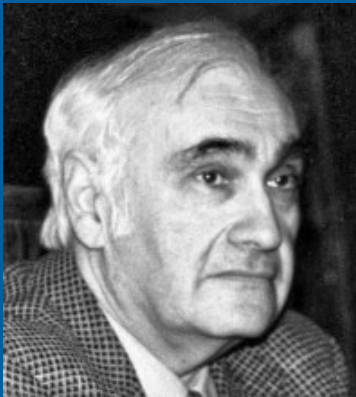




Сборник тезисов докладов
XXIV межвузовской молодежной научной
школы-конференции имени Б. С. Ишханова

Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине

22–23 ноября **2023** года
НИИЯФ МГУ, Москва

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
ИМЕНИ Д.В. СКОБЕЛЬЦЫНА



СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

**XXIV МЕЖВУЗОВСКОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ-КОНФЕРЕНЦИИ
ИМЕНИ Б. С. ИШХАНОВА**

**«КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОТОКИ ЭНЕРГИИ
В КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ
ЭЛЕКТРОНИКЕ, ЭКОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ»**

2 -2 ноября 202 г.
НИИЯФ МГУ, Москва
под редакцией к.ф.-м.н. А.А. Кузнецова

Москва 2025

УДК 539.12.01(063)
ББК 22.383
Т78

Сборник тезисов докладов XX Межвузовской молодежной научной школы-конференции «Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине» . . . - . . . , Москва, Россия. / Под ред. А.А. Кузнецова. – М.: «КДУ», 2 . – 1 с.: табл., ил.

В трудах школы рассмотрены физические основы концентрированных потоков энергии и их воздействия на материалы и изделия космической техники, методы обработки материалов концентрированным излучением, воздействие лазерного и микроволнового излучения на вещество, концентрированные потоки энергии в экологии и медицине, в электронике, проблемы физики нейтрино и ядерной спектроскопии.

ISBN 978-5-91-304-....
DOI
РИНЦ

© Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова, 202
© НИИЯФ МГУ, 202
© «КДУ», 202

екци дерна физика

ОЦЕНКА ОРБИТАЛЬНЫХ МОМЕНТОВ ФРАГМЕНТОВ ДВОЙНОГО ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР

. . . Кадменский . . . а евский А. А. иск ков . А. епанов

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

E-mail: kadmensky@phys.vsu.ru

ро ема описани спинов фра мен ов де ени ре уе д свое о ре ени
испо зовани кван ов предс ав ений о динамике процесса де ени . казанн й
процесс все да на инае с с о разовани ерма изованн воз у денн сос о ний
сос авно о де е ос дра в первой ме е о по енциа а деформации.
Мно оквази ас и н е во нов е функции указанн сос о ний вк а компонен
св занн е с ко ек ивн ми деформационн ми ко е ани ми де е ос дра и
соо ве с ву ие введенн м О. ором пере одн м де и е н м сос о ни м.
нас о ей ра о е показано о д с у а спон анно о и низко нер е и еско о
в ну денно о де ени де еес дро и в е а ие из не о в окрес нос и о ки
разр ва указанно о дра до н на оди с о ко в о одн неравновесн
сос о ни . ри пос роении и спинов распреде ений нео одимо у и ва о ко
ну ев е попере н е е -и g-ко е ани де е ос дра .

аправ ени в е а оско ков де ени из де е ос дра со асно ипо езе
О. ора изки к направ ени оси симме рии указанно о дра о с о ки зрени
принципа неопреде еннос и кван овой ме аники позво е предс ави амп и уду
у ово о распреде ени оско ков в виде размазанной де а-функции опреде емой
ко ерен ной суперпозицией о и пове и ине о носи е н ор и а н момен ов
указанн оско ков. природу по в ени указанной суперпозиции как указ ва ос в е
мо но св за 2 с по в ением в окрес нос и о ки разр ва де е ос дра ну ев
ко ек ивн попере н ко е аний предфра мен ов де ени у е ко ор приводит к
о им зна ени м о носи е н ор и а н момен ов L и спинов J_1 и J_2 перво о
и в оро о фра мен ов де ени направ енн перпендику рно оси симме рии
де е ос дра а и зна ени оказ ва с в разумном со асии с ксперимен а н ми
зна ени ми ра о [].

роведенное в данной ра о е успе ное описание у ов распреде ений
фра мен ов спон анно о и в ну денно о низко нер е и еско о де ени дер основано на
испо зовании ре азов предс ав ений. ервое из и предс ав ений св зано с
о однос де е ос дра в о ке е о разр ва. орое основано на у е попере н
ну ев е -и -ко е аний о о дра привод и к по в ени о и
зна ений спинов и о носи е н ор и а н момен ов фра мен ов де ени
ориен ированн перпендику рно оси симме рии де е ос дра в момен е о разр ва.

наконец ре е предс ав ение азируе с на испо зовании каскадно-испари е ной
моде и при у е е неравновесно о арака ера распреде ений спинов и о носи е н
ор и а н момен ов фра мен ов де ени о ус ов енно о рассмо ренн ми в е
bending-и -ко е ани ми при прева ировании -ко е аний. ри ом и
испо зован во нов е функции ну ев -и е -ко е аний де е ос дра
опреде ем е ерез ко ек ивн е параме р w и b расс и ваем е на основе
капе ной моде и дра .

1. A. Born, B. Mottelson, Nuclear Structure, (Benjamin, N-Y, 1974) V.2.
2. J.R. Nix and W.J. Swiatecki // Nucl. Phys. 1965. V. 71, 1.
3. . . унаков, . . Кадменский, . . а евский // 2016. V. 79, 198.
4. J.N. Wilson et. al. // Nature (London) 2021. V. 590, 566.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЧЕНИЙ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ НА ИЗОТОПАХ РТУТИ

О. А. Олесья^{1,2}, А. А. Казаков³, А. А. Кузнецов^{1,2}, О. А. Адади², О. А. Вордана¹,
А. А. Урсова^{1,2}, А. А. Анкин²

¹Физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

²Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского Российской академии наук, Москва, Россия

E-mail: olesya20025@gmail.com

Фотоядерные реакции на изотопах ртути исследованы в широком диапазоне энергий ускоренных частиц. Экспериментально измерены сечения фотоядерных реакций $^{198}\text{Hg}(\gamma, n)^{197\text{m}}\text{Hg}$, $^{198}\text{Hg}(\gamma, n)^{197\text{g}}\text{Hg}$, $^{199}\text{Hg}(\gamma, p)^{198}\text{Au}$, $^{204}\text{Hg}(\gamma, n)^{203}\text{Hg}$ в диапазоне энергий от 0 до 10 МэВ. Архивные данные $\sigma(\gamma, n) + \sigma(\gamma, 1p1n)$ и $\sigma(\gamma, 2n)$ и опубликованы монографиями в диапазоне энергий от 0 до 10 МэВ. Впервые измерены сечения фотоядерных реакций на изотопах ртути в диапазоне энергий от 0 до 10 МэВ. Кроме того, измерены сечения фотоядерных реакций на природной смеси изотопов ртути и изотопов ртути, наведенной актиноидом на орбитальном пути разрезно-микрофона М-с максимумом энергии и т.д.

Суммарное сечение фотоядерных реакций проведено экспериментально на естественной смеси изотопов ртути при энергии ускорения 0,5 МэВ. Сечение реакции $^{198}\text{Hg}(\gamma, n)^{197\text{m}}\text{Hg}$ измерено с помощью спектрометра с энергией разрешения 0,5 МэВ. Сечение реакции $^{198}\text{Hg}(\gamma, n)^{197\text{g}}\text{Hg}$ измерено с помощью спектрометра с энергией разрешения 0,5 МэВ. Сечение реакции $^{199}\text{Hg}(\gamma, p)^{198}\text{Au}$ измерено с помощью спектрометра с энергией разрешения 0,5 МэВ. Сечение реакции $^{204}\text{Hg}(\gamma, n)^{203}\text{Hg}$ измерено с помощью спектрометра с энергией разрешения 0,5 МэВ. Сечение реакции $^{198}\text{Hg}(\gamma, n)^{197\text{m}}\text{Hg}$ измерено с помощью спектрометра с энергией разрешения 0,5 МэВ. Сечение реакции $^{198}\text{Hg}(\gamma, n)^{197\text{g}}\text{Hg}$ измерено с помощью спектрометра с энергией разрешения 0,5 МэВ. Сечение реакции $^{199}\text{Hg}(\gamma, p)^{198}\text{Au}$ измерено с помощью спектрометра с энергией разрешения 0,5 МэВ. Сечение реакции $^{204}\text{Hg}(\gamma, n)^{203}\text{Hg}$ измерено с помощью спектрометра с энергией разрешения 0,5 МэВ.

