АНАЛИЗ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВАТЕ «СЕМЕЙ ОРМАНЫ»: ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В GOOGLE EARTH ENGINE

ANALYSIS OF FOREST FIRES IN THE ORMANA FAMILY RESERVE: APPLICATION OF MACHINE LEARNING IN GOOGLE EARTH ENGINE

УДК 528.21 (574)

Кузнецова Ирина Анатольевна, доцент, кандидат технических наук, ассоциированный профессор Международной Образовательной Корпорации
Сериков Казыбек Канатович, магистрант Международной Образовательной Корпорации

Kuznetsova Irina Anatolyevna, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the International Educational Corporation
Serikov Kazybek Kanatovich, Master's student of the International Educational Corporation

Аннотация

В статье рассматривается вопросы мониторинга лесных пожаров на территории Бескарагайского района в резервате «Семей орманы», а также возможности применения данных спектральных показателей, полученных на основе данных оптического дистанционного зондирования с помощью ресурса Google Earth Engine. На основе анализа рассчитывается пороговые значения индексов двумя классами тяжести и оценивается точность классификации пожаров по спектральным данным NBR и NDVI на независимых выборках.

Annotation

The article deals with the issues of monitoring forest fires in the Beskaragaysky district in the Semey Ormany Reserve, as well as the possibility of using the spectral

indicators obtained on the basis of optical remote sensing data using the Google Earth Engine resource. Based on the analysis, the threshold values of the indices of two severity classes are calculated and the accuracy of fire classification is estimated based on the spectral data of NBR and NDVI on independent samples.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, лесные пожары, тяжесть пожара, мониторинг, машинное обучение, Google Earth Engine.

Keywords: remote sensing, forest fires, fire severity, monitoring, machine learning, Google Earth Engine.

Сегодня актуальной задачей является оценка состояния лесов под влиянием неблагоприятных факторов. Будучи одним из основных стихийных бедствий, лесные пожары часто приводят к дисбалансу экосистем и локальным структурным повреждениям. Недавние исследования показывают, что число лесных пожаров во всем мире растет из-за изменения климата. Количество лесных пожаров в Казахстане в 2019-2020 годах подняли вопросы о том, в какой степени опасность лесных пожаров может быть связан с многочисленными климатическими, абиотическими и антропогенными факторами и как прогнозировать возникновение пожаров для принятия предупредительных мер [1, с.89].

Поэтому основная цель этого исследования состояла в том, чтобы создать автоматизированный облачный рабочий процесс для создания набора знаний о пожаре на континентальном уровне с использованием свободно доступных данных дистанционного зондирования с разумными вычислительными затратами для внедрения в модель машинного обучения. В результате на платформе Google Earth Engine была разработана модель на основе общедоступных и открытых данных для дальнейшего исправления. [2, с.1]

Основной природный ландшафт Казахстана состоит из степей, полупустынь и пустынь. Лесной фонд вместе с саксаульными лесами в 2020 году занимает площадь чуть более 30 млн га – 10,9% всей территории страны. Но только 4,7%, или 12,9 млн га, покрыто лесом.

Государственный лесной фонд в Казахстане находится под контролем нескольких государственных организаций:

– к Комитету лесного хозяйства и животного мира Минэкологии РК относится 7,4 млн га (24,6%);

– областные акиматы контролируют 22,3 млн га, или 74,7% от общей площади лесного фонда;

– оставшиеся 0,7 % находятся в ведении других госорганов. [3]

Ниже в рисунке 1 был построен график лесного фонда РК за 2020 год.

