



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.2.6>

UDC 502.5:574.42

LBC 26.8

## REVEGETATION ANALYSIS WITHIN THE SHURUPOV QUARRIES BASED ON REMOTE SENSING DATA

**Natalya M. Khavanskaya**

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

**Arina V. Novochadova**

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

**Abstract.** The article presents an analysis of restoration processes within two quarries located in the north-west of the Shurupovskiy Khutor in the Frolovskiy district of the Volgograd region. The described methods of revegetation analysis within the quarry-dump complexes included images from the USGS Earth Explorer portal (US Geological Survey). The Landsat-5 TM satellite images were used in July 2007, Landsat 8 OLI\_TIRS was used in July 2015, and Landsat 9 OLI\_TIRS described the status in July 2022. Using the ArcGIS geoinformation system 10.3.1, we considered multispectral images of different times and calculated the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for 2007, 2015, and 2022. As a second index, we calculated the NDVI trend for 2007–2015 and 2015–2022. Based on the results of interpretation, the assessment of changes in the vegetation cover of quarry-dump complexes was carried out. As a result, it was revealed that the vegetation cover of quarries demonstrated different restoration pathways despite their close territorial location. By 2022, the NDVI of the eastern quarry did not exceed 0.2, and the NDVI of the western quarry increased to 0.5. However, in general, there is a positive NDVI trend in the territories of both quarries. Resulting from the data obtained, NDVI maps and NDVI trend maps for the studied quarries were prepared. Tables for calculating changes in the areas of flooding and vegetation cover of the Shurupov quarries for 2007, 2015, and 2022 were created in MS Excel.

**Key words:** quarry-dump complexes, vegetation cover, GIS technologies, NDVI, Volgograd region.

**Citation.** Khavanskaya N.M., Novochadova A.V. Revegetation Analysis Within the Shurupov Quarries Based on Remote Sensing Data. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 13, no. 2, pp. 58–66. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.2.6>

УДК 502.5:574.42

ББК 26.8

## АНАЛИЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ШУРУПОВСКИХ КАРЬЕРОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Наталья Михайловна Хаванская**

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

**Арина Валерьевна Новочадова**

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье проанализированы восстановительные процессы в пределах двух карьеров, расположенных на северо-западе от хутора Шуруповский Фроловского района Волгоградской области. Представлена методика анализа восстановительных процессов растительного покрова в пределах карьерно-отвальных комплексов. Для анализа использовались снимки с портала Earth Explorer USGS (Геологическая

служба США). Скачивались снимки со спутника Landsat 5 с сенсором TM за июль 2007 г., Landsat 8 с сенсором OLI\_TIRS за июль 2015 г., Landsat 9 с сенсором OLI\_TIRS за июль 2022 года. С помощью геоинформационной системы ArcGIS версии 10.3.1 были рассмотрены разновременные мультиспектральные снимки и был проведен расчет вегетационного индекса NDVI за 2007, 2015 и 2022. Дополнительно был рассчитан тренд изменений вегетационного индекса NDVI за 2007–2015 и 2015–2022 годы. По результатам дешифрирования проведена оценка изменений растительного покрова карьерно-отвальных комплексов. Было выявлено, что растительный покров карьеров, несмотря на близкую территориальную расположенность, восстанавливается по-разному. К 2022 г. вегетационный индекс NDVI восточного карьера не превышал 0,2, а вегетационный индекс NDVI западного карьера возрос до 0,5. В целом можно говорить о позитивном тренде индекса NDVI на территориях обоих карьеров. По полученным данным подготовлены карты вегетационного индекса NDVI и трендов его изменений по исследуемым карьерам. В MS Excel были созданы таблицы расчета изменения площадей затопления и растительного покрова Шуруповских карьеров за 2007, 2015, 2022 годы.

**Ключевые слова:** карьерно-отвальные комплексы, растительный покров, ГИС-технологии, NDVI, Волгоградская область.

**Цитирование.** Хаванская Н. М., Новочадова А. В. Анализ восстановления растительного покрова в пределах Шуруповских карьеров на основе данных дистанционного зондирования // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 2. – С. 58–66. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.2.6>

## Введение

Рассматриваемые карьеры расположены во Фроловском районе Волгоградской области, вблизи хутора Шуруповский. В тектоническом отношении они относятся к Донскому куполу Доно-Медведицких дислокаций – крупному антиклинальному сооружению, которое образовано мощной толщей скальных пород карбона, обнажающихся по правобережью Дона между станицами Перекопской и Сиротинской, и Арчединско-Донских поднятий Доно-Медведицкого вала. Геоморфологический район – Арчединское аккумулятивно-денудационное плато [6; 8].

В неоген-четвертичное время эта часть Доно-Медведицкого вала испытала интенсивное поднятие, размах которого составил до 600 м. Благодаря этому на поверхности обнажились карбонатные породы верхнего и среднего карбона, которые сформировали месторождения известняка [3; 4].

