4. Абсатаров, Р. Ассортимент древесных и кустарниковых пород в сквере Космонавтов города Ош / Р. Абсатаров, Э. К. Арынбаев // Вестник Ошского государственного педагогического университета имени А. Мырсабекова. — 2025. — Т. 1, № 1 (25). — С. 165–171. — DOI: 10.56122/.v1i1(25).364.
5. Risk Profile of Osh / United Nations Development Programme. — 2026. — URL: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2026-04/risk_profile_of_osh_compressed.pdf (дата обращения: 12.10.2026).
6. Обновлённый определяемый на национальном уровне вклад Кыргызской Республики. — Бишкек, 2021. — URL: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/%D0%9E%D0%9D%D0%A3%D0%92%20%D0%A0%D0%A3%D0%A1%20%D0%BE%D1%82%2008102021.pdf (дата обращения: 15.10.2026).
7. C40 Cities. About C40 [Электронный ресурс] / C40 Cities Climate Leadership Group. — URL: https://www.c40.org/about-c40/ (дата обращения: 20.10.2026).
8. Acuto, M. City Networks and Climate Governance: Urban Diplomacy in the Global Climate Regime / M. Acuto // Environmental Politics. — 2013. — Vol. 22, № 3. — P. 434–452. — DOI: 10.1080/09644016.2013.776847.
9. Gordon, D. J. Networking Cities after Paris: Weighing the Ambition of Urban Climate Change Experimentation / D. J. Gordon // Global Environmental Politics. — 2018. — Vol. 18, № 4. — P. 1–20. — DOI: 10.1162/glep_a_00483.
10. Bulkeley, H. Cities and Climate Change / H. Bulkeley. — London : Routledge, 2013. — 260 p.
11. Kern, K. Cities, Europeanization and Multi-level Governance: Governing Climate Change through Transnational Municipal Networks / K. Kern, H. Bulkeley // JCMS: Journal of Common Market Studies. — 2009. — Vol. 47, № 2. — P. 309–332. — DOI: 10.1111/j.1468-5965.2009.00837.x.
12. Lee, T. Global Cities and Climate Change: The Translocal Relations of Environmental Governance / T. Lee. — London : Routledge, 2015. — 180 p.
13. Rosenzweig, C. Cities Lead the Way in Climate-Change Action / C. Rosenzweig, W. Solecki, S. A. Hammer, S. Mehrotra // Nature. — 2010. — Vol. 467. — P. 909–911. — DOI: 10.1038/467909a.
14. Пилотный коридор зелёной мобильности / GCC, Мэрия Бишкека. — URL: https://gcc.meria.kg/ (дата обращения: 15.10.2026).
15. В 2025 году в Бишкеке вырубили около 2 тысяч деревьев // 24.KG. — 2025. — 14 августа. — URL: https://24.kg/obschestvo/339284_vnbsp2025_godu_vnbspbishkeke_vyirubili_okolo_2nbsptyisyach_derevev/ (дата обращения:15.10.2026).

УДК 528.8:630.5

МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА NDVI ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА «КЫРГЫЗ-АТА» НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Ташбалтаева Шааркан Абдималиковна *- Ошский государственный университет*
ORCID:0009-0007-8969-721X, ***Shtashbaltaeva81@gmail.com***

MONITORING THE DYNAMICS OF THE NDVI VEGETATION INDEX OF FOREST ECOSYSTEMS IN THE "KYRGYZ-ATA" STATE NATURE PARK BASED ON EARTH REMOTE SENSING DATA

Tashbaltaeva Shaarkan Abdimalikovna *- Osh State University*
ORCID 0009-0007-8969-721X, Shtashbaltaeva81@gmail.com

Аннотация

В работе приводятся результаты оценки многолетней динамики нормализованного вегетационного индекса (NDVI) лесных экосистем на территории государственного природного парка «Кыргыз-Ата» по данным спутниковой съёмки высокого разрешения за период 2014–2024 гг. Исследование охватывает месяцы максимальной вегетации (июнь–июль). Исходными материалами послужили многозональные изображения Landsat 8 OLI/TIRS. Поскольку в открытом доступе отсутствует обобщённая информация о состоянии растительного покрова в границах парка, использование временных рядов космических снимков позволило восполнить этот пробел и провести детальный анализ вегетационной активности. Для ключевых участков вычислены значения NDVI, построены линии тренда, определены экстремальные (максимальные и минимальные) показатели. Установлено, что, несмотря на компактные размеры охраняемой территории, межгодовая изменчивость индекса проявляется достаточно контрастно; при этом чёткой зависимости от метеорологических факторов (среднемесячных температур и осадков) не выявлено. Результаты исследования могут быть использованы для организации мониторинга лесных экосистем парка «Кыргыз-Ата» и оценки их устойчивости к внешним воздействиям.

