

УДК 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2026-128-26-49



Ссылки для цитирования:

Савин И.Ю., Гафурова Л.А., Джалилова Г.Т., Романовская А.Ю. Изменения в почвенном покрове горных районов Узбекистана за период с 1980-х по 2020-е годы, выявленные по спутниковым данным Landsat // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2026. Вып. 128. С. 26-49. DOI: 10.19047/0136-1694-2026-128-26-49

Cite this article as:

Savin I.Yu., Gafurova L.A., Djalilova G.T., Romanovskaya A.Yu. Soil cover of mountainous regions of Uzbekistan changes from 1980-ies to 2020-ies detected by Landsat images, Dokuchaev Soil Bulletin, 2026, V. 128, pp. 26-49, DOI: 10.19047/0136-1694-2026-128-26-49

Благодарность:

Исследования выполнены в рамках выполнения темы НИР по Госзаданию FGUR-2025-0003 (125042105327-8) 4.

Acknowledgments:

The studies were carried out within the framework of State assignment No. FGUR-2025-0003 (125042105327-8) 4.

Изменения в почвенном покрове горных районов Узбекистана за период с 1980-х по 2020-е годы, выявленные по спутниковым данным Landsat

© 2026 г. И. Ю. Савин^{1,2*}, Л. А. Гафурова^{3**},
Г. Т. Джалилова³, А. Ю. Романовская^{1***}

¹ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2,

*<https://orcid.org/0000-0002-8739-5441>, e-mail: savin_iyu@esoil.ru,
***<https://orcid.org/0000-0001-9434-3095>.

²Институт экологии РУДН, Россия,
115093, Москва, Подольское шоссе, 8, стр. 5.

³Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, Узбекистан,
100174, Ташкент,

**<https://orcid.org/0000-0002-9760-3718>.

Поступила в редакцию 14.08.2025, после доработки 17.11.2025,
принята к публикации 29.04.2026

Резюме: Изменение почвенного покрова часто приводит к существенной трансформации функций почв, а в некоторых случаях к их полной потере и деградации почв, что существенно сказывается на качестве окружающей среды и сервисов почв. Все это предопределяет важность изучения процессов динамичности почв и почвенного покрова. Целью наших исследований было выявление тренда многолетней динамики почвенного покрова горных районов Узбекистана с 80-х годов прошлого века до 2020-х годов на основе анализа разновременных спутниковых данных. Анализ проведен для районов с абсолютной высотой более 900 м над уровнем моря на основе анализа спутниковых данных Landsat TM5 (29 сцен) за 1985–1987 гг. и Landsat 8 OLI (32 сцены) за 2021–2023 гг. На основе индивидуально определяемых для каждой сцены пороговых значений NDVI все изображения были разбиты на 3 класса наземного покрова: растительность, открытая поверхность почв и водная поверхность. После этого проводилось поканальное вычитание значений яркости в каждом канале за оба анализируемых периода съемки. Результаты были экспертно проинтерпретированы с точки зрения изменений почв. Полученная карта совмещалась с обновленной геoinформационной картой почвенного покрова горных районов республики. На 7% горных территорий Узбекистана за исследуемый период выявлены изменения почвенного покрова, связанные с процессами эрозии, осыпями, обвалами, вторичным переувлажнением и засолением почв. Для 4% территории исследований наблюдается тренд к проградации почв. Динамичность водной поверхности (затопление почв, освобождение почв от водной поверхности) на территории исследований наблюдается на 0.1–0.3% от площади гор. Проведенные исследования показали широкие возможности использования многолетних архивов спутниковых данных для оценки динамичности почв и почвенного покрова труднодоступных горных регионов Узбекистана.

Ключевые слова: мониторинг почвенного покрова; горные почвы; Узбекистан; Landsat; деградация почв.

Soil cover of mountainous regions of Uzbekistan changes from 1980-ies to 2020-ies detected by Landsat images

© 2026 I. Yu. Savin^{1,2*}, L. A. Gafurova^{3**},
G. T. Djalilova³, A. Yu. Romanovskaya^{1***}

¹*Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,*

*<https://orcid.org/0000-0002-8739-5441>, e-mail: savin_iyu@esoil.ru,
***<https://orcid.org/0000-0001-9434-3095>.

²*Environmental Engineering Institute of RUDN University,
5 Bld. 8 Podolskoye shosse, Moscow 115093, Russian Federation.*

³*National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
100174 Tashkent, the Republic of Uzbekistan,
**<https://orcid.org/0000-0002-9760-3718>.*

Received 14.08.2025, Revised 17.11.2025, Accepted 29.04.2026

Abstract: Soil cover changes often result in significant transformation of soil functions, and in some cases in their complete loss and soil degradation, which affects greatly the quality of the environmental conditions and soil services. Thus, studying the processes of soil and soil cover changes in dynamics is of greatest importance. The aim of the research was to identify the trend in long-term dynamics of soil cover in mountainous regions of Uzbekistan for the period from the 1980-ies to the 2020-ies through the analysis of multi-temporal satellite data. The analysis was carried out for regions of Uzbekistan with an absolute altitude of more than 900 meters above sea level. Soil cover changes were identified by means of the analysis of Landsat TM5 satellite data (29 scenes) for 1985–1987 period and Landsat 8 OLI (32 scenes) for 2021–2023 one. Based on the NDVI threshold values, individually determined for each scene, all images were divided into 3 land cover classes: vegetation cover, open soil surface and water surface. After that, channel-by-channel subtraction of the brightness values in each channel was carried out for both survey periods. The results were expertly interpreted in terms of soil changes. The developed map of soil cover changes was superposed over the updated geoinformation map of the soil cover of the mountainous regions of Uzbekistan. The main types of the found changes are associated with erosion processes, scree, rockfalls, secondary waterlogging and salinization of soils. These changes affect about 7% of the mountainous territory of the country for the period under study. A trend towards soil progradation is observed for 4% of the mountainous territory of Uzbekistan. Changes in the soil cover due to the dynamics of the water surface (flooding of soils, exposure of the soil surface after the water level in reservoirs has dropped or instead of intermittent water bodies) in the study area are observed on 0.1–0.3% of the mountain area. The conducted studies have shown the wide possibilities of using long-term archives of satellite data to assess the dynamics of soils and soil cover in hard-to-reach mountainous regions of Uzbekistan.