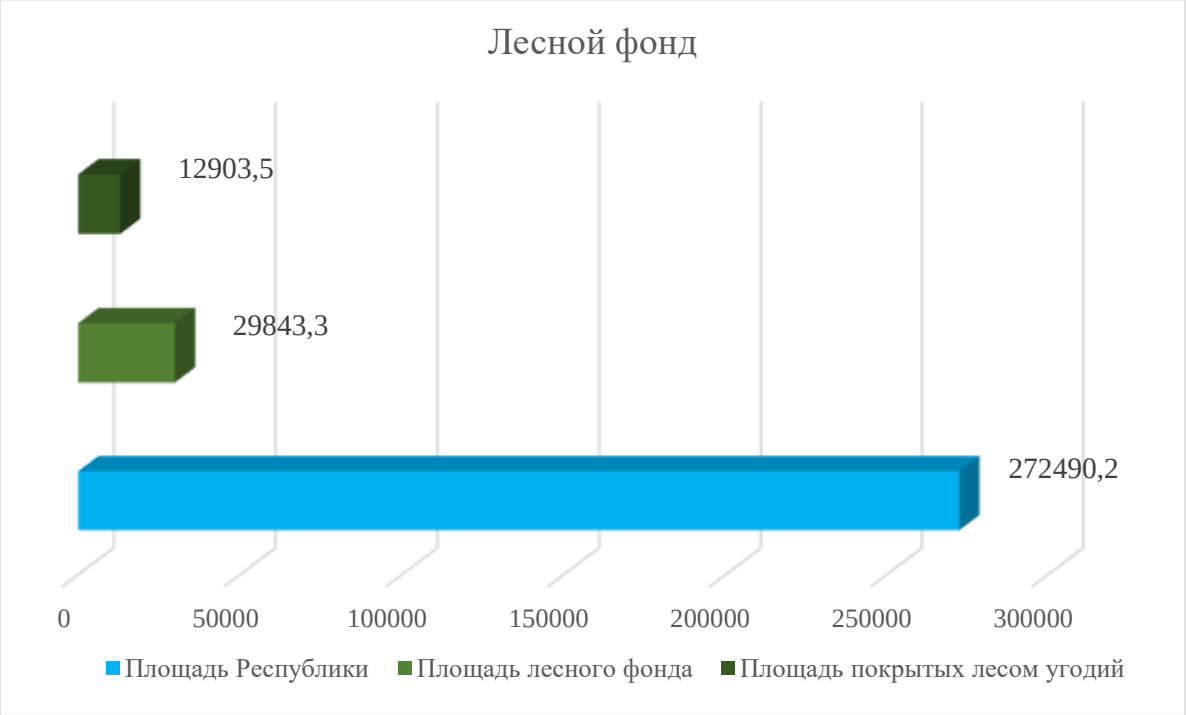


Рисунок 1- Лесной фонд РК за 2020 год

Районом исследования был резерват «Семей орманы», где в пожарный сезон апрель-август 2020 года произошли лесные пожары, на территории Бескарагайского района ВКО.



Рисунок 2- Снимок со спутника. Красной линией выделена граница Бескарагайского района

Таблица 1. Количество лесных пожаров по годам:

Годы	Количество лесных пожаров	Ущерб
2017 г.	563 лесных пожаров	23,5 млн тенге
2018 г.	358 лесных пожаров	209,8 млн тенге
2019 г.	628 лесных пожаров	563,5 млн тенге
2020 г. август	484 лесных пожаров	1,8 млрд тенге

Для расчета общего числа пожаров был использован набор данных GEE Fire Information for Resource Management System (FIRMS). ФИРМЫ распространяют спутниковые данные в режиме, близком к реальному времени, в течение 3 часов спутникового наблюдения. Фирма является частью наземной, атмосферной системы Почти реального времени НАСА (LANCE) для EOS и предоставляет как спектрорадиометр изображения среднего разрешения (MODIS) с Terra и Aqua

EOS, так и данные из набора видимых инфракрасных радиометров (VIIRS) [4]. Набор данных FIRMS включает в себя активные места возгорания через значение пикселя, которое определяет температуру поверхности в единицах Кельвина.

