түзөт. Бул учурда окутуучунун тышкы педагогикалык таасири менен студенттин ички окуу аракеттери өз ара шайкеш жана багытташ болгондо гана билим өздөштүрүү процесси натыйжалуу жүрөрү байкалат.

Ошентип, билимдин, билгичтиктердин жана практикалык көндүмдөрдүн улануучулук принцибине таянуу студенттердин компетенттүүлүгүн калыптандырууда маанилүү негиз болуп саналат. Кыргыз медициналык академиясынын, Кыргыз улуттук университетинин, Жалал-Абад мамлекеттик университетинин жана Ош мамлекеттик университетинин табигый илимдерди окуткан кафедраларынын профессордук-окутуучулар жамааты тарабынан колдонулуп жаткан модулдук окутуу системасы илимий маалыматтарды өздөштүрүү ыкмаларын өркүндөтүүгө, студенттердин билим деңгээлин тереңдетүүгө жана практикалык көндүмдөрүн өнүктүрүүгө өбөлгө түзөрү практикада тастыкталууда.

Колдонулган адабияттар

1. Абдыбалиева, К. Меджождордо табигый дисциплиналарды окутууну өркүндөтүүнүн психологиялык-педагогикалык шарттары / К. Абдыбалиева, Ж. Райымкул уулу // БАЭМУ жарчысы. – Жалал-Абад, 2023. – № 1 (5). – 2-бөлүк. – 18–23-бб.
2. Мамбетакунов, Э. Окутуу процессинин психодидактикалык бейнеси / Э. Мамбетакунов, К. Абдыбалиева // “Санариптешүү мезгилиндеги физика илиминин актуалдуу маселелери жана окутуу технологиялары” аттуу эл аралык илимий-практикалык конференциянын материалдары // Кыргызстандын илим, жаңы технологиялар жана инновациялар. – Бишкек, 2024. – № 8. – 202–206-бб.
3. Федорова, В. Н. Межпредметные связи естественно-научных дисциплин в усовершенствованных учебных программах / В. Н. Федорова // Система межпредметных связей по предметам естественно-математического цикла: сб. науч. трудов. – М., 1981. – С. 7–12.
4. Мамбетакунов, Э. Формирование естественнонаучных понятий у школьников на основе межпредметных связей / Э. Мамбетакунов. – Бишкек: Илим, 2002. – 642 с.
5. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика: учебник / А. Н. Ремизов. – 4-е изд., испр. и перераб. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 648 с.
6. Абдыбалиева, К. Табигый илимдерди окуп-үйрөнүүдөгү билимдин улануучулук принциби / К. Абдыбалиева, А. Т. Калыбаева // Ж. Баласагын атындагы КУУнун жарчысы. – Бишкек, 2015. – Атайын чыгарылыш: 12-республикалык илимий-практикалык конференция. – 153–155-бб.
7. Сияев, Т. М. Ийгилик булагы... Рефлексия / Т. М. Сияев. – Бишкек: Из-Басма, 2016. – 88 б. – ISBN 978-9967-31-444-3.

Рецензент: педагогика илимдеринин кандидаты, доцент Карасартова Н.А.

УДК 551.510.42
DOI 10.58649/1694-9099-2026-2-300-309

Аркабаева Г.Н., Дуйшеев А. Бейшекеева Г.Дж.
Жусуп Баласагын атындагы КУУ
Аркабаева Г.Н.,[1] Дуйшеев А.[2] Бейшекеева Г.Дж.[3]
КНУ имени Жусупа Баласагына
G.N.Arkabaeva, A.Duisheev, G.J.Beishekeeva
KNU Jusup Balasagyn

ORCID 0009-0000-6625-2698[1]
ORCID 0009-0007-9029-9606[2]
ORCID 0009-0003-5476-3396[3]

БОРБОРДУК АЗИЯДАГЫ АТМОСФЕРАГА УЗАК МЕЗГИЛДҮҮ БАЙКООЛОР: ЫСЫК-КӨЛ ИЛИМИЙ СТАНЦИЯСЫНЫН ГЛОБАЛДЫК КЛИМАТТЫ ИЗИЛДӨӨГӨ КОШКОН САЛЫМЫ

ДОЛГОСРОЧНЫЕ АТМОСФЕРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ: ВКЛАД НАУЧНОЙ СТАНЦИИ «ИССЫК-КУЛЬ» В ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

