

МРНТИ 29.05.01, 29.05.27  
УДК 539.12

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.07>

К.М. Мукашев<sup>1,3\*</sup>, А.В. Степанов<sup>2</sup>, Т.Х. Садыков<sup>1</sup>, А.Х. Аргынова<sup>1</sup>,  
В.В. Жуков<sup>1,2</sup>, Ф.Ф. Умаров<sup>4</sup>, Б.А. Искаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Казахский Национальный исследовательский технический университет им. Сатбаева,  
г. Алматы, Казахстан*

<sup>2</sup> *Тянь-Шаньская высокогорная научная станция в РК, филиал Физического института РАН,  
г. Алматы, Казахстан*

<sup>3</sup> *Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан*

<sup>4</sup> *Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Казахстан*

\*e-mail: [mukashev.kms@gmail.com](mailto:mukashev.kms@gmail.com); [turlan43@mail.ru](mailto:turlan43@mail.ru)

## ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

### Аннотация

В настоящее время на высокогорной научной станции для исследования физики космических лучей используются различные, независимо действующие уникальные экспериментальные установки. В статье рассматриваются пути и методы объединения этих установок в единую систему, включающую в себе сети сцинтилляционных детекторов типа «ковер» для регистрации электронно-фотонной компоненты, мониторы наземного и подземного базирования для регистрации нейтронных составляющих, калориметры, черенковские детекторы, сцинтилляционный спектрометр и еще ряд подсистем. Вновь созданная единая система регистрации космических лучей на основе достижений современной технологии и научной мысли будет обладать высокой разрешающей способностью, с общим банком данных с обеспечением синхронизации по времени работы отдельных, независимо действующих экспериментальных установок. Решение этой проблемы позволит выполнение детального анализа регистрируемых событий с единой позиции, проведение сложных расчетов пространственного распределения, массового состава, а также энергетической структуры космических лучей с высокой степенью точности.

**Ключевые слова:** космические лучи, сцинтилляционный детектор, нейтронные мониторы, волоконная оптика, локальная сеть, сервер, широкие атмосферные ливни, единая база данных.

### Аңдатпа

Қ.М. Мұқашев<sup>1,3\*</sup>, А.В. Степанов<sup>2</sup>, Т.Х. Садыков<sup>1</sup>, А.Х. Аргынова<sup>1</sup>, В.В. Жуков<sup>1,2</sup>, Ф.Ф. Умаров<sup>4</sup>, Б.А. Искаков<sup>1</sup>

### ҒАРЫШ СӘУЛЕСІН ТІРКЕУШІ БІРЕГЕЙ ЖҮЙЕНІ ҚҰРУДЫҢ БІР ӘДІСІ ТУРАЛЫ

<sup>1</sup> *Сәтбаев атындағы университет, Физика-техникалық институт, Алматы қ., Қазақстан*

<sup>2</sup> *Тянь-Шань биік таулы ғылыми станциясы, РФА Физика институтының филиалы, Алматы қ., Қазақстан*

<sup>3</sup> *Әл Фараби ат-ы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

<sup>4</sup> *Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

Жоғары энергия физикасын зерттеу проблемасының көкейкестілігі ғарыштық сәулелер туралы мағлұматтардың ақпараттық құндылығы мен нақтылығы арқылы бағаланады. Және бұл мағлұматтарды ғарыш сәулелерінің құрамындағы зарядталған бөлшектерді тіркеудің кешенді тәсілдерін пайдалану арқылы ғана өндіруге болады. Бүгінгі күні ғарыш сәулелерінің биік таулы ғылыми станциясының кеңістігінде баламасы жоқ, бірақ әрқайсысы өз алдына дербес жұмыс істейтін әртүрлі мақсаттағы көптеген эксперименталдық қондырғылар пайдаланылуда. Олардың құрамында сцинтилляциялық детекторлардың «кілемі», жер асты және жер үсті нейтрондық мониторлар, гамма-блокпен жабдықталған ионизацияланушы нейтрондық детекторы бар калориметр, черенков сәулесінің детекторлары, сцинтилляциялық спектрометр, алшақ орналасқан арнайы мақсаттағы детекторлар мен толып жатқан жабдықтаушы қосалқы құрылымдар бар.