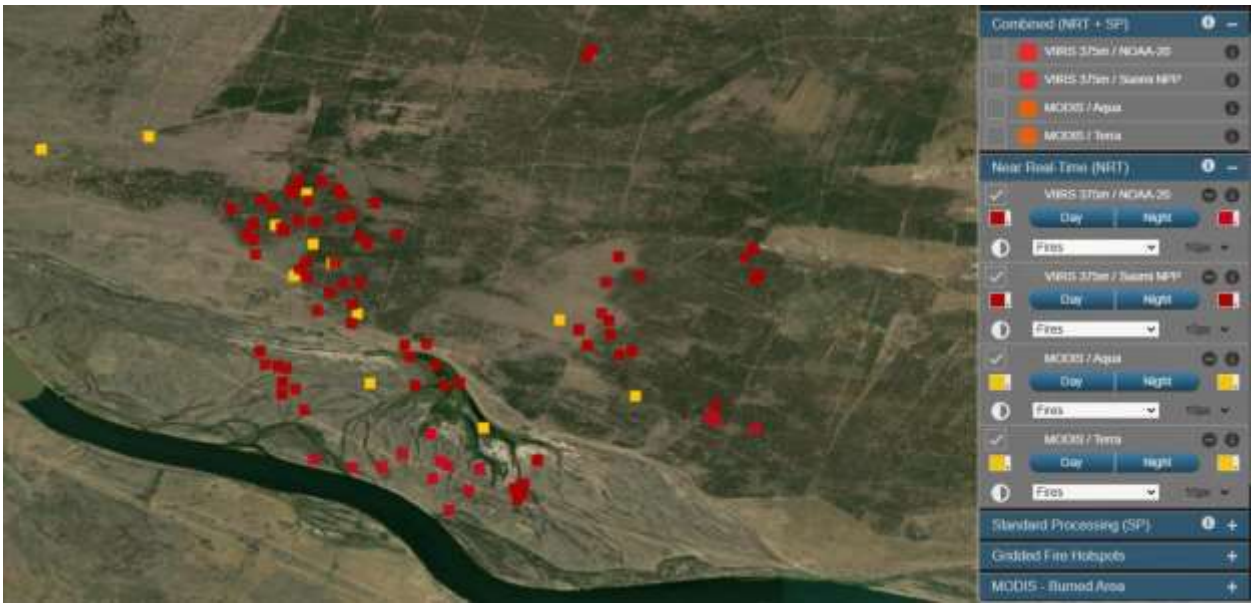


Рисунок 3- Распределение пожаров на основе набора данных FIRMS в Беркарагайском районе резервате «Семей орманы» с 1 апреля по 30 мая 2020 г.

Далее описывается методология, использованная для достижения двух основных целей этого исследования. Вся структура разделена на три части: (а) интеллектуальный анализ и предварительная обработка данных, (б) классификация и (в) проверка. Эта структура представлена на блок-схеме на рисунке 4 и предназначена для обобщения основных процессов.



Рисунок 4- Блок-схема процессов, используемых в исследовании для создания прогнозной модели.

Первым шагом блок-схемы является создание обучающего набора данных, состоящего из четырех основных факторов, включая исторические события пожара (как зависимая переменная) и топографические, метеорологические, антропологические и растительные факторы (как независимая переменная). Впоследствии исторический набор данных о пожаре был разделен на учебный и тестовый набор данных. Обучающий набор используется в моделях машинного обучения для обучения модели, а затем обученная модель проверяется набором тестовых данных. Лучшая производительность выбранных моделей машинного обучения используется для пространственного прогнозирования воздействия лесных пожаров.

В исследовании использовались данные Sentinel–2 из-за их относительно высокого пространственного разрешения. В этом этапе создается маски облаков и перистых облаков, созданные в результате атмосферной коррекции. Эти маски были применены с целью обеспечить безоблачное изображение и избежать вводящих в заблуждение результатов при анализе поверхности. Полоса маски

облачности уже была создана в продукте Sentinel–2 и была создана на основе Band 2, Band 11 и Band 13, однако маска облачности может быть низкой, особенно в критических атмосферных условиях [5, с.6]. Впоследствии был вычислен изображение RGB. Изображение RGB**:** состоящее из красного, зеленого и синего слоев. Этот слой показывает нам то, что может видеть человеческий глаз. Ниже в рисунке 5 можно увидеть результат:

а  б 

Рисунок 5 – RGB, а) после пожара; б) после пожара с использованием маски облачности

Далее использовались: нормализованный вегетационный индекс растительности (NDVI) и нормализованный индекс гари (NBR). В целом разница между нормализованным разностным индексом растительности (NDVI) и индексом гари (NBR), выгоревших участков достигает своего пика в ближней ИК и SWIR области спектра.