Keywords: soil cover monitoring; mountain soils; Uzbekistan; Landsat; soil degradation.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный покров любой территории динамичен. Его динамичность предопределяется как природными факторами (изменениями климата, геоморфологическими процессами, развитием растительности), так и направленным антропогенным воздействием. Характерное время изменений почвенного покрова может варьировать от часов (при антропогенном воздействии) до десятков и сотен лет (Керженцев, 2006). Изменения почвенного покрова часто приводят к существенной трансформации функций почв, а в некоторых случаях – к их полной потере и деградации почв, что существенно сказывается на качестве окружающей среды и сервисов почв. Все это предопределяет важность изучения процессов изменений почв и почвенного покрова и постоянный рост научных публикаций в этом направлении (Mauro, 2014).

Горные почвы обладают важными общебиосферными функциями. Труднодоступность и слабая пригодность для сельского хозяйства приводят к их меньшей изученности по сравнению с равнинными почвами. Но одновременно они являются менее устойчивыми к процессам деградации, что приводит к большей динамичности почвенного покрова гор (Shermanov, 2025).

В последние годы для изучения динамичности почвенного покрова все чаще используются спутниковые данные (Chen et al., 2025). Существующие архивы спутниковых данных позволяют оценивать динамичность почвенного покрова за последние 30–40 лет. Особенно многообещающим выглядит использование архивов многолетних спутниковых данных для отслеживания динамичности почв труднодоступных горных регионов (Mammadov et al., 2021; Jombo et al., 2023).

В Республике Узбекистан горы занимают около 36 тыс. км², или 8.07% от площади всей страны (Гафурова и др., 2024). Горные почвы Узбекистана и особенно их почвенный покров до сих пор изучены недостаточно полно. Информация о почвенном покрове гор страны, полученная в результате локальных исследований (Назаров, 1987; Турсунов и др., 2009; Турабаева, 2011; Фахрутдинова, 2014; Джалилова, 2018; Алибоева, 2022), была обобщена в виде мелко и среднемасштабных почвенных карт. Обобщение в

наиболее крупном масштабе представлено в “Атласе почвенного покрова Республики Узбекистан” (Атлас..., 2010), где почвенные карты регионов страны представлены в масштабе от 1 : 350 000 до 1 : 2 500 000. В 2024 г. была сделана попытка обновления контурной части почвенных карт горных территорий Узбекистана, содержащихся в этом Атласе, по спутниковым данным Landsat OLI 8 (Гафурова и др., 2024).

Целью наших исследований было выявление изменений почвенного покрова горных районов Узбекистана с 80-х годов прошлого века до 2020-х годов на основе анализа разновременных спутниковых данных Landsat.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Анализ проведен для горных районов Узбекистана с абсолютной высотой более 900 м над уровнем моря (рис. 1).

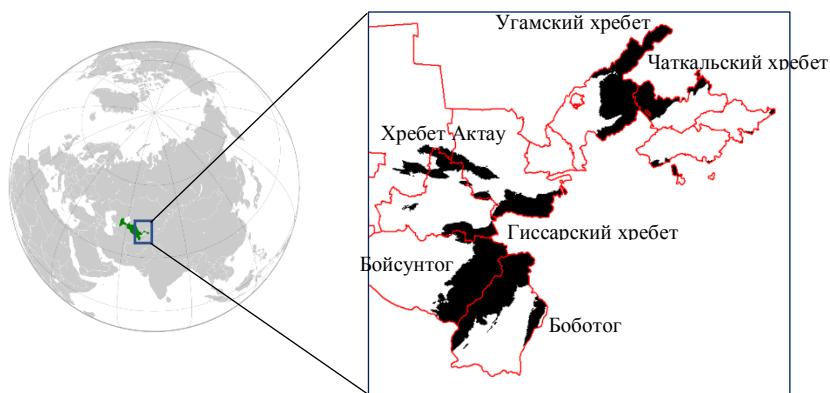


Рис. 1. Горные районы в восточной части Узбекистана (черный цвет – районы с абсолютной высотой более 900 м; красные линии – административные границы провинций страны).

Fig. 1. Mountainous regions of eastern part of Uzbekistan (black color – areas with an absolute altitude of more than 900 m; red lines – administrative boundaries).

Для данного региона характерно преобладание разнообразных почвообразующих пород: от элюво-делювия коренных пород различного состава до неогеновых глинистых и суглинистых отложений четвертичного возраста (Nabieva, 2008; Раупова, Абдуллаев, 2018).

Преобладает естественная растительность: от многолетников и ассоциаций эфирно-масличных растений в предгорьях и низкогорьях до горных лесов (туркестанский клен, алыча, яблоня, фисташники и миндаль, местами орех грецкий, береза, тополь, а также сумах, гранат, инжир, хурма), которые выше сменяются субальпийскими и альпийскими лугами и степями (Gafurova et al., 2020). В нижнюю часть горных массивов местами заходят пахотные угодья.

В почвенном покрове преобладают светло-бурые лугово-степные высокогорные почвы, местами в сочетании с болотно-луговыми и торфяно-болотными, бурые горно-лесные, коричневые почвы (в том числе карбонатные, слабо-карбонатные, выщелоченные, глубоковыщелоченные, типичные). Также широко представлены примитивные почвы галечников и песчано-галечниковых отложений, выходы коренных пород, осыпи (Атлас..., 2010; Гафурова и др., 2024). Практически все почвы каменистые, щебнистые и разные по мощности мелкоземистой толщи.

Широко развиты процессы эрозии и солифлюкции, которые формируют делювиальные и пролювиальные отложения в нижних частях склонов гор и в горных долинах.

Местами растительность и почвенный покров территории исследований нарушены в результате прокладки дорог, строительства и добычи полезных ископаемых.