Мақалада аталмыш құрылымдарды өндірілетін мағлұматтардың ортақ қоры бар бірегей тіркеу жүйесіне біріктірудің жаңа технологияға негізделген, шешуші қабілеті жоғары әдістері мен тәсілдері қарастырылады. Айрықша маңызды бұл мәселенің оңтайлы шешілуі нәтижесінде күрделі есептеулерді орындай отырып, тіркелген процестерді жүйелі түрде талдауға қол жеткізіледі. Соның арқасында ауқымды атмосфералық нөсердің кеңістіктегі үлестірілуін және энергетикалық құрылымдық сапасын жоғары дәлдікпен анықтаудың мүмкіндігі жүзеге асырылады. Сонымен қатар, мақалада желілік инфрақұрылым мен мағлұматтардың бірегей қорын басқарушы және жабдықтаушы программалары бар орталық серверді ұйымдастырудың жолдары талдаудан өткізіледі. Нәтижесінде дербес жұмыс істейтін эксперименталдық қондырғылардың жұмысын уақытқа байланысты синхронизациялау әрекеті іске қосылады.

**Түйін сөздер:** ғарыш сәулесі, кең ауқымды атмосфералық нөсер, сцинтилляциялық детектор, нейтрондық мониторлар, талшықты оптика, жергілікті желі, сервер, бірегей мағлұматтар қоры.

Abstract

**ABOUT ONE WAY OF ORGANIZATION UNIFIED SYSTEM FOR REGISTRATION OF SPACE RAYS**

Mukashev K.M.<sup>1,3</sup>, Stepanov A.V.<sup>2</sup>, Sadykov T.Kh.<sup>1</sup>, Argynova K.A.<sup>1</sup>, Zhukov V.V.<sup>1,2</sup>, Umarov F.F.<sup>4</sup>, Iskakov B.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Tien Shan high-mountain scientific station in the Republic of Kazakhstan, Branch of the Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

At present, at the high-mountain scientific station for the study of the physics of cosmic rays, various, independently operating unique experimental installations are used. The article discusses the ways and methods of combining these installations into a single system, which includes networks of scintillation detectors of the "carpet" type for registration of the electron-photon component, ground and underground monitors for registration of neutron components, calorimeters, Cherenkov detectors, a scintillation spectrometer and a number of other subsystems. The newly created unified system for registering cosmic rays based on the achievements of modern technology and scientific thought will have a high resolution, with a common databank with synchronization in time of operation of separate, independently operating experimental installations. The solution to this problem will make it possible to perform a detailed analysis of the recorded events from a single position, to carry out complex calculations of the spatial distribution, mass composition, and also the energy structure of cosmic rays with a high degree of accuracy.

**Keywords:** cosmic rays, scintillation detector, neutron monitors, fiber optics, local area network, server, extensive air showers, unified database.

**Введение**

Физика космических лучей -это физика элементарных частиц, одна из ее граней, которая через развитие математического формализма крепко связана со многими более «практическими» областями физики, да и естественных наук в целом. Под космическими лучами (КЛ) обыкновенно понимают потоки заряженных релятивистских частиц, начиная от протонов и ядер гелия и кончая ядрами более тяжёлых элементов вплоть до урана, рождённых и ускоренных до высоких и предельно высоких (вплоть до  $10^{20}$  эВ) энергий вне пределов Земли [1-4].

Разумеется, далеко не все физические процессы, объясняющие происхождение космических лучей, понятны, и не всё ясно с их воздействием на окружающее Землю пространство, на биологические и технологические системы. Каждый день приносит новые факты, рождает новые гипотезы, заставляет по-новому взглянуть на, казалось бы, уже известные физические явления [5]. Наука за последние десятилетия шагнула далеко вперед в познании окружающего нас космоса, и учёные стараются и, порой безуспешно, объяснить и связать в единую цепочку, казалось бы, несовместимое. Теории происхождения ГКЛ, которую можно было бы назвать вполне завершённой, в настоящее время отсутствует, в особенности, если иметь в виду происхождение ГКЛ сверхвысоких энергий ( $> 10^{15}$  эВ), хотя в течение последних 10-15 лет в понимании общего характера процессов, в которых появляются и ускоряются космические лучи, и был достигнут существенный прогресс. Законченная теория происхождения ГКЛ должна объяснить их основные характеристики: степенную форму энергетического спектра, величину плотности энергии, массовый (химический) состав первичных КЛ, включая данные о потоках антипротонов, электронов, позитронов, гамма-квантов, практическое постоянство во времени интенсивности ГКЛ и очень слабую их анизотропию [5-7].

