

eISSN 2663-1296

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

# ХАБАРШЫСЫ

---

---

**BULLETIN**

of L.N. Gumilyov Eurasian  
National University

**ВЕСТНИК**

Евразийского национального  
университета имени Л.Н. Гумилева

**ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ** сериясы

**PHYSICS. ASTRONOMY** Series

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№4(133)/2020

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

**Нұр-Сұлтан, 2020**

**Nur-Sultan, 2020**

**Нур-Султан, 2020**

*Бас редакторы:*  
ф.-м.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ  
**А.Т. Ақылбеков** (Қазақстан)

*Бас редактордың орынбасары*

**Гиниятова Ш.Г.** ф.-м.ғ.к., доцент  
Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ (Қазақстан)

*Редакция алқасы*

<b>Арынгазин А.Қ.</b>	ф.-м.ғ. докторы, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
<b>Алдонгаров А.А.</b>	PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Балапанов М.Х.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Башқұрт мемлекеттік университеті (Ресей)
<b>Бахтизин Р.З.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Башқұрт мемлекеттік университеті (Ресей)
<b>Даулетбекова А.Қ.</b>	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Ержанов Қ.К.</b>	ф.-м.ғ.к., PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Жүмаділов Қ.Ш.</b>	PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Здоровец М.</b>	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
<b>Қадыржанов Қ.К.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Кайнарбай А.Ж.</b>	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Козловский А.Л.</b>	PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Кутербеков Қ.А.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Лущик А.Ч.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Тарту университеті (Эстония)
<b>Попов А.И.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Латвия университеті (Латвия)
<b>Морзабаев А.К.</b>	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Мырзақұлов Р.Қ.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
<b>Нұрахметов Т.Н.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Сауытбеков С.С.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (Қазақстан)
<b>Салиходжа Ж.М.</b>	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Скуратов В.А.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Біріккен ядролық зерттеулер институты (Ресей)
<b>Тлеуқенов С.К.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Усеинов А.Б.</b>	PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
<b>Хоши М.</b>	PhD, проф., Коши университеті (Жапония)
<b>Шункеев Қ.Ш.</b>	ф.-м.ғ.д., проф., Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе мемлекеттік университеті (Қазақстан)

*Редакцияның мекенжайы:* 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, 402 б., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті.  
Тел.: +7(7172) 709-500 (ішкі 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Журнал менеджері:* Г. Мендыбаева

**Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.**  
**ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы**

Меншіктенуші: "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" Коммерциялық емес акционерлік қоғам

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Жазылу индексі: 76093

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж.

№16999-ж тіркеу куәлігімен тіркелген.

Ашық қолданудағы электрондық нұсқа: <http://bulphysast.enu.kz/>

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі, 12/1, 102 б., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Тел.: +7(7172)709-500 (ішкі 31-428)

© Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

*Editor-in-Chief*

Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, ENU  
**A.T. Akilbekov** (Kazakhstan)

*Deputy Editor-in-Chief*

**Giniyatova Sh.G.**, Candidate of Phys.-Math. Sciences,  
Assoc. Prof., ENU (Kazakhstan)

*Editorial Board*

<b>Aryngazin A.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
<b>Aldongarov A.A.</b>	PhD, ENU (Kazakhstan)
<b>Balapanov M.Kh.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., BashSU (Russia)
<b>Bakhtizin R.Z.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., BashSU (Russia)
<b>Dauletbekova A.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sci., PhD, ENU (Kazakhstan)
<b>Hoshi M.</b>	PhD, Prof., Kyushu University (Japan)
<b>Kadyrghanov K.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
<b>Kainarbay A.Zh.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
<b>Kozlovskiy A.L.</b>	PhD, ENU (Kazakhstan)
<b>Kuterbekov K.A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
<b>Lushchik A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., University of Tartu (Estonia)
<b>Morzabayev A.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
<b>Myrzakulov R.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
<b>Nurakhmetov T.N.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
<b>Popov A.I.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., University of Latvia (Latvia)
<b>Sautbekov S.S.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., KazNU (Kazakhstan)
<b>Salikhodzha Z. M</b>	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
<b>Skuratov V.A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., Joint Institute for Nuclear Research (Russia)
<b>Tleukenov S.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
<b>Useinov A.B.</b>	PhD, ENU (Kazakhstan)
<b>Yerzhanov K.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sci., PhD, ENU (Kazakhstan)
<b>Zdorovets M.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
<b>Zhumadilov K.Sh.</b>	PhD, ENU (Kazakhstan)
<b>Shunkeyev K.Sh.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., Zhubanov University (Kazakhstan)

*Editorial address:* L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., of. 402,  
Nur-Sultan, Kazakhstan 010008  
Tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Managing Editor:* G. Mendybayeva

**Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.**  
**PHYSICS. ASTRONOMY Series**

Owner: Non-profit joint-stock company "L.N. Gumilyov Eurasian National University"

Periodicity: 4 times a year. Subscription index: 76093

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan.

Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018.

Available at: <http://bulphysast.enu.kz/>

Address of printing house: L.N. Gumilyov Eurasian National University, 12/1 Kazhimukan str.,  
Nur-Sultan, Kazakhstan 010008;

tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)

Главный редактор:  
доктор ф.-м.н., профессор  
**А.Т. Акилбеков**, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)

Зам. главного редактора

**Ш.Г. Гиниятова** к.ф.-м.н., доцент  
ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)

Редакционная коллегия

<b>Арынгазин А.К.</b>	д.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Алдонгаров А.А.</b>	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Балапанов М.Х.</b>	д.ф.-м.н., проф., БашГУ (Россия)
<b>Бахтизин Р.З.</b>	д.ф.-м.н., проф., БашГУ (Россия)
<b>Даулетбекова А.К.</b>	д.ф.-м.н., PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Ержанов К.К.</b>	к.ф.-м.н., PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Жумадилов К.Ш.</b>	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Здоровец М.</b>	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Кадыржанов К.К.</b>	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Кайнарбай А.Ж.</b>	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Козловский А.Л.</b>	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Кутербекоев К.А.</b>	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Лущик А.Ч.</b>	д.ф.-м.н., проф., Тартуский университет (Эстония)
<b>Морзабаев А.К.</b>	д.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Мырзакулов Р.К.</b>	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Нурахметов Т.Н.</b>	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Попов А.И.</b>	д.ф.-м.н., проф., Латвийский университет (Латвия)
<b>Сауытбеков С.С.</b>	д.ф.-м.н., проф., КазНУ им. аль-Фараби (Казахстан)
<b>Салиходжа Ж.М.</b>	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Скуратов В.А.</b>	д.ф.-м.н., проф., Объединенный институт ядерных исследований (Россия)
<b>Тлеукиенов С.К.</b>	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Усеинов А.Б.</b>	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
<b>Хоши М.</b>	PhD, проф., Коши университет (Япония)
<b>Шункеев К.Ш.</b>	д.ф.-м.н., проф., АРГУ имени К. Жубанова (Казахстан)

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, каб. 402, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева.