Результаты экспериментальных исследований на квантовом уровне естественной смеси изотопов ртути

$$\sigma_q^{prod} = \frac{\sum_i \eta_i \int_{E_{порог}}^{E^m} \sigma(E) \cdot W(E, E^m) dE}{\frac{1}{E^m} \int_0^{E^m} E \cdot W(E, E^m) dE},$$

где $W(E^m, E)dE$ - число γ -квантов в интервале энергий dE на один электрон ускоренных частиц, попавших на орбитальную оболочку $\sigma(E)$ - сечение естественной фотоядерной реакции E - энергия γ -кванта орбитально излученная $E^m = 55.5$ МэВ - кинетическая энергия электронов падающих на орбитальную оболочку $E_{порог}$ - пороговая энергия естественной реакции η_i - процентное содержание изотопов ртути в природной смеси.

Анализ экспериментальных данных показывает, что сечения фотоядерных реакций не зависят от формы орбитального спектра.

Сравнение экспериментальных и теоретических данных с расчетами в рамках комбинированной модели фотопоглощения реакций разрабатываемой М. [4,5] и по программе TALYS, представлено в таблице. Как видно из таблицы экспериментальные данные хорошо согласуются с расчетами в рамках КМ.

а ица . ксперимен а н е зна ени се ений на квива ен н й кван а ак е се ени на квива ен н й кван р асс и анн е на основе ком инированной моде и фо онук онн реакций - и по про рамме TALYS

Изотоп	Реакция получения изотопа	$\sigma_q^{prod}(55.5 \text{ МэВ}),$ мбн	$\sigma_q^{prod}(55 \text{ МэВ}),$ мбн	$\sigma_q^{prod}(55 \text{ МэВ}),$ мбн
$^{195g+m}\text{Hg}$	$^{nat}\text{Hg}(\gamma, in) =$ $0.00155 \cdot ^{196}\text{Hg}(\gamma, 1n)$ $+ 0.0997 \cdot ^{198}\text{Hg}(\gamma, 3n)$ $+ 0.1687 \cdot ^{199}\text{Hg}(\gamma, 4n)$ $+ 0.2310 \cdot ^{200}\text{Hg}(\gamma, 5n)$	1.37 ± 0.27	1.627 0.348 0.619 0.496 0.164	1.416 0.305 0.517 0.419 0.175
$^{197g+m}\text{Hg}$	$^{nat}\text{Hg}(\gamma, in) =$ $0.0997 \cdot ^{198}\text{Hg}(\gamma, 1n)$ $+ 0.1687 \cdot ^{199}\text{Hg}(\gamma, 2n)$ $+ 0.2310 \cdot ^{200}\text{Hg}(\gamma, 3n)$ $+ 0.1318 \cdot ^{201}\text{Hg}(\gamma, 4n)$ $+ 0.2986 \cdot ^{202}\text{Hg}(\gamma, 5n)$	36 ± 3	32.412 22.878 7.087 1.601 0.387 0.460	29.353 21.041 6.192 1.372 0.382 0.366
^{199m}Hg	$^{nat}\text{Hg}(\gamma, in) =$ $0.2310 \cdot ^{200}\text{Hg}(\gamma, 1n)$ $+ 0.1318 \cdot ^{201}\text{Hg}(\gamma, 2n)$ $+ 0.2986 \cdot ^{202}\text{Hg}(\gamma, 3n)$	5.6 ± 0.7		2.472 1.349 0.614 0.508
^{203}Hg	$^{nat}\text{Hg}(\gamma, in) =$ $0.0687 \cdot ^{204}\text{Hg}(\gamma, 1n)$	17.8 ± 0.9	14.926	12.850
^{196g}Au	$^{nat}\text{Hg}(\gamma, in1p) =$ $0.0997 \cdot ^{198}\text{Hg}(\gamma, 1n1p)$ $+ 0.1687 \cdot ^{199}\text{Hg}(\gamma, 2n1p)$ $+ 0.2310 \cdot ^{200}\text{Hg}(\gamma, 3n1p)$	0.084 ± 0.005	0.097 0.044 0.044 0.009	0.048 0.021 0.019 0.007
$^{198g+m}\text{Au}$	$^{nat}\text{Hg}(\gamma, in1p) =$ $0.1687 \cdot ^{199}\text{Hg}(\gamma, 1p)$ $+ 0.2310 \cdot ^{200}\text{Hg}(\gamma, 1n1p)$ $+ 0.1318 \cdot ^{201}\text{Hg}(\gamma, 2n1p)$	0.445 ± 0.004	0.520 0.396 0.092 0.033	0.082 0.022 0.046 0.015
^{199}Au	$^{nat}\text{Hg}(\gamma, in1p) =$ $0.2310 \cdot ^{200}\text{Hg}(\gamma, 1p)$ $+ 0.1318 \cdot ^{201}\text{Hg}(\gamma, 1n1p)$ $+ 0.2986 \cdot ^{202}\text{Hg}(\gamma, 2n1p)$	0.481 ± 0.006	0.558 0.421 0.065 0.072	0.086 0.025 0.028 0.033
$^{200g+m}\text{Au}$	$^{nat}\text{Hg}(\gamma, in1p) =$ $0.1318 \cdot ^{201}\text{Hg}(\gamma, 1p)$ $+ 0.2986 \cdot ^{202}\text{Hg}(\gamma, 1n1p)$	0.33 ± 0.09	0.350 0.248 0.102	0.074 0.014 0.06

1. K. Masumoto, T. Kato, N. Suzuki. Activation Yield Curves of Photonuclear Reactions // Nucl. Instrum. Methods. 1978, 157, 567–577.
2. A. Veyssière, H. Beil, R. Bergère, et al., Étude de la résonance géante dipolaire dans la région de transition autour de $A = 190$ // J. Phys. Lett. (Paris) 36 (11), 267 (1975).
3. B.S. Ishkhanov, V.N. Orlin, S.Y. Troschiev, Photonuclear Reactions on Mercury Isotopes in the Region of the Giant-Dipole-Resonance Energy // Phys. At. Nucl. 2011, 74, 706–713.
4. . . анов and . . Ор ин. Ком инированна моде фо онук онн реакций // дерна физика с. –41, 2011.
5. . . анов and . . Ор ин. Модифицированна верси ком инированной моде и фо о дерн реакций дерна физика - с. –617, 2015.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАССОВЫХ СООТНОШЕНИЙ ГАРВИ-КЕЛСОНА ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ЭНЕРГИЙ СВЯЗИ АТОМНЫХ ЯДЕР

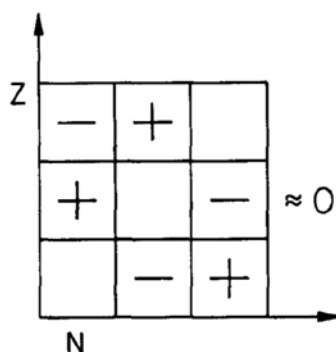
. . Милованов¹, К. А. Попани²

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: milovanov.ni18@physics.msu.ru

Одно из основных направлений современной ядерной физики — исследование свойств атомных ядер в том, как на седине в одних экспериментах и исследований о нарушении симметрии при определенных условиях и о измерении. В частности, много исследований посвящено расщеплению ядер и измерению вносимой в наше понимание структуры. Одно из направлений — Гарви-Келсона [1] — предсказывает соотношение вращательных вращений в массе и энергии связи соседних ядер. Оно справедливо для ядер при $A > 40$ и значение в среднем не превышает единицы. Оно позволяет использовать для предсказания энергии связи ядер формулы и исследований экспериментально как оценить и санировать другие свойства.



ис. — эмпирическое соотношение поперечных соотношений масс Гарви-Келсона. Квадратики предсказывают разность атомных ядерных знаков с и минус указывают на о о соотносительные значения масс до и до авен и в ен .