В качестве основы для выявления изменений наземного покрова и почвенного покрова использовались безоблачные спутниковые данные Landsat TM5 за 1985–1987 гг. и Landsat 8 OLI за 2021–2023 гг. с пространственным разрешением 30 м на местности. В обоих случаях использован продукт второго уровня обработки после стандартной атмосферной коррекции и пересчета числовых значений в величины спектральной отражательной способности (COC). Для анализа были отобраны сцены, полученные в июне месяце, на пике вегетационного сезона. Анализировались

каналы съемки Landsat 8 OLI: 2 (0.45–0.52 мкм), 4 (0.63–0.68 мкм) и 5 (0.85–0.88 мкм); и Landsat 5 TM: 1 (0.45–0.52 мкм), 3 (0.63–0.69 мкм), 4 (0.76–0.90 мкм).

Последовательность анализа представлена на рисунке 2.

На первом этапе были определены основные объекты наземного покрова, которые можно было надежно дешифровать визуально по спутниковым данным Landsat на территории исследований. В их состав вошли следующие:

1. Густая растительность (ГР).
2. Разреженная растительность (РР).
3. Водная поверхность (ВП).
4. Открытая гумусированная поверхность почв (ПГ).
5. Открытая безгумусная поверхность почв (ПБ).
6. Открытая поверхность засоленных почв (ПЗ).
7. Открытая поверхность переувлажненных почв (ПП).

Выделение этих объектов вместо попытки дешифрирования конкретных почв было обусловлено недостаточностью данных полевых обследований для выявления дешифровочных признаков для осуществления подобного дешифрирования.

Для каждого типа объектов были определены их спектральные “портреты” в координатах используемых каналов съемки. Для этого по июньским изображениям 2021–2023 гг. визуально было отобрано не менее 30 пикселей для каждого типа объектов и посчитано среднее арифметическое значение коэффициента спектрального отражения в каждом анализируемом канале съемки, величина которого и использовалась для формирования спектрального портрета объекта.

На основе индивидуально определяемых для каждой анализируемой сцены пороговых значений NDVI изображения были разбиты на 3 класса наземного покрова: растительность, открытая поверхность почв и водная поверхность.



Рис. 2. Последовательность проведенного анализа.
Fig. 2. Flowchart of the performed analysis.

После этого было проведено поканальное вычитание значений СОС в соответствующих каналах Landsat 8 OLI и Landsat 5 TM:

$$D1 = OLI2 - TM1$$

$$D2 = OLI4 - TM3$$

$$D3 = OLI5 - TM4$$

где D_n – разница в спектральной яркости, OLI_n – соответствующий канал съемки Landsat 8 OLI, TM_n – соответствующий канал съемки Landsat 5 TM (n – номера соответствующих каналов съемки).

Для каждого изображения-разницы была построена гистограмма, по которой были определены границы преобладающего класса разницы отражения (по перепадам на графике гистограммы или путем отсечения 50% пикселей). Таким образом изображение-разница для каждого канала съемки было разбито на 3 класса: фоновое (близкое к 0) значение, ниже фонового и выше фонового. Фоновое значение кодировалось как отсутствие изменений в СОС, ниже фонового – как падение СОС, выше фонового – как рост СОС. После этого было сделано последовательное пересечение карт разниц $D1$ с $D2$ и далее с $D3$. В итоге была получена результирующая карта изменений СОС во всех анализируемых каналах съемки.

На следующем этапе анализа карта изменений СОС перекодировалась в термины перехода определенных выше объектов друг в друга. С этой целью анализировалось сходство классов на карте изменения отражения с классами попарной разницы в портретах между всеми определенными выше объектами, с учетом того, к какому классу наземного покрова относится объект.

Сначала на основе карты изменения СОС были выделены все переходы (изменения), связанные с водной поверхностью: переход ВП в растительность или в открытую поверхность почв, и наоборот, растительности и почв в водную поверхность. После этого в классе растительности на основе той же карты были определены переходы от густой растительности к разреженной, и наоборот. И далее аналогично: в классе открытой поверхности почв также были выделены подклассы переходов по гумусности,

засоленности и переувлажненности. Переходы были установлены путем совместного экспертного анализа классов наземного покрова с классами переходов (зафиксированных изменений). Например, если на карте 80-х годов пиксель был определен как растительность, а на карте изменения СОС он попадает в класс, для которого характерно падение и D1, и D2, и D3, то этот случай, с учетом разницы портретов СОС разных классов, интерпретировался как переход от растительности к водной поверхности.

Далее полученные классы переходов наземного покрова были интерпретированы в следующие классы изменений почвенного покрова:

1. Деградация почвенного покрова, связанная с деградацией растительности (переход класса ГР в РР).
2. Проградация почв (переход класса РР в класс ГР, или классов открытой поверхности почв в классы растительности).
3. Появление новых площадей почв в результате сокращения водных объектов (переход ВП в другие классы наземного покрова).
4. Затопление прибрежных почв в результате увеличения водной поверхности (другие классы наземного покрова в ВП).
5. Деградация почв в результате эрозии, оползневых, осыпных процессов (переход классов открытой поверхности почв в класс ПБ).
6. Увеличение доли засоленных почв или степени засоленности почв (переход классов открытой поверхности почв в класс ПЗ).
7. Увеличение доли переувлажненных почв или степени переувлажнения почв (переход классов открытой поверхности почв в класс ПП).

Полученная карта изменений почвенного покрова была совмещена с обновленной геоинформационной картой почвенного покрова горных районов Узбекистана (Гафурова и др., 2024) (далее ГПК), после чего был проведен экспертный анализ логичности выявленных изменений с учетом особенностей почвенного покро-

ва территории и окончательная коррекция карты изменений на основе анализа классов изменений СОС. Корректировались нелогичности на предварительной карте. Например, если высоко в горах на предварительной карте был установлен рост засоленности почв, то они перекодировались в деградацию почв в результате эрозии, оползней и т. д., так как наличие там сильно засоленных почв невозможно. Подобные нелогичности были исправлены экспертно на всей карте. Для всех 237 выделов карты почвенного покрова были посчитаны площади и доли наблюдаемых изменений от площади выделов.

Непосредственно анализ данных был выполнен с использованием пакета прикладных программ ГИС ILWIS v.3.3 (<https://www.itc.nl/ilwis/download/ilwis33/>).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа визуализированы в виде рисунков 3–12.