Ключевые слова: *Мониторинг, лесные экосистемы, природный парк «Кыргыз-Ата», дистанционный мониторинг, геоинформационные системы.*

Abstract

The paper presents an assessment of the long-term dynamics of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of forest ecosystems in Kyrgyz-Ata State Nature Park based on satellite imagery for 2014–2024. The study covers the period of maximum vegetation activity (June–July). Multispectral Landsat 8 OLI/TIRS imagery was used as the primary data source. Since comprehensive information on vegetation cover within the park is not publicly available, satellite image time series were used to analyze vegetation activity and fill this information gap. NDVI values were calculated for key areas, trend lines were constructed, and maximum and minimum values were identified. The results showed pronounced interannual variability in NDVI despite the relatively compact size of the protected area. No clear relationship between NDVI dynamics and meteorological factors, including mean monthly temperature and precipitation, was identified. The findings can support forest ecosystem monitoring and assessment of the resilience of Kyrgyz-Ata State Nature Park to external impacts.

Keywords: *monitoring, forest ecosystems, Kyrgyz-Ata Nature Park, remote sensing monitoring, geographic information systems.*

Введение Формирование устойчивого экологического каркаса является приоритетной задачей для стран Центральной Азии, где горные экосистемы выполняют важнейшие средообразующие, водорегулирующие и климатостабилизирующие функции [1, 2]. В этом контексте особо охраняемые природные территории (ООПТ) Кыргызстана представляют собой ключевые узлы экологической сети, обеспечивающие сохранение биоразнообразия и экологическую связность ландшафтов [3]. Государственный природный парк «Кыргыз-Ата», созданный в 1992 г. на северных склонах Алайского хребта, является одним из таких узлов. Его лесные экосистемы представлены арчовыми лесами (*Juniperus turkestanica, J. seravshanica*) – уникальными горными можжевеловыми редколесьями, входящими в состав горного лесного пояса Памиро-Алая. Эта горная система служит экологическим коридором между Западным Тянь-Шанем и Гиндукушем [4]. Парк расположен в бассейне реки Кыргыз-Ата, относящейся к гидрографической системе Ферганской долины, что связывает его с сопредельными территориями Узбекистана и Таджикистана в рамках единой трансграничной экосистемы Памиро-Алая.



Для своевременного выявления негативных процессов и оценки эффективности природоохранных мероприятий необходим объективный мониторинг, который может быть обеспечен методами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [7, 8]. Спутниковые методы мониторинга растительности в настоящее время активно используются для оценки состояния лесных массивов на обширных территориях. Однако применительно к особо охраняемым природным объектам Кыргызстана, в частности к природному парку «Кыргыз-Ата», специализированные исследования с применением данных ДЗЗ в открытой научной литературе практически отсутствуют.

В качестве исходных материалов для подобного анализа обычно привлекаются снимки спутниковых систем Sentinel, Landsat. Для оценки общего состояния растительного покрова широко применяется вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), вычисляемый по значениям в красном и ближнем инфракрасном каналах. Вопросам корректности расчёта NDVI для различных спутниковых сенсоров посвящены работы [1–4]. Обработка данных и расчёт индекса выполняются с помощью ряда программных продуктов с открытым доступом QGIS, а также с использованием ArcGIS, которые поддерживают работу со снимками наиболее популярных систем: Landsat, MODIS и AVHRR.

Цель настоящего исследования – оценить многолетнюю динамику NDVI лесных экосистем государственного природного парка «Кыргыз-Ата» за период 2014–2024 гг. и выявить направленность изменений вегетационной активности по категориям растительного покрова.

Материалы и методы исследования

2.1 Объект исследования

Объектом исследования выступает вегетационный индекс NDVI, характеризующий состояние лесных экосистем государственного природного парка «Кыргыз-Ата». Парк расположен на северных склонах Алайского хребта в пределах Ошской области Кыргызской Республики. Его территория охватывает горные ландшафты, входящие в состав горного лесного пояса Памиро-Алая, и включает бассейн реки Кыргыз-Ата, относящийся к гидрографической системе Ферганской долины. Лесной покров парка преимущественно представлен арчовыми редколесьями (*Juniperus turkestanica, J. seravshanica*), которые играют ключевую средообразующую и водоохранную роль в регионе.