Методика массовых соотношений впервые использован в формуле Гарви и Келсона [1, 2] и основан на формулах связи и масс и энергии связи соседних ядер. Звездное поперечное (Т) и продольное (L) соотношения Гарви-Келсона

GKT:

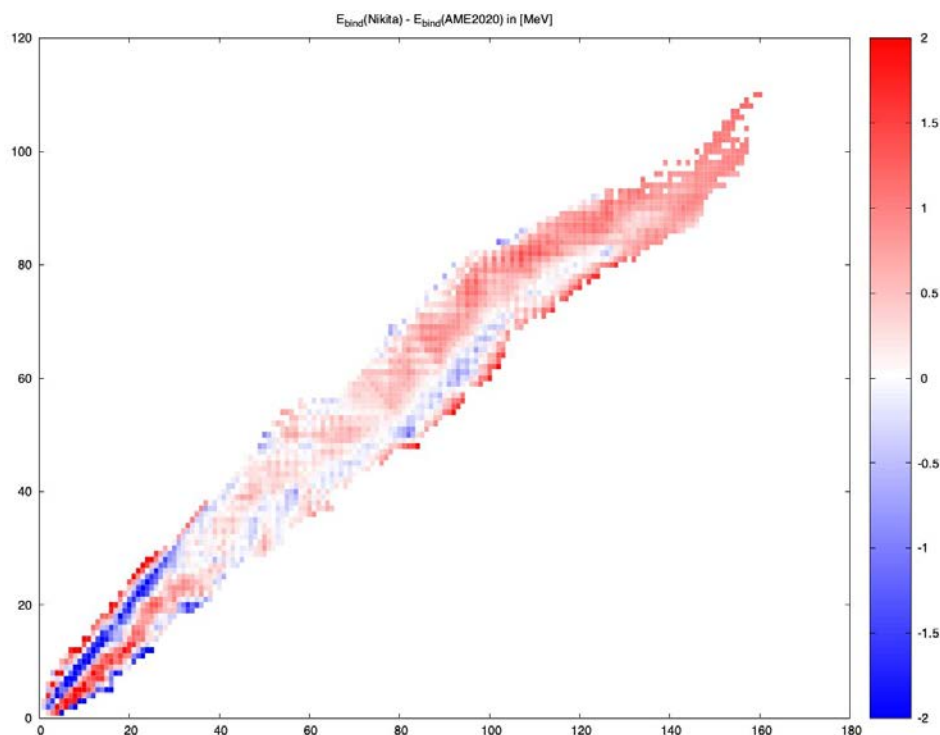
$$-B(N+2, Z-2) + B(N, Z) - B(N, Z-1) + \\ + B(N+1, Z-2) - B(N+1, Z) + B(N+2, Z-1) = 0$$

GKL:

$$-B(N+2, Z) + B(N, Z-2) - B(N+1, Z-2) + \\ + B(N+2, Z-1) - B(N, Z-1) + B(N+1, Z) = 0$$

О ее ре ение разнос но о уравнени арви-Ке сона мо но предс ави в виде [3]:

$$B(N, Z) = f_1(N) + f_2(Z) + f_3(N + Z)$$



ис. . равнение по у енн при ре ении разнос но о уравнени соо но ени GKT нер ий св зи а омн дер с данн ми из AME2020.

рамка данной ра о при помо и М К на основе а иц а омн дер AME2020 по у ен на ор ко ффициен ов $f_1(N)$, $f_2(Z)$, $f_3(N + Z)$ д дер в нее в од у ак е расс и ан нер ии св зи $B(N, Z)$ и произведено и сравнение с ксперимен а н ми зна ени ми.

1. I. Kelson, G.T. Garvey // Phys. Rev. Lett. 5, (1966), 197.
2. G.T. Garvey, W.J. Gerace, R.L. Jaffe et al. // Rev. Mod. Phys. 41, (1969), S1.
3. J. Jänecke and P. J. Masson, Atomic Data and Nudear Data Tables, Vol. 39. No. 2. July 1988

ИЗУЧЕНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ α -РАСПАДА

. . айрамов¹ . М. нейдман²

¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, физический факультет,
Москва, Россия

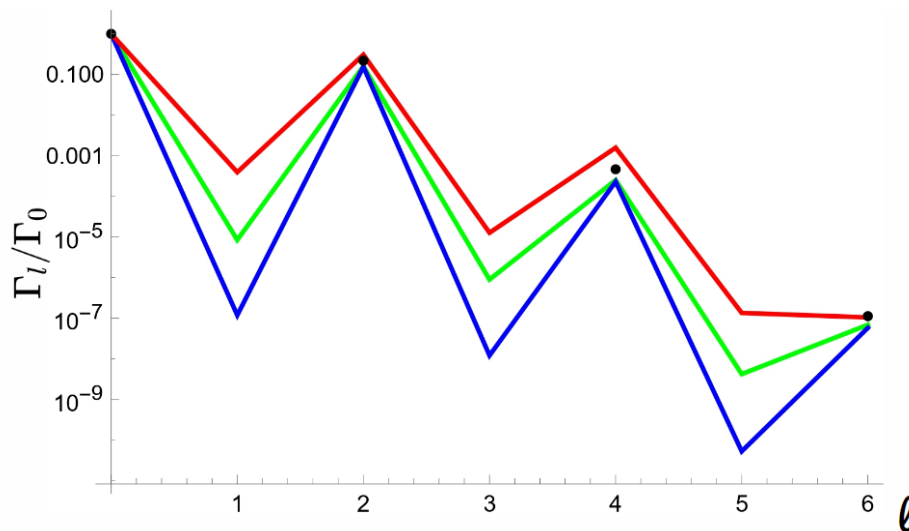
²Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

E-mail: bairamov.df20@physics.msu.ru

данной работе мы предлагаем описать структуру α -распада ядер актинидов. А именно рассмотрим описанные в од α -распада из основного состояния материнского ядра в различные низкие ядра актинидов. Мы рассмотрим до энергии ядра дочернего ядра функцию предсказания как суперпозиции мононуклеона и различных кассерных систем. Одкасальной системой мы понимаем систему из l α -частиц, а также l -определенную функцию ϕ_2 . Это зависит от типа ядра и от энергии ядра дочернего ядра.

где ϕ_1 - новая функция монодра ϕ_2 соотносится с функцией кассеровой функции. Это означает, что функция ϕ_2 имеет вид спектра скопления, который координатно задается через S_l^2 . а также l -определенную функцию ϕ_2 . Это зависит от типа ядра и от энергии ядра дочернего ядра.

Мы проводим в рамках двух параметров l и l на рисунке предсказано сравнение расщепления вероятностей распада при различных значениях окупной деформации с экспериментальными данными для ^{230}Th . Мы имеем наглядное изображение деформации с l и l на вероятности переода в основном состоянии l и l моменом. Как и мы имеем увеличение координатно деформации приводит к увеличению вероятности интенсиональности.



ис. . Оценки Γ_l/Γ_0 для различных l и l моменом до энергии ядра при α -распада ядра ^{230}Th . Экспериментальные данные показаны красной линией, а предсказания для расщепления с нулевой окупной деформацией синими, для $\beta_2 = 0.20$, и для $\beta_3 = 0.25$ зелеными.

1. T.M.Shneidman, G.G.Adamian, N.V.Antonenko, R.V.Jolos, S.-G.Zhou, Phys.Rev. C 92, 034302 (2015).
2. S.A.Gurvitz, Phys.Rev. A 38, 1747 (1988).

ЛЁГКИЕ ГИПЕРЯДРА НА ГРАНИЦЕ НЕЙТРОННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ.

А. .Корни ова . . идоров . . анской . . ре кова
МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

E-mail: kornilova.as18@physics.msu.ru

исследования в этой области имеют большое значение для понимания структуры и свойств гиперядер на границе стабильности. В последние годы наблюдается активное развитие исследований в этой области. В настоящее время ведутся работы по изучению гиперядер с участием нейтронов. В частности, интерес представляет изучение гиперядер с участием нейтронов вблизи границы стабильности. В настоящее время ведутся работы по изучению гиперядер с участием нейтронов. В частности, интерес представляет изучение гиперядер с участием нейтронов вблизи границы стабильности.

В настоящее время ведутся работы по изучению гиперядер с участием нейтронов. В частности, интерес представляет изучение гиперядер с участием нейтронов вблизи границы стабильности. В настоящее время ведутся работы по изучению гиперядер с участием нейтронов. В частности, интерес представляет изучение гиперядер с участием нейтронов вблизи границы стабильности.

В настоящее время ведутся работы по изучению гиперядер с участием нейтронов. В частности, интерес представляет изучение гиперядер с участием нейтронов вблизи границы стабильности. В настоящее время ведутся работы по изучению гиперядер с участием нейтронов. В частности, интерес представляет изучение гиперядер с участием нейтронов вблизи границы стабильности.