Шуруповский участок состоит из 5 известняковых карьеров. Разработка в карьерах началась в 1960 году. Суммарное время эксплуатации  $\approx 43$  года. Во избежание затопления жилых массивов города при разливе реки Арчеда, 10–15 апреля 2003 г. во время пропуска паводковых вод были затоплены отработанные и действующие забои Шуруповского карьера. К юго-западу от хутора Шуруповский расположен действующий карьер, а на севере – четыре отработанных и затопленных карьера, на северо-западе от хутора есть еще два карьера, которые были затоплены не полностью. Площадь

карьеров  $\approx 232\,173\text{ м}^2$  и  $\approx 149\,282\text{ м}^2$ . На данный момент в бортах карьерных выемок развиваются карстовые процессы с образованием форм карстового микрорельефа [5; 9; 12].

Целью настоящей работы является анализ восстановительных процессов растительного покрова в пределах полузатопленных карьеров хутора Шуруповский методом расчета показателей нормализованного вегетационного индекса растительности NDVI и трендов его изменения.

## Материалы и методы исследования

Процессы моделирования данных для анализа проходили в двух программах – геоинформационной системе ArcGIS 10.3.1 и в программе для работы с электронными таблицами MS Excel.

Материалами для нашего исследования выступали разновременные снимки спутника Landsat 5 с сенсором TM (июль 2007 г.) и Landsat 8, 9 с сенсором OLI\_TIRS (июль 2015, 2022 гг. соответственно), взятые с портала геологической службы США USGS (United States Geological Survey) в разделе EarthExplorer [13]. Пространственное разрешение полученных снимков – 30 метров. Данное разрешение нам подходит, так как охваты карьеров 504 м на 806 м и 452 м на 509 м.

Для векторизации объекта мы дешифрировали снимки в синтезе SWIR-NIR-RED (каналы 5-4-3 для Landsat 5, каналы 6-5-4 для Landsat 8, 9). Открытая порода в карьерах по добыче

известняка имеет ярко-белый цвет [11]. Снимки были взяты за 2007 (закрытие карьера было в 2003 г. [9]), 2015 и 2022 годы.

Основным методом анализа восстановления растительного покрова стал расчет показателей нормализованного вегетационного индекса растительности NDVI, а также расчет трендов его изменения за представленные года. Работа со снимками проводилась в программном комплексе ArcGIS. Расчет индекса NDVI основан на спектральных свойствах растительности. Значения индекса находятся в пределах от -1 до 1. Для растительности характерны значения от 0,2 до 1. Значения близкие к нулю относятся к водным и антропогенным объектам [10].

Для расчета NDVI используется функционал ArcToolbox – набор инструментов «Spatial Analyst» – «Алгебра карт» – утилита «Калькулятор растра» и формула

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

где NIR – инфракрасный канал; RED – красный канал [1] (табл. 1).

Сопоставление значений вегетационного индекса за 2007, 2015 и 2022 гг. производилось при помощи утилиты «Калькулятор растра».

С помощью вычитания растров индекса NDVI ближайших годов мы смогли определить тенденции изменения его значений.

Для ранжирования полученных трендов использовалась следующая методика:

- а) устойчивый негативный тренд (<0,005);
- б) значимый негативный тренд (-0,005–(-0,0003));
- в) тренд отсутствует (-0,0003–0,0003);
- г) значимый позитивный тренд (0,0003–0,005);
- д) устойчивый позитивный тренд (>0,005) [2; 14].

### Результаты и обсуждение

По результатам дешифрирования снимков за 2007, 2015 и 2022 гг. можно увидеть, как изменилась зона затопления карьеров с 2007 по 2022 г. (рис. 1). Добычные породы карьера дешифрируются как ярко-белый цвет, зона затопления – бордовым.

Оцифровав зону затопления за 2007, 2010 и 2022 гг., мы высчитали площади зон затопления. Далее внесли данные в таблицу MS Excel и рассчитали процент изменений площадей затопления с 2007 по 2015 г., с 2015 по 2022 г. и суммарный с 2007 по 2022 г. (см. табл. 2).