Из примера карты на рисунках 3 и 12 следует, что во многих контурах ГПК встречаются пиксели с разными типами деградации. Контуров с полным отсутствием изменений почвенного покрова очень мало, но доля изменений от площади контуров ГПК, как правило, невелика. Абсолютно преобладают выделы, где доля изменений не превышает нескольких процентов (рис. 4). Больше всего изменений наблюдается на севере и северо-востоке территории, в районе Чаткальского и Угамского хребтов. Здесь во многих контурах до 10–20% почв имеют тренд к проградации из-за проградации растительности (рис. 6).

Такая же доля почв в контурах в этом районе освободилась от воды, и одновременно такая же доля почв во многих контурах перешла в малогумусные из-за процессов эрозии, осыпей и обвалов (рис. 7). Триггером всех этих процессов, скорее всего, является изменение климата (Мягкова, 2019). Основная часть наблюдаемых изменений в районе Чаткальского и Угамского хребтов приурочена к краевым частям горных массивов, где, помимо изменений климата, наибольшее воздействие на почвенный покров оказывает антропогенная деятельность.

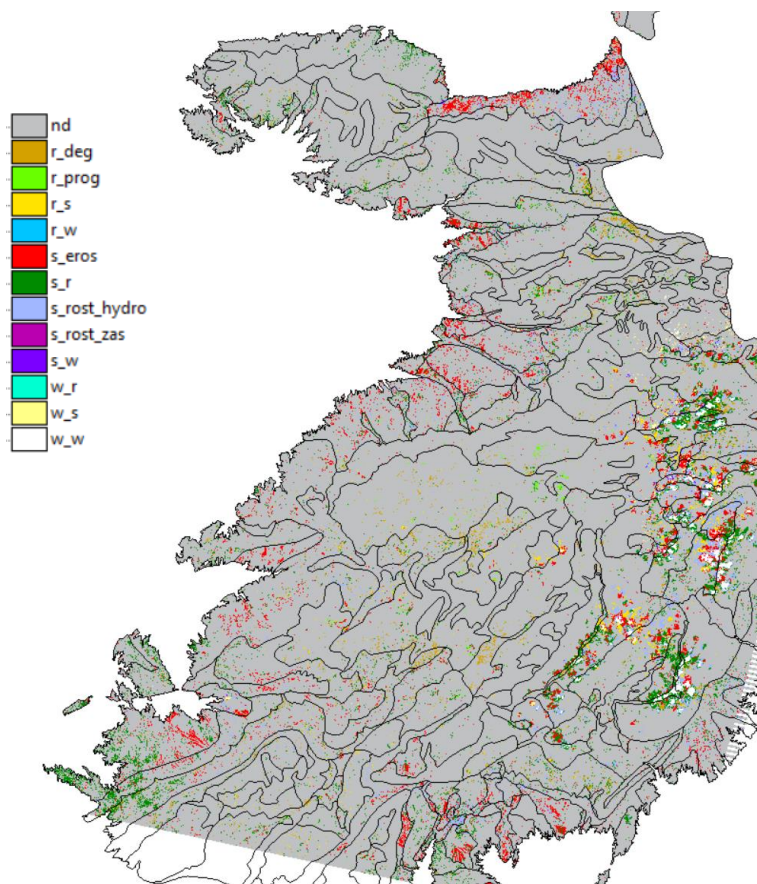


Рис. 3. Фрагмент карты изменений наземного покрова и почв части горного массива Бойсунтог (**nd** – нет изменений, **r_deg** – деградация растительности, **r_prog** – проградация растительности, **r_s** – переход растительности в открытую поверхность почв, **r_w** – переход растительности в водную поверхность, **s_eros** – потеря гумусного горизонта в результате эрозии, оползней, обвалов, **s_r** – переход открытой поверхности почв в класс “растительность”, **s_rost_hydro** – рост гидроморфности почв, **s_rost_zas** – рост засоленности почв, **s_w** – переход открытой поверхности почв в водную поверхность, **w_r** – переход водной поверхности в растительность, **w_s** – переход водной поверхности в открытую поверхность почв, **w_w** – водная поверхность без изменений, **черные линии** – границы выделов ГПК).

Fig. 3. A fragment of the land cover and soils changes map of the Boysuntog mountain range part (**nd** – no changes, **r_deg** – vegetation degradation, **r_prog** – vegetation progradation, **r_s** – transformation of the vegetation covered land surface to the open soil surface, **r_w** – transformation of the vegetation covered land surface into the water surface, **s_eros** – humus horizon loss resulting from erosion, landslides, avalanches, **s_r** – transformation of the open soil surface to the “vegetation” class, **s_rost_hydro** – increase in soil hydromorphism, **s_rost_zas** – increase in soil salinity, **s_w** – transformation of the open soil surface into the water surface, **w_r** – transformation of water surface into vegetation, **w_s** – transformation of the water surface to the open soil surface, **w_w** – no changes in water surface, **black lines** – boundaries of the units on the geoinformation map of the soil cover).

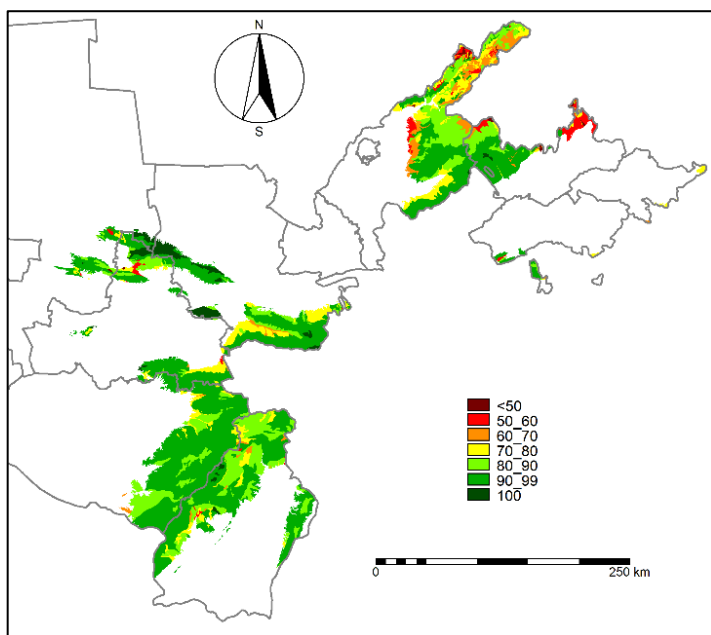


Рис. 4. Доля класса “отсутствие изменений” от выделов ГПК (Гафурова и др., 2024).