LONG-TERM ATMOSPHERIC OBSERVATIONS IN CENTRAL ASIA: THE CONTRIBUTION OF THE ISSYK-KUL SCIENTIFIC STATION TO GLOBAL CLIMATE RESEARCH

Кыскача мүнөздөмө: Макалада Кыргызстанда «Ысык-Көл» илимий станциясынын түзүлүшү жана өнүгүшү боюнча тарыхый маалыматтар каралат. Ошондой эле климаттык процесстерге, радиациялык баланска, булуттардын жана жаан-чачындардын пайда болушуна, абанын сапатына жана калктын ден соолугуна олуттуу таасир тийгизген атмосфералык аэрозолдорду изилдөөнүн актуалдуулугу белгиленет. Изилдөөлөрдүн учурдагы абалы, өзгөчөлүктөрү жана «Ысык-Көл» илимий станциясынын келечектеги өнүгүү багыттары жөнүндө маалымат берилет.

Аннотация: В статье рассматриваются исторические аспекты создания и развития научной станции «Иссык-Куль» в Кыргызстане, а также подчёркивается актуальность исследований атмосферных аэрозолей, оказывающих значительное влияние на климатические процессы, радиационный баланс, формирование облаков и осадков, качество воздуха и здоровье населения. Приводятся сведения о текущем состоянии исследований, их специфике и направлениях дальнейшего развития научной станции «Иссык-Куль».

Abstract: The article examines the historical aspects of the establishment and development of the Issyk-Kul Scientific Station in Kyrgyzstan and emphasizes the relevance of research on atmospheric aerosols, which have a significant impact on climate processes, radiation balance, cloud and precipitation formation, air quality, and public health. It also provides information on the current state of research, its specific features, and directions for the further development of the Issyk-Kul Scientific Station.

Негизги сөздөр: атмосфералык аэрозолдор; радиациялык баланс; озон катмары; мезгилдик өзгөрүүлөр; узак мөөнөттүү байкоолор; атмосферанын тунуктугу.

Ключевые слова: атмосферные аэрозоли; радиационный баланс; озоновый слой; сезонные изменения; долговременные наблюдения; атмосферная прозрачность.

Keywords: atmospheric aerosols; radiation balance; ozone layer; seasonal changes; long-term observations; atmospheric transparency.

Научная станция «Иссык-Куль» является структурным подразделением Кыргызского национального университета имени Жусупа Баласагына (КНУ) при факультете физики и электроники. Станция расположена на северном берегу озера Иссык-Куль, в селе Бает, на высоте 1650 м над уровнем моря (42°30′ с. ш., 76°59′ в. д.).

История станции начинается в 1979 году, когда в Кыргызстане была создана целевая группа для оценки влияния параметров основных парниковых газов на экологию горных регионов. В 1993 году на базе этой группы была организована научная станция «Иссык-Куль» Кыргызского государственного национального университета (КГНУ) при научной и финансовой поддержке Института экспериментальной метеорологии России.

Выбор расположения станции на северном берегу озера Иссык-Куль обусловлен следующими факторами:

1. результаты спектроскопических измерений малочувствительны к влиянию местных источников исследуемых атмосферных газов;
2. большое количество солнечных дней в году;
3. расположение станции в центральной части Евразийского континента;

4. мягкие климатические условия;
5. отсутствие крупных промышленных предприятий;
6. отсутствие значимых антропогенных источников загрязнения.

В прошлые десятилетия, как и сегодня, человечество было обеспокоено двумя важнейшими экологическими проблемами: сохранением озонового слоя и потеплением климата. Венская конвенция об охране озонового слоя и Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, признаются мировым сообществом одними из наиболее успешных многосторонних соглашений в области охраны окружающей среды. Монреальский протокол был ратифицирован Кыргызской Республикой в 2000 году [1].

Исследования, проводимые на научной станции «Иссык-Куль», сосредоточены на изучении процессов, связанных с сохранением озонового слоя и изменением климата. Станция является значимым научным центром, способствующим развитию мировой науки и разработке научно обоснованных подходов к решению актуальных экологических задач.

В 2004 году научная станция «Иссык-Куль» КНУ получила статус региональной станции Глобальной службы атмосферы Всемирной метеорологической организации - специализированного межправительственного учреждения ООН (GAW/WMO), и была зарегистрирована:

– в Мировом центре данных по озону (Торонто, Канада, № 347-WOUDC);

– в Мировом центре данных по парниковым газам (Токио, Япония, ISK242N00-WDCGG).

