

*Реймов П.Р., доктор географических наук
Профессор кафедры геодезии, картографии и природных ресурсов
Каракалпакский государственный университет им. Бердаха*

Нукус, Узбекистан

Матжанова Ш.К.

*Ассистент кафедры геодезии, картографии и природных ресурсов
Каракалпакский государственный университет им. Бердаха*

Нукус, Узбекистан

Давлетов А.М

*Научный сотрудник лаборатории геоинформатики
Каракалпакский государственный университет им. Бердаха*

Нукус, Узбекистан

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ ДЕЛЬТЫ АМУДАРЬИ НА
ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ
ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Аннотация: В данной статье на основе анализа температур поверхности земли, полученных со спутниковых данных и применением геоинформационных технологий сделана попытка картографирования устойчивости экосистем дельты Амударьи.

Ключевые слова: Картография, Дистанционное зондирование, Геоинформационные системы, Дельта Амударьи Температура поверхности суши (LST), Нормализованный индекс растительности (NDVI), LANDSAT 8.

*Reimov P.R., Doctor of Geographical Sciences
Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Natural Resources
Karakalpak State University named after Berdakh*

Nukus, Uzbekistan

Matjanova Sh.K.

Assistant Teacher at the Department of Geodesy, Cartography and Natural Resources

Karakalpak State University named after Berdakh

Nukus, Uzbekistan

Davletov A.M.

Researcher at the Laboratory of Geoinformatics

Karakalpak State University named after Berdakh

Nukus, Uzbekistan

SOME ASPECTS OF MAPPING THE SUSTAINABILITY OF ECOSYSTEMS IN THE AMUDARYA DELTA USING THE EXAMPLE OF ANALYSIS OF EARTH SURFACE TEMPERATURE BASED ON REMOTE SENSING DATA

Abstract: In this article, based on an analysis of earth surface temperatures obtained from satellite data and the use of geographic information technologies, an attempt is made to map the sustainability of the ecosystems of the Amudarya delta.

Keywords: Cartography, Remote Sensing, Geoinformation Systems, Amu Darya Delta Land Surface Temperature (LST), Normalized Vegetation Index (NDVI), LANDSAT 8.

Сегодня потребность и спрос на картографические работы, отражающие меняющиеся условия окружающей среды, несколько изменились. Сейчас при картографировании регионов насущной потребностью становится создание баз данных на основе данных ГИС и ДЗЗ и обогащение карт на основе представленной в них информации. Создание климатических карт и экологической оценки изменений климата дают возможность отдельно работать и оценивать большое количество данных. В нашем научном исследовании мы рассматриваем вопросы температуры поверхности суши в регионе и ее роль в изучении экологических и природных условий.

Температура является одним из наиболее важных факторов, которое следует учитывать при исследовании местности. Он считается наиболее актуальным при изучении ранней ландшафтной и экологической структуры. Это означает, что «Температура является важным параметром окружающей среды, который прямо или косвенно контролирует микроклимат и экологические процессы на земле в глобальном и локальном масштабе [1].

Картографические работы, сформированные на основе температурного анализа, представляют собой преимущественно особый подход к оценке экологического ландшафта, сложившегося на территории. Сегодня, когда на нашей планете происходят глобальные климатические изменения, необходимость такой оценки возрастает.

Данные о температуре поверхности земли (LST) относятся к температуре земной поверхности, которая в основном измеряется с помощью спутниковых наблюдений или специального оборудования, размещенного на земле. Температура поверхности земли играет важную роль в процессе обмена явным и скрытым тепловым потоком [2;3;4]. Он представляет фактическую температуру поверхности земли, включая природные и искусственные объекты, такие как растительность, водоемы и поселения. «Температура поверхности земли (LST) известна как температура земной поверхности и используется для анализа энергетического баланса и теплового потока земной поверхности». Пункты, упомянутые в [1], показывают, насколько разумен наш научный подход.