Тел.: (7172) 709-500 (вн. 31-428)

E-mail: vest\_phys@enu.kz

Менеджер журнала: Г. Мендыбаева

**Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.**

**Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

Собственник: Некоммерческое акционерное общество "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева"

Периодичность: 4 раза в год. Подписной индекс: 76093

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

Электронная версия в открытом доступе: <http://bulphysast.enu.kz/>

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 12/1, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева. тел.: +7(7172)709-500 (вн. 31-428)

© Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

№4(133)/2020

МАЗМҰНЫ

<i>Ашуров А.Е., Калманова Д.М., Рахимова А.Д.</i> Геостационарлық жерсеріктің орнын анықтау алгоритмінде аппроксимация әдісін қолдану	8
<i>Сәндібаева Н.А., Айдарбекова А.А.</i> Молекулалық физикадан жалпы оқыту дағдыларын қалыптастыру	16
<i>Қойлық, Н.О., Бактыбаев Қ.Б., Қаптағай Г.Ә., Айдарбекова А.А., Далелханжызы А.</i> $\gamma$ - орнықсыз ядролардың фермиондық моделі және күй құрылымы	23
<i>Ашуров А.Е., Әбдірашев Ө.К.</i> Түсіретін аппараттың орбитада қозғалысын моделдеу	33
<i>Кутербеков К.А., Балапанов М.Х., Кубенова М.М., Палымбетов Р.Ш., Сахабаева С.М., Кабышев А.М., Бекмырза К.Ж., Куланова К.К.</i> $K_xCu_{2-x}S$ суперионды қорытпаларының электрлік және жылулық қасиеттері	39
<i>Убаев Ж., Шунжеев К., Мясникова Л., Сагимбаева Ш.</i> Нүктелік және серпімді деформация кезіндегі NaCl матрицасының люминесценциясы	49
<i>Ахатаева Ж.О., Шажерхан К.О., Керимбаев А.О., Мукушев Б.А.</i> Центрлік тартылыс күші өрісінде дене қозғалысын компьютерлік модельдеуі	55
<i>Шағдар Н.М., Морзабаев А.К.</i> 2017 жылдың 4-10 қыркүйек аралығында CARPET құрылысында тіркелген ғарыштық сәулелердің вариациясы	61
<i>Карипбаев Ж.Т., Алтысова Г.К., Лисицын В.М., Мусаханов Д.А.</i> YAG:Ce керамикасының радиациялық синтезінің тұрақтылығы	66
<i>Биәсігітов Т., Жумадилов Е.</i> Тұрақты температурада VI-мүз модификациясының Юнг, ығысу модульдері мен онда тарайтын ультрадыбыс толқындарының қысымға тәуелділігін зерттеу	73
<i>Тулеков Е.А., Морзабаев А.К., Махмұтов В.С., Ерхов В.И., Филиппов М.В.</i> ЕҰУ эксперименттік кешенінің бақылау деректері негізіндегі 2016-2019 жж. ғарыштық сәулелердің вариациялары	79
<i>Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Купряжкин А.Я.</i> Күшті криптон-оттекті байланысындағы $UO_2$ -дегі криптон диффузиясы. Молекулалық динамика модельдеуі	86

BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY. PHYSICS.  
ASTRONOMY SERIES

№4(133)/2020

CONTENTS

---

<i>Ashurov A.E., Kalmanova D.M., Rahimova A.D.</i> Application of the approximation method in the algorithm for determining the position of a geostationary satellite	8
<i>Sandibaeva N.A., Aidarbekova A.A.</i> Formation of general education skills on molecular physics	16
<i>Koilyk N.O., Baktybaev K.B., Kaptagay G., Aidarbekova A.A., Dalelhankyzy A.</i> Fermion dynamical-symmetrical model and the structure of states of the $\gamma$ - nuclei	23
<i>Ashurov A.E., Abdirashev O.K.</i> Information and metrological support for the complex of robotic devices	33
<i>Kuterbekov K.A., Balapanov M.Kh., Kubenova M.M., Palymbetov R.Sh., Sakhabaeva S.M., Kabyshiev A.M., Bekmyrza K.Zh., Kulanova K.K.</i> Electrical and thermal properties of $K_xCu_{2-x}S$ superionic alloys	39
<i>Ubayev Zh., Shunkeyev K., Myasnikova L., Sagimbayeva Sh.</i> Luminescence of the NaCl matrix under local and elastic deformation	49
<i>Akhataeva Zh.O., Shakerkhan K.O., Kerimbaev A.O., Mukushev B.A.</i> Computer simulation of body motion under the action of Central attraction	55
<i>Shagdar N.M., Morzabaev A.K.</i> Observations of cosmic ray variations by the CARPET detector during the period from 4 to 10 September, 2017	61
<i>Karipbaev Zh., Alpysova G., Lisitsyn V., Musahanov D.</i> Stability of radiation synthesis of YAG:Ce ceramics	66
<i>Bizhigitov T., Zhumadilov E.</i> Study dependence of Young's, shear modulus and ultrasonic waves propagation of the vi ice modification to the pressure at a constant temperature	73
<i>Tulekov Ye., Morzabaev A.K., Makhmutoy V.S., Yerkhov V.I., Philippov M.V.</i> Variations of cosmic rays in the period 2016-2019 according to observations of the ENU experimental complex	79
<i>Seitov D.D., Nekrasov K.A., Kupryazhkin A.Ya.</i> Krypton Diffusion in $UO_2$ Assuming a Strong Bonding Krypton-Oxygen. A Molecular Dynamics Simulation	86