Таблица 1

Расчет вегетационного индекса NDVI для спутников Landsat 5, 8, 9

Индекс	Landsat 5	Landsat 8, 9
NIR	Band 4	Band 5
RED	Band 3	Band 4
NDVI	$\frac{(Band\ 4 - Band\ 3)}{(Band\ 4 + Band\ 3)}$	$\frac{(Band\ 5 - Band\ 4)}{(Band\ 5 + Band\ 4)}$

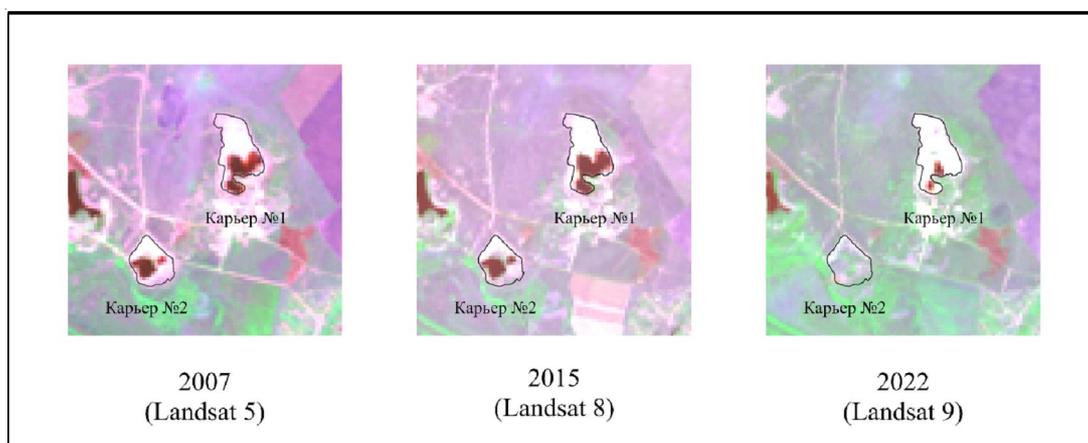


Рис. 1. Результаты дешифрирования снимков за 2007, 2015 и 2022 гг.

С 2007 по 2015 г. сильных изменений на снимках не наблюдается. Можно заметить, что в карьере № 1 площадь зоны затопления незначительно уменьшается с 58 626 м<sup>2</sup> до 56 367 м<sup>2</sup> (-3,8%). В карьере № 2 площадь зоны затопления значительно сократилась с 30 032 м<sup>2</sup> до 20 450 м<sup>2</sup> (-31,9%) и вблизи начинает образовываться растительность.

С 2015 по 2022 г. происходят сильные изменения. В карьере № 1 зона затопления значительно уменьшается до 11 023 м<sup>2</sup> (-80,4%), а в карьере № 2 полностью исчезает. Карьер № 2 уже не дешифрируется как карьер, ярко-белый цвет добычных пород сменяется окраской растительного покрова.

Суммарно с 2007 до 2022 г. покрытие зоны затопления карьера № 1 уменьшилась с 25,25 до 4,75 %, то есть площадь сократилась на 81,2%. Покрытие зоны затопления карьера № 2 уменьшилась с 20,12 до 0 %, то есть площадь сократилась на 100 %.

Так как значения коэффициента для растительности определяется в диапазоне от 0,2 до 1, для удобства мы выделили диапазон от -0,1 до 0,2 белым цветом. Значения меньше -0,1 интерпретируется как водный объект. Значения NDVI в пределах Шуруповских карьеров не превышает 0,6 (рис. 2).

В динамике видно, что в карьере № 1 с 2007 по 2015 г. появляется растительность

Таблица 2

**Расчет изменения площадей затопления Шуруповских карьеров за 2007, 2015, 2022 гг.**

Показатель	Карьер № 1 ( $S_K=232\ 173\ \text{м}^2$ )		Карьер № 2 ( $S_K=149\ 282\ \text{м}^2$ )	
	$S_z, \text{м}^2$	$S_z \text{ от } S_K, \%$	$S_z, \text{м}^2$	$S_z \text{ от } S_K, \%$
Площадь:				
2007 г.	58 626	25,25	30 032	20,12
2015 г.	56 367	24,28	20 450	13,7
2022 г.	11 023	4,75	0	0
Изменение площади, %:				
с 2007 по 2015 г.		-3,8		-31,9
с 2015 по 2022 г.		-80,4		-100
с 2007 по 2022 г.		-81,2		-100