Здесь следует сказать, что LST важен в исследованиях климата, городском планировании, сельском хозяйстве и мониторинге окружающей среды. Кроме того, анализ LST используется во многих других областях. К ним относятся лесные пожары и их распространение [5;6], засуха и опустынивание [7], эффекты городского острова тепла и микроклимат

[8;9;10], вулканическое и геотермическое картирование, землепользование и изменение земного покрова [9;11] и такие, как исследования изменения климата [11].

Он предоставляет важную информацию о теплообмене между поверхностью земли и атмосферой и может использоваться для анализа показаний температуры, обнаружения аномалий и изучения взаимодействия суши и атмосферы. Это означает, что температура поверхности является важным параметром модели поверхности суши [12;13; 14]. Индикаторы LST разрабатываются по специальному алгоритму, основанному преимущественно на спутниковых метаданных. Это позволяет проводить анализ во многих аспектах. Среди них продукт температуры поверхности земли (LST) с высоким пространственным разрешением находит широкое применение для мониторинга водного стресса, поверхностной энергии и водного баланса в региональном масштабе [15].

Показатели температуры формируются на основе показателей излучательной способности земной поверхности и значений доли растительности. Это означает, что в формировании LST данные индекса NDVI также играют определенную роль.

Район исследования: Нижне-Амударьинский природно-географический регион включает дельту Амударьи. Регион граничит с равниной Устюрт на западе, Туркменистаном на юго-западе, пустыней Кызылкум на востоке и Аральским морем на севере. Общая площадь природного региона составляет около 50 000 квадратных километров.

Нижне-Амударьинская природно-географический регион простирается с юго-востока на северо-запад, ареал уменьшается к северо-западу. Территория начинается от пролива Туямуйин на юго-востоке и продолжается до Аральского моря. Ее длина в этом интервале составляет 400 км, а ширина, по данным сайта geografiya.uz, неодинакова. [16].

Выбранная нами территория – это территория Нукусского, Караузьякского и Амударьинского районов Республики Каракалпакстан, расположенные в реке Амударья. Часть этой территории, где мы провели геопространственный анализ, включает территорию от 59°10′ восточной долготы до 60°50′ восточной долготы и от 41°50′ северной широты до 43°50′ северной широты. (Рисунок 1)

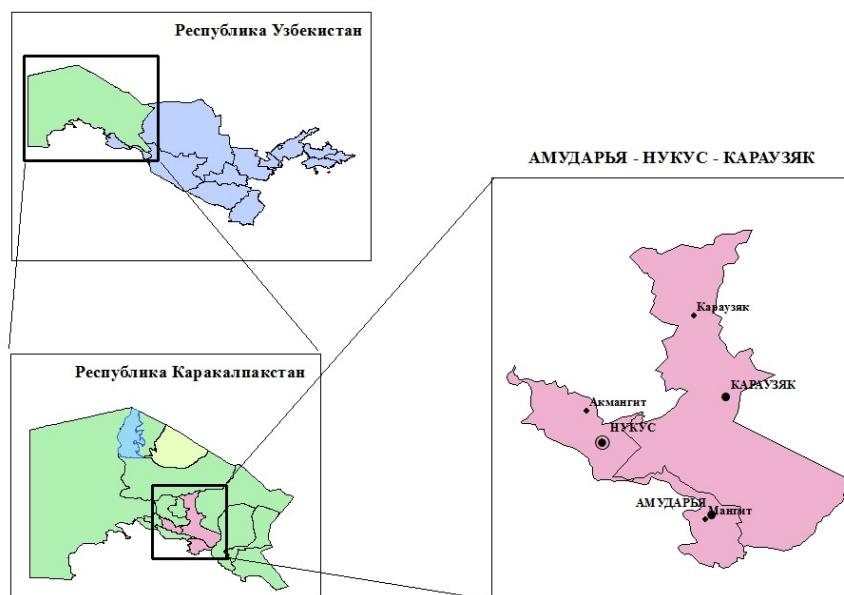


Рисунок 1. Область исследования.