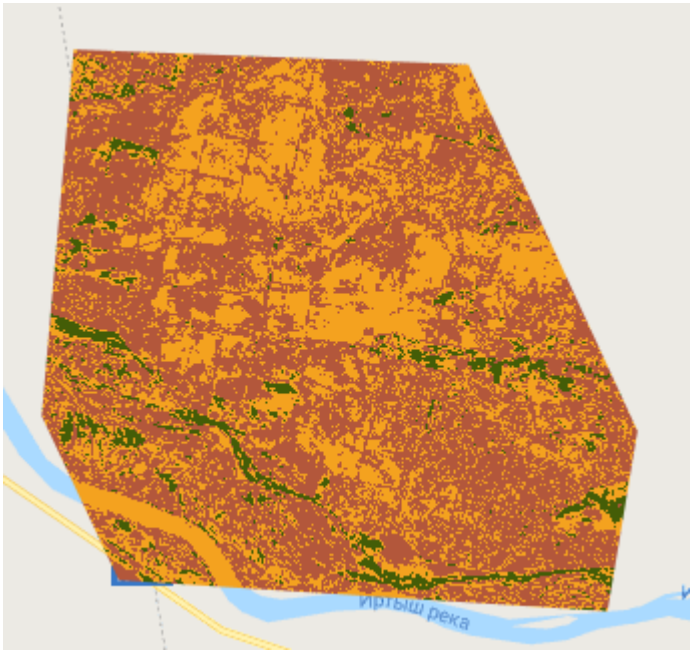


Рисунок 6 – Обработка снимка для индекса NDVI

Расчет NDVI основан на двух наиболее стабильных спектральных диапазонах-красном и ближнем инфракрасном. В красной области спектра находится максимальное поглощение солнечного излучения хлорофиллом, а в ближней инфракрасной области-максимальная зона отражения солнечного излучения[6].

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

где NIR-значение отражение ближнем ИК диапазоне спектра (8 канал для Sentinel 2), RED-значение отражения в видимом красном диапазоне спектра (4 канал для Sentinel 2).

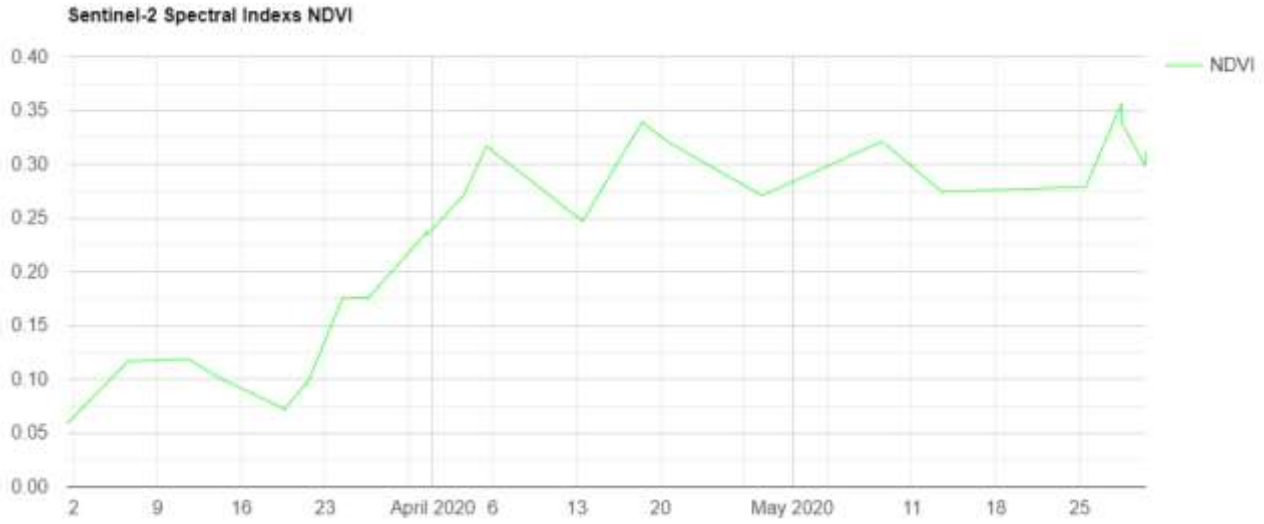


Рисунок 7 – График построения спектрального индекса NDVI

В ходе обработки индекса NDVI был построен график, по которому можно увидеть что с 6 апреля по 30 мая 2020 г. был высокий уровень значение NDVI.