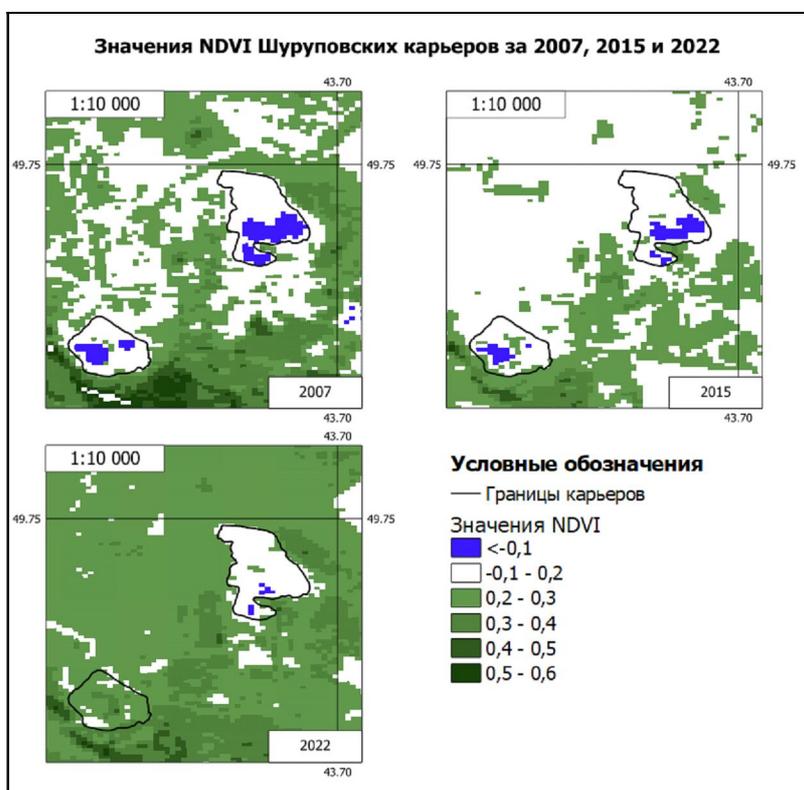


Рис. 2. Значения NDVI Шуруповских карьеров за 2007, 2015 и 2022 гг.

(NDVI 0,2–0,3) в центральной части карьера, на северо-востоке и юго-западе. К 2022 г. растительность пропадает на юго-западе, но появляется на западе карьера. Также видно увеличение площади растительного покрова в центральной и северо-восточной части.

В карьере № 2 мы видим значительные изменения. С 2007 по 2015 г. происходит увеличение площади и изменение формы растительного покрова в центральной и увеличение площади южной части карьера. С 2015 по 2022 г. практически всю территорию карьера занимает растительный покров (NDVI 0,2–0,5).

По картам трендов изменения значений NDVI карьера № 1 можно отметить, что тренд за 2007–2015 гг. носит позитивный характер на всей территории карьера, то есть наблюдается увеличение индекса на более 0,005. Территория, примыкающая к карьеру, наоборот имеет устойчивый негативный тренд вегетативного индекса. Тренд за 2015–2022 гг. получился неоднозначный. В северной, центральной и выборочно южной части карьера тренд негативный. В основном в южной час-

ти карьера тренд устойчиво позитивный. Для удобства на карту были добавлены изолинии значений индекса NDVI и изолинии растительного покрова (NDVI > 0,2). В зонах появления растительного покрова виден позитивный тренд. В северной и центральной части на зону растительности попадает негативный тренд из-за изменения формы растительного покрова. На юго-западной части мы видим исчезновение растительного покрова к 2022 г. и, соответственно, устойчивый негативный тренд. Эти изменения можно отследить, сравнивая изолинии за 2015 и 2022 гг. (рис. 3).

По картам изменения значений NDVI карьера № 2 можно отметить, что тренд за 2007–2015 гг. носит в основе устойчивый позитивный характер на всей территории карьера. Устойчивый негативный тренд наблюдается в центральной части карьера. Территория, примыкающая к карьеру, также имеет устойчивый негативный тренд индекса NDVI, как и карьер № 1. Тренд за 2015–2022 гг. имеет устойчивый позитивный тренд, за исключением южной части карьера. В зонах растительного покрова виден устойчи-