Общая площадь выделенного участка составляет 8,07 тысяч квадратных километров [17].

Особенности выбранной территории: Здесь можно наблюдать разнообразие природного ландшафта. Включение в территорию исследований гидрографических объектов и находящихся под их влиянием, сельскохозяйственных территорий и пустынных зон позволило провести анализ приземной температуры на различных описательных территориях. Немаловажно и то, что выбранные нами районы имеют хороший показатель в Республике Каракалпакстан по численности и плотности населения на территории [18].

Это полезно при изучении места анализа LST и анализе условий жизни населения, сельского хозяйства.

Исследования, в основном, проводились в регионе в период с 2013 по 2023 годы для наблюдения за динамикой изменения результатов приземной температуры и ее влияния на растительность и другие показатели. По результатам исследований составлены карты.

Анализ LST проводится посредством ряда спектральных анализов. Были проанализированы спектральный уровень освещенности, световая температура, анализ уровня растительности и уровни излучательной способности. На основе этих результатов были созданы карты анализа температуры поверхности и проведены соответствующие сравнения.

Анализ показал, что по итогам июля 2013 г. на исследуемой территории зафиксирован самый низкий показатель приземной температуры $59,3^{\circ}\text{C}$, а самый высокий показатель составил $75,3^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2а). К 2018 году этот показатель составил $46,01^{\circ}\text{C}$ и $76,2^{\circ}\text{C}$ соответственно (рисунок 2б). Наконец, к 2023 году мы снова увидим увеличение этой цифры. Самая низкая температура составила $50,2^{\circ}\text{C}$, а самая высокая температура — $76,93^{\circ}\text{C}$ (рис. 2в).

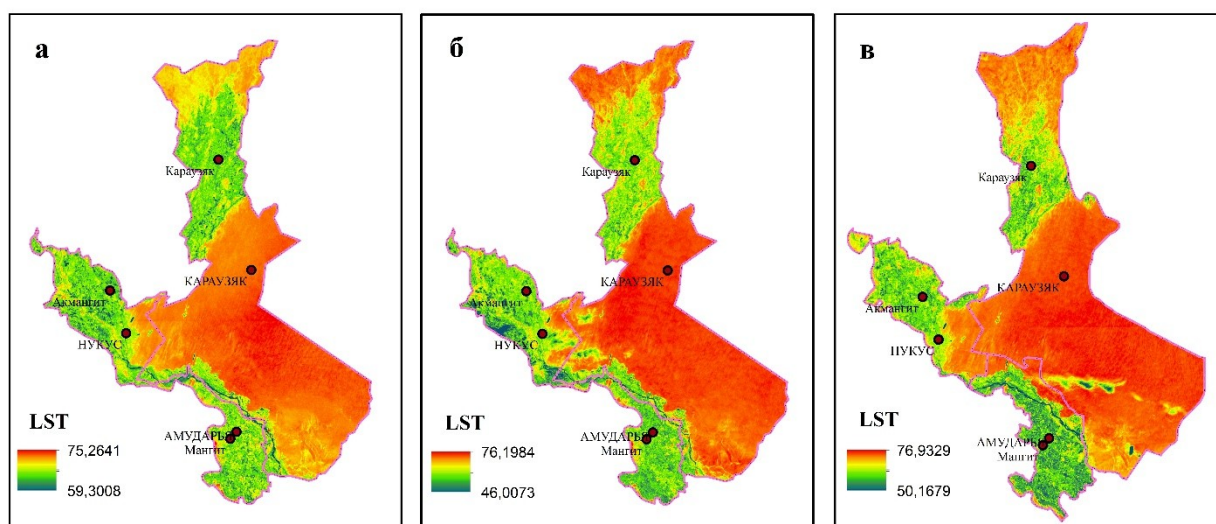


Рисунок 2. Аналитические карты приземной температуры: а) по данным на 07.02.2013 г.; б) по данным на 16.07.2018; в) Сформировано на основании данных от 14.07.2023.