Первым научным руководителем научной станции «Иссык-Куль» был профессор КГНУ Л.А. Спекторов, затем эту должность занимали В.К. Семенов и В.П. Синяков. В течение многих лет научным консультантом являлся профессор С.Ж. Токтомышев, который впоследствии стал директором станции и возглавлял её до 2022 года. В исследованиях по физике атмосферы принимали участие профессора Ф.Х. Байбулатов, А.Н. Гудимова, А.М. Токтоопиев, Р.Д. Гайнутдинова, М.Д. Орозалиев, Л.К. Толбаев, У.А. Дуйшембиев, Т.Дж. Саргазаков, А.Ч. Иманкулов, а также многие преподаватели, сотрудники, инженеры, аспиранты и студенты КНУ [1].



Токтомышев Советбек Жайлообаевич



Спекторов Лев Аронович

В августе 2007 года в рамках программы AERONET (NASA, США) на станции был установлен фотометр CIMEL (sun-photometer), способный измерять прямую солнечную радиацию на восьми каналах в диапазоне от 340 до 1020 нм и радиацию неба на четырех каналах в диапазоне от 440 до 1020 нм [2]. Данные измерения дают возможность изучения свойств колонных аэрозолей в атмосфере Центральной Азии в фоновом режиме.

После установки данного аппарата станция стала частью международной сети AERONET (NASA, США) [2].



Рисунок 1. В.К.Семенов, А. Смирнов, В.П.Синяков

Более 50 лет проводится мониторинг атмосферного озона и основных парниковых газов в центральной части горного региона. За многолетние результаты исследований озонового слоя в 1975 году профессору С.Ж. Токтомышеву была присуждена Премия Ленинского комсомола Киргизии. В 2011 году премия Кыргызской Республики в области науки и техники была присуждена С.Ж. Токтомышеву, В.К. Семенову, М.Д. Орозалиеву, В.П. Синякову и Л.К. Толбаеву.

Результаты научных исследований, проведённых на станции «Иссык-Куль», получили высокое признание не только в Кыргызстане, но и за его пределами. Была проведена оценка состояния озонового слоя и дан прогноз о том, что его показатели могут вернуться к значениям 1980 года. Вместе с тем результаты исследований показывают, что усиление парникового эффекта над горным регионом в центре Евразийского континента происходит приблизительно на 40% быстрее, чем над центральным регионом Тихого океана. В отличие от данных станций, расположенных в равнинных и океанических регионах, данные высокогорных станций показывают определённые различия в изменчивости содержания и концентрации парниковых газов в атмосфере [4]. Это делает исследования, проводимые на станции, особенно актуальными.

В настоящее время директором научной станции «Иссык-Куль» является кандидат физико-математических наук, доцент Г.Н. Аркабаева. Она руководит научной группой, продолжающей исследования в области физики атмосферы. За время работы были укреплены прежние связи с руководством AERONET, а также заключены договоры о сотрудничестве с университетами по обмену студентами.



Рисунок 2. Директор научной станции «Иссык-Куль» Г.Н.Аркабаева

В августе 2023 года директор научной станции «Иссык-Куль» факультета физики и электроники Кыргызского национального университета имени Жусупа Баласагына Г.Н. Аркабаева по приглашению Северо-Американского университета (г. Хьюстон, США) приняла участие в международной конференции «Глобальные вызовы и возможности высшего образования», в работе которой также участвовали представители NASA. Поездка была организована при содействии Министерства образования и науки Кыргызской Республики.

В рамках конференции обсуждались перспективы международного академического сотрудничества, развития научных исследований и расширения партнёрских связей. Предварительно была проведена переписка с руководством университета по вопросам установления сотрудничества и подписания меморандума о взаимопонимании. Особое внимание было уделено обсуждению возможностей взаимодействия с NASA в рамках программы AERONET в области атмосферных исследований.

По итогам визита был подписан меморандум о взаимовыгодном сотрудничестве между Кыргызским национальным университетом имени Жусупа Баласагына и Северо-Американским университетом, предусматривающий развитие академической мобильности преподавателей и студентов, проведение совместных научных исследований, участие в семинарах и научных мероприятиях, обмен научными материалами и информацией, реализацию краткосрочных академических программ, а также совместных образовательных программ с выдачей двойных дипломов по уровням бакалавриата, магистратуры и PhD.

В ходе конференции состоялась встреча с представителем администрации NASA доктором Камлешем Луллой, на которой были обсуждены перспективы возобновления совместных научных проектов NASA и Кыргызского национального университета на базе научной станции «Иссык-Куль» в рамках международной сети AERONET.