определить связь между энергией связи гиперядер и энергией связи ядер. В настоящее время ведутся работы по изучению гиперядер с участием нейтронов. В частности, интерес представляет изучение гиперядер с участием нейтронов вблизи границы стабильности.

$$S_n(A+1Z) = S_n(AZ) + \delta B_{\Lambda}^n(A+1Z);$$

$$S_{2n}(A+1Z) = S_{2n}(AZ) + \delta B_{\Lambda}^{2n}(A+1Z),$$

где

$$\delta B_{\Lambda}^n(A+1Z) = B_{\Lambda}(A+1Z) - B_{\Lambda}(AZ);$$

$$\delta B_{\Lambda}^{2n}(A+1Z) = B_{\Lambda}(A+1Z) - B_{\Lambda}(A-1Z).$$

Здесь B_{Λ} – энергия связи гиперядра, $B_{\Lambda}(A+1Z)$ – энергия связи гиперядра с $A+1$ нуклоном, $B_{\Lambda}(AZ)$ – энергия связи гиперядра с A нуклоном, $B_{\Lambda}(A-1Z)$ – энергия связи гиперядра с $A-1$ нуклоном.

$$B_{\Lambda}(A+1Z) = B.E(A+1Z) - B.E(AZ)$$

В настоящее время ведутся работы по изучению гиперядер с участием нейтронов. В частности, интерес представляет изучение гиперядер с участием нейтронов вблизи границы стабильности. В настоящее время ведутся работы по изучению гиперядер с участием нейтронов. В частности, интерес представляет изучение гиперядер с участием нейтронов вблизи границы стабильности.

нуклид	S_n и S_{2n} МэВ	δB_{Λ} МэВ
${}^7\text{He}$	$S_n = -0,41 \pm 0,008$	$0,97 \div 1,62$
${}^9\text{He}$	$S_n = -1,25 \pm 0,05$	$0,41 \div 0,57$
${}^{10}\text{Li}$	$S_n = -0,026 \pm 0,013$	$0,50 \div 0,69$
${}^{10}\text{He}$	$S_{2n} = -1,44 \pm 0,09$	$0,78 \div 1,12$

з резултатом расчётов видно, что поскольку значения δB_Λ превращаются со временем и инуэней о де ени ней рона ипердра ${}^8_\Lambda\text{He}$ и ${}^{11}_\Lambda\text{Li}$ с анов с свзаннми. с у ае ${}^{10}_\Lambda\text{He}$ и ${}^{11}_\Lambda\text{He}$ до ав ение иперона не приведе с св з вани дра.

1. A.S. Kornilova, S. V. Sidorov , D. E. Lanskoj , T. Yu. Tretyakova Shift of the Proton Drip-Line by Λ -Hyperons // Physics of Particles and Nuclei Letters, 2023, Vol. 20, No. 5, pp. 1142–1145
2. D. Vautherin, D. M. Brink. // Phys. Rev. C. 5 (1972) 626.
3. T.Yu. Tretyakova, D.E. Lanskoj //Eur. Phys. Jour. A 5 (1999) 391.

ИОНИЗАЦИЯ АТОМНЫХ АНСАМБЛЕЙ И МОЛЕКУЛ ЗАКРУЧЕННЫМ БЕССЕЛЕВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

М. Д. Киселев^{1,2,3}, А. В. Румянцев^{2,3}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

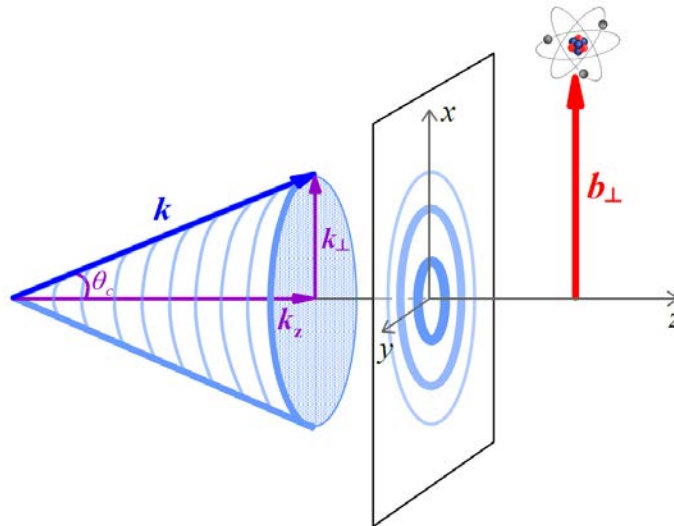
²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

³Университет ИТМО, Физический факультет, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: md.kiselev@physics.msu.ru

В последние десятилетия в области физики атомных ансамблей и молекул наблюдается быстрый рост интереса к исследованию их взаимодействия с лазерным излучением. В настоящее время актуальными являются задачи, связанные с созданием и исследованием новых методов управления атомными ансамблями с помощью лазерного излучения. В частности, одним из перспективных направлений является использование так называемого «закрученного» или «спинного» излучения, которое обладает особыми свойствами, позволяющими эффективно управлять атомными ансамблями. В данной работе рассматриваются вопросы, связанные с взаимодействием атомных ансамблей с таким излучением, а также с методами его генерации и детектирования.

Важным аспектом исследования является анализ влияния параметров излучения на процесс ионизации атомных ансамблей. В частности, особое внимание уделяется изучению влияния угла расхождения луча и его поляризации на эффективность ионизации. В данной работе приводятся результаты численного моделирования, проведенного с использованием методов Монте-Карло. Результаты показывают, что при определенных параметрах излучения наблюдается значительное увеличение скорости ионизации атомных ансамблей. Эти результаты имеют важное значение для разработки новых методов управления атомными ансамблями с помощью лазерного излучения.



В данной работе рассматриваются вопросы, связанные с взаимодействием атомных ансамблей с таким излучением, а также с методами его генерации и детектирования. В частности, особое внимание уделяется изучению влияния угла расхождения луча и его поляризации на эффективность ионизации. В данной работе приводятся результаты численного моделирования, проведенного с использованием методов Монте-Карло. Результаты показывают, что при определенных параметрах излучения наблюдается значительное увеличение скорости ионизации атомных ансамблей. Эти результаты имеют важное значение для разработки новых методов управления атомными ансамблями с помощью лазерного излучения.

В данной работе рассматриваются вопросы, связанные с взаимодействием атомных ансамблей с таким излучением, а также с методами его генерации и детектирования. В частности, особое внимание уделяется изучению влияния угла расхождения луча и его поляризации на эффективность ионизации. В данной работе приводятся результаты численного моделирования, проведенного с использованием методов Монте-Карло. Результаты показывают, что при определенных параметрах излучения наблюдается значительное увеличение скорости ионизации атомных ансамблей. Эти результаты имеют важное значение для разработки новых методов управления атомными ансамблями с помощью лазерного излучения.

о овоз у дение а омов ессе ев ми пу ками о су да ос в [5]. онизаци мо еку ессе ев м све ом наско ко нам извес но еоре и ески сис ема и ески не изу а ас за иск ением ра о [6], в ко орой расма рива с мо еку рн й ион водорода H_2^+ .

на ей недавней ра о е [7] о проана изировано в и ние закру еннос и ессе ева све а с ема и но изо ра н на рис. на форму PAD, а нас о ее исс едование предс ав е со ой рас ирение разви о о под ода на дру ие век орн е корре ционн е параме р фо оионизации по ризаци спина фо о ек рона ориен аци и в с роеннос ос а о но о иона . Основн е по о ени разра о анной еории а ак е демонс рационн е рас д из ранн а омов и мо еку уду предс ав ен на конференции.

а о а в по нена при финансовой поддер ке оссийско о ау но о онда проек 21-42- и Минис ерс ва науки и в с е о о разовани оссийской едерации ран 075-15-2021-1353).