Следующим шагом было вычисление NBR:

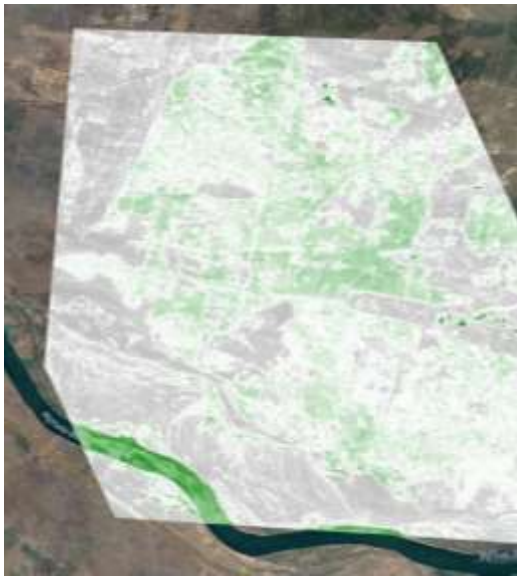
а  б 

Рисунок 8 – Обработка снимков для расчета индекса NBR: а) до пожара; б) после пожара

до пожара NBR отсчитывался по временному интервалу (6 дней до начала месяца из коллекции изображений), а после пожара отсчитывался по временному интервалу из коллекции изображений (конец месяца, месяц через 6 дней). Временной интервал должен решить проблему недоступности спутниковых данных, поскольку Sentinel-2 имеет 5-дневное время.

$$NBR = \frac{(NIR_{B8} - SWIR_{B11})}{(NIR_{B8} + SWIR_{B11})} \quad (2)$$

где NIR-значение реверберации ближнем ИК диапазоне спектра (8 канал для Sentinel 2), SWIR2-значение отражение в дальном коротковолновом ИК диапазоне спектра (11 канал для Sentinel 2) [7, с.38-40].

Используя спутник Sentinel-2 вычисляли числовые расчеты, сгоревшего площади с помощью GSD. Этот код обеспечивает сколько гектаров сожжено и насколько плоха сгоревшая площадь.

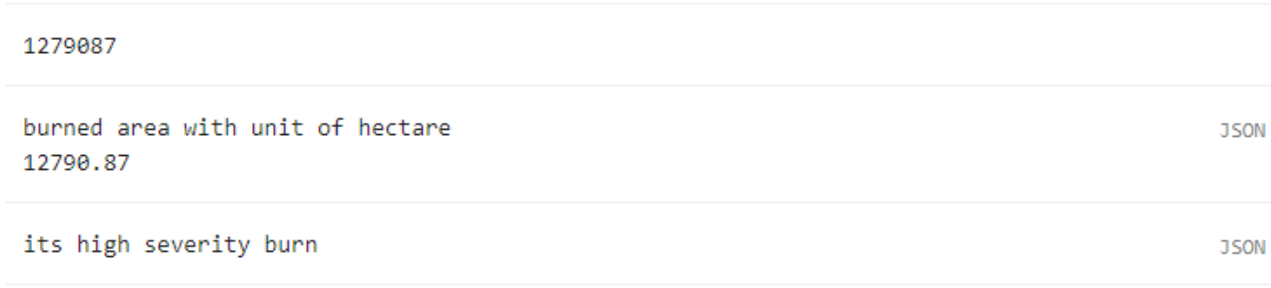


Рисунок 9 – Расчет степени ожога с помощью GSD (сгоревшая площадь)

По данным расчета степени ожога получили результаты состояния сгоревшей площади:

var beforevalue=0.847

var aftervalue=-0.112

Severity Level	dNBR Range (scaled by 10^3)	dNBR Range (not scaled)
Enhanced Regrowth, high (post-fire)	-500 to -251	-0.500 to -0.251
Enhanced Regrowth, low (post-fire)	-250 to -101	-0.250 to -0.101
Unburned	-100 to +99	-0.100 to +0.99
Low Severity	+100 to +269	+0.100 to +0.269
Moderate-low Severity	+270 to +439	+0.270 to +0.439
Miderate-high Severity	+440 to +659	+0.440 to +0.659
High Severity	+660 to +1300	+0.660 to +1.300

Рисунок 10 – Уровень тяжести пожара, при расчете NBR

Заключение

Спектральные показатели, полученные на основе данных оптического дистанционного зондирования, широко используются для классификации степени тяжести пожаров в лесах от локальных до глобальных масштабов. Однако сравнительный анализ многочисленных индексов по различным типам лесов немногочислен. Это представляет собой информационный пробел для органов по борьбе с пожарами в таких районах, как умеренная юго-восточная Казахстана, которая характеризуется разнообразием природных лесов, различающихся по структуре пожаротушения деревьев.