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

№4(133)/2020

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ашуров А.Е., Калманова Д.М., Рахимова А.Д.</i> Применение метода аппроксимации в алгоритме определения положения геостационарного спутника	8
<i>Сандибаева Н.А., Айдарбекова А.А.</i> Формирование общеобразовательных умений по молекулярной физике	16
<i>Койлык Н.О., Бактыбаев К.Б., Каптагай Г.А., Айдарбекова А.А., Далелханкызы А.</i> Фермионная модель и структура состояний $\gamma$ -нестабильных ядер	23
<i>Ашуров А.Е., Абдирашев О.К.</i> Моделирование движения спускаемого аппарата на орбите	33
<i>Кутербеков К.А., Балапанов М.Х., Кубенова М.М., Палымбетов Р.Ш., Сахабаева С.М., Кабышев А.М., Бекмырза К.Ж., Куланова К.К.</i> Электрические и тепловые свойства суперионных сплавов $K_xCu_{2-x}S$	39
<i>Убаев Ж., Шункеев К., Мясникова Л., Сагимбаева Ш.</i> Люминесценция матрицы NaCl при локальной и упругой деформации	49
<i>Ахатаева Ж.О., Шакерхан К.О., Керимбаев А.О., Мужушев Б.А.</i> Компьютерное моделирование движения тела под действием центрального притяжения	55
<i>Шагдар Н.М., Морзабаев А.К.</i> Вариация космических лучей, зарегистрированная на установке CARPET в период с 4 по 10 сентября 2017 года	61
<i>Карипбаев Ж.Т., Алтысова Г.К., Лисицын В.М., Мусаханов Д.А.</i> Стабильность радиационного синтеза ИАГ:Се керамики	66
<i>Бижигитов Т., Жумадилов Е.</i> Исследование зависимости модуля Юнга, модуля сдвига и распространяющихся в нем ультразвуковых волн VI модификации льда от давления при постоянной температуре	73
<i>Тулесов Е.А., Морзабаев А.К., Махматов В.С., Ерхов В.И., Филиппов М.В.</i> Вариации космических лучей в период 2016-2019 гг. по данным наблюдений экспериментального комплекса ЕНУ	79
<i>Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Купряжкин А.Я.</i> Диффузия криптона в $UO_2$ в предположении сильной связи криптон-кислород. Молекулярно – динамическое моделирование	86

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы, 2020, том 133, №4, 79-85 беттер  
<http://bulphysast.enu.kz>, E-mail: vest\_phys@enu.kz

**ҒТАХР: 37.15.23**

Е.А. Тулеков<sup>1</sup>, А.К. Морзабаев<sup>2</sup>, В.С. Махмутов<sup>3</sup>, В.И. Ерхов<sup>4</sup>, М.В. Филиппов<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
<sup>3,4,5</sup> Ресей ғылым академиясының П.Н. Лебедев атындағы Физикалық институты, Мәскеу, Ресей  
(E-mail: yerzhan\_1@mail.ru)

**ЕҰУ эксперименттік кешенінің бақылау деректері негізіндегі 2016-2019 жж. ғарыштық сәулелердің вариациялары**

**Аннотация:** бұл мақалада Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінде (ЕҰУ) құрылған ғылыми космофизикалық эксперименттік кешеннің CARPET қондырғысының қысқаша сипаттамалары және 2016-2019 жылдар кезеңінде алынған эксперименттік деректер келтірілген. Жер магнитосферасы мен планетааралық ортадағы ғарыштық сәулелер мен жағдайлардың тіркелген өзгерістерін талдаудың жеке нәтижелері келтірілген. Алынған деректерді түзету үшін барометрлік коэффициентті анықтау әдісі келтірілген. Басқа нейтрондық мониторларда алынған эксперименттік деректерді өлшеу динамикасы CARPET детекторымен жүргізілген өлшеу деректерінің сериясымен жақсы сәйкес келетіні көрсетілген.

ЕҰУ ғылыми космофизикалық эксперименттік кешенінде үздіксіз мониторинг пен зерттеудің мақсаты қайталама ғарыштық сәулелер ағындарының вариацияларын зерттеу болып табылады. Бұл жұмыс CARPET детекторының көмегімен алынған эксперименттік мәліметтер күн, планетааралық ортада, сондай-ақ, жер үсті атмосфералық қабатының бетінде болып жатқан процестер жағдайында ғарыштық сәулелердің өзгеру қасиеттерін әртүрлі уақыт аралықтарында зерттеуге мүмкіндік беретінін көрсетті. Жұмыс шеңберінде екінші ретгі ғарыштық сәулелер вариацияларының кең уақыттық спектрі – қысқа мерзімді (форбуш-эффект, күн әсерлері және т.б.), ұзақ мерзімді зерттелді. Сәулелену өрістерінің сандық сипаттамалары және алынған мәліметтерді түсіндіру мүмкіндігі алынды. Жұмыс барысында алынған зарядталған бөлшектердің ағындары туралы бірқатар мәліметтерді ғарыш сәулелерінің магнитосфералық және атмосфералық процестерге модуляциясы мен әсеріне байланысты есептерді шешуде қолдануға болады. CARPET детекторының көмегімен алынған деректер және эксперименттік жұмыстардың нәтижелері ұзақ мерзімді перспективаға зерттеулер жүргізуге мүмкіндік береді және екінші ретгі ғарыштық сәулелер ағындарының жалпы әлемдік деректер банкіні толықтырады.

**Түйін сөздер:** космофизикалық кешен, ғарыштық сәулелердің вариациясы, зарядталған бөлшектердің ағынын есептеу қарқыны, мониторинг.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6836-2020-133-4-79-85>

Түсті: 19.10.2020 /Жарияланымға рұқсат етілді: 02.12.2020

**Кіріспе.** Ғарыштық сәулелер ауа райы мен климатқа байланысты атмосфералық процестерде маңызды рөл атқарады және Жердің ғаламдық электр тізбегінің қасиеттерін анықтайды. Сондықтан атмосфералық процестерден туындаған екінші ретті ғарыштық сәулелер ағындарының өзгеруінің физикалық табиғатын әртүрлі уақыт шкалаларында (күнделікті, 27 күндік, маусымдық, жылдық және т.б.) зерттеу өте маңызды. Сонымен қатар, эксперименттік кешендерді құру мұндай зерттеулерді жүргізудің қажетті шарты болып табылады.