Хорошо известно, что температура земной поверхности отражает различные температурные результаты в зависимости от типа земного покрова. Благодаря этому свойству можно изучить тип почвенного покрова местности и процесс его формирования. Максимальное повышение температуры мы можем наблюдать в бесплодных и пустынных зонах. На обводненных участках и участках с хорошим развитием растительности, наоборот, наблюдалось понижение температуры. Благодаря этому анализу можно провести анализ изменений ландшафтного покрова в регионах.

Температурный анализ показывает, что температура поверхности в регионе постоянно повышается. Индекс средней температуры также зафиксировал нестабильные цифры роста. (Рисунок 3).

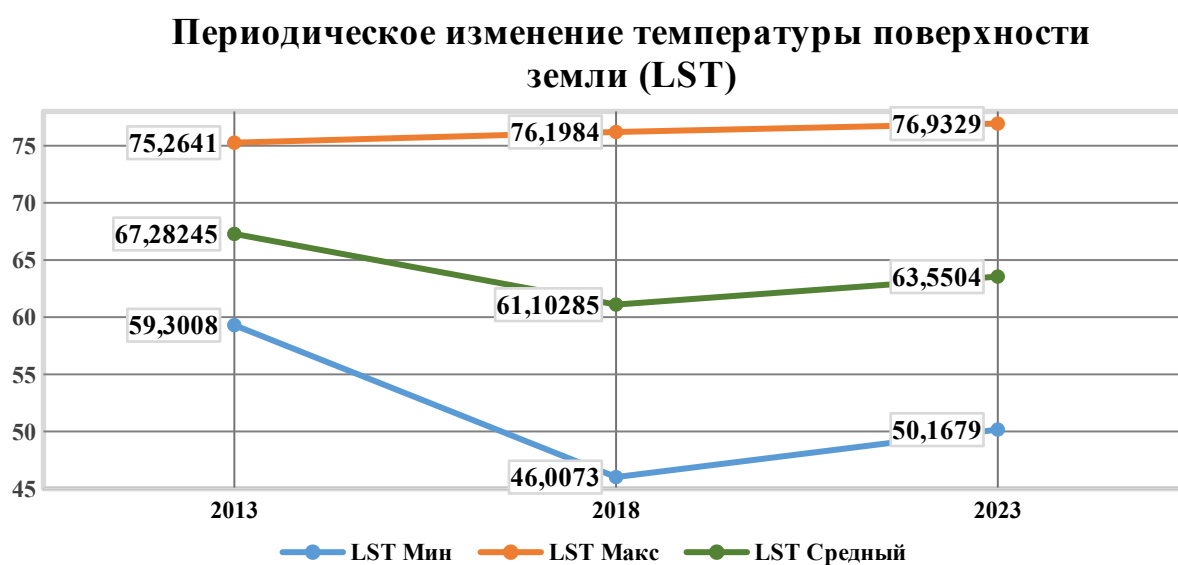


Рисунок 3. Индикатор периодических изменений температуры поверхности земли (LST). мин, макс, средний

Естественно, на изменения приземной температуры влияют такие факторы, как растительный покров, заболоченные территории, искусственные покрытия поверхности (бетонные поверхности и поверхности зданий, дорожные покрытия, населенные пункты). Таким образом, мы также можем получить представление о расположении

естественных и искусственных покрытий, таких как вышеуказанные, с помощью анализа температуры поверхности.

Также был проведен анализ состояния растительности для проверки анализа изменений температуры на территории. В ходе этих анализов было изучено расположение растительного ландшафта в Нукусском, Караузякском и Амударьинском районах.