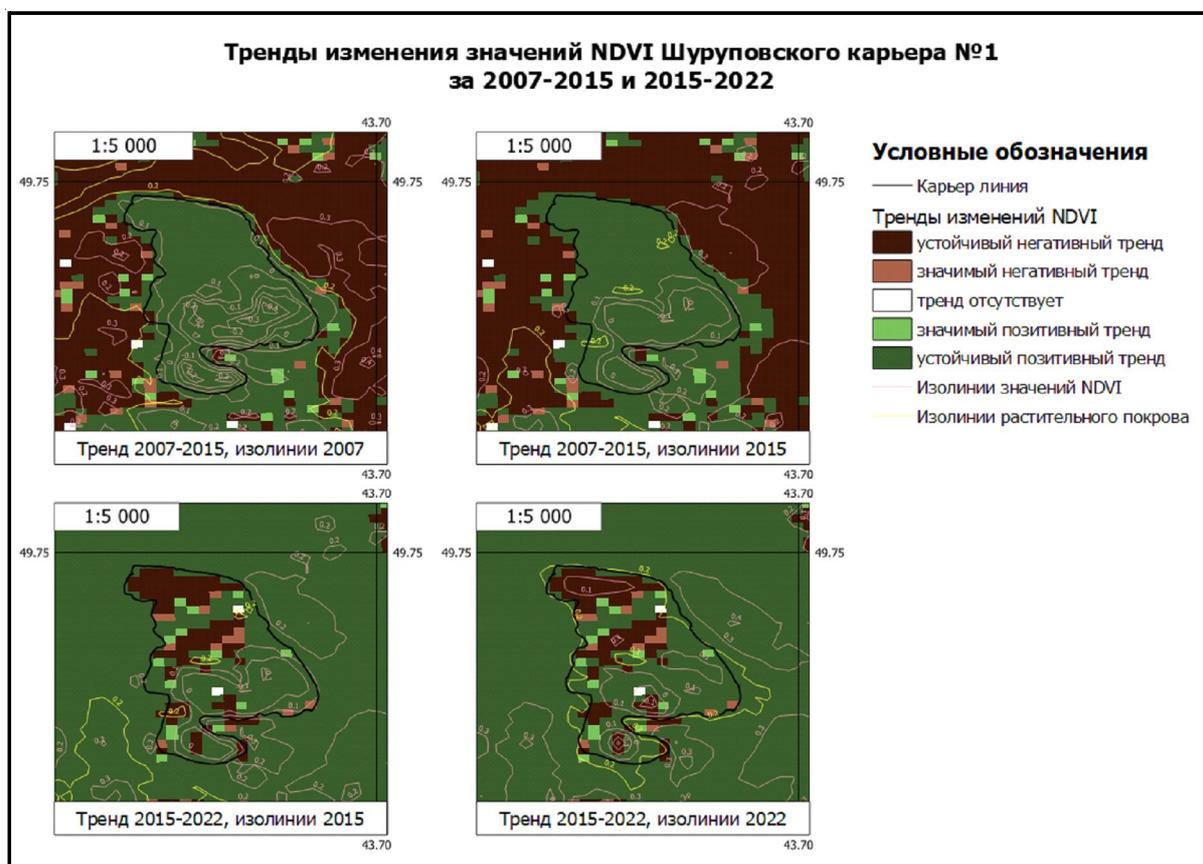


Рис. 3. Тренды изменений значения NDVI Шуруповского карьера № 1 за 2007–2015 и 2015–2022 гг.

вый позитивный тренд. В северной части карьера мы видим небольшую часть значимого негативного тренда, который возник из-за изменения формы растительного покрова (в сравнении изолиний 2015 и 2022 гг.). Также видно, что в этой зоне увеличился вегетационный индекс с 0,2 до 0,3 (рис. 4).

Отражение позитивного или негативно тренда вне зон растительности говорит о повышении или понижении количества биомассы в открытой почве или водной поверхности. Карьер № 1 к 2022 г. так и не обрел полноценный растительный покров в отличие от карьера № 2.

С 2007 по 2015 г. в карьере № 1 появляется растительный покров и его площадь составляет 3519 м<sup>2</sup> (1,52 % от площади карьера). В карьере № 2 площадь растительного покрова значительно увеличилась с 4 414 м<sup>2</sup> до 25 458 м<sup>2</sup> (+476%).

С 2015 по 2022 г. в карьере № 1 площадь растительного покрова увеличивается до 12 005 м<sup>2</sup> (+241%), а в карьере № 2 увеличивается до 133 706 м<sup>2</sup> (+425%).

Суммарно с 2007 до 2022 г. покрытие зоны растительного покрова карьера № 1 увеличилось до 5,17 %. Покрытие зоны растительного покрова карьера № 2 увеличилась с 2,96 до 89,57 % (увеличение площади +2929 %), что говорит о практически полном зарастании карьера (см. табл. 3).

По данным таблицы 3 можно понять, что скорость восстановления растительного покрова у карьеров разная, несмотря на одновременное время затопления. От скорости зарастания и разнообразия флоры зависит процесс почвообразования. Чем медленнее идет естественное зарастание отработанных карьерно-отвалных комплексов, тем слабее выражены процессы восстановления. На скорость естественного зарастания нарушенных участков влияет большое количество факторов:

- расположение по розе ветров нарушенных ландшафтов к ненарушенным экосистемам;
- состав флоры прилегающих ненарушенных ландшафтов;