Имеющиеся на сегодняшний день в мире экспериментальные установки, предназначенные для регистрации КЛ, ориентированы, в основном, на решение отдельных частных задач. Так, например, созданная в долине реки Лены Якутская комплексная установка ШАЛ позволяет анализировать космическое излучение по энергиям, показатель которых превышает  $10^{17}$  эВ, оценивать его воздействие на атмосферу Земли. Расположенная в Японии установка AGASA была запущена практически одновременно с установкой в Якутии. Эти две станции служат сходным целям. Главной особенностью станции AGASA считается огромный масштаб, она занимает площадь порядка 100 кв. километров и представляет собой комплекс из 111 поверхностных детекторов и 27 мюонных детекторов. Действующая в Карлсруэ установка KASCADE-Grande представляет собой крупную наземную сеть, состоящую из 252 детекторных станций, предназначенных для изучения широких атмосферных ливней. Самая большая в мире установка Pierre Auger Observatory находится в Аргентине, занимает площадь в 3000 квадратных километров и состоит из 1600 приемников. Основное ее назначение – регистрация ШАЛ, порожденных частицами ультравысоких энергий. Тем не менее, несмотря на сложность и достигнутый уровень эффективности регистрации КЛ, ни одна из

перечисленных выше установок не является в полной мере комплексной, способной решать если не всю, то хотя бы наиболее важнейшие из совокупностей задач и проблем, стоящих перед исследователями в области физики и астрофизики космических лучей.

В связи с этим в данной работе описаны достигнутые на сегодня результаты объединения в единую комплексную систему отдельные, независимо действующие базовые экспериментальные установки и подсистемы Физико-технического института (ФТИ) и Тянь-Шаньской высокогорной научной станции (ТШВНС). В состав этого уникального комплекса вошли ливневая часть, наземный и подземный нейтронные мониторы, подземные мюонные детекторы, нейтронные детекторы, ионизационный калориметр с гамма-блоком, толчковые установки, сцинтилляционные спектрометры, детекторы радиоизлучения ШАЛ, детекторы черенковского света, средства регистрации и анализа формы импульса переднего фронта ШАЛ, а также ряд других подсистем и средств [11]. Кроме того, создание единой базы экспериментальных результатов и данных, извлекаемых комплексной установкой, дает возможность учитывать все нюансы, возникающие при обращении к разнообразным источникам информации и последующей их обработке.

### **Единая комплексная система ФТИ и ТШВНС**

С начала шестидесятых годов прошлого века в окрестностях города Алматы в горах Заилийского Алатау на высоте 3340 м над уровнем моря на экспериментальной площадке «Космостанция» Физико-техническим институтом МОН РК и Физическим институтом им. П.Н. Лебедева РАН проводятся совместные эксперименты по изучению физики космических лучей. За это время получены фундаментальные результаты мирового уровня при исследовании энергетического спектра КЛ, измерения массового состава, поиск анизотропии первичных космических лучей в различных областях энергий. Существенно более надежные данные о КЛ можно получать, используя комплексные методы одновременной регистрации заряженных частиц сцинтилляторами, наблюдений черенковского света и радиоизлучения. Достоинства этих методов обусловлены тем, что при генерации адронной, электронно-фотонной и мюонной компонент, а также черенковского и радиоизлучения, атмосфера играет роль гигантского калориметра, при этом существенно сглаживаются флуктуации, характерные для заряженной компоненты ШАЛ. Большой разброс экспериментальных данных в области энергий  $10^{16}$  -  $10^{19}$  эВ связан с тем, что для ее исследования нужны установки площадью не менее квадратного километра при минимальных расстояниях между детекторами. Благодаря низкой стоимости детекторов радиоизлучения в отличие от черенковских и сцинтилляционных, можно разместить на той же площади большее количество таких детекторов и на более близких расстояниях друг от друга, что обеспечивает более детальное изучения пространственной и энергетической структуры ШАЛ. Решение этой проблемы позволяет вести практически круглосуточные измерения независимо от метеоусловий с высокой степенью точности, надежности и информативности.

Действующие в настоящее время на станции экспериментальные установки типа «Адрон-55», «Ливневая установка», «Горизонт-Т», «Радиоизлучение ШАЛ», «Гроза», «МАС2» (установка по регистрации землетрясений) и другие, содержащие в себе ковер сцинтилляционных детекторов, наземный и подземный нейтронные мониторы, калориметр с гамма-блоком и нейтронными детекторами, детекторы черенковского света, удаленные сцинтилляционные детекторы, сцинтилляционный спектрометр и еще ряд других подсистем, объединены в следующие пункты, для которых разработана общая схема сетевой инфраструктуры с возможностью подключения их к единой выделенной локальной сети (рис. 1):

- Пункт «Общежитие», здесь расположен центр локальной сети: сетевое и серверное оборудование. Координаты пункта:

43.043335N, 76.943078E.