1. L. Allen et al. Orbital angular momentum of light and the transformation of Laguerre-Gaussian laser modes // Phys. Rev. A 1992. V. 45, 8185.
2. J. Durnin. Exact solutions for nondiffracting beams. The scalar theory // J. Opt. Soc. Am. A 1987. V. 4, 651.
3. J. Durnin, J.J. Miceli, and J.H. Eberly. Diffraction-free beams // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 58, 1499.
4. O. Matula et al. Atomic ionization of hydrogen-like ions by twisted photons: Angular distribution of emitted electrons // J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 2013. V. 46, 205002.
5. S.A.-L. Schulz et al. Modification of multipole transitions by twisted light // Phys. Rev. A 2019. V. 100, 043416.
6. A.A. Peshkov, S. Fritzsche, and A. Surzhykov. Ionization of H_2^+ molecular ions by twisted Bessel light // Phys. Rev. A 2015. V. 92, 043415.
7. M.D. Kiselev, E.V. Gryzlova, and A.N. Grum-Grzhimailo. Angular distribution of photoelectrons generated in atomic ionization by twisted radiation // Phys. Rev. A 2023. V. 108, 023117.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ПОИСКУ 2К-ЗАХВАТА ^{124}Xe МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

К. А. Сегал

Московский физико-технический институт,
физтех-школа физики и исследований им. Ландау, Москва, Россия

E-mail: segal.ka@phystech.edu

Анализ результатов экспериментов по поиску 2К-захвата ^{124}Xe [1,2].
Поиск данного процесса осуществляется с помощью марки меди М пропорциональной
сегментной камеры с медной марки М К толщиной 1 мм. Емкость
имеет стандартный размер внутреннего диаметра – 100 мм, внешний диаметр – 110 мм
диаметр входной обечайки – 100 мм. Емкость окружена низкофоновой защитой
состоящей из 10 см меди, 10 см свинца и 10 см ориентированного полипропилена. Система
находится в подземной низкофоновой лаборатории – расположенной на
глубине 140 м. [2] Емкость заполнена ксеноном до давления 10 атм. Анализ разреза
ксенона имеет стандартный изотопный состав $^{124}\text{Xe} \sim 21\%$, $^{126}\text{Xe} \sim 27,12\%$, $^{128}\text{Xe} \sim 33,4\%$,
 $^{129}\text{Xe} \sim 18,8\%$, $^{130}\text{Xe} \sim 0,071\%$, $^{131}\text{Xe} \sim 0,057\%$, $^{132}\text{Xe} \sim 0,026\%$, $^{134}\text{Xe} \sim 0,088\%$, $^{136}\text{Xe} \sim$
 $0,0806\%$. Перед заполнением емкости проведена очистка от примесей с помощью
анодной реакции прохода кислорода. Емкость оцифрована с помощью -12PCI и записана на жесткий диск К.
Каждый способ ранения информации позволяет в offline режиме проводить анализ
по езным сигналам по форме импульса. Сущность 2К-захвата ^{124}Xe описана в работе [2].
Два вакансии на К-оболочке. При заполнении данных вакансий электронами с
выделением фотоэлектронов (M, L) из ионизированного испущенного в виде О-
электронов как и аракерисических фотонов с энергией вероятности –
около О-электронов – О-электрон и аракерисический фотон – два
аракерисических фотона и О-электрон майоритарии. Сущность кода аракерисических
фотонов по аракерисическому процессу с энергией вероятности по
вероятности распределено в режиме кассетной регистрации
с помощью оптических систем и программной обработки аракерисических
всех экспериментальных данных.

Сущность конечного разреза емкости и реконструкции пар ионов в
кассетной камере с помощью приращивания анодной нити в азотовую
установку возможно с помощью кассетной установки для единичного
монтажа привеса к неверной интерпретации кассетной установки
двух установочных установочных (д.). Увеличение фоновых и разделение
М по кассетной установке с использованием машинного обучения при
помощи некоторой надежной модели восстановления исходных кассетных
каждой установочной емкости.

1. Gavriljuk Yu.M., et al. 2K-Capture in ^{124}Xe : Results of Data Processing for an exposure of 37.7 kg day // Phys. Part. Nucl. 2018. V. 49 (4). P. 563-568.
2. Сегал К.А. Поиск 2К-захвата ^{124}Xe // Исследования на соискание ученой степени к.ф.-м.н. // Москва А.
3. Gavriljuk Yu.M., et al. Working characteristics of the New Low-Background laboratory (DULB-4900) // Nucl. Instrum. Meth. A. 2013. V. 729. P. 576-580.

ФОТОЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ НА ИЗОТОПАХ СЕЛЕНА, ИНДУЦИРОВАННЫЕ С КОНЕЧНЫМИ ЭНЕРГИЯМИ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ 10-80 МЭВ

. А. асу ова^{1,2}, . . Аксенов¹, . А. А иев^{3,4}, . . е ев^{5,6}, . упражков^{1,7},
А. . Мадумаров¹, М. А. еми ев¹, . . емин¹, . А. всеев¹, . . урсова^{5,6},
М. . ос кин¹, . . у вак ов^{1,2}, . . Ко ец¹, А. А. Кузнецов^{5,6}, . . озов¹,
. . узиев², . . оан¹, . А. ку ев¹, . . да ев^{1,2}

¹Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

²Институт ядерной физики Академии наук РУз, Ташкент, Узбекистан

³Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
химический факультет, Москва, Россия

⁴Национальный исследовательский центр Курчатовский институт, Москва, Россия

⁵Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

⁶Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия

⁷Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

E-mail: rasulova@jinr.ru

Ксперимент проводился на пулке инейно о ускорителе экротов А -200
О микро ротов М- М и М - О с использованием
метода -активации. Основные параметры эксперимента приведены в таблице. Особое
обращение уделяется переносу в одностороннем измерении комбинации измеренных
наведенных активностей в одной единице с помощью германиевого детектора в союзе
исотопов (HPGe). Калибровка детектора выполнена по нейтронной флуоресценции и проводилась с
использованием стандартных источников амма-изотопов. Период амма-изотопов
определялся с использованием программ МО, которая аппроксимирует
появление пиков по ноющей функции Гаусса. Дифференциация
определенных пиков основана на нейтронной интенсивности амма-изотопов, а также
на периоде полураспада изотопа и соотношении ядер.

таблица 1. Основные параметры эксперимента

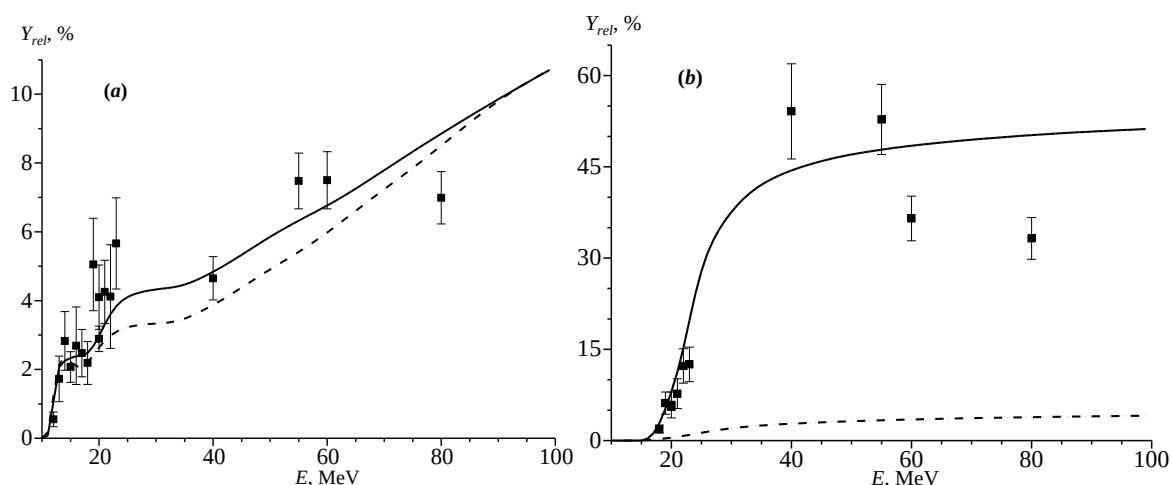
нейтрон М	скорителе	параметры пулки	Массасекунды	ремонт мин
10-23	MT-25	~20 мкА, непрерывный	700-70 (мг)	120-10
20, 40, 60, 80	LINAC-200	20 мА, 2 мкс, 10 ц	200-150 (мг)	40-15
55	RTM-55	~10 мкА, непрерывный	1200 (порошок)	80

а рис. показан экспериментальный результат исследования в одностороннем
нормированном виде реакции $^{82}\text{e}^{-}n)^{81m+g}\text{Se}$. ^{73}A о разумеется в результате
множества реакций в естественной изотопической смеси. Поэтому можно увидеть рост
отношения в области после нейтронного роста отношения в области
обращения после доработки с включением квазиизотопной модели.