Fig. 4. The “no change” class share of the units of the soil cover geoinformation map (Gafurova et al., 2024).

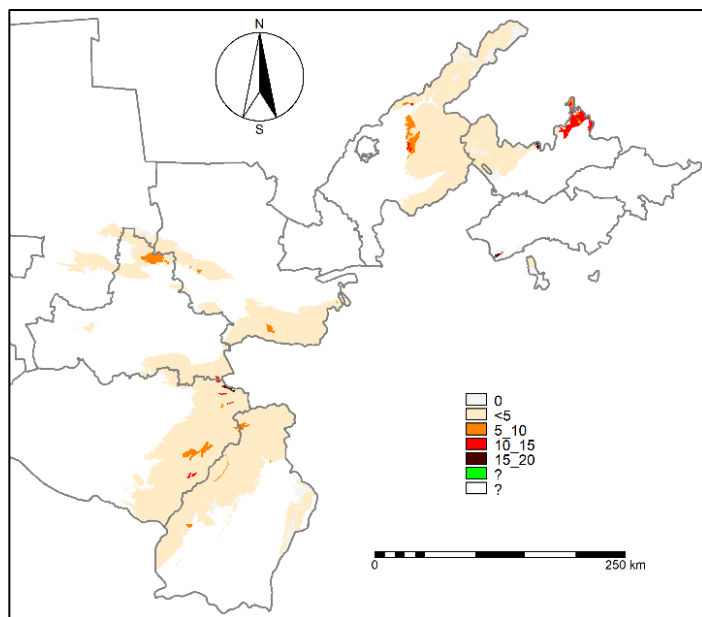


Рис. 5. Дegradация почвенного покрова, связанная с деградацией растительности (здесь и далее – доля от выделов ГПК).

Fig. 5. Degradation of the soil cover associated with vegetation degradation (hereinafter – share of the units of the soil cover geoinformation map).

Самые небольшие по площади изменения установлены для горных почв хребта Актау (рис. 1). В краевых частях хребта местами отмечается рост площадей засоленных и переувлажненных почв, что обусловлено большей аридностью климата и использованием нижних частей склонов гор в орошаемом сельском хозяйстве (Турдалиев и др., 2019).

На отрогах Гиссарского хребта наблюдаются аналогичные закономерности, но доля выделов ГПК с отсутствием изменений и количество типов изменений здесь ниже, чем для территории хребта Актау.

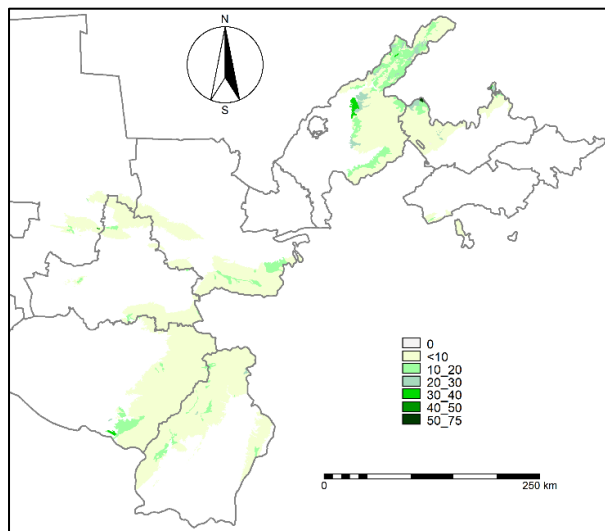


Рис. 6. Проградация почв.

Fig. 6. Soil progradation.

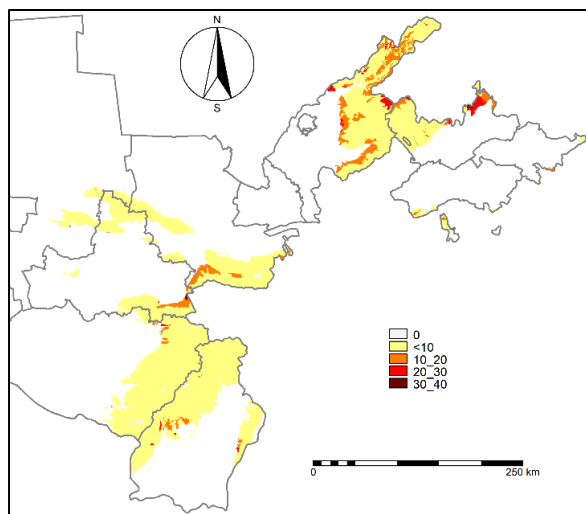


Рис. 7. Дegradация почв в результате эрозии, оползневых, осыпных процессов.

Fig. 7. Soil degradation resulting from erosion, landslides, and avalanches.

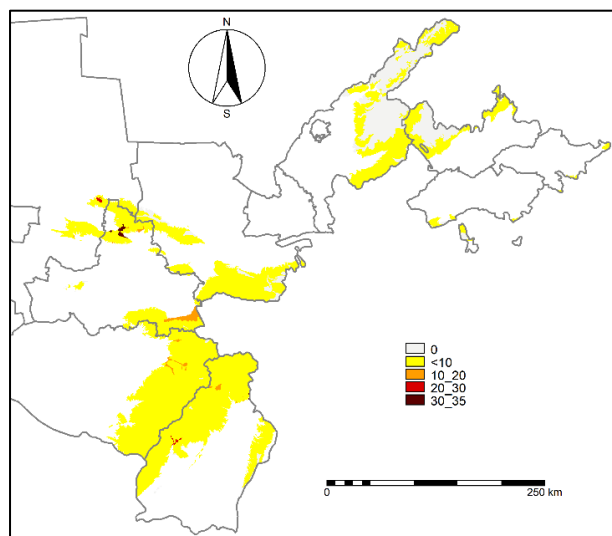


Рис. 8. Увеличение доли переувлажненных почв.

Fig. 8. Increase in the share of hydromorphic soils.