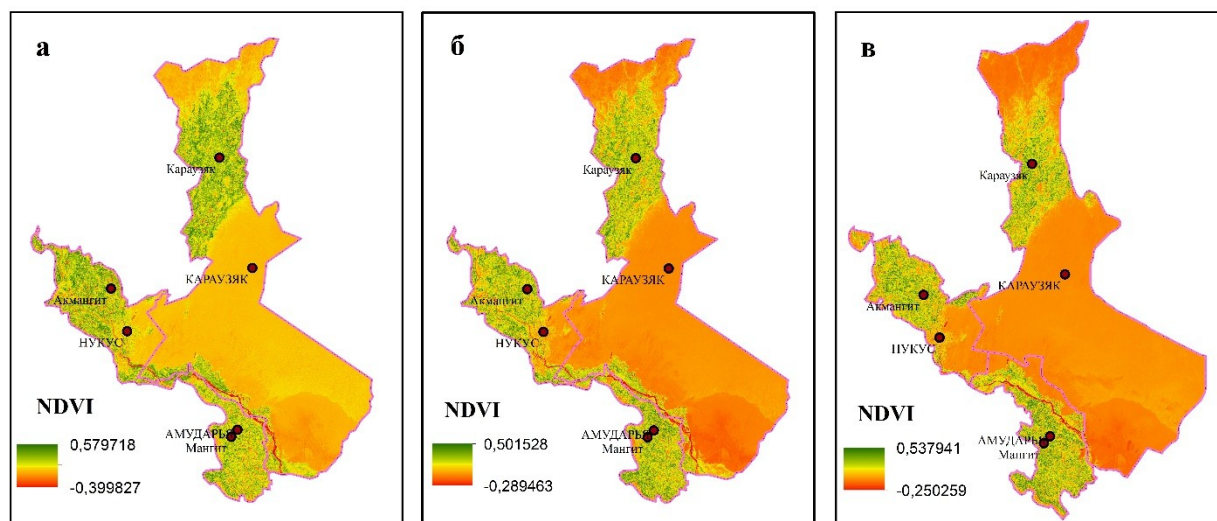


Рисунок 4. Карты анализа нормализованного растительного индекса (NDVI):

- а) по данным на 07.02.2013; б) по данным на 16.07.2018;
- в) Сформировано на основании данных от 14.07.2023.

Анализ растительности проводился на основе нормализованного индекса растительности (NDVI) (рис. 4). По результатам NDVI, повышение температуры в регионе привело к снижению уровня воды Амударьи и площади гидрографических объектов. При этом наблюдалось увеличение площадей бесплодных земель, уменьшение площадей с низкой растительностью и незначительное увеличение средней растительности (табл. 1).

Одной из основных причин непропорциональных изменений показателей уровня растительности являются постоянные изменения уровня воды Амударьи, которая является основным источником для

организации оросительных и мелиоративных сетей на этом участке. Исходя из данных, мы видим, что количество водно-болотных угодий в регионе по итогам 2023 года значительно сократилось по сравнению с результатами 2013 года.

Это автоматически вызывает уменьшение количества земель, выделяемых под сельское хозяйство в регионе. В результате за последнее десятилетие в регионе произошло значительное увеличение количества бесплодных земель. Увеличение площади бесплодных земель повлияло на величину температуры, зарегистрированной в этом районе, и, таким образом, в этом районе наблюдалось увеличение высокой температуры.

Таблица 1. Показатели NDVI (результаты приведены в значениях кв. км.)

	2013	2018	2023
<i>Гидрографические объекты</i>	134,27	52,4	56,7
<i>Бесплодная земля</i>	4442,85	4541,55	5692,04
<i>Очень низкая растительность</i>	1460,53	1414,15	1168,36
<i>Низкая растительность</i>	1217,75	1249,27	1079,05
<i>Средняя растительность</i>	11,48	7,95	23,35
<i>Высокая степень растительности</i>	-	-	-

Сокращение зон растительности привело к увеличению площади опустыненных и засушливых земель. В настоящее время площади, на которых не отмечена бесплодная растительность, составляют 5,69 тысяч квадратных километров от общей площади (более 70%).