В конференции также приняли участие представители ведущих вузов Кыргызстана, включая Кыргызский экономический университет имени М. Рыскулбекова и Международный университет «Ала-Тоо». В рамках культурно-образовательной программы участники посетили Космический центр NASA в Хьюстоне, где ознакомились с современными достижениями в области космических исследований и мониторинга атмосферы.



Рисунок 3. Ректор Северо-Американском Университета Фарук Табани проректор Сериф Али Текалан с участниками конференции



Рисунок 4. Вручение сертификатов и обмен подарками



Рисунок 5. Космический центр NASA в Хьюстоне

В 2024 году в США, в штате Мэриленд, г. Колледж-Парк, на базе Мэрилендского университета состоялась международная конференция Science and Application Exchange**,** посвящённая 30-летию программы AERONET и объединившая специалистов в области атмосферных исследований. В работе конференции приняла участие команда научной станции «Иссык-Куль», представившая материалы по теме: «Извлечение и анализ оптических параметров аэрозолей по данным измерений солнечного фотометра CIMEL на научной станции «Иссык-Куль»». Постерный доклад был представлен 18 сентября и вызвал интерес у участников конференции.

В обсуждении представленных результатов приняли участие куратор станции «Иссык-Куль» со стороны AERONET доктор Александр Смирнов, соруководители проекта Паван Гупта и Елена Линд, директор AERONET Джейсон Крафт, а также другие представители научного сообщества из различных стран. Общее число участников конференции составило около 300 человек.

В настоящее время актуальным остаётся исследование атмосферных аэрозолей, оказывающих значительное влияние на климатические процессы, радиационный баланс, формирование облаков и осадков, качество воздуха и здоровье населения. Данное исследование представляет собой комплексный анализ аэрозольной оптической толщины (AOD) и экспоненты Ангстрема (AE), полученных с помощью фотометра CIMEL, установленного на научной станции «Иссык-Куль» в рамках программы AERONET (NASA).

С использованием высококачественных данных уровней 2.0 и 1.5, собранных в период с 2019 по 2024 год, исследованы временные и сезонные изменения характеристик аэрозолей. Анализ аэрозольной оптической толщины (AOD) и других параметров за 2019–2024 годы выявил незначительное увеличение AOD за указанный период, при этом минимальные значения наблюдались в 2020 году. Максимальные значения AOD фиксируются летом, а минимальные - зимой, что связано с сезонными изменениями концентрации аэрозолей [3].




Рисунок 6. а) Директор AERONET Джейсон Крафт (в центре), б) Куратор со стороны AERONET Александр Смирнов (в центре)



Рисунок 7. Соруководитель проекта AERONET Сорокин (справа) во время обсуждения работы новой модели фотометра CIMEL, руководитель проекта AERONET Елена Линд (в центре)



Рисунок 8. Научная группа станции «Иссык-Куль» во время онлайн конференции AGU24 (С.А.Токтогонов, Г.Н.Аркабаева, Г.Дж.Бейшекеева, А.Б.Дуйшеев)

Сотрудники научной станции «Иссык-Куль» и руководство факультета физики и электроники приняли участие в ежегодной конференции American Geophysical Union - AGU24, которая проходила в гибридном формате с 9 по 13 декабря 2024 года. Конференция AGU является одной из крупнейших международных научных площадок в области наук о Земле и космосе, ежегодно объединяющей более 25 000 участников из разных стран для представления передовых исследований и обсуждения глобальных экологических и климатических проблем.

В онлайн-формате университет представляли: С.А. Токтогонов - декан факультета физики и электроники; Г.Н. Аркабаева - директор научной станции «Иссык-Куль»; Г.Дж. Бейшекеева - заведующая кафедрой технической физики; А. Дуйшеев - преподаватель кафедры технической физики.

В рамках конференции был подготовлен и представлен постерный доклад на тему «Сезонный анализ оптической толщины аэрозоля в летний период над озером Иссык-Куль в Центральной Азии». Онлайн-презентацию доклада представила Г.Н. Аркабаева [4].

Участие в AGU24 предоставило исследователям возможность представить результаты научной работы на международной площадке, а также обменяться опытом с ведущими специалистами в области геофизики, атмосферных исследований и климатологии. Представленная работа привлекла внимание международного научного сообщества и имеет значение для изучения экологических и климатических особенностей региона Центральной Азии.