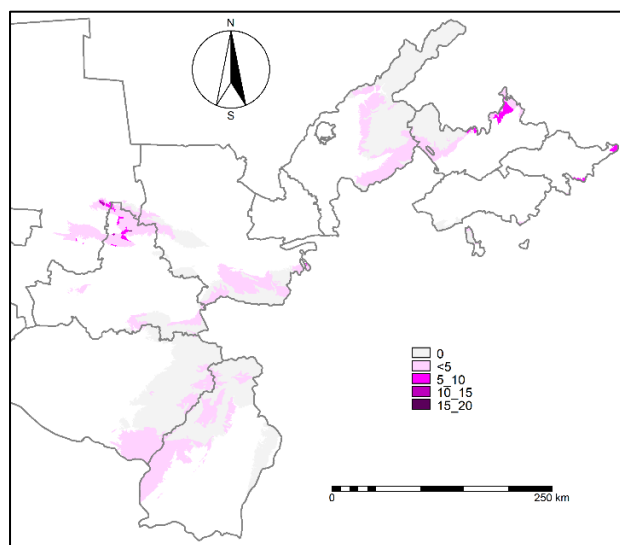


Рис. 9. Увеличение доли засоленных почв.

Fig. 9. Increase in the share of saline soils.

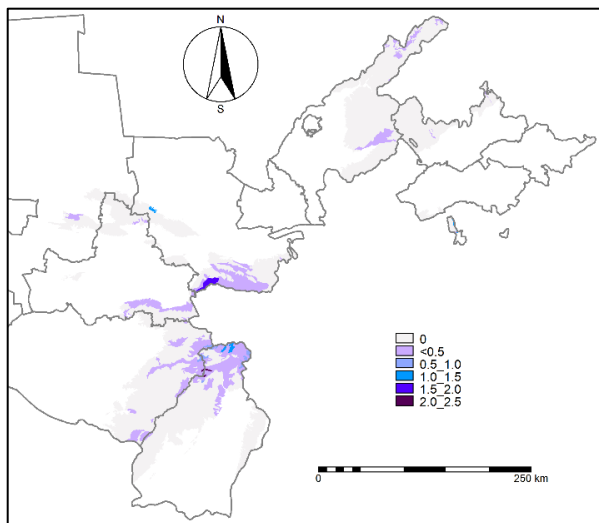


Рис. 10. Доля почв, перешедших под воду.

Fig. 10. The share of soils, which became covered with water.

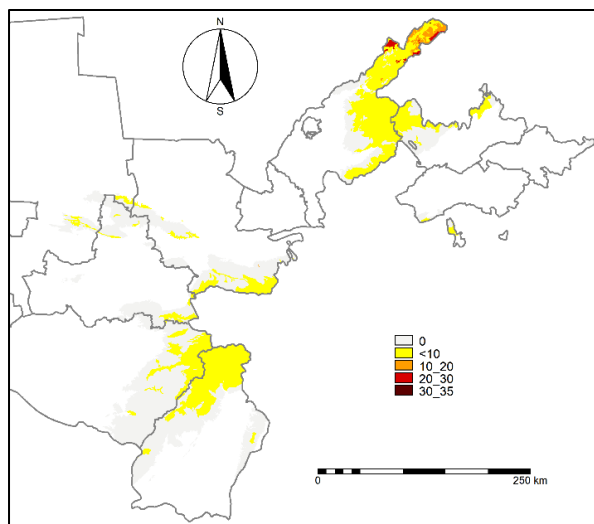


Рис. 11. Доля почв, освободившихся от воды.

Fig. 11. The share of soils, that emerged from under water.

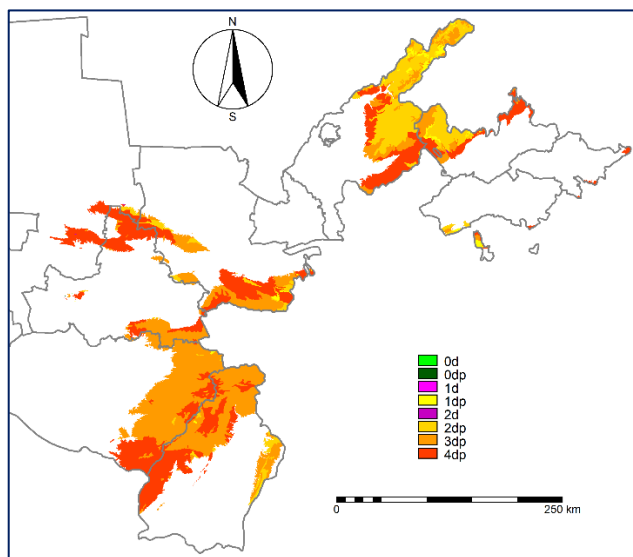


Рис. 12. Суммарная оценка изменений почвенного покрова (количество типов деградации в контуре ГПК (**nd** – от 0 до 4 типов) и присутствие пикселей с проградацией почв (**p**)).

Fig. 12. Total assessment of changes in the contour of the soil cover geoinformation map (number of degradation types in the soil-protective complex contour (**nd** – from 0 to 4 types) and presence of pixels with soil progradation (**p**)).

В целом для горных территорий Узбекистана выявленных изменений почвенного покрова за период с 80-х годов прошлого века по 20-е годы текущего оказалось около 11.31% от территории гор. Из них для 4.33% территории гор наблюдается тренд к проградации почв. На 4.45% территории гор наблюдаются процессы изменений почвенного покрова, связанные с эрозией, осыпями, обвалами, на 1.66% – наблюдаются процессы вторичного переувлажнения почв, а на 0.31% – процессы вторичного засоления почв. Изменения почвенного покрова в связи с динамикой водной поверхности (затопление почв, освобождение почв от водной поверхности) на территории исследований не превышают 0.1–0.3% от площади гор.

Таким образом, проведенные исследования показали широкие возможности использования многолетних архивов спутниковых данных для оценки динамичности почв и почвенного покрова труднодоступных горных регионов Узбекистана. По сути, был получен первый опыт подобных работ в стране, который в том числе вскрыл и недостатки данного подхода. К ним можно отнести трудность точного детектирования по спутниковым данным конкретных почв на территории исследований, что связано с недостаточной изученностью почвенно-ландшафтных связей. В результате методы спутникового мониторинга, основанные на сравнении результатов детектирования, полученных по изображениям разных лет съемки (Potarov et al., 2022), не позволяют корректно их соотнести друг с другом. Выделение более детальных классов почв и наземного покрова по спутниковым данным, как это сделано, например, в упоминаемой работе (Савин и др., 2014), также затруднено отсутствием исследований спектральной отражательной способности почв и растительности региона. Кроме того, в связи с генерализованностью изображения почвенного покрова на спутниковых данных (Иванов и др., 2025), не до конца изученным остается вопрос о том, что конкретно приводит к изменению спектральной яркости на снимках – изменение свойств почвы или изменение структуры почвенного покрова.