- Пункт «Эллинг», центр ливневой установки. Координаты пункта:

43.042556N, 76.944330E.

- Пункт «ФТИ», центр установки «Адрон-55» с калориметром, гамма-блоком и нейтронными детекторами. Координаты пункта:

43.044078N, 76.943458E.

- Пункт «Горизонт», центр регистрации установки «Горизонт-Т». Координаты пункта: 43.047177N, 76.945417E.

▪ Пункт «Бункер», здесь расположены удаленные детекторы установки «Горизонт-Т» с автономной системой регистрации.

Координаты пункта: 43.049165N, 76.957369E.

▪ Пункт «Каменный цветок». Удаленные детекторы установки «Горизонт-Т» с автономной системой регистрации. Координаты пункта:

43.050650N, 76.946487E.



Рисунок 1. Оптоволоконные линии – основа локальной вычислительной сети

Связь между подсистемами выполнена объединением в сеть оптоволоконных линий, что повысило надежность связи и скорость передачи данных по сети. Применение оптоволоконной линии повысило устойчивость локальной сети к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, как атмосферные осадки, грозовые разряды и статическое электричество.

Оптоволоконные линии построены на базе самонесущего восьмиволоконного одномодового кабеля Sterlite Aerial Fig-8 Fiber Optic Cable (<https://www.fiberoptic.kz/>).

Концы кабеля заводятся и оконцовываются в оптических кроссах, затем посредством оптических патч-кордов соединяются с медиаконвертерами. Оптоволоконный медиаконвертер серии FH-MS100 позволяет преобразовывать соединения 10/100Base-TX в соединения 100Base-FX и наоборот. Порт 10/100Base-TX имеет функции автосогласования скорости 10/100 Мбит/с. Устройство поддерживает одномодовые и многомодовые SC соединения. Данный конвертер позволяет осуществлять оптиковолоконные соединения на дистанции до 20 км по двум волокнам. К локальной сети медиаконвертеры подключаются патч-кордами 10/100Base-TX.

Для повышения производительности локальная вычислительная сеть была разделена на два сегмента. Первый сегмент с диапазоном адресов 192.168.11.1 – 192.168.11.254 (сеть класса С 192.168.11.0/24) включает в себя компьютеры систем регистрации, два сервера баз данных, файловый и интернет-сервер и систему резервного копирования данных NAS. Второй сегмент с адресами 192.168.12.1 – 192.168.12.254 (сеть класса С 192.168.12.0/24) предназначен для доступа из локальной сети к серверам, компьютерам систем регистрации и сети интернет всем заинтересованным пользователям. Сегменты сети соединяются между собой посредством маршрутизатора Ubiquiti EdgeRouter ER-X. Для выхода в сеть интернет используются шлюзы на базе маршрутизаторов Cisco 1760 и Cisco 2620.

Кроме того, было принято решение включить в состав локальной вычислительной сети часть удаленных подсистем, ранее работавших автономно, которые будут подключены к локальной вычислительной сети посредством радиоканалов. Радиоканалы для подключения дальних пунктов построены на основе оборудования Ubiquiti AirMAX [12], работающего на частотах 5,470-5,825 ГГц.

Этот диапазон, в отличие от WiFi-диапазона 2.4 ГГц, менее загружен и менее подвержен помехам. В центральном пункте радиосети планируется разместить точку доступа Ubiquiti Rocket M5 с присоединенной к ней всенаправленной антенной Ubiquiti AirMAX Omni 5G10. В удаленных пунктах будут размещены радиомосты Ubiquiti Nanobeam M5-16 ([wifi.kz/catalog/bridges/ubiquiti-nanobeam-16/](http://wifi.kz/catalog/bridges/ubiquiti-nanobeam-16/))

### **Установка сервера базы данных и системы резервного копи.**

1 При моделировании сервера базы данных, совмещенного с интернет-сервером, в качестве макета используется сервер стоечного исполнения HUAWEI RH2285V2 (<http://pulser.kz/?card=153107>).