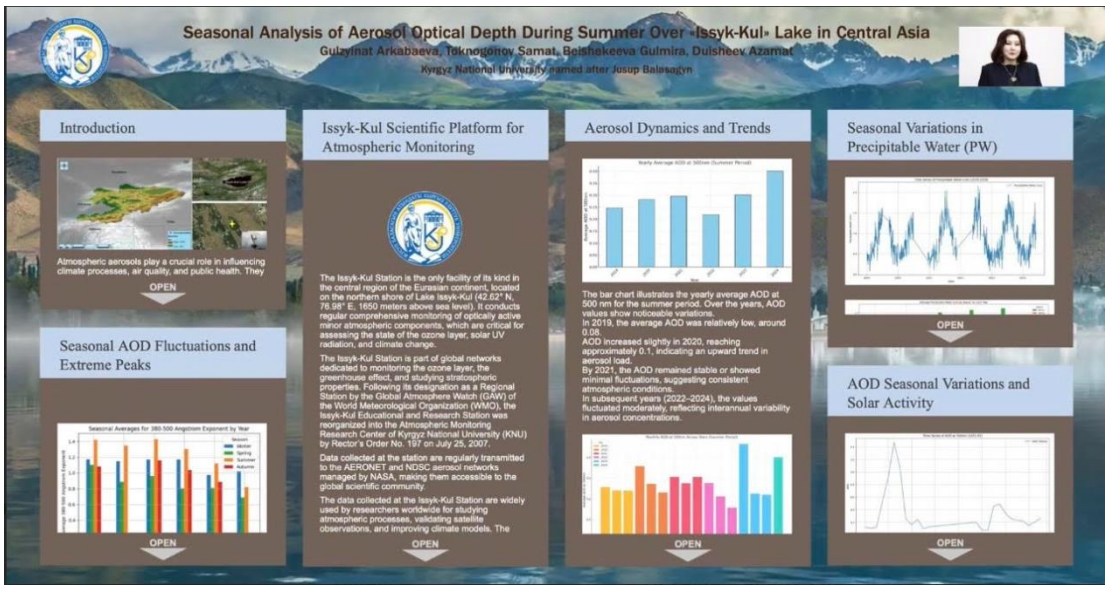


Рисунок 9. Постер, представленный научной группой КНУ на конференции AGU24

Работа научной станции «Иссык-Куль» осуществляется в тесном сотрудничестве с сотрудниками кафедр «электроники и наноэлектроники» и «технической физики». На станции обновляется оборудование, систематически проводится процесс калибровки аппарата CIMEL со стороны AERONET(NASA).



Рисунок 10. В.П.Синяков, вед.н.с. А.А.Жумабеков, А.Б.Дуйшеев. Во время установки откалиброванного аппарата CIMEL на станции Иссык-Куль (2025г.)

Для обеспечения непрерывности исследований в области физики атмосферы и усиления вклада Кыргызского национального университета в решение глобальных экологических проблем особое значение имеет подготовка высококвалифицированных молодых специалистов.

С этой целью на факультете физики и электроники Кыргызского национального университета для студентов реализуются образовательные курсы, включающие дисциплины: «Физика атмосферы и гидросферы», «Аэрономия», «Компьютерные методы в технической физике», «Информационные системы и технологии в технике», «Численные методы технической физики» и другие. Обучение проводится в рамках программ бакалавриата и магистратуры по направлениям «Техническая физика» и «Электроника и наноэлектроника».

На базе научной станции «Иссык-Куль» студенты проходят учебные и производственные практики, участвуют в полевых и экспериментальных исследованиях, а полученные научные материалы используются при выполнении выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций.

Перспективы развития. Дальнейшее развитие научной станции «Иссык-Куль» связано с расширением спектра атмосферных исследований, углублённым изучением аэрозольных характеристик и укреплением международного научного сотрудничества. Учитывая статус станции как регионального пункта Глобальной службы атмосферы Всемирной метеорологической организации (GAW WMO), а также её участие в международной сети AERONET, функционирующей под эгидой NASA, одним из приоритетных направлений является модернизация приборной базы. В частности, планируется внедрение солнечных фотометров нового поколения CIMEL и расширение спектральных каналов измерений, что позволит повысить точность определения микрофизических и оптических свойств атмосферных аэрозолей.

Перспективным направлением является интеграция наземных наблюдений со спутниковыми данными, а также применение современных методов математического моделирования, статистического анализа и машинного обучения для прогностической оценки аэрозольной нагрузки в горных регионах Центральной Азии. Реализация этих подходов позволит повысить точность расчётов радиационного баланса и уточнить региональные климатические сценарии.

