis for Sustainable Intensive Agriculture in Beni-Moussa Irrigated Subperimeter (Tadla plain, Morocco)*. *Model Earth Syst. Environ.* 3 (2017).  
<https://doi.org/10.1007/s40808-017-0272-5>
6. Irons J.R., Weismiller R.A., Petersen G.W. *Soil Reflectance*. In: *Theory and Applications of Optical Remote Sensing* (ed. Asrar G.). New York, John Wiley & Sons Inc. (1989), 66–106.

Ա. Թ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ս. Կ. ՏԵՐՏԵՐՅԱՆ

ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ ԴԱՇՏԻ ՀՈՂԵՐԻ ԴԵԳՐԱԴԱՑԻԱՅԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ  
ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԻՆԴԵՔՍԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Ա մ փ ո փ ու մ

Համամոդորակային փոփոխություններն ու անթրոպոգեն ազդեցությունների ուժեղացումն ազդում են հողային ծածկույթի վրա՝ նպաստելով, որ հողերում սկսվի դեգրադացիայի գործընթացը: Հողերի դեգրադացիան աշխարհի շատ երկրներում համարվում է կարևորագույն խնդիրներից մեկը՝ գյուղատնտեսության արտադրության և շրջակա միջավայրի վրա իր ազդեցության հետևանքով: Դեգրադացիայի գործընթացները շարունակվում են, եթե չկիրառվեն համապատասխան միջոցառումներ: Կան մի շարք մեթոդներ դեգրադացված հողերի ուսումնասիրության և վերափոխման համար, սակայն հեռազննման տվյալները հնարավորություն են տալիս ավելի արդյունավետ հայտնաբերել և քարտեզագրել դեգրադացված հողերը:

ՀՀ-ում հողերի դեգրադացիայի պրոցեսը բնորոշ է Արարատյան դաշտին: Հողերի արտացոլման հատկությունից ելնելով՝ Արարատյան դաշտի հողերի դեգրադացիան գնահատելու համար կիրառվել են հետևյալ սպեկտրալ ինդեքսները՝ CI գունային ինդեքս, FI ձևային ինդեքս, NDVI վեգետացիոն ինդեքսներ: GIS համակարգում, մշակելով արբանյակային նկարները և հաշվելով սպեկտրալ գործակիցները, նկատվել է, որ վերջին երեք տարիների ընթացքում մոտ 3 անգամ նվազել են Արարատյան դաշտի հողերում օրգանական նյութերի քանակը, որն էլ հողերի դեգրադացիայի պատճառներից մեկն է: Ի դեպ, հողում օրգանական նյութերի նվազումը նկատվում է Արարատյան դաշտի ամբողջ տարածքում: Սակայն, դրան զուգահեռ, բուսական ծածկույթը համարյա փոփոխությունների չի ենթարկվել: Հետևաբար վեգետացիոն ինդեքսն Արարատյան դաշտում որպես դեգրադացիայի առաջացման գործոն համարել չենք կարող:

Հիմք ընդունելով ստացված տվյալները՝ նշենք, որ սպեկտրալ ինդեքսները կարող են արդյունավետ գործիք դառնալ հողերի դեգրադացիան և էրոզիան գնահատելու համար:

A. T. GRIGORYAN, S. K. TERTERYAN

ASSESSMENT OF SOIL DEGRADATION IN THE ARARAT VALLEY  
THROUGH USING SPECTRAL INDICES

## S u m m a r y

The global changes and increased anthropogenic impact affect the soil cover and lead to the beginning of the process of soil degradation. Soil degradation is considered to be one of the most important problems for many countries in the world due to its impact on agricultural production and the environment. If appropriate measures are not taken, degradation processes will continue. There are a number of methods for studying and rehabilitating degraded soils: however, remote sensing data allows detection (which is more efficient) and mapping of degraded soils. Satellite images provide spatial and homogeneous data on soil conditions and vegetation degradation. The following spectral indices were used to assess soil degradation in the Ararat Valley based on soil reflectivity: CI – color index, FI – shape index, NDVI – vegetation indices.

The process of soil degradation in the Republic of Armenia is typical for Ararat Valley, which is considered to be the main agricultural region of the country. Remote sensing methods and GIS systems were used to assess the state of Ararat Valley soils.