2 В состав сервера входят два CPU Intel Xeon E5-2400 4-core, 16GB RAM DDR3, два жестких диска объемом по 1ТВ, объединенные в зеркальный дисковый массив RAID 1. Сетевое оборудование представлено двумя интерфейсами Ethernet 10/100/1000 Мбит/с (NAS-сервер Synology RS816 4xHDD IU NAS-сервер «All-in-1», <https://serverworks.kz>); Дисковая СХД Synology RS217 (Rack).(<https://www.apltech.kz>).

3 Сервер работает под управлением операционной системы Scientific Linux версии 7.8. Для работы с базами данных на сервере развернута свободная объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL версии 11.9. На сервере запущен NTP демон версии 4, обеспечивающий синхронизацию с мировым временем с точностью не хуже 10 мс (1/100 с) при работе через Интернет, и до 0,2 мс (1/5000 с) внутри локальных сетей (NTP: The Network Time Protocol (<http://www.ntp.org/>; <https://ru.wikipedia.org/wiki/NTP>), NTP серверы точного времени (<https://www.ntp-servers.net/ntp.html>).

### **Пакет прикладных программ**

Пакет прикладных программ для работы из локальной сети – это программы, которые, используя разработанные библиотеки, формируют запросы к базам данных, переносят затребованные записи в контент программы и обрабатывают их в соответствии с заданными критериями. Обработанные данные будут представлены в текстовом или графическом виде. Используя операционную систему Linux, языки программирования C, C++, Python, Java, Java script, были разработаны и отлажены программные интерфейсы и модули, позволяющие переносить записи базы данных в программный контент.

### **Заключение**

Объединение всех экспериментальных установок в единую систему регистрации с общим банком данных дает возможность выполнения детального анализа событий, сложных расчетов пространственной и энергетической структуры ШАЛ при высокой степени точности и надежности извлекаемых результатов. Созданы сетевая инфраструктура и центральный сервер для организации единой базы всей системы с подключением отдельных экспериментальных установок к единой выделенной локальной сети. Обеспечена организация синхронизации по времени работы отдельных экспериментальных установок между собой. Разработано и отлажено программное сопровождение, обеспечивающее нормальное функционирование всей инфраструктуры и бесперебойного клиентского доступа к базе данных объединенной системы.

*Данная работа выполнена при поддержке грантового финансирования КН МОН РК, № AP08855641.*

#### *Список использованной литературы:*

- 1 Зацепин Г.Т., Кучай С.А., Розенталь И.Л. Проникающие частицы в широких атмосферных ливнях // ДАН СССР. – 1948.-Т.61.-С.47-49.
- 2 Зацепин Г.Т. Ядерно-каскадный процесс и его роль в развитии широких атмосферных ливней // ДАН СССР.-1949.-Т.67.-С.993-997.
- 3 Зацепин Г.Т. К вопросу о кривой поглощения «первичных» частиц космического излучения // ЖЭТФ.-1949.-Т.19.-С.1104-1107.
- 4 Зацепин Г.Т., Розенталь И.Л., Сарычева Л.И. и др. Ядерное взаимодействие частиц высокой энергии и широкие атмосферные ливни // Известия АН СССР.- сер..физ.-1953.-Т.17.-С.39-50.
- 5 Егоров Т.А., Ефимов Н.Н., Красильников Д.Д. К вопросу о конструкции больших сцинтилляционных счетчиков с одним ФЭУ // Известия АН СССР.- сер..физ.-1965.-Т.24.-С.1788-1790.
- 6 Gunningham G. The energy spectrum and arrival direction distributions of cosmic rays with energies above  $10^{19}$  eV // Aph.J. -1980. –Vol.71. - P.236-239.

7 Suga K. Scintillation detector of 4 m<sup>2</sup> area and transistorized amplifier with logarithmic response // *Rev. Sc. Instruments*, -1961. –Vol. 32. -P.1187-1189.

8 Shinozaki K., Teshima M. for AGASA Colaboration. AGASA Results. // *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)*. – 2004.Vol.136. - P. 18-27.

9 Tomson G. New Results from the HiRes Experiment. // *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)*, 2004. – Vol.136. – P. 28-39.

10 Beisembaev R.U., Beisembaeva E.A., Dalkarov O.D., Mosunov V.D, et al. Spatial and Temporal Characteristics of EAS with Delayed Particles // 36th International Cosmic Ray Conference -ICRC2019- July 24th - August 1st, 2019. - Madison, WI, U.S.A. [https://www.icrc2019.org/uploads/1/1/9/0/119067782/-cri15g\\_spatial\\_and\\_temporal\\_characteristics\\_of\\_eas\\_with\\_delayed\\_particles.pdf](https://www.icrc2019.org/uploads/1/1/9/0/119067782/-cri15g_spatial_and_temporal_characteristics_of_eas_with_delayed_particles.pdf).