Краткое содержание: В результате развития возможностей дистанционного получения и передачи данных сегодня исследование территорий осуществляется с использованием новых методов в области дистанционного зондирования Земли. Это создает множество удобств. Вот

мнения некоторых исследователей о данных станций и информации, полученной с помощью современной области дистанционного зондирования:

«Традиционный метод стационарного измерения температуры имеет ограничение, поскольку он не способен получать крупномасштабные непрерывные данные» [19];

«Технологии дистанционного зондирования LST может измерять пространственные и временные данные высокого разрешения на основе пикселей, а не точек» [20, 21].

О роли спектрального анализа индекса оценки приземной температуры в анализе погоды Н. Сахани сказал: «Очень сложно развивать метеостанции и собирать непрерывные данные о погоде в труднодоступных горных районах.

Чтобы решить эту проблему, оценка температуры поверхности по спутниковым данным вошла в научную область в 1970-х годах и с тех пор стала популярной среди исследовательских сообществ по всему миру [1]». Фактически, именно, возможности зондирования наиболее полезны при оценке условий, когда нет возможности выехать на изучаемые территории.

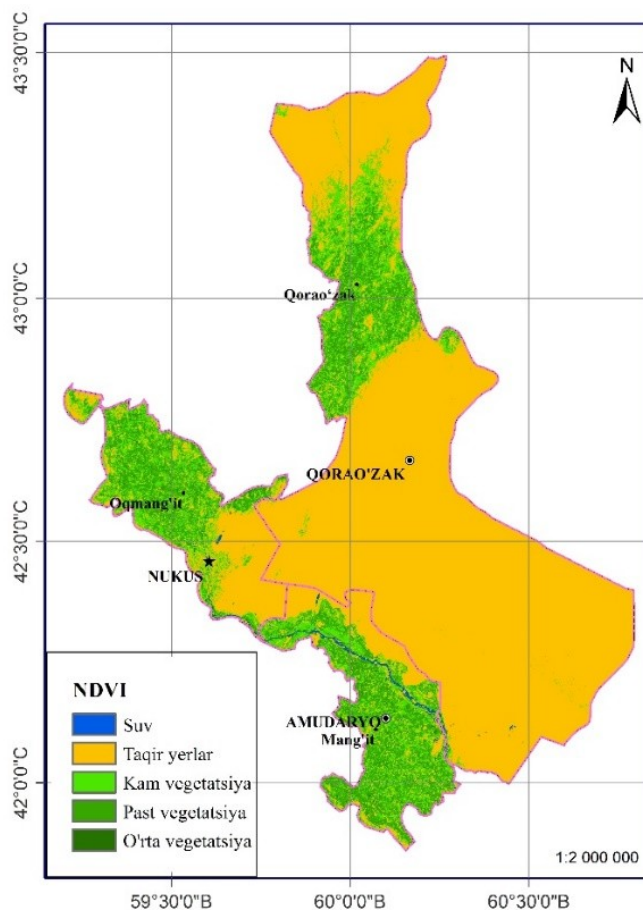


Рисунок 5. Карта на основе нормализованного индекса растительности (NDVI) в Нукусском, Караузьякском и Амударьинском районах Республики Каракалпакстан (14.07.2023)

Проанализированные нами Нукусский, Караузьякский и Амударьинский районы Республики Каракалпакстан имеют высокую плотность населения. Изучено состояние вегетационных процессов и роль этих процессов в повышении температуры на основе влияния реки Амударья. Еще одной причиной выбора этих территорий является разнообразие ландшафта выбранных районов.

Бурное развитие вегетационных процессов наблюдалось преимущественно в северной и юго-западной частях изучаемой территории. Хороший показатель растительности наблюдался преимущественно в Амударьинском районе (рис. 5).