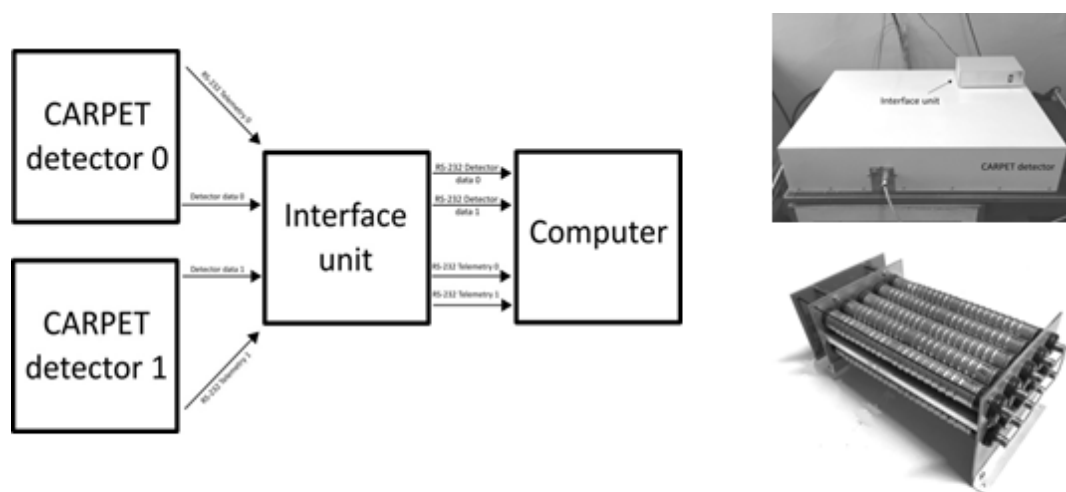
Осы мақсатта 2015 жылы Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінде (ЕҰУ) Ресей ғылым академиясының П.Н. Лебедев атындағы Физикалық институтымен бірлесе отырып, екі CARPET детекторынан, нейтрондық детектордан және EFM-100 электростатикалық флюксметрден тұратын ғылыми космофизикалық кешен құрылды.



CARPET ғарыштық сәулелерінің ғылыми детекторы 2015 жылдың соңында Қазақстан Республикасы Нұр-Сұлтан қаласындағы Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ-дің Физика-техникалық факультетінде орнатылды ( $51^{\circ} 10'48''$  с. е.,  $71^{\circ} 26'45''$  ш. б., биіктігі 358 м, геомагнитті кесудің қаттылығы  $RC \approx 2,9$  ГэВ) [1]. Ол жер деңгейіндегі ғарыштық сәулелер ағынын үздіксіз бақылауға арналған. Детектормен жұмыс істеудің негізгі мақсаты – ғарыштық сәулелерді тіркеу және олардың Күн белсенділігі мен атмосфералық құбылыстармен байланысын зерттеу, қолда бар мәліметтер, алынған мәліметтер мен атмосфералық айнымалылар арасында салыстырмалы және корреляциялық талдау жүргізу, олардың жеке нәтижелері осы мақалада ұсынылады.

CARPET аспабының негізін (1-сурет) 12 есептеу блоктарына біріктірілген (жалпы өлшемі  $\approx 1,5 \times 1,5$  м) СТС-6 типті Гейгер газды разрядты цилиндрлік санауыштар құрайды, олардың әрқайсысында 10 санауыш бар. Есептегіштер блогы қалыңдығы 7 мм алюминий сіңіргішпен (сүзгі) бөлінген есептегіштердің екі қабатынан тұрады (5 жоғарғы және 5 төменгі). Тәжірибелік деректер 1 мс жұмыс циклі бар үш деректер каналында тіркеледі. Бірінші канал («UP») 60 санауыштағы жоғарғы қабаты бар тіркелген зарядталған бөлшектердің жалпы санына сәйкес келеді. Екінші канал («LOW») 60 есептегіште төменгі қабатта тіркелген зарядталған бөлшектердің жалпы санын көрсетеді. Жоғарғы және төменгі есептегіштердің кез келгенімен бір уақытта тіркелген бөлшектер, яғни сүзгіден өткен бөлшектер сәйкестік каналы - «TEL» арқылы жазылады. CARPET келесідей энергиясы бар бөлшектерді тіркейді: «UP» және «LOW» арналарында  $E > 200$  кэВ энергиясы бар электрондар мен позитрондар,  $E > 5$  МэВ протондар,  $E > 1,5$  МэВ мюондар және  $E > 20$  кэВ фотондар (тиімділігі 1% - дан аз). «TEL» арнасы (сәйкестік) неғұрлым күшті бөлшектерді анықтайды: энергиясы  $E > 5$  МэВ электрондар,  $E > 30$  МэВ протондар және  $E > 15,5$  МэВ бар мюондар.

Осылайша, CARPET жерүсті нейтрондық мониторлардан айырмашылығы, барлық зарядталған бөлшектерге, соның ішінде, Жер атмосферасындағы бастапқы галактикалық және күн ғарыштық сәулелерінен және/немесе жер бетіндегі атмосферадағы басқа процестерден пайда болатын төмен энергиялы зарядталған екінші реттік компонентке сезімтал.