11 Argynova A.Kh., Iskakov B., Jukov V.V., Mukashev K.M. Muradov A.D, Piskal V.V., Saduyev N.O., Sadykov T.X., Salihov N.M., Serikkanov A.S, Tautaeв E.M., Umarov F.F. The perspective fundamental cosmic rays physics and astrophysics investigations in the Tien-Shan high-mountain scientific station. // *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan - Series of geology and technical sciences*. 2019. Vol.6, No. 438. P. 121-138. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.163>

12 Ubiquiti AirMAX — технология от Ubiquiti Networks. - URL: <https://wifi.kz/brands/ubiquiti/airmax/>.

Reference:

1 Zacepin G.T., Kuchaj S.A., Rozental' I.L. (1948) Pronikajushhie chasticy v shirokih atmosferynyh livnjah [Penetrating particles in extensive air showers]. *DAN SSSR*, T.61. 47-49.

2 Zacepin G.T. (1949) Jaderno-kaskadnyj process i ego rol' v razvitiі shirokih atmosferynyh livnej [Nuclear cascade process and its role in the development of extensive air showers]. *DAN SSSR*, T.67, 993-997.

3 Zacepin G.T. (1949) K voprosu o krivoj pogloshhenija «pervichnyh» chastic kosmicheskogo izluchenija [To the question of the absorption curve of "primary" particles of cosmic radiation]. *ZhJeTF*. T.19. 1104-1107.

4 Zacepin G.T., Rozental' I.L., Sarycheva L.I. i dr. (1953) Jadernoe vzaimodejstvie chastic vysokoj jenerгии i shirokie atmosferynye livni [Nuclear Interaction of High Energy Particles and Extensive Air Showers]. *Izvestija AN SSSR. ser.fiz.T.17*. 39-50.

5 Egorov T.A., Efimov N.N., Krasil'nikov D.D. (1965) K voprosu o konstrukcii bol'shih scintilljacionnyh schetchikov s odnim FJeU [On the design of large scintillation counters with one photomultiplier]. *Izvestija AN SSSR. ser.fiz. T.24.*, 1788-1790.

6 Gunningham G. The energy spectrum and arrival direction distributions of cosmic rays with energies above 10<sup>19</sup> eV // *Aph.J.* -1980. –Vol.71. - P.236-239.

7 Suga K. (1961) Scintillation detector of 4 m<sup>2</sup> area and transistorized amplifier with logarithmic response. *Rev. Sc. Instruments*, Vol. 32. 1187-1189.

8 Shinozaki K., Teshima M. (2004) for AGASA Colaboration. AGASA Results. *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* Vol.136. 18-27.

9 Tomson G. (2004) New Results from the HiRes Experiment. *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)*, Vol.136. 28-39.

10 Beisembaev R.U., Beisembaeva E.A., Dalkarov O.D., Mosunov V.D, (2019) et al. Spatial and Temporal Characteristics of EAS with Delayed Particles. 36th International Cosmic Ray Conference, ICRC2019 July 24th - August 1st, Madison, WI, U.S.A. [https://www.icrc2019.org/uploads/1/1/9/0/119067782/-cri15g\\_spatial\\_and\\_temporal\\_characteristics\\_of\\_eas\\_with\\_delayed\\_particles.pdf](https://www.icrc2019.org/uploads/1/1/9/0/119067782/-cri15g_spatial_and_temporal_characteristics_of_eas_with_delayed_particles.pdf).

11 Argynova A.Kh., Iskakov B., Jukov V.V., Mukashev K.M. Muradov A.D, Piskal V.V., Saduyev N.O., Sadykov T.X., Salihov N.M., Serikkanov A.S, Tautaeв E.M., Umarov F.F. (2019) The perspective fundamental cosmic rays physics and astrophysics investigations in the Tien-Shan high-mountain scientific station. // *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan - Series of geology and technical sciences*. Vol.6, No. 438. 121-138. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.163>

12 Ubiquiti AirMAX — tehnologija ot Ubiquiti Networks [12 Ubiquiti AirMAX - Technology from the Ubiquiti Network]. URL: <https://wifi.kz/brands/ubiquiti/airmax/>.