Основное отличие комбинированной модели фотонных реакций КМ от
стандартной программы используется для описания фотонных реакций
соединенных в КМ и вается в виде изоспинов фотонных распадов.
Кроме того, соотношение фотонных распадов сина. КМ
формирование возбужденного состояния системы описывается по микроскопической
модели координат и квазиизотопной модели фотонных распадов. программе А

се ение фо опо о ени мо но рас с и а в виде оренциана параме р ко оро о основан на аракерисика сис ем . рас е а парциа н се ений фо ореакций в КМ и А испо зуе с со е ание испари е но о и кси онно о предравновесно о ме анизмов распада сос авн дер с испусканием нук онов и -кван ов.

ксперимен а н е зна ени фо опро онн реакций в резу а е ко ор проис оди о разование дра ^{79}As см. рис. на неско ко пор дков прев а еоре и еские зна ени по у енн е с помо А . о под вер дае ов е изо опа е изоспиновое рас еп ение и рае ва ну ро у е ко оро о позво е прави но описа фо опро онн й кана распада .



ис. . О носи е н е в од реакций $^{74,76,77}\text{e} \text{xn1p}^{73}\text{As}$ (a и $^{80,82}\text{e} \text{n1p}^{79}\text{As}$ (b в зависимости о конечной нер ии ормозно о из у ени из нас о ей ра о и смодерированн зна ений с испо зованием КМ сп о на ини и А . пунк ирна ини на основе моно нер е и ески фо онов

1. J. Frana., Program DEIMOS32 for gamma-ray spectra evaluation, Rad. Nucl. Chem. 257, 583 (2003).
2. J. Allison et al., Recent developments in Geant4, NIM A, 835, 186 (2016).
3. B. S. Ishkhanov, V. N. Orlin, Modified version of the combined model of photonucleon reactions, Physics of Atomic Nuclei, 78, 557 (2015).
4. A. Koning, S. Hilaire, S. Goriely. TALYS-1.96: A Nuclear Reaction Program, User Manual (2021).

УСКОРИТЕЛЯХ ЧАСТИЦ НА 2023 ГОД

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия*

E-mail: vova200206022@gmail.com

с а е « скори е и в современном мире» [1] ав орами и со ран
и проана изирован данн е по распрос ранени и функционировани
ускори е ей ак уа н е на од. ана иза испо зова ис акие ис о ники как
о зорн е са и, нау н е о е ма ериа МА А .

Ма ериа св занн е с ко и ес вом дейс ву и ускори е ей ре у
ре у рно о о нов ени и ак уа изации в св зи с ак ивн м рас ирением о ас ей
применени ускори е ной е ники и разви и дерно-физи ески ме одов в медицине
пром еннос и се ском оз йс ве и дру и прик адн о ас е ове еской
де е нос и.

Оцени ко и ес во ускорие ей испо зуем в раз и н о рас дос а о н о
с о н о, ак как с одной с орон пос о нно ус анав ива с нов е моде и ускорие ей
с дру ой – с ар е аппара демон иру с и и перепрофи иру с . ас ускорие ей
испо зуе с как в нау н ак и в пром енн и и медицински це . К ому е
с о н о оцени какие ус ановки с едуге с и а ускорие ми вед ускорение
зар енн ас иц проис оди и в аки аппара а как рен еновска ру ка и кинескоп.

з в а н изменений мо н о в д е и с н и е с к с п у а а ц и и с и н р о д и к о р о н а и
п а н и р у е м й в в о д в к с п у а а ц и у с к о р и е N I C A в у н е а а к е п о с р о е н н й в C E R N
и н е й н й у с к о р и е L i n a c 4.

содержание направлено на создание актуализации и анализа современных данных о
используемых ускорителях. Приводятся характеристики действующих и планируемых
используемых и данные о распределении ускорителей в мире на основании научных
публикаций, материалов МАГАТЭ и других компетентных структур, а также другие
открытые источники информации.

А. . ерн ев .М. арзар . скори е и в современном мире. дерна физика,
ом с. 1266–1278.

Д-р ерн ев А. . арзар .М. е оно ска М. кова . . ерспек ив
разви и радиационн е но о ий в оссии. дерна физика ом
с. -

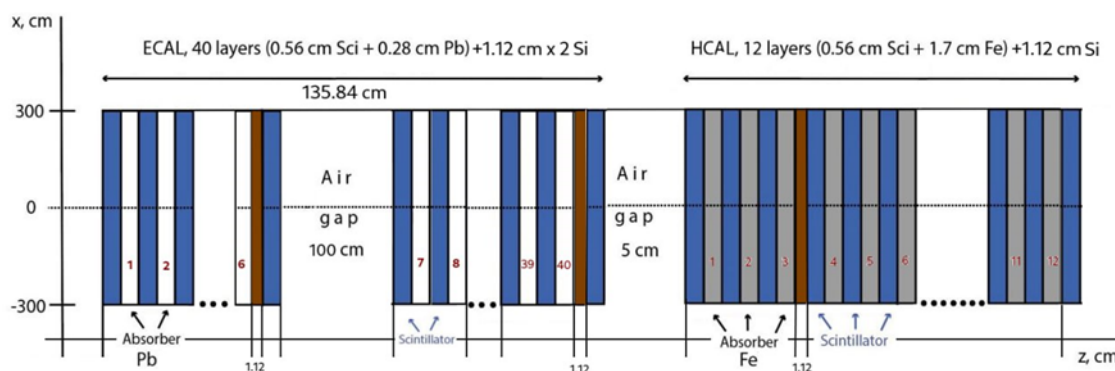
екци изика в соки нер ий

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЮОНОВ, ПИОНОВ, ЭЛЕКТРОНОВ И ГАММА-КВАНТОВ В КАЛОРИМЕТРЕ С КООРДИНАТНО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМИ СЛОЯМИ

. . Ос апови А. М. Ано ина

Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова

роек ируем й ксперимен наце ен на изу ение физики ас иц и взаимодейс вий вне андар ной Моде и. Одна из зада при де ек ировании аки редки со ий – иден ификации продук ов взаимодейс ви исс едуюем ас иц с раз и н ми ми ен ми ус ановки. редс ав е ин ерес с еду ий под одкре ени испо зование в ек рома ни ном а возмо но и в адронном ка ориме ре кремниев ма риц с координа ной увс ви е нос до мкм да ее HPL - р ес о аye д опреде ени направ ени дви ени и ока изации зар енн еп онов и адронов см. рис. . нас о ей ра о е рассма ривае с испо зование ме одов ма инно о о у ени д иден ификации ас иц на примере ка ориме ри еской сис ем .

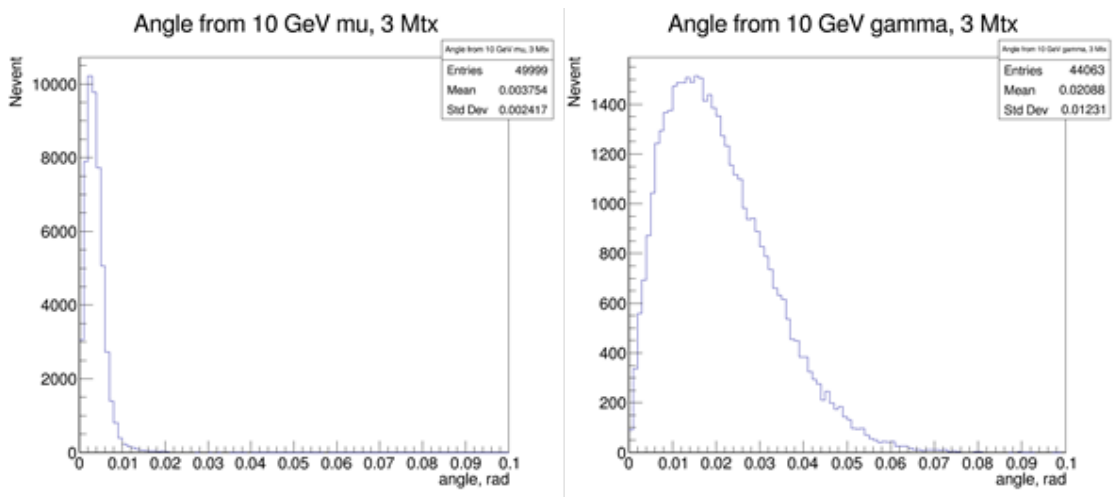


исунок 1 – ема ек рома ни но о и адронно о ка ориме ров ксперимен а [1] с координа но- увс ви е н ми с о ми.