Сурет 1 – Жабдықтың блок-схемасы және жалпы түрі

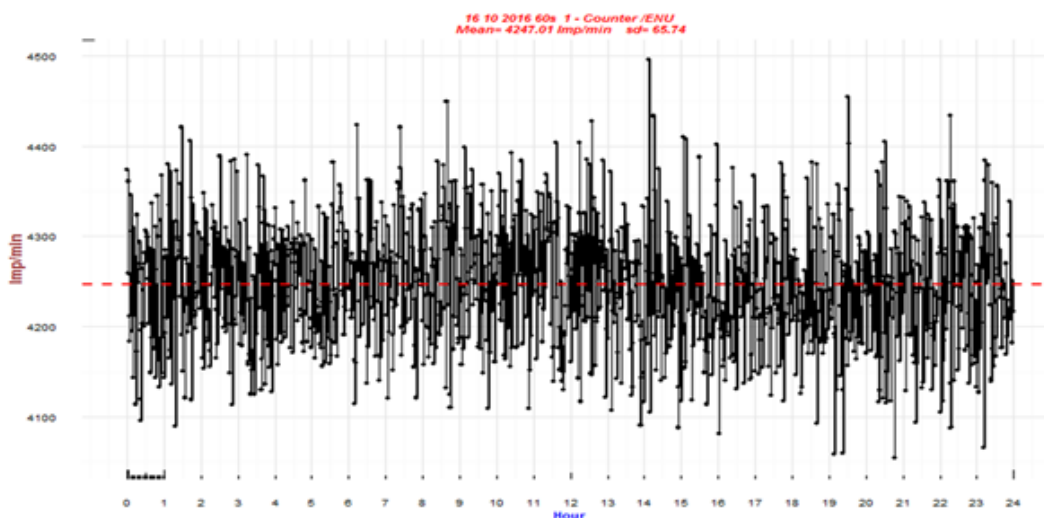
CARPET детекторы жоғарыда сипатталған меншікті детектор модулінен, санау және интерфейс электроникасы модулінен және компьютерден тұрады. Кешенге, сондай-ақ, телеметрия датчиктері (температура, қысым, кернеу параметрлері  $U - 5V, 12V, 380V$ ) кіреді.

«CARPET Monitor» арнайы бағдарламалық қамтамасыз етудің көмегімен өлшеу деректері тіркеледі, өңделеді, жазылады және шығуда күнделікті екі файл қалыптасады: үш канал

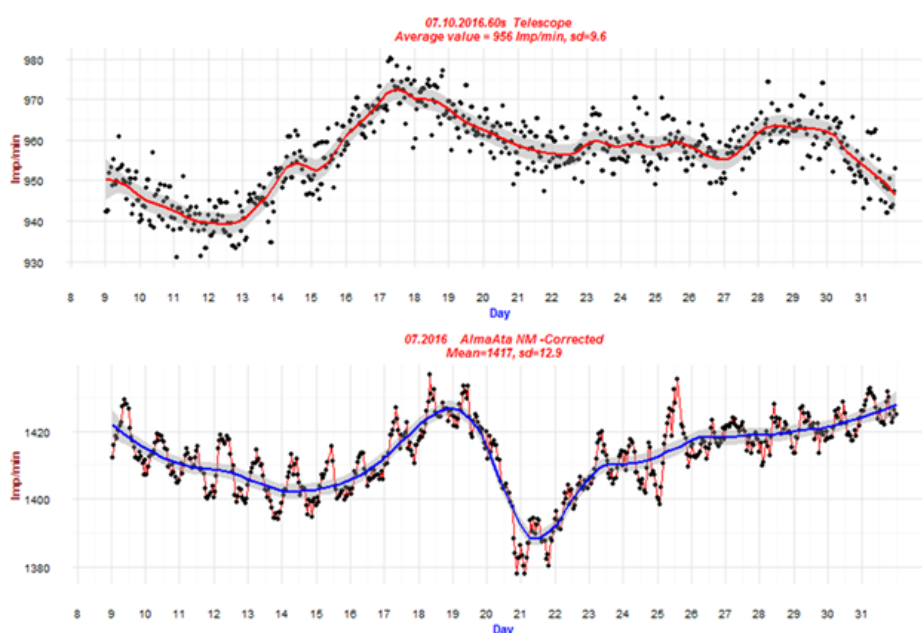
бойынша бөлшектерді тіркеу деректерінің файлы (CH1, CH2 және TEL) және телеметрия деректерінің файлы.

Детектордың ғылыми мақсаттарының бірі – атмосфералық процестер мен ғарыштық сәулелер бөлшектері арасындағы байланысты әртүрлі уақыт шкалаларында зерттеу. Детектордың эксперименттік деректері қысқа мерзімді, мысалы, форбуш эффектілері, Күн сәулелері және т.б. және қайталама ғарыштық сәулелердің ұзақ мерзімді вариацияларын зерттеуге мүмкіндік береді.

**Нәтижелер.** 2 және 3-суреттерде 1 – канал үшін 2016 жылғы 16 қазандағы тәулік ішіндегі детектор деректерінің қарқын серпіні көрсетілген, сондай-ақ, TEL детекторының каналы үшін деректердің айлық уақытша өзгерістері және 2016 жылғы шілдедегі Алматы нейтрондық мониториның деректері [2] (NM Data Base-NMDB дерекқоры) келтірілген.



СУРЕТ 2 – Детектордың 1-ші каналы үшін 2016 жылғы 16 қазандағы тәулік ішіндегі деректер динамикасы



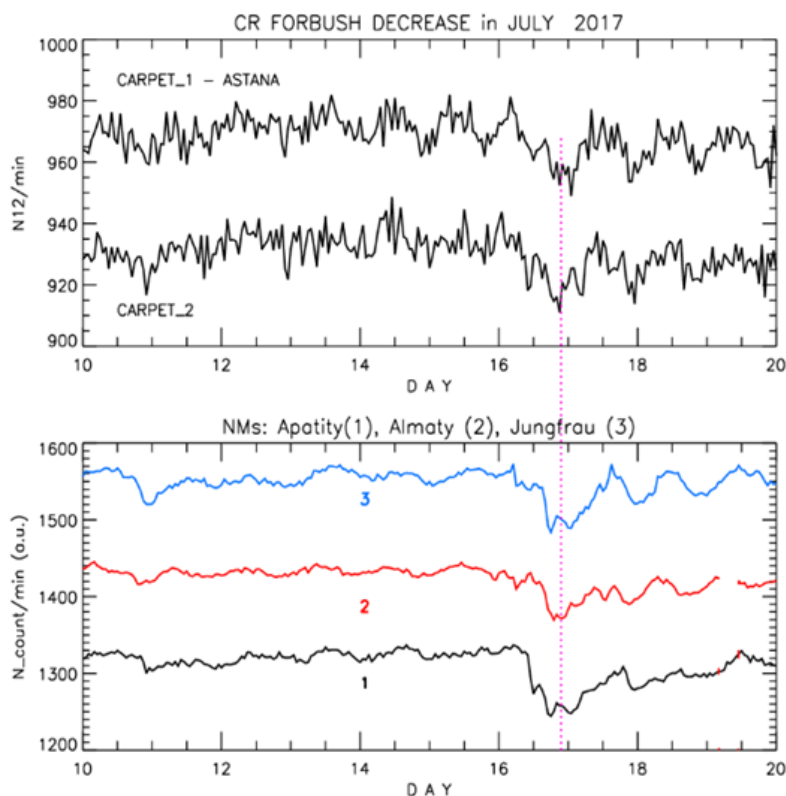
СУРЕТ 3 – CARPET детекторының TEL каналындағы (жоғарыда) және Алматы нейтрондық мониториындағы (төменде) 2016 жылғы шілдедегі есептеу қарқыны