Для оценки состояния растительности методами дистанционного зондирования Земли в качестве ключевых участков выбраны территории парка с максимальной концентрацией арчовых лесов, а также зоны, испытывающие различную степень антропогенного воздействия (приграничные с населёнными пунктами участки, территории с интенсивным выпасом скота, рекреационные зоны).

2.2 Исходные данные

Исходными материалами для исследования послужили многозональные космические снимки, полученные из открытого архива Национальной геологической службы США (USGS) для территории парка «Кыргыз-Ата» за период с 2016 по 2024 год. Для анализа динамики вегетационного индекса NDVI были отобраны снимки, приходящиеся на период максимальной вегетационной активности – с 1 июня по 31 июля каждого исследуемого года. Отбор снимков выполнялся вручную с учётом минимальной облачности: использовались только сцены с ясной безоблачной погодой, что позволило избежать применения алгоритмов облачной коррекции и обеспечить высокую достоверность расчётов [15]. Поиск, фильтрация и последующая загрузка многозональных космических снимков Landsat 8 OLI/TIRS осуществлялись посредством специализированного веб-интерфейса Геологической службы США (USGS EarthExplorer). Для точной пространственной привязки архива данных и локализации исследуемой территории Государственного природного парка „Кыргыз-Ата“ был построен полигон по ключевым географическим координатам вершин (рис.1)

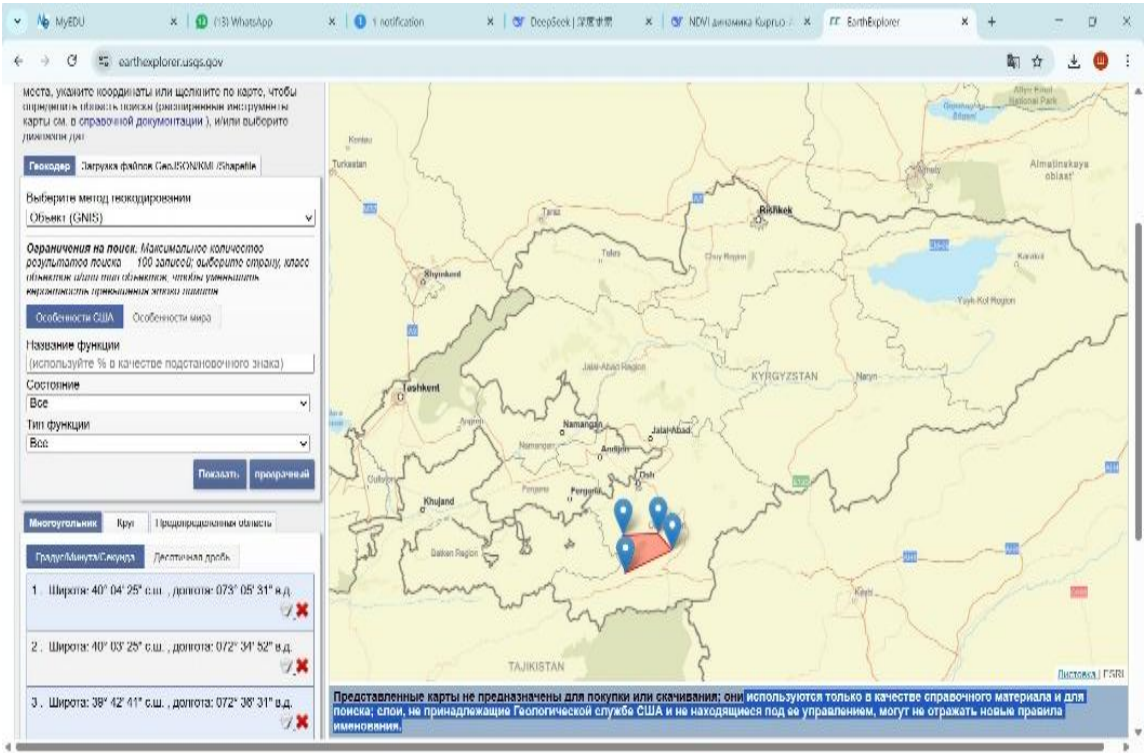


Рисунок 1. Определение пространственных границ и географических координат объекта исследования в интерфейсе поисковой платформы USGS EarthExplorer.