Использование облачных технологий, таких как Google Earth Engine, позволил снизить трудозатраты на подбор и загрузку космических снимков. Широкие возможности и доступность автоматизации позволяют использовать облачную технологию для создания различных спектральных индексов, а также

определение оценки лесного пожара и ресурсного потенциала отдельных массивов и других практических задач.

Для наиболее эффективных индексов мы рассчитали пороговые значения индекса для разделения между двумя классами тяжести и оценили точность классификации пожаров по степени опасности на независимых выборках. Наши результаты показали, что состояния сгоревшей площади пожаров варьировали от -0.112 до 0.847, сгоревшая площадь 12790.87 га, что означает пожара высокой степени тяжести.

Литература

1. Богданов А. П., Карпов А. А., Демина Н.А. Совершенствование мониторинга лесов путем использования облачных технологий как элемента устойчивого лесоуправления // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2018. - № Т. 15. №1. - С. 89–100.
2. Sulova A., Arsanjani J.J. Exploratory Analysis of Driving Force of Wildfires in Australia: An Application of Machine Learning within Google Earth Engine // Remote Sens. - 2020. - №13(1). - С. 23.
3. Информационно-новостной портал // Режим доступа свободный: https://informburo.kz/stati/opasnyy-sezon-v-sutki-v-kazahstane-sluchayutsya-12-prirodnyh-pozharov-kak-ih-tushat.html - 5 августа, 2020 г.
4. База данных FIRMS// Режим доступа свободный: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#z:3;c:0.0,0.0;d:2020-04-01..2020-05-30;l:firms_noaa20-viirs,firms_viirs,firms_modis_a
5. Revill A, Florence A, MacArthur A, Hoad SP, Rees RM, Williams M. The Value of Sentinel-2 Spectral Bands for the Assessment of Winter Wheat Growth and Development // Remote Sensing. - 2019. - №11(17). - С. 18.
6. Кузнецова И.А., Сериков К.К. Применение спектральных индексов при мониторинге пожаров // Инженерно-строительный вестник Прикаспия №4(34). - г. Астрахань: 2020.
7. Карпов А.А. Разработка методики выявления и оценки площадей, пройденных лесными пожарами, с использованием данных дистанционного зондирования: дис. маг. // А.А. Карпов; - Северный (Арктический)

федеральный университет имени М.В. Ломоносова- Архангельск, 2016. – С.103

Literature

1. Bogdanov A. P., Karpov A. A., Demina N. A. Improving forest monitoring through the use of cloud technologies as an element of sustainable forest management // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. - 2018. - No. T. 15. No. 1. - S. 89-100.
2. Sulova A., Arsanjani J.J. Exploratory Analysis of Driving Force of Wildfires in Australia: An Application of Machine Learning within Google Earth Engine // Remote Sens. - 2020. - No. 13 (1). - S. 23.
3. Information and news portal // Free access mode: https://informburo.kz/stati/opasnyy-sezon-v-sutki-v-kazahstane-sluchayutsya-12-prirodnyh-pozharov-kak-ih-tushat.html - August 5, 2020
4. FIRMS database // Free access mode: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#z:3;cternet.0,0.0;d:2020-04-01..2020-05 -30; l: firms_noaa20-viirs, firms_viirs, firms_modis_a
5. Revill A, Florence A, MacArthur A, Hoad SP, Rees RM, Williams M. The Value of Sentinel-2 Spectral Bands for the Assessment of Winter Wheat Growth and Development // Remote Sensing. - 2019. - No. 11 (17). - S. 18.
6. Kuznetsova I.A., Serikov K.K. Application of spectral indices for monitoring fires // Caspian Engineering Bulletin No. 4 (34). - Astrakhan: 2020.
7. Karpov A.A. Development of a methodology for identifying and assessing areas covered by forest fires using remote sensing data: dis. magician. // A.A. Karpov; - Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov - Arkhangelsk, 2016 .-- p. 103