и на о одино н ас иц в де ек оре смодерирован при помо и енера ора GEANT4 [2] д ас иц е р ипов м он зар енн епион ек рон и амма-кван . о по у енн м си на ам неско кими ме одами проводи с иден ификации ас иц. ак е предпо а ае с оцени возмо нос восс анов ени раек ории ас иц в де ек оре и вер ину взаимодейс ви и и распада по координа ам цен ров масс си на ов в .

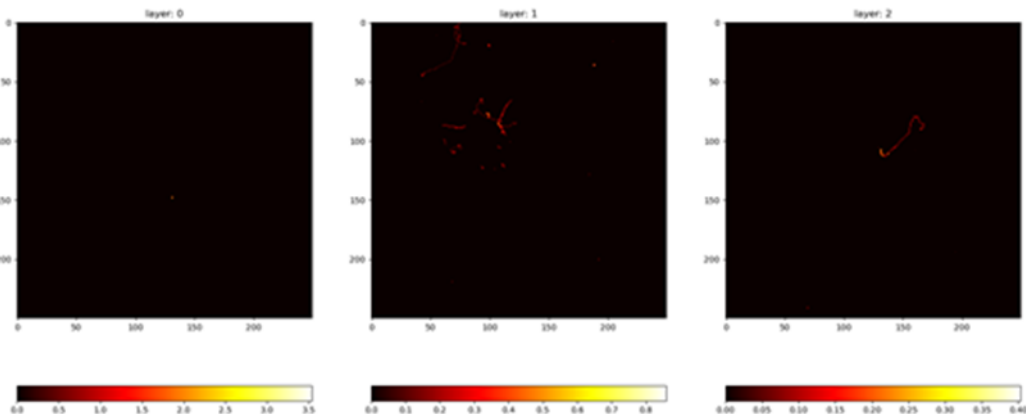
ек рон и амма-кван в ве ес ве веду се по о им о разом созда ек рома ни н й ивен . Однако ивен о амма-кван а на инае с неско ко поз е ивн о ек рона. о ому иден ификации ек ронов и амма-кван ов проиоди на основе ана иза арак ерис ик ек рома ни но о ивн и опреде ени цен ров ес и си на а в неско ки .

о координа ам цен ров ес и при извес н по о ени в де ек оре мо но най и у о под ко ор м дви ес цен р ес и о с о к с о . о у о и испо зуе с в ка ес ве оценок направ ени . ри енерации д все ас иц задан у о . радус. аспреде ени по у енн у ов д м онов и амма-кван ов показан на рис. 2.



исунок – Оценка у а дви ени м она с е ва и амма-кван а справа

идентификации все типов ас иц примен е с а ори м нейронной се и. Ана изируем й си на предс ав е со ой мно ос ойное изо ра ение де ка дому соо ве с вуе один из с о в см. рис. 3. у ес ву ме од о ра о ки аки изо ра ений при помо и нейронной се и д опреде ени изо ра нн на ни о ек ов. данной ра о е и ме од адап ирован д зада и опреде ени ипов ас иц. спо зована с ема св р о ной нейронной се и с о а с описанной в ра о е 3].



исунок 3 — пример си на а о пиона в ре . ркос и пиксе а соо ве с вуе нер ов де ение в ейке.

ейронна се сос ои из неско ки св р о н оков см. рис. . Макропараме р ка до о ока размер дра а св р ки ко и ес во нейронов и .д. в ира с по о де нос и как и и ко и ес во. ос е применени все оков данн е о ра а ва с двум по носв зн ми с о ми.

Схема нейросети

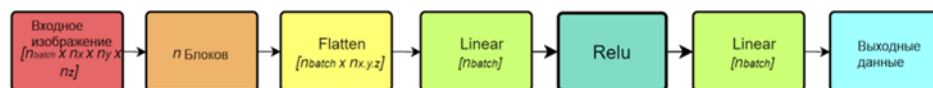
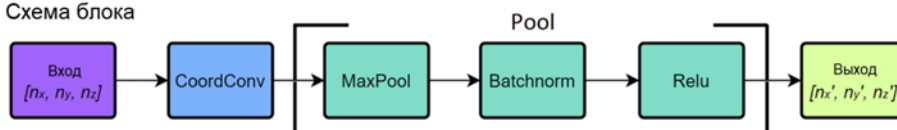


Схема блока



исунок 4 - ема нейронной се и.

ерв е по о у ени на данн о м она и пиона у е показа и неп о у о нос иден ификации а ори м опреде е вид ас иц верно в 2,7 с у аев. ри а е ном под оре макропараме ров нейронной се и а ак е при у у ении предвари е ной о ра о ки данн о нос а ори ма мо е уве и ена. ак е возмо но е о применение ез су ес венн изменений д иден ификации ас иц дру и ипов например ней рино разн арома ов.

1. Ahdida, C., Akmete, A., Albanese, R. et al. The SHiP experiment at the proposed CERN SPS Beam Dump Facility. Eur. Phys. J. C 82, 486 (2022). <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-022-10346-5>
2. Geant4 - A Simulation Toolkit, S. Agostinelli et al., Nucl. Instrum. Meth. A 506 (2003) 250-303
3. A machine learning algorithm for energy reconstruction and binary classification of elastic and inelastic neutrino scattering events at the SND@LHC, Helena Cobussen, Joyce Gerarda, <https://cds.cern.ch/record/2803850>
4. An intriguing failing of convolutional neural networks and the CoordConv solution, Rosanne Liu, Joel Lehman, arXiv:1807.03247
5. Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift, Sergey Ioffe, Christian Szegedy, arXiv:1502.03167v3

КВАЗИСФЕРИЧЕСКИЙ ОПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ КСМ-6М ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЧЕРЕНКОВСКОГО ВОДНОГО КАЛОРИМЕТРА НЕВОД

А. Кареникова*, . . . Киндин, . . . Ов

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Каширское ш., 31, Москва, Россия

*E-mail: TAAkaretnikova@mephi.ru

при изучении космических лучей во многих экспериментах при энергиях в 10^{17} [1,2] на даем с из окко и ес ва м онов наз ваем й м онной за адкой» [3,4]. а даем й в де ек ора по ок м онов о разовав и с в а мосфере, прев ае еоре и еские рас е . понимани возникновени из кам онов нео одимо о но опреде и ко и ес во и соо ве с венно и нер ов де ение. о ому де ек ор до н о ада оро ими ка ориме ри ескими свойс вами. ре ени аки зада в ксперимен а ном комп ексе О М создае с де ек ор К и проводи с модернизаци еренковского водно о ка ориме ра К .

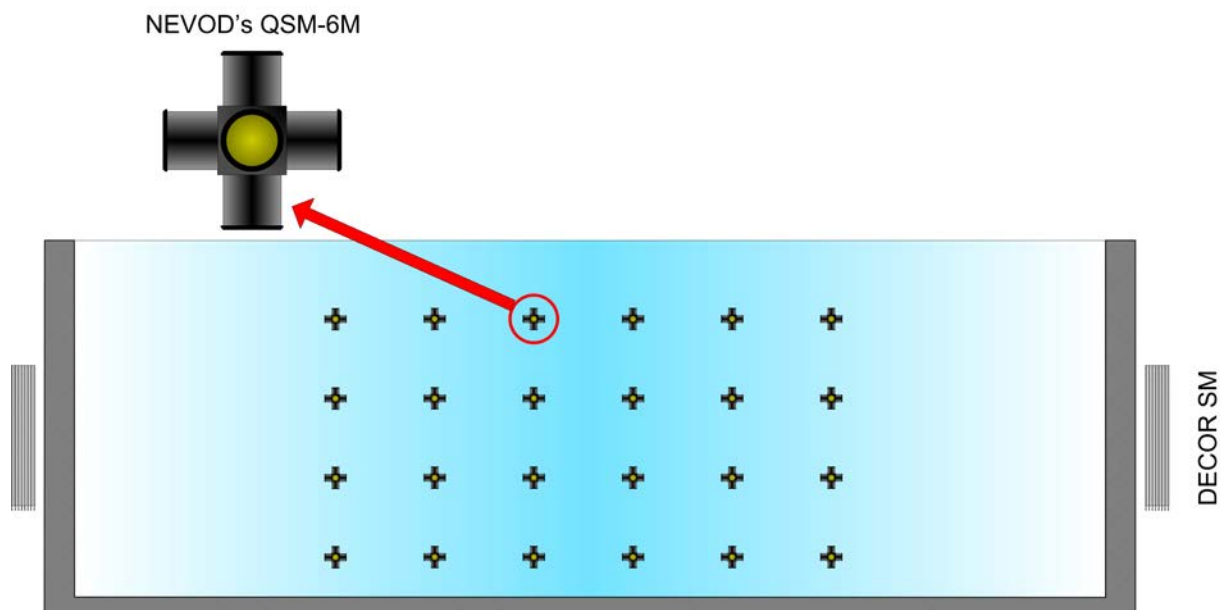
К О – де ек ор на повер нос и ем и предназна енн й д исс едовани все основн компонен космическ у ей [5]. е ек ор предс ав е со ой резервуар напо ненн й водой о емом м^3 вну ри ко оро о распо о ена прос ранс венна де ек иру а ре е ка из квазисферическ моду ей К М-6 с фо оумно и е ми - 200. Ка ориме ри еские свойс ва К О опреде с п о нос де ек иру и емен ов с рук урой и распо о ени а ак е свойс вами сами де ек иру и емен ов.