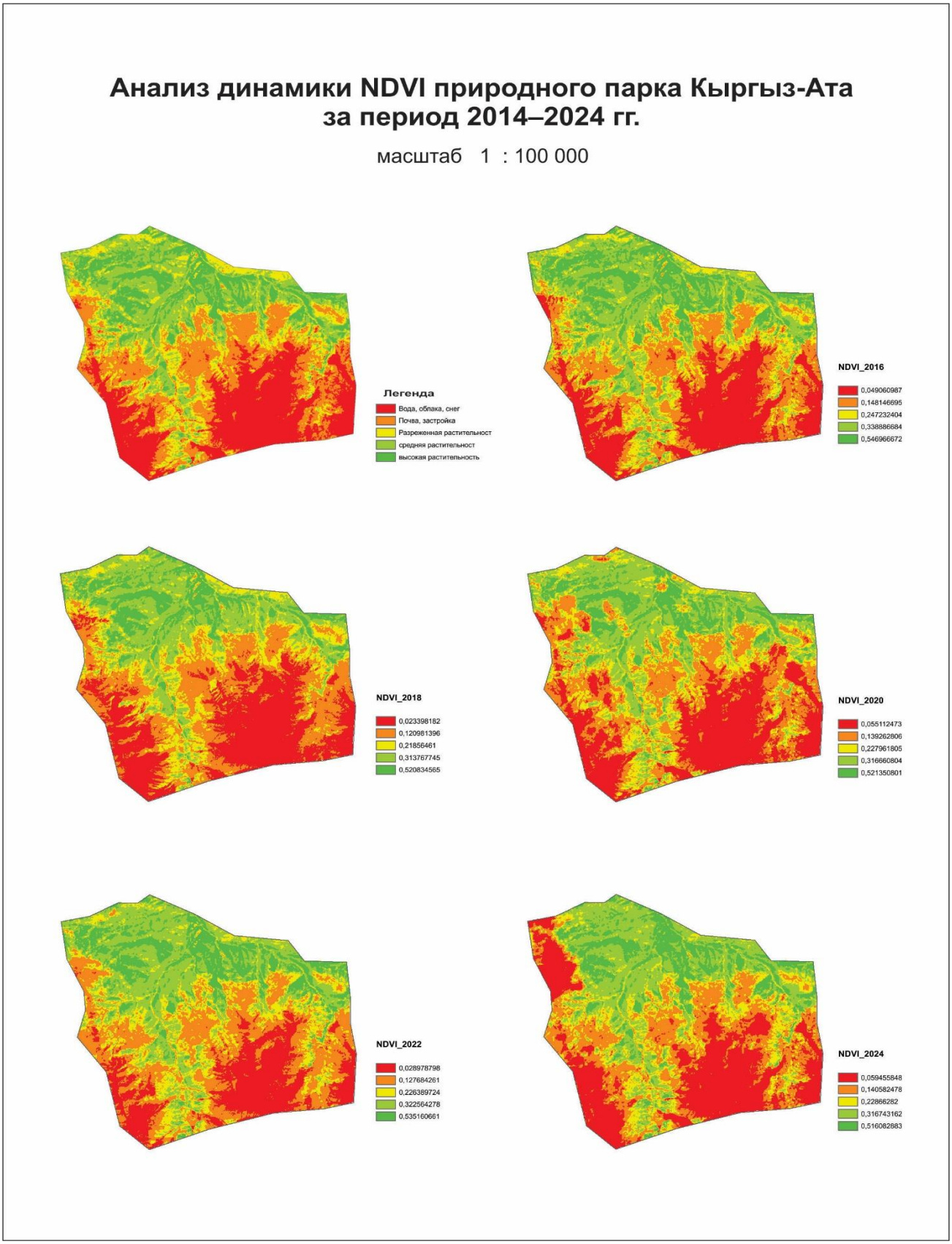


Рисунок 2. Анализ динамики NDVI природного парка Кыргыз-Ата за период 2014–2024 гг.

2.3 Обработка данных и расчёт NDVI

Расчёт NDVI выполнялся по стандартной формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

где NIR – отражение в ближнем инфракрасном диапазоне (канал 5 Landsat 8 OLI), RED – отражение в красном диапазоне (канал 4 Landsat 8 OLI).

Для каждого исследуемого года были вычислены средние значения NDVI по четырём категориям растительного покрова в соответствии с легендой:

1. Полевая растительность (0,05–0,14)
2. Умеренная растительность (0,15–0,22)
3. Высокая растительность (0,23–0,32)
4. Очень высокая растительность (>0,51)

Результаты

3.1 Фактические значения NDVI за 2014–2024 гг.