Төменде (4-сурет) CARPET детекторының 1 және 2 модульдерімен тіркелген 2017 жылғы 10 шілде мен 20 шілде аралығындағы кезеңдегі уақыттық өзгерістерді және «Апатиты» нейтрондық мониторларының көмегімен алынған деректерді салыстырмалы талдау нәтижелері көрсетілген ( $67.57^\circ \text{ N}$ ,  $33.39^\circ \text{ E}$ ,  $R_c = 0.65 \text{ ГВ}$ , Полярлы геофизикалық институт, Ресей) (1), «Алматы» ( $43,1^\circ \text{ S}$ ,  $76,6^\circ \text{ E}$ ;  $R_c=6,69 \text{ ГВ}$ , Ионосфера институты, Қазақстан) (2) и «Jungfrauloch IGY» ( $46.55^\circ \text{ N}$ ,  $7.98^\circ \text{ E}$ ;  $R_c=4.49 \text{ ГВ}$ , Швейцария) (3).

Осы кезеңде NMDB жерүсті нейтрондық мониторлардың әлемдік желісінде байқалған ғарыштық сәулелер қарқындылығының форбуш-төмендеу сериялары тіркелді.

Атап айтқанда, 2017 жылдың шілдесінде ғарыштық сәулелер ағынының едәуір төмендеуі 16 шілде айының екінші жартысында басталып, 17 шілде сериясының жалғасуымен байқалды. Ғарыштық сәулелердің ағындары қарқындылығының едәуір төмендеуі барлық жер үсті мониторларында, соның ішінде, CARPET детекторында көрінеді.

2017 жылдың шілдесіндегі CARPET детекторы мен нейтрондық мониторлардың эксперименттік мәліметтері жер бетіндегі атмосферадағы ғарыштық сәулелер ағынының азайғанын көрсетті. Бұл Күн белсенділігінің жоғары болуына байланысты (Күн бетіндегі жарқылдар сериясы).



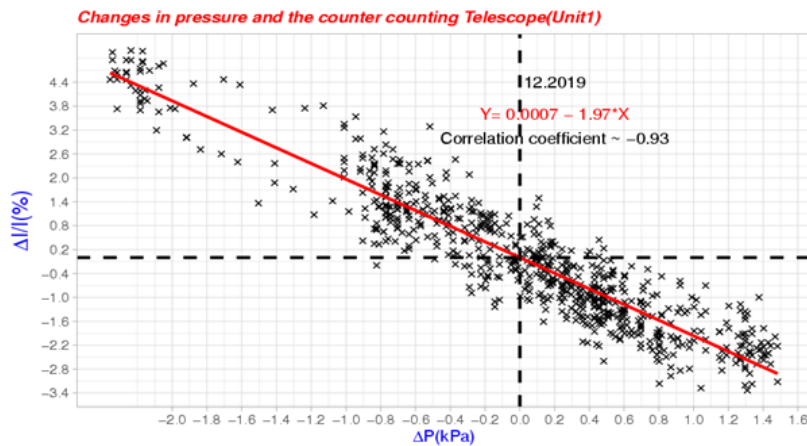
Сурет 4 – CARPET детекторы екі модулінің TEL каналдарындағы санау жылдамдығы (Форбуш эффектісі, шілде 2017 ж.)

Нейтрондық мониторлардың эксперименттік мәліметтерін өлшеу динамикасы және детектор көмегімен өлшеулерде алынған зарядталған бөлшектердің мәліметтер қатарлары өте жақсы сәйкес келеді.

Күннің гелиофизикалық әсерінің ғарыштық сәулелердің бірінші ретгі бөлшектеріне әсер ету қасиетін зерттеу үшін ғарыштық сәулелердің екінші ретгі бөлшектеріне ықпалын анықтау және оны жою қажет [3]. Сонымен қатар, ғарыштық сәулелердің екінші бөлшектерін анықтау жылдамдығы негізінен атмосфералық қысым мен температураға байланысты екендігі анықталды.

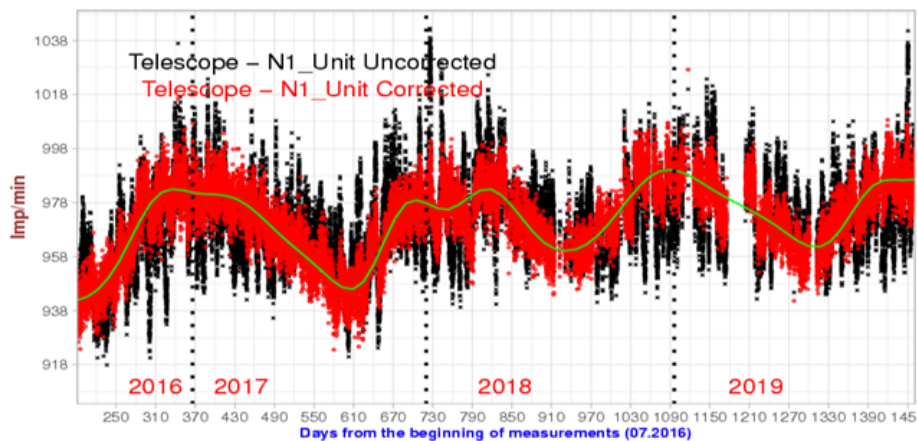
Атмосфералық қысым ғарыштық сәулелердің қайталама бөлшектерінің ағымына әсер ететін ең маңызды атмосфералық айнымалы болып саналады. Сондықтан оның салдарын алдымен зерттеу керек.