Несмотря на отмеченные выше недостатки, альтернативы развитию систем спутникового мониторинга почвенного покрова горных территорий страны на сегодняшний день нет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе спутниковых данных Landsat 80-х годов прошлого века и 20-х годов нынешнего проведен анализ изменений почвенного покрова горных территорий Узбекистана. Результаты представлены в виде растрового слоя ГИС с размером пикселя 30 м на местности.

Основные типы выявленных изменений связаны с процессами эрозии, осыпями, обвалами, вторичным переувлажнением и засолением почв. Эти изменения затрагивают около 7% территории гор страны. Для 4.33% территории гор Узбекистана наблюдается тренд к проградации почв. Изменения почвенного покрова в

связи с динамикой водной поверхности (затопление почв, освобождение почв от водной поверхности) на территории исследований не превышают 0.1–0.3% от площади гор.

Проведенные исследования продемонстрировали широкие возможности использования многолетних архивов спутниковых данных для оценки динамичности почв и почвенного покрова труднодоступных горных регионов Узбекистана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алибоева М.А., Жаббаров З.А., Фахрутдинова М.Ф. Влияние природных факторов на химические свойства горных почв (на примере почв Чаткальского государственного биосферного заповедника) // Научное обозрение. Биологические науки. 2022. № 1. С. 10–15. URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1252>.
2. Атлас почвенного покрова Республики Узбекистан. Ташкент, 2010. 44 с.
3. Гафурова Л.А., Савин И.Ю., Джалилова Г.Т. Обновление почвенной карты горных районов Узбекистана // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2024. Вып. 118. С. 21–47. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2024-118-21-47>.
4. Джалилова Г.Т. Геоинформационный анализ эрозионных процессов в среднегорьях и низкогорьях Узбекистана (на примере почв Чаткальского и Туркестанского хребтов): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ташкент, 2018. 53 с.
5. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Прудникова Е.Ю., Воронин А.Я., Духанин Ю.А., Вернюк Ю.И. Дистанционные технологии ландшафтной адаптации земледелия. М.: ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, 2025. 141 с.
6. Керженцев А.С. Функциональная экология. М.: Наука, 2006. 259 с.
7. Мягкова Н.В. Экологические аспекты изменения климата в Узбекистане // Universum: технические науки. 2019. № 2(59). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-aspekty-izmeneniya-klimata-v-uzbekistane>.
8. Назаров А.С. Почвы западных отрогов Чаткальского хребта (на примере почв Чаткальского горно-лесного государственного заповедника): Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент, 1987. 21 с.
9. Раупова Н.Б., Абдуллаев С.А. Горно-коричневые карбонатные почвы Западного Тянь-Шаня, их агрохимические свойства и гумусное состояние // Бюллетень науки и практики. 2018. № 2. С. 153–161.

10. Савин И.Ю., Отаров А., Жоголев А.В., Ибраева М.А., Дуйсеков С. Выявление многолетних изменений площади засоленных почв Шаульдерского орошаемого массива по космическим снимкам Landsat // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2014. Вып. 74. С. 49–65. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2014-74-49-65>.
11. Турабаев А. Описание некоторых природных факторов, сохраняющих разнообразие горных коричневых почв (на примере Чаткальских и Нуратинских гор): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент, 2011. 27 с.
12. Турдалиев Ж.М., Мансуров Ш.С., Ахмедов А.У., Абдурахмонов Н.Ю. Засоленность почвогрунтов и грунтовых вод Ферганской долины // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. № 2. С. 10–15. URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1139>.
13. Турсунов Л., Ханазаров А., Фахрутдинова М., Камилова Д. Горные почвы Узбекистана. Ташкент: “Турон-Икбол”, 2009. 232 с.
14. Фахрутдинова М.Ф. Фракционный и групповой состав горно-коричневые выщелоченные почвы // Вестник НуУЗ. 2014. № 3/2. С. 79–82.
15. Chen Q., Vaudour E., Richer-de-Forges A.C., Arrouays D. Spectral indices in remote sensing of soil: definition, popularity, and issues. A critical overview // Remote Sensing of Environment. 2025. Vol. 329. 114918. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2025.114918>.
16. Jombo S., Abd Elbasit M.A.M., Gumbo A.D., Nethengwe N.S. Remote Sensing Application in Mountainous Environments: A Bibliographic Analysis // International journal of environmental research and public health. 2023. Vol. 20(4), 3538. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20043538>.
17. Gafurova L.A., Djalilova G.T., Ergasheva O.X., Kadirova D.A. Measures on erosion-preventive forest melioration in mountain areas of Uzbekistan // Journal of Critical Reviews. 2020. No. 7(2). P. 283–287. DOI: <https://doi.org/10.31838/jcr.07.02.52>.
18. Mammadov E., Nowosad J., Glaesser C. Estimation and mapping of surface soil properties in the Caucasus Mountains, Azerbaijan using high-resolution remote sensing data // Geoderma Regional. Vol. 26. 2021. e00411. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00411>.
19. Mauro S.E.D. Soil Degradation: Overview and Critique // In: Ecology, Soils, and the Left. Environmental Politics and Theory. New York: Palgrave Macmillan, 2014. DOI: https://doi.org/10.1057/9781137350138_4.
20. Nabieva G.M. Soils of the western spurs of the Chatkal ridge and their enzymatic activity. Tashkent: NUU, 2008. 132 p.
21. Potapov P., Hansen M.C., Pickens A., Hernandez-Serna A., Tyukavina A., Turubanova S., Zalles V., Li X., Khan A., Stolle F., Harris N., Song X.,

Baggett A., Kommareddy I., Kommareddy A. The Global 2000-2020 Land cover and land use change dataset derived from the Landsat archive: first results // *Frontiers in Remote Sensing*. 2022. Vol. 3. URL : <https://www.frontiersin.org/journals/remote-sensing/articles/10.3389/frsen.2022.856903>. DOI: <https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903>.
22. Shermanov B. Assessment of degradation in mountain and foothill areas using GIS technologies in Parkent District, Uzbekistan // *New Uzbekistan Journal of Academic Research*. 2025. Vol. 2(2). P. 57–63. URL: <https://inlibrary.uz/index.php/yoitj/article/view/65984>.