В результате обработки многозональных снимков Landsat 8 OLI/TIRS за период 2014–2024 гг. для территории государственного природного парка «Кыргыз-Ата» были получены значения нормализованного вегетационного индекса NDVI, соответствующие четырём категориям растительного покрова. В таблице 1 представлены средние значения NDVI по каждой категории за исследуемые годы.

Таблица 1 – Средние значения NDVI по категориям растительного покрова (2014–2024 гг.)

Год	Полевая растительность	Умеренная растительность	Высокая растительность	Очень высокая растительность
2014	0,0234	0,2186	0,3138	0,5207
2016	0,0496	0,2477	0,3489	0,5497
2018	0,0551	0,2280	0,3167	0,5214
2020	0,0287	0,2264	0,3226	0,5351
2024	0,0595	0,2299	0,3174	0,5161

Анализ таблицы 1 показывает, что максимальные показатели вегетационной активности (категория «очень высокая растительность») достигали значений от 0,516 до 0,550. Наибольшее значение зафиксировано в 2016 г. (0,5497), минимальное – в 2024 г. (0,5161). Категория «высокая растительность» также демонстрирует снижение с 0,3489 (2016 г.) до 0,3174 (2024 г.). Полевая растительность, напротив, характеризуется колебаниями без выраженной направленности.

3.5 Пространственное распределение NDVI

Пространственно-временное распределение NDVI по категориям растительного покрова наглядно отражает состояние ландшафтов. Визуальный анализ карт показывает, что наиболее существенные изменения происходят в зонах, прилегающих к населённым пунктам и тропам интенсивного выпаса. Участки с максимальными значениями NDVI (>0,51) постепенно сокращают свою площадь, фрагментируясь на отдельные изолированные ареалы.

Выводы (по результатам)

1. Применение временных рядов многозональных космических данных Landsat 8 позволило провести непрерывный ретроспективный мониторинг состояния растительности ГПП «Кыргыз-Ата» за 10-летний период.
2. Выявлен выраженный тренд к снижению максимальных значений индекса NDVI (категория «очень высокая растительность») с 0,5497 в 2016 году до 0,5161 в 2024 году, что указывает на локальную деградацию и фрагментацию наиболее продуктивных арчовых насаждений.
3. Межгодовая изменчивость индекса NDVI слабо коррелирует с общими метеорологическими параметрами, что свидетельствует о превалирующем влиянии антропогенных факторов (выпас скота, рекреационная нагрузка) в буферных и доступных зонах природного парка.

Список литературы

1. Асанов А.А., Кожогулов К.К. Дистанционный мониторинг растительного покрова горных территорий Центральной Азии. – Бишкек: Илим, 2019. – 156 с.
2. Pettorelli N., Vik J.O., Mysterud A. et al. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. // Trends in Ecology & Evolution, 2005. Vol. 20, No. 9. P. 503–510.
3. Малмыркин Б.С. Особо охраняемые природные территории Кыргызстана: современное состояние и перспективы. // География и природные ресурсы, 2018. № 4. С. 112–119.
4. Walter H., Box E.O. Global climate and ecosystem distribution. // Ecosystems of the World, 2016. Vol. 2. P. 45–78.
5. Roy D.P., Wulder M.A., Loveland T.R. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. // Remote Sensing of Environment, 2014. Vol. 145. P. 154–172.
Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. // Science, 2013. Vol. 342. P. 850–853.

УДК [504.05+504.06]:66.0

ЖАШЫЛ ХИМИЯ ЖАНА ТУРУКТУУ ӨНҮГҮҮ: ЗАМАНБАП ХИМИЯНЫН НЕГИЗГИ БАГЫТЫ

Бабеков Анарбай Ураимович *- химия илимдеринин кандидаты, доцент*
Ош мамлекеттик педагогикалык университети
Ош шаары, Кыргыз Республикасы
ORCID: 0009-0003-4930-3707, ababekov2511@mail.ru
Абжапарова Айнура Манаповна *- Улук окутуучу, биология магистри*
Ош мамлекеттик педагогикалык университети
Ош шаары, Кыргыз Республикасы
ORCID: 0009-0000-6036-3485, ainuraabzhaparova@gmail.com
Керимбай кызы Бурулкан *– Магистрант Ош мамлекеттик педагогикалык университети*
Ош шаары, Кыргыз Республикасы
ORCID: 0009-0006-9992-0916, burulajkerimbajkyzy@gmail.com

ЗЕЛЁНАЯ ХИМИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ: ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ХИМИИ