Особое значение приобретает развитие системы долгосрочного мониторинга, направленного на выявление трендов изменения аэрозольной оптической толщины (AOD) в условиях глобального изменения климата. Продолжение анализа данных за 2019–2025 гг. с последующим расширением временного интервала наблюдений позволит сформировать более репрезентативную климатическую выборку для региона и повысить достоверность научных выводов.

В образовательном и научно-организационном аспектах перспективы развития станции связаны с расширением программ международной академической мобильности, реализацией совместных исследовательских проектов с зарубежными университетами и научными центрами, а также активным участием в авторитетных международных научных форумах, включая конференции American Geophysical Union. Это будет способствовать дальнейшей интеграции станции в мировое научное пространство и подготовке высококвалифицированных специалистов в области физики атмосферы, климатологии и экологического мониторинга.

Таким образом, научная станция «Иссык-Куль» обладает значительным потенциалом для становления одним из ключевых высокогорных центров мониторинга атмосферных процессов в Центральной Азии и важной платформой для междисциплинарных исследований климата, атмосферы и окружающей среды.

Заключение. Научная станция «Иссык-Куль» Кыргызского национального университета имени Жусупа Баласагына на протяжении более четырёх десятилетий осуществляет систематический мониторинг состояния атмосферы в центральной части горного региона Евразии. История её становления и развития свидетельствует о высокой научной значимости проводимых исследований и их международном признании.

Включение станции в глобальные сети мониторинга, такие как GAW WMO и AERONET (NASA), обеспечило получение высокоточных данных о состоянии озонового слоя, концентрациях парниковых газов и параметрах аэрозольной оптической толщины. Анализ данных за 2019–2025 гг. показал наличие сезонной изменчивости AOD с максимальными значениями в летний период и минимальными - зимой, а также тенденцию к незначительному увеличению данного показателя в последние годы.

Полученные результаты подтверждают важную роль атмосферных аэрозолей в формировании радиационного режима и климатических процессов горного региона. Географическое положение станции, её удалённость от крупных антропогенных источников и благоприятные климатические условия обеспечивают репрезентативность фоновых измерений для Центральной Азии.

Активное участие сотрудников станции в международных научных конференциях и проектах, включая мероприятия под эгидой American Geophysical Union, способствует укреплению научных связей и распространению результатов исследований на международном уровне.

В целом деятельность научной станции «Иссык-Куль» представляет собой значимый вклад в развитие региональных и глобальных исследований атмосферы, формируя научную основу для оценки климатических изменений, обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития горных территорий. Данное направление соответствует приоритетам развития науки в Кыргызской Республике до 2028 года, утверждённым Кабинетом Министров, среди которых особое значение имеют вопросы изменения климата и охраны окружающей среды.

Список использованной литературы

1. Токтомышев С.Ж. Становление кыргызских ученых: до и после суверенизации: публикации, интервью, очерк и эссе. - Бишкек: Улуу Тоолор, 2014. - 440 с.
2. Токтомышев С. Высшее образование, озоновый слой и космический проект Кыргызстана. - Бишкек, 2019.
3. Материалы о научной станции «Иссык-Куль» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://drive.google.com/file/d/1p3Z9Cu5DEWymRt2c0JsPtFbl4c2uUuSt/view?usp=drivesdk
4. Seasonal analysis of aerosol optical depth during summer over Lake Issyk-Kul in Central Asia [Electronic resource] // AGU24 iPosterSessions. - 2024. - Режим доступа: https://agu24.ipostersessions.com/Default.aspx?s=4A-5B-C8-6D-C1-92-5E-57-49-BB-DE-BA-61-36-BF-10&pdfprint=true&guestview=true

УДК 631.234

Рецензент: кандидат физико-математических наук, доцент Медралиев Б.Н.

УДК 631.234
DOI 10.58649/1694-9099-2026-2-309-317

Бакытбеков У.Б., Бейшекеева Г.Д., Мамытова Д.К.
Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясы

Жусуп Баласагын атындагы КУУ
Бакытбеков У.Б.,[1] Бейшекеева Г.Д.,[2] Мамытова Д.К.[3]
Национальная академия наук Кыргызской Республики
КНУ имени Жусупа Баласагына
Bakytbekov U.B., Beishekeeva G., Mamytova D.K.
National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic
KNU Jusup Balasagyn