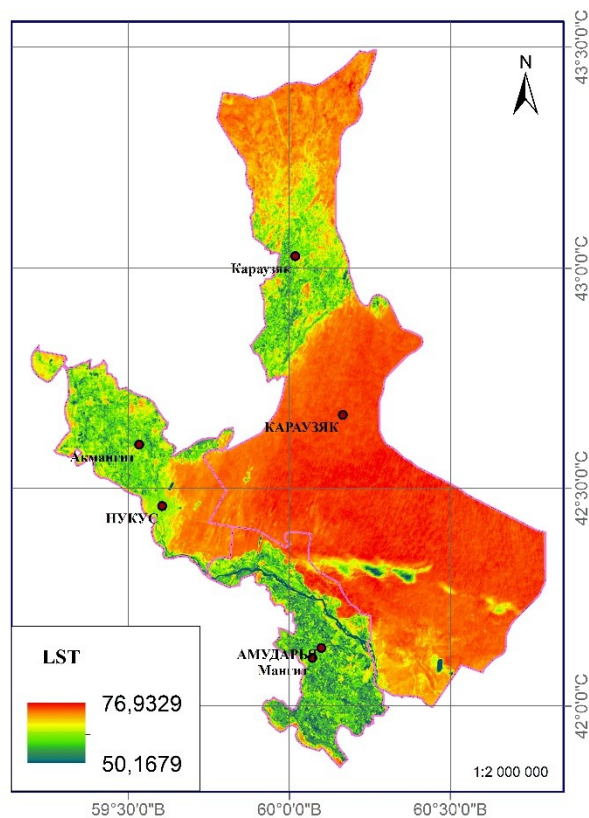


Рисунок 6. Карта на основе Индекса температуры поверхности суши (ИПТ) в Нукусском, Караузьякском и Амударьинском районах Республики Каракалпакстан (14.07.2023)

Большую часть площади (5692,04 кв.км.), то есть 70,98% ее территории составляли бесплодные земли. Если оценивать в разрезе районов, то зоной с меньшим количеством растительности оказалась территория Караузьякского района, 85% ее территории составляли бесплодные земли и пустынные территории. В Амударьинском районе, районе с более густой и большей площадью растительности по сравнению с другими регионами, общий уровень растительности составил 68,3%, а бесплодных земель - 28,6%. 41,3% территории Нукусского района занимали земли без растительности, а 56,9% - земли с зафиксированной растительностью.

Как видно из карты приземной температуры, северная часть Караузьякского района, северо-западная часть Нукусского района и южное побережье Амударьинского района имеют более низкие температурные

показатели. Эти результаты показывают, что местами существуют территории с высоким влиянием растительности и гидрографических объектов (рис. 6).

Среди регионов самая высокая температура наблюдалась в песчаных барханах Ташкудук в южной части Караузьякского района. Здесь температура составила $76,9^{\circ}\text{C}$ и это была самая высокая температура среди районов, расположенных на этой территории. Основной причиной высокой температуры в регионе является тот факт, что большая часть Караузьякского района покрыта песчаными дюнами.

Проведение LST-анализа в регионах позволяет не только изучить состояние региона и оценить будущие проблемы. Изменения температуры представляют собой анализ, который может быть широко использован не только при изучении растительности, ирригационных и мелиоративных систем, но и при анализе засоления почв и состава поверхности ландшафта.

Использованные литературы:

1. Nemaï Sahani. "Assessment of spatio-temporal changes of land surface temperature (LST) in Kanchenjunga Biosphere Reserve (KBR), India using Landsat satellite image and single channel algorithm" Remote Sensing Applications: Society and Environment 27 October 2021

2. F. Aires et al. "A new neural network approach including first-guess for retrieval of atmospheric water vapor, cloud liquid water path, surface temperature and emissivities over land from satellite microwave observations" J. Geophys. Res. (2001)

3. Donglian Sun and Rachel Pinker. "Estimation of land surface temperature from Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES-8)" Jun 2003

4. Malik, M.S. and Shukla, J.P. A GIS-based morphometric analysis of Kandaihimmat watershed, Hoshangabad district, M.P. India Indian Jour. Geo Marine Sci., v.47(10), pp.1980–1985. (2018)