нас о ее врем веду с ра о по модернизации К О в ом ис е с уве и ением ффек ивно о ре ис риру е о о ема с до м^3 . о о уду создан допо ни е н е п оскос и на основе квазисферическ оп и еск моду ей К М- М с фо оумно и е ми Hamamatsu R877. а рис. показан оп и еский моду К М- М.



ис. . Оп и еский квазисферическ моду К М- М.

ема прос ранс венной де ек иру ей ре е ки К О пос е модернизации предс ав ена на рис. .



ис. . рос ранс венна де ек иру а ре е ка К О пос е модернизации.

док аде привод с резу а ес ировани моду К М- М в воде в е ение
мес цев а ак е резу а ана иза о к ика в со и с одино н ми м онами и
мно о ас и н со и .

1. V. Avati et al. Cosmic multi-muon events observed in the underground CERN-LEP tunnel with the ALEPH experiment // Astropart. Phys. 2003. V. 19, 513-523.
2. J. Abdallah et al. Study of multi-muon bundles in cosmic ray showers detected with the DELPHI detector at LEP // Astropart. Phys. 2007. V. 28, 273-286.
3. A. A. Petrukhin. Muon puzzle in cosmic ray experiments and its possible solution // Nucl. Instr. And Meth. 2014. A 742, 228-231.
4. А. А. е ру ин А. . о данов . . Кокоу ин. М он косми ески у ей в соки и свер в соки нер ий изика емен арн ас иц и а омно о дра. . . . п. 4, 1124-1147
5. ксперимен а н й комп екс О моно рафи под ред. д-ра физ.-ма . наук А. А. е ру ина канд. физ.-ма . наук . . о ова. М. М . с.

УЧЕТ КУЛОНОВСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РЕДКИХ РАСПАДАХ В-МЕЗОНОВ

. . Мануков^{1,2} . . Икин^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: manukhov.2000@mail.ru

на сегодняшний день редкие по угловому моменту и сверхредкие по спину распады В-мезонов активно изучаются на ускорителях [1], CMS[2] и ATLAS [3] с помощью адронно-колейдерных установок LHC [4]. На сегодняшний день распад $B_{s,d} \rightarrow h^0 l^+ l^-$ достаточно хорошо изучен теоретически в рамках стандартной модели и ее расширений и измерен экспериментально [5].

Однако известное соотношение распадов между экспериментальными и теоретическими результатами. Это соотношение можно проверить с помощью эффекта угловой асимметрии неупругого рассеяния и сам по себе имеет отношение к распадам с угловым моментом и теоретическим и экспериментальным предсказаниям для парциальной ширины распада и углового момента распадов.

Особое значение имеет угловое распределение производных изменений процедур в ориентации квантования. Это связано с тем, что поперечным нам известно с помощью уравнения Шредингера в кулоновском потенциале адронного производного кулоновского взаимодействия между заряженными частицами. В данный момент имеет место только подод Кратера-Адама [6,7] для релятивистски-инвариантного уравнения кулоновского взаимодействия скалярных асимптот. Это дает предсказание для кулоновской поправки при распаде нейтральной скалярной асимптоты на два заряженных скаляра $H \rightarrow S^+ S^-$:

$$K^{(Crater)} = \frac{\Gamma_{H \rightarrow S^+ S^-}^{(Coulomb)}}{\Gamma_{H \rightarrow S^+ S^-}^{(free)}} = \left| \frac{\Gamma \left(\sqrt{\frac{1}{4} - \alpha_{em}^2} + \frac{1}{2} + i \frac{\alpha_{em}}{v} \right)}{\Gamma \left(2 \sqrt{\frac{1}{4} - \alpha_{em}^2} + 1 \right)} \right|^2 \cdot \exp \left(\frac{\pi \alpha_{em}}{v} \right),$$

где $\Gamma(x)$ – гамма-функция, v – скорость асимптоты, α_{em} – константа электромагнитного взаимодействия (в системе единиц $\hbar = c = 1$), $\alpha_{em} \approx 1/137$ – постоянная тонкой структуры. Это показано для распада нейтральной скалярной асимптоты на два заряженных скаляра, парциальная ширина вращательного момента $J=0$ меньше чем на процент и асимметрия парциальной ширины по угловому моменту не проследима от арри[8]. Это дает закон для вращательного момента поперечным нам для каждого скаляра вращательное соотношение по релятивистским уравнениям Клейна-Гордона $\Psi_n(x)$ с кулоновским потенциалом:

$$S(x) = \sum_n \int \frac{d^3 p}{(2\pi)^3} \frac{1}{\sqrt{2\varepsilon_n}} \left(a_n \Psi_n^{(+)}(x) e^{-i\varepsilon_n^{(+)} t} + b_n^\dagger \Psi_n^{(-)}(x) e^{+i\varepsilon_n^{(-)} t} \right)$$

$$S^*(x) = \sum_n \int \frac{d^3p}{(2\pi)^3} \frac{1}{\sqrt{2\varepsilon_n}} \left(a_n^\dagger \Psi_n^{*(+)}(x) e^{+i\varepsilon_n^{(+)}t} + b_n \Psi_n^{*(-)}(x) e^{-i\varepsilon_n^{(-)}t} \right)$$

Ма ое раз и ие ме ду ме одами ари и Кра ера- азд ана д ска рн ас иц позво и о сде а предпо о ение о ме од ари мо но испо зова и в распада с у ас ием фермионов. рименение данно о предпо о ени к распадам $B_s^0 \rightarrow e^+e^-$, $B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ показа о о раз и ие ме ду предсказани ми андар ной моде и и ксперимен ом умен и ос на . из . ис одно о рас о дени . ак е по у ена ку оновска поправка к распадам $B^0 \rightarrow e^+e^-$, $B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ и .д. форму ирован о ий рецепт позво ий у и ва ку оновское взаимодейс вие в распада ко ор е в коне ном сос о нии име пару зар енн еп онов:

$$\langle l^+l^- | \bar{l}(x) O l(x) | 0 \rangle \xrightarrow{Coulomb} \langle l^+l^- | \bar{l}(x) O l(x) | 0 \rangle \frac{\Gamma\left(1 - i\alpha_{em} \frac{\varepsilon_l}{2p_l}\right)}{\Gamma\left(1 + i\alpha_{em} \frac{\varepsilon_l}{2p_l}\right)} \exp\left(\frac{\pi\alpha_{em}\varepsilon_l}{2p_l}\right),$$

де O – произво н й опера ор, предс ав ий из се инейну ком инаци γ -ма риц ε_l, p_l – нер и и импу с зар енн о еп она в сис еме поко l^+l^- -пар . о резу а амра о о ови с са .

1. R. Aaij *et al.* (LHCb Collaboration). Measurement of the $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ а с ас о and effective lifetime and search for $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ decays. // Physical Review Letters, May 2017.
2. W. Adam *et al.* (CMS Collaboration). Measurement of properties of $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ decays and search for $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ with the cms experiment. // Journal of High Energy Physics, Apr 2020.
3. M. Aaboud *et al.* (ATLAS Collaboration) Study of the rare decays of B_s^0 and B^0 mesons into muon pairs using data collected during 2015 and 2016 with the ATLAS detector. // Journal of High Energy Physics, Apr 2019.
4