CARPET детекторына арналған барометрлік түзетуді есептеу әдістемесі [4] жұмыста егжей-тегжейлі сипатталған, онда барометрлік коэффициент ғарыштық сәулелердің сағаттық деректерін қолдана отырып регрессиялық талдау әдісімен анықталады. 5-суретте 2019 жылғы желтоқсандағы корреляциялық коэффициентті анықтау мысалы көрсетілген, себебі бұл кезеңде Күн бетінде белсенді процестер байқалмады. Түзу сызық – бұл деректерге ең жақсы сызықтық сәйкестік, көлбеу – барометрлік коэффициент.



Сурет 5 – 2019 жылғы желтоқсан айында TEL каналы үшін CARPET детекторымен тіркелген салыстырмалы интенсивтілікке ( $\Delta I/I$ ) қатысты атмосфералық қысымның ауытқуының күнделікті мәні ( $\Delta P$ , гПа)

6-суретте 2016 жылдан бастап 2019 жылға дейін CARPET детекторының TEL каналындағы жалпы иондаушы компоненттің өңделмеген және қысым бойынша түзетілген деректер ағымындағы уақыттық өзгерістер сериясы көрсетілген. Суретте көріп отырғандай, ғарыштық сәулелер ағынының қарқындылығының өсуі байқалады, ол құлдырау фазасына сәйкес келеді және 11 жылдық Күн белсенділігінің 24-ші циклінің әсеріне байланысты.



Сурет 6 – Детектордың (есептегіштің) TEL каналы үшін 2016 жылдан бастап 2019 жылға дейінгі кезеңде алынған және қысымға қатысты түзетілген эксперименттік деректердің динамикасы

2016-2019 жж. бақылау кезеңінде CARPET детекторында алынған ғарыштық сәулелер ағындарының уақытша вариацияларын зерттеу үшін [5] жұмыста барометрлік түзетулердің бастапқы деректеріне енгізілген Вейвлет-талдау қолданылды. Ұсынылған эксперименттік

мәліметтер қатарлары үшін сипаттық жылдық және 26-29 күндік вариация кезеңдері анықталды.

Айта кету керек, эксперименттік деректердің статистикалық дәлдігін арттыру үшін 2016 жылдың соңында қосымша CARPET детектор модулі детектордың бірінші бөлігіне қосылды.

**Қорытынды.** Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ космофизикалық эксперименттік кешенінде орнатылған және бапталған CARPET детекторының алынған эксперименттік мәліметтерін талдау және осы деректерді жерүсті нейтрондық мониторлардың нәтижелерімен салыстырмалы талдау детектордың әртүрлі уақыт аралықтары үшін ғарыштық сәулелердің өзгеру табиғатын зерттеуге мүмкіндік беретінін көрсетеді. Жерүсті кешенінің деректері ұзақ мерзімді перспективаға зерттеулер жүргізуге мүмкіндік береді және екінші ретті ғарыштық сәулелер ағындарының жерүсті детекторларының қолданыстағы желісінің деректерімен қатар жалпы әлемдік деректер банкі сапалы түрде толықтыра алады.

### Әдебиеттер тізімі

- 1 Morzabaev A.K., Giniyatova Sh.G., Shakhanova G.A., Makhmutov V.S. Evaluation of CARPET hardware and software potentialities // Bulletin of the university Karaganda-phys. - 2018. - V. 90. - № 2. - P. 81-87.
- 2 NMDB: Ажыратымдылығы жоғары өлшеуге арналған нейтрондық мониторлардың нақты уақыттағы мәліметтер базасы. [Электрондық ресурc] – URL: [http://www01.nmdb.eu/nest/draw\\_graph.php](http://www01.nmdb.eu/nest/draw_graph.php) (Қаралған күні: 08.01.2020).
- 3 Maghrabi A., Makhmutov V.S., Almutairi M., Aldosari A., Altilasi A., Philippov M.V. and Kalinin E.V. Cosmic ray observations by CARPET detector installed in central Saudi Arabia-preliminary results // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2020. – Т. 200. – С. 105194.
- 4 Philippov M.V., Makhmutov V.S., Stozhkov Y.I., Maksumov O.S., Bazilevskaya G.A., Morzabaev A.K., Tulekov Y.A. Characteristics of the ground-based «CARPET-ASTANA» instrument for detecting charged component of cosmic rays and preliminary analysis of the first experimental data // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2020. – Т. 959. – С. 163567.
- 5 Тулеков Е.А., Махмутов В.С., Базилевская Г.А., Стожков Ю.И., Морзабаев А.К., Филиппов М.В., Ерхов В.И., Дюсембекова А.С. Наземная установка для изучения вариаций космических лучей в городе Нур-Султан // Геомагнетизм и аэрономия. – 2020. – Т. 60. - № 6. - С. 1–61.

Е.А. Тулеков<sup>1</sup>, А.К. Морзабаев<sup>2</sup>, В.С. Махмутов<sup>3</sup>, В.И. Ерхов<sup>4</sup>, М.В. Филиппов<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан  
<sup>3,4,5</sup> Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук, Москва, Россия

#### Вариации космических лучей в период 2016-2019 гг. по данным наблюдений экспериментального комплекса ЕНУ

**Аннотация.** В данной статье представлены краткие характеристики установки CARPET научного космофизического экспериментального комплекса, созданного в Евразийском национальном университете имени Л.Н. Гумилева (ЕНУ) и экспериментальные данные, полученные в период 2016-2019 гг. Приведены отдельные результаты анализа зарегистрированных вариаций потоков космических лучей и условий в земной магнитосфере и в межпланетной среде. Приведен способ определения барометрического коэффициента для коррекции полученных данных. Показано, что динамика измерений экспериментальных данных, полученных на других нейтронных мониторах, хорошо совпадает с рядами данных измерений, проводимых с помощью детектора CARPET.