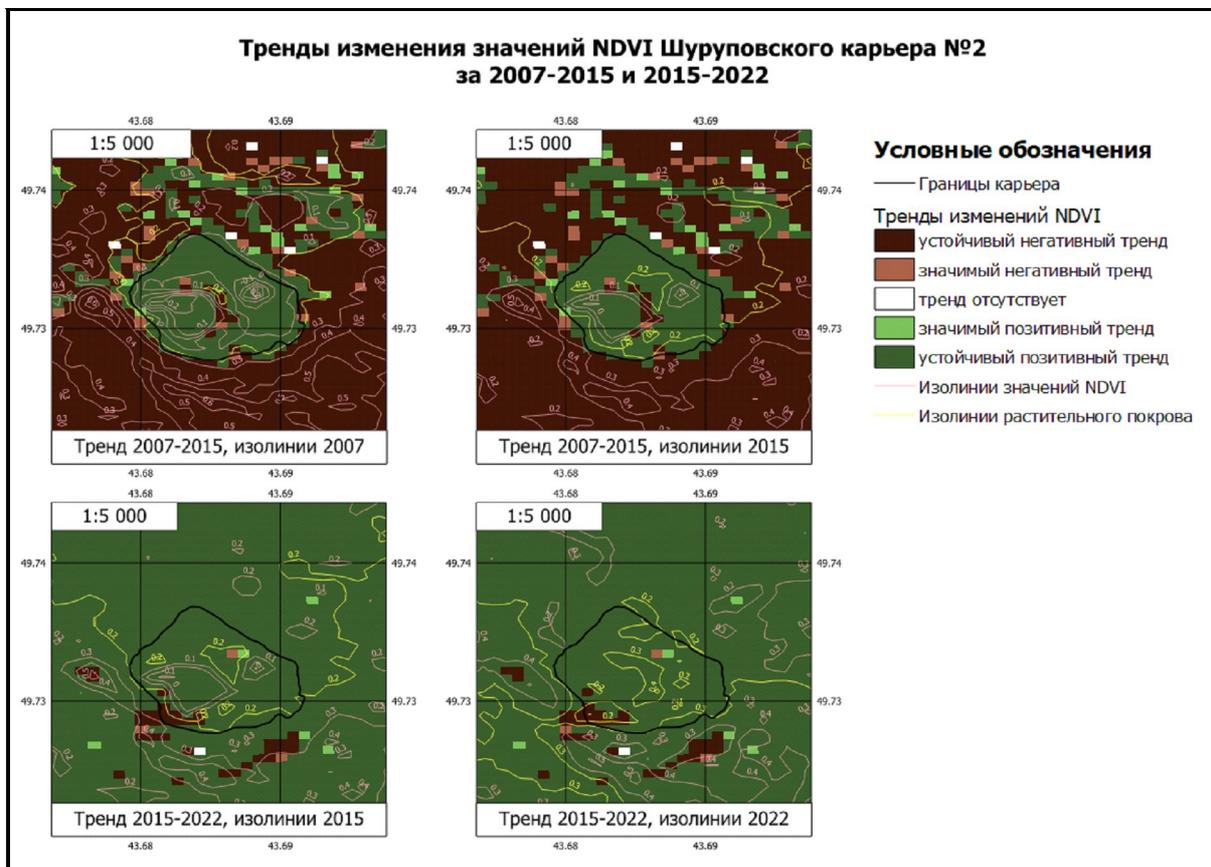


Рис. 4. Тренды изменений значения NDVI Шуруповского карьера № 2 за 2007–2015 и 2015–2022 гг.

- удаленность нарушенных участков от источников обсеменения;
- литологическая неоднородность субстратов;
- свойства пород, вынесенных на дневную поверхность;
- формы, параметры отвалов;
- продолжение антропогенной нагрузки и т. д. [7].

Хотя карьеры и имеют близкое местоположение, скорее всего ряд факторов, перечисленных выше, у карьеров различается. В данной работе анализ данных факторов не представлен.

### Заключение

За 15 лет скорость восстановления растительного покрова карьера № 1 идет значительно медленнее, чем карьера № 2. Это говорит о слабо выраженных процессах восстановления (растительный покров занимает всего 5,17 % территории). В карьере № 2 наблюдаются сильно выраженные процессы восстановления (растительный покров занимает 89,57 % территории).

Проведя анализ восстановительных процессов растительного покрова в пределах ползуатопленных карьеров близ хутора Шуруповский, можно сделать вывод, что к 2022 г. карьер № 1 так и не обрел полноценный растительный покров в отличие от карьера № 2. Это может быть связано с тем, что карьер № 1 является популярным туристическим местом, следовательно, находится под постоянным антропогенным воздействием, тем не менее не исключено и влияние других факторов.

Таким образом, использование данных дистанционного зондирования и ГИС, позволяет не только получить информацию о состоянии растительного покрова нарушенных горными работами земель, но и существенно сократить временные затраты на проведение подобных исследований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамович, Т. А. Изучение сезонной динамики вегетационного индекса NDVI по данным Landsat / Т. А. Адамович // Перспективы развития научных исследований в 21 веке : сб. материалов XIII Междунар. науч.-практ. конф. – Махачкала : [б. и.], 2017. – С. 99–100.
2. Артамонова, С. В. Геоэкологические аспекты классификации техногеосистем медноколчеданных месторождений Оренбургской области / С. В. Артамонова, В. П. Петрищев, А. Ж. Калиев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 12 (118). – С. 190–195.
3. Брылев, В. А. О развитии песчаных верхнемайкопских отложений в волго-донском междуречье и особенностях неотектонического этапа / В. А. Брылев, И. С. Дедова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2015. – № 2. – С. 19–25.
4. Брылев, В. А. Тектонические структуры Волгоградской области / В. А. Брылев, С. И. Пряхин // Волгоградская область: природные условия, ресурсы, хозяйство, население, геоэкологическое состояние : коллектив. моногр. – Волгоград : Перемена, 2011. – С. 34–39.
5. Дьяченко, Н. П. Анализ эколого-геоморфологического состояния карьеров южной части Приволжской возвышенности / Н. П. Дьяченко, Е. С. Юшкова // Теоретические и прикладные проблемы географической науки: демографический, соци-