REFERENCES

1. Aliboeva M.A., Zhabbarov Z.A., Fakhrutdinova M.F., Influence of natural factors on chemical properties of mining soil (on the example of soils of the Chatkal state biosphere reserve), *Scientific Review. Biological science*, 2022, No. 1, pp. 10–15, URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1252>. (In Russ.)
2. Atlas of the soil cover of the Republic of Uzbekistan. Tashkent, 2010, 44 p. (In Russ.)
3. Gafurova L.A., Savin I.Yu., Djalilova G.T., Updating of soil map of mountainous regions of Uzbekistan, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2024, Vol. 118, pp. 21–47, DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2024-118-21-47>. (In Russ.)
4. Djalilova G.T., Geoinformation analysis of erosion processes in the middle and low mountains of Uzbekistan (on the example of soils of the Chatkal and Turkestan ranges), Extended abstract Dr. Biol. Sci. thesis, Tashkent, 2018, 53 p. (In Russ.)
5. Ivanov A.L., Savin I.Yu., Prudnikova E.Yu., Voronin A.Ya., Dukhanin Yu.A., Vernyuk Yu.I., Remote technologies for landscape adaptation of agriculture, Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2025, 141 p. (In Russ.)
6. Kerzhentsev A.S., Functional ecology, Moscow: Nauka, 2006, 259 p. (In Russ.)
7. Myagkova N.V., Ecological aspects of climate change in Uzbekistan, *Universum: technical science*, 2019, No. 2(59), URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-aspekty-izmeneniya-klimata-v-uzbekistane>. (In Russ.)
8. Nazarov A.S., Soils of the western spurs of the Chatkal ridge (on the example of soils of the Chatkal mountain-forest state reserve, Extended abstract of Cand. Agri. Sci. thesis, Tashkent, 1987, 21 p. (In Russ.)

9. Raupova N.B., Abdullaev S.A., Mineral-brown carbonate soils of the Western Tien Shan, their agrochemical properties and humus condition, *Bulletin of Science and Practice*, 2018, No. 2, pp. 153–161. (In Russ.)
10. Savin I.Yu., Otarov A., Zhogolev A.V., Ibraeva M.A., Duseikov S., Long-term changes in the area of saline soils recognized by Landsat images in Shauldersk irrigated massive, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2014, Vol. 74, pp. 49–65, DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2014-74-49-65>. (In Russ.)
11. Turabaev A., Description of some natural factors preserving the diversity of mountain brown soils (using the Chatkal and Nurata Mountains as an example), Extended abstract of Cand. Biol. Sci. thesis, Tashkent, 2011, 27 p. (In Russ.)
12. Turdaliev Zh.M., Mansurov Sh.S., Akhmedov A.U., Abdurakhmanov N.Yu., Salinization of soil-grounds and groundwater of the the Fergana Valley), *Scientific Review. Biological science*, 2019, No. 2, pp. 10–15, URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1139>. (In Russ.)
13. Tursunov L., Khanazarov A., Fakhrutdinova M., Kamilova D., *Mountain soils of Uzbekistan*, Tashkent: “Turon-Ikbol”, 2009, 232 p.
14. Fakhrutdinova M.F., (Fractional and group composition of mountain-brown leached soils, *Acta Ntional University of Uzbekistan. Exact Sciences*, 2014, No. 3/2, pp. 79–82. (In Russ.)
15. Chen Q., Vaudour E., Richer-de-Forges A.C., Arrouays D., Spectral indices in remote sensing of soil: definition, popularity, and issues. A critical overview, *Remote Sensing of Environment*, 2025, Vol. 329, 114918, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2025.114918>.
16. Jombo S., Abd Elbasit M.A.M., Gumbo A.D., Nethengwe N.S., Remote Sensing Application in Mountainous Environments: A Bibliographic Analysis, *International journal of environmental research and public health*, 2023, Vol. 20(4), 3538, DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20043538>.
17. Gafurova L.A., Djalilova G.T., Ergasheva O.X., Kadirova D.A., Measures on erosion-preventive forest melioration in mountain areas of Uzbekistan, *Journal of Critical Reviews*, 2020, No. 7(2), pp. 283–287, DOI: <https://doi.org/10.31838/jcr.07.02.52>.
18. Mammadov E., Nowosad J., Glaesser C., Estimation and mapping of surface soil properties in the Caucasus Mountains, Azerbaijan, using high-resolution remote sensing data, *Geoderma Regional*, Vol. 26, 2021, e00411, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00411>.
19. Mauro S.E.D., Soil Degradation: Overview and Critique, In: *Ecology, Soils, and the Left. Environmental Politics and Theory*, New York: Palgrave Macmillan, 2014, DOI: https://doi.org/10.1057/9781137350138_4.
20. Nabieva G.M., *Soils of the western spurs of the Chatkal ridge and their enzymatic activity*, Tashkent: NUU, 2008, 132 p.

21. Potapov P., Hansen M.C., Pickens A., Hernandez-Serna A., Tyukavina A., Turubanova S., Zalles V., Li X., Khan A., Stolle F., Harris N., Song X., Baggett A., Kommareddy I., Kommareddy A., The Global 2000-2020 Land cover and land use change dataset derived from the Landsat archive: first results, *Frontiers in Remote Sensing*, 2022, Vol. 3, URL: <https://www.frontiersin.org/journals/remote-sensing/articles/10.3389/frsen.2022.856903>, DOI: <https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903>.
22. Shermanov B., Assessment of degradation in mountain and foothill areas using GIS technologies in Parkent District, Uzbekistan, *New Uzbekistan Journal of Academic Research*, 2025, Vol. 2(2), pp. 57–63, URL: <https://inlibrary.uz/index.php/yoitj/article/view/65984>.