Целью непрерывного мониторинга и исследования на научном космофизическом экспериментальном комплексе ЕНУ является изучение вариаций потоков вторичных космических лучей. Данной работой показано, что экспериментальные данные, полученные с помощью детектора CARPET, дают возможность изучить на разных временных интервалах свойства вариаций космических лучей в условиях происходящих процессов на Солнце, в межпланетной среде, а также на поверхности приземного атмосферного слоя. В рамках работы исследован широкий временной спектр вариаций вторичных космических лучей – кратковременные (форбуш-эффект, солнечные эффекты и т.д.), долговременные. Получены количественные характеристики полей излучения и возможность интерпретации полученных данных. Ряд данных по потокам заряженных частиц, полученных в ходе работы, можно использовать при решении задач, связанных с модуляцией и влиянием космических лучей на магнитосферные и атмосферные процессы. Полученные данные с помощью детектора CARPET и результаты экспериментальных работ позволяют проводить исследования на долговременную перспективу и дополняют общемировой банк данных потоков вторичных космических лучей.

**Ключевые слова:** космофизический комплекс, вариация космических лучей, темп счета потока заряженных частиц, мониторинг.

Ye.Tulekov<sup>1</sup>, A.K. Morzabaev<sup>2</sup>, V.S. Makhmutov<sup>3</sup>, V.I. Yerkhov<sup>4</sup>, M.V. Philippov<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

<sup>3,4,5</sup> P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

### Variations of cosmic rays in the period 2016-2019 according to observations of the ENU experimental complex

**Abstract.** This article presents brief characteristics of the CARPET installation of the scientific cosmo-physical experimental complex created at the L. N. Gumilyov Eurasian National University (ENU) and experimental data obtained in the period 2016-2019. Separate results of the analysis of registered variations in cosmic ray fluxes and conditions in the earth's magnetosphere and interplanetary medium are presented. The authors present a method for determining the barometric coefficient for correcting the obtained data. The article considers the dynamics of measurements of experimental data obtained on other neutron monitors coincide well with the series of measurement data carried out using the CARPET detector. The purpose of continuous monitoring and research at the ENU scientific cosmo-physical experimental complex is to study variations in the fluxes of secondary cosmic rays. This work shows that the experimental data obtained using the CARPET detector makes it possible to study the properties of cosmic ray variations at different time intervals under the conditions of processes occurring on the Sun, in the interplanetary medium, and on the surface of the surface atmospheric layer. A wide time spectrum of variations of secondary cosmic rays – short-term (Forbush effect, solar effects, etc.), long-term-is studied. Quantitative characteristics of the radiation fields and the possibility of interpreting the data obtained are obtained. A number of data on charged particle fluxes obtained in the course of this work can be used to solve problems related to the modulation and influence of cosmic rays on magnetospheric and atmospheric processes. The data obtained using the CARPET detector and the results of experimental work allow for long-term research and will complement the global data Bank of secondary cosmic ray fluxes.

**Keywords:** cosmo-physical complex, variation of cosmic rays, the rate of account flow of charged particles, monitoring.

### References

- 1 Morzabaev A.K., Giniyatova Sh.G., Shakhanova G.A., Makhmutov V.S. Evaluation of CARPET hardware and software potentialities, Bulletin of the university Karaganda-phys., 2(90), 81-87 (2018).
- 2 NMDB: Real-Time Database for high-resolution Neutron Monitor measurements. [Electronic resource] - Available at: [http://www01.nmdb.eu/nest/draw\\_graph.php](http://www01.nmdb.eu/nest/draw_graph.php) (Accessed: 08.01.2020).
- 3 Maghrabi A., Makhmutov V.S., Almutairi M., Aldosari A., Atilasi A., Philippov M.V. and Kalinin E.V. Cosmic ray observations by CARPET detector installed in central Saudi Arabia-preliminary results, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 200, 105194 (2020).
- 4 Philippov M.V., Makhmutov V.S., Stozhkov Y.I., Maksumov O.S., Bazilevskaya G.A., Morzabaev A.K., Tulekov Y.A. Characteristics of the ground-based «CARPET-ASTANA» instrument for detecting charged component of cosmic rays and preliminary analysis of the first experimental data, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 959, 163567 (2020).
- 5 Tulekov Ye.A., Makhmutov V.S., Bazilevskaja G.A., Stozhkov Yu.I., Morzabaev A.K., Philippov M.V., Yerkhov V.I., Dyusembekova A.S. Nazemnaja ustanovka dlja izucheniya variacii kosmicheskikh luchej v gorode Nur-Sultan, Geomagnetizm i aeronomija [Ground-based installation in Nur-Sultan city for studying variations of cosmic rays, Geomagnetism and Aeronomy], 60(6), 1-61 (2020) [in Russian]

#### Авторлар туралы мәлімет:

Тулеков Е.А. – негізгі автор, «Ядролық физика» мамандығының 3 курс докторанты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Морзабаев А.К. – Физика-математика ғылымдарының кандидаты, ядролық физика, жаңа материалдар мен технологиялар кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Махмұтов В.С. – Физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Ресей ғылым академиясының П.Н. Лебедев атындағы Физикалық институты, Долгопрудный, Мәскеу облысы, Ресей.

Ерхов В.И. – Физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, Ресей ғылым академиясының П.Н. Лебедев атындағы Физикалық институты, Долгопрудный, Мәскеу облысы, Ресей.

Филиппов М.В. – кіші ғылыми қызметкер, Ресей ғылым академиясының П.Н. Лебедев атындағы Физикалық институты, Долгопрудный, Мәскеу облысы, Ресей.

Tulekov Ye.A. – **The main author**, the 3rd year doctoral student of «Nuclear physics» speciality at L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Morzabaev A.K. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Nuclear Physics, new materials and technologies, Faculty of Physics and Technology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Makhmutov V.S. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor at P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Nauchny alleyway, 1, Dolgoprudny, Russia.

Yerkhov V.I. - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor at Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Nauchny alleyway, 1, Dolgoprudny, Russia.

Philippov M.V. - Junior Researcher at P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Nauchny alleyway, 1, Dolgoprudny, Russia.