Таблица 3

### Расчет изменения площадей растительного покрова Шуруповских карьеров за 2007, 2015, 2022 гг.

Показатель	Карьер № 1 ( $S_K = 232\ 173\ m^2$ )		Карьер № 2 ( $S_K = 149\ 282\ m^2$ )	
	$S_{рп}, m^2$	$S_{рп}$ от $S_K$ , %	$S_{рп}, m^2$	$S_{рп}$ от $S_K$ , %
Площадь:				
2007 г.	0	0	4 414	2,96
2015 г.	3 519	1,52	25 458	17,05
2022 г.	12 005	5,17	133 706	89,57
Изменение площади, %:				
с 2007 по 2015 г.	–		476	
с 2015 по 2022 г.	241		425	
с 2007 по 2022 г.	–		2 929	

альный, правовой, экономический и экологический аспекты. В 2 т. Т. 2 : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж : [б. и.], 2019. – С. 424–430.

6. Дьяченко, Н. П. Эколого-геоморфологические аспекты карьерной добычи на территории Волгоградской области / Н. П. Дьяченко // Грани познания. – 2014. – № 4. – С. 47–53.

7. Козыбаева, Ф. Е. Естественное восстановление растительного покрова, его видовой состав в условиях самозарастания и рекультивации промышленных отвалов рудного месторождения Тишинка ВКО / Ф. Е. Козыбаева, Ю. А. Котухов, Г. Б. Бейсеева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 4. – С. 53–69.

8. Крупнейшие карьеры Волгоградской области и их геоэкологическое состояние / В. А. Брылев, Н. П. Дьяченко, С. И. Пряхин, Н. М. Серегина // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2007. – № 6. – С. 69–75.

9. По дну древнего моря (история Фроловских забоев) / О. В. Богатова, В. А. Селедкина, Д. А. Безрукова [и др.] // Лучшая молодежная исследовательская группа 2020. – Петрозаводск : Междунар. центр науч. партнерства «Новая Наука», 2020. – С. 62–74.

10. Ряхов, Р. В. Дешифрирование данных дистанционного зондирования как метод анализа восстановительных процессов в пределах карьерно-отвалных ландшафтов / Р. В. Ряхов, С. А. Дубровская, С. Ю. Норейка // Вопросы степеведения. – 2016. – № 13. – С. 74–80.

11. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения : учеб. пособие / А. Н. Шихов, А. П. Герасимов, А. И. Пономарчук, Е. С. Перминова. – Пермь : [б. и.], 2020. – 191 с.

12. Администрация городского округа города Фролово. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://frolovoadmin.ru/>

13. Earth Explorer // USGS : official website. – 2023. – Electron text data. – Mode of access: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

14. Satellite-Observed Photosynthetic Trends Across Boreal North America Associated with Climate and Fire Disturbance / S. J. Goetz, A. G. Bunn, G. J. Fiske, R. A. Houghton // PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America). – 2005. – Vol. 102, № 38. – P. 13521–13525. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0506179102>

## REFERENCES

1. Adamovich T.A. Izuchenie sezonnoj dinamiki vegetacionnogo indeksa NDVI po dannym Landsat [Studying the Seasonal Dynamics of the Vegetation Index NDVI According to Landsat Data]. *Perspektivy*

*razvitiya nauchnykh issledovaniy v 21 veke: sb. materialov XIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Prospects for the Development of Scientific Research in the 21<sup>st</sup> Century. Collection of Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference]. Makhachkala, s.n., 2017, pp. 99-100.

2. Artamonova S.V., Petrishchev V.P., Kaliev A.Zh. Geoekologicheskie aspekty klassifikatsii tekhnogeosistem mednokolchedannykh mestorozhdenii Orenburgskoi oblasti [Geoecological Aspects of the Classification of Technogeosystems of Copper Pyrite Deposits in the Orenburg Region]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2010, no. 12 (18), pp. 190-195.

3. Brylev V.A., Dedova I.S. O razvitii peschanykh verkhnamaikopskikh otlozhenii v volgo-donskom mezhdurechye i osobennostyakh neotektonicheskogo etapa [On the Development of Upper Maikop Sandy Deposits in the Volga-Don Interfluvium and Peculiarities of the Neotectonic Stage]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya* [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geology], 2015, no. 2, pp. 19-25.