5. Mario Mhawej, Ghaleb Faour, Chadi Abdallah, Jocelyne Adjizian-Gerard. "Towards an establishment of a wildfire risk system in a Mediterranean country" *Ecological Informatics* Volume 32, March 2016, Pages 167-184
6. Carmen Quintano Alfonso Fernandez - MansoDar A. Roberts. "Burn severity mapping from Landsat MESMA fraction images and Land Surface Temperature" *Remote Sensing of Environment* 1 March 2017
7. Yunfeng Hu, Yueqi Han, Yunzhi Zhang. "Land desertification and its influencing factors in Kazakhstan" *Journal of Arid Environments* 22 May 2020
8. Yaser Abunnasr, Mario Mhawej, Nektarios Chrysoulakis. "SEBU: A novel fully automated Google Earth Engine surface energy balance model for urban areas" *Urban Climate* Volume 44, July 2022, 101187
9. Duy X. Tran, Filiberto Pla, Pedro Latorre-Carmona, Soe W. Myint, Mario Caetano, Hoan V. Kieu. "Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* Volume 124, February 2017, Pages 119-132
10. Jian Peng, Jinglei Jia, Yanxu Liu, Huilei Li, Jiansheng Wu. "Seasonal contrast of the dominant factors for spatial distribution of land surface temperature in urban areas" *Remote Sensing of Environment* Volume 215, 15 September 2018, Pages 255-267
11. Yaser Abunnasr, Mario Mhawej. "Downscaled night air temperatures between 2030 and 2070: The case of cities with a complex- and heterogeneous-topography" *Urban Climate* 12 October 2021
12. Nathaniel A. Brunsell, Robert R. Gillies. "Scale issues in land-atmosphere interactions: implications for remote sensing of the surface energy balance" *Agricultural and Forest Meteorology* 30 July 2003
13. Anderson, B.T., A.C. Ruane, J.O. Roads, M. Kanamitsu, and G. Salvucci. A new metric for estimating local moisture cycling and its influence

upon seasonal precipitation rates. J. Hydrometeorol., 9, 576-588, doi:10.1175/2007JHM968.1. 2008:

14. William Kustas, Martha Anderson. "Advances in thermal infrared remote sensing for land surface modeling" Agricultural and Forest Meteorology Volume 149, Issue 12, 4 December 2009, Pages 2071-2081

15. Jie Cheng, Xiangchen Meng, Shengyue Dong, Shunlin Liang. "Generating the 30-m land surface temperature product over continental China and USA from landsat 5/7/8 data" Science of Remote Sensing Volume 4, December 2021, 100032

16. <http://geografiya.uz/ozbekiston-tabiiy-geografiyasi/11582-quyi-amudaryo-tabiiy-geografik-okrug.html>

17. www.qrstat.uz

18. Sh. K. Matjanova, A. M. Davletov va Z. R. Amanbaev. "RESEARCH AND MAPPING THE STATE OF POPULATION DENSITY OF THE REPUBLIC OF KARAKALPAKSTAN (Based on demographic indicators between 2014-2021)" Web of scientist: international scientific research journal ISSN: 2776-0979, Volume 4, Issue 3, Mar., 2023

19. Yang Bai, Weifeng Li, Qiuwen Chen, Kate He, Xiaohua Ji, Chunmeng Han. "Discrepant impacts of land use and land cover on urban heat islands: A case study of Shanghai, China." Ecological Indicators Volume 47, December 2014, Pages 171-178

20. Zhao-Liang Li, Bo-Hui Tang, Hua Wu, Huazhong Ren, Guangjian Yan, Zhengming Wan, Isabel F. Trigo, José A. Sobrino. "Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives" Remote Sensing of Environment Volume 131, 15 April 2013, Pages 14-37

21. Xiaoma Li, Weiqi Zhou, Zhiyun Ouyang. "Relationship between land surface temperature and spatial pattern of greenspace: What are the effects of spatial resolution?" Landscape and Urban Planning Volume 114, June 2013, Pages 1-8