4. Brylev V.A., Pryakhin S.I. Tektonicheskie struktury Volgogradskoi oblasti [Tectonic Structures of Volgograd Region]. *Volgogradskaya oblast: prirodnye usloviya, resursy, khozyaistvo, naselenie, geoekologicheskoe sostoyanie: kollektiv. monogr.* [Volgograd Region: Natural Conditions, Resources, Economy, Population, Geoecological State. Collective Monograph]. Volgograd, Peremena Publ., 2011, pp. 34-39.

5. Dyachenko N.P., Yushkova E.S. Analiz ekologo-geomorfologicheskogo sostoyaniya karyerov yuzhnoi chasti Privolzhskoi vozvyshnosti [Analysis of the Ecological and Geomorphological State of Quarries in the Southern Part of the Volga Upland]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy geograficheskoi nauki: demograficheskii, sotsialnyi, pravovoi, ekonomicheskii i ekologicheskii aspekty. V 2 t. T. 2: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Theoretical and Applied Problems of Geographical Science: Demographic, Social, Legal, Economic and Environmental Aspects. In 2 Vols. Vol. 2. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Voronezh, s.n., 2019, pp. 424-430.

6. Dyachenko N.P. Ekologo-geomorfologicheskie aspekty karyernoi dobychi na territorii Volgogradskoi oblasti [Ecological and Geomorphological Aspects of Quarrying in the Volgograd Region]. *Grani poznaniya* [Facets of Knowledge], 2014, no. 4, pp. 47-53.

7. Kobyaeva F.E., Kotukhov Yu.A., Beiseeva G.B., Azhikina N.Zh. Estestvennoe vosstanovlenie rastitelnogo pokrova, ego vidovoi sostav v usloviyakh samozarastaniya i rekultivatsii promyshlennykh otvalov

rudnogo mestorozhdeniya Tishinka VKO [Natural Restoration of Vegetation Cover, Its Species Composition in Conditions of Self-Overgrowth and Reclamation of Industrial Dumps of the Tishinka Ore Deposit, East Kazakhstan Region]. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2018, no. 4, pp. 53-69.

8. Brylev V.A., Dyachenko N.P., Pryakhin S.I., Seregina N.M. Krupneishie karyery Volgogradskoi oblasti i ikh geoekologicheskoe sostoyanie [The Largest Quarries of the Volgograd Region and Their Geoecological State]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [News of the Volgograd State Pedagogical University], 2007, no. 6, pp. 69-75.

9. Bogatova O.V., Seledkina V.A., Bezrukova D.A. et al. Po dnu drevnego morya (istoriya Frolovskikh zaboev) [Along the Bottom of the Ancient Sea (The History of the Frolovsky Slaughters)]. *Luchshaya molodezhnaya issledovatel'skaya grupa 2020* [Best Youth Research Group 2020]. Petrozavodsk, Mezhdunar. tsentr nauch. partnerstva «Novaya Nauka», 2020, pp. 62-74.

10. Ryakhov R.V., Dubrovskaya S.A., Noreika S.Yu. Deshifirovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniya kak metod analiza vosstanovitelnykh

protsesov v predelakh karyerno-otvalnykh landshaftov [Interpretation of Remote Sensing Data as a Method for Analyzing Restoration Processes Within Open Pit Dump Landscapes]. *Voprosy stepovedeniya* [Questions of Steppe Science], 2016, no. 13, pp. 74-80.

11. Shikhov A.N., Gerasimov A.P., Ponomarchuk A.I., Perminova E.S. *Tematicheskoe deshifirovanie i interpretatsiya kosmicheskikh snimkov srednego i vysokogo prostranstvennogo razresheniya: ucheb. posobie* [Thematic Interpretation and Interpretation of Space Images of Medium and High Spatial Resolution. Textbook]. Perm, s.n., 2020. 191 p.

12. *Administratsiya gorodskogo okruga goroda Frolovo* [Administration of the Urban District of the City of Frolovo]. URL: <http://frolovoadmin.ru/>

13. Earth Explorer. *USGS: Official Website*. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

14. Goetz S.J., Bunn A.G., Fiske G.J., Houghton R.A. Satellite-Observed Photosynthetic Trends Across Boreal North America Associated With Climate and Fire Disturbance. *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America)*, 2005, vol. 102, no. 38, pp. 13521-13525. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0506179102>

### Information About the Authors

**Natalya M. Khavanskaya**, Candidate of Sciences (Geography), Associate Professor, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, [khavanskaya@volsu.ru](mailto:khavanskaya@volsu.ru)

**Arina V. Novochadova**, Student, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, [kgb-191\\_278314@volsu.ru](mailto:kgb-191_278314@volsu.ru)

### Информация об авторах

**Наталья Михайловна Хаванская**, кандидат географических наук, доцент кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, [khavanskaya@volsu.ru](mailto:khavanskaya@volsu.ru)

**Арина Валерьевна Новочадова**, студент, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, [kgb-191\\_278314@volsu.ru](mailto:kgb-191_278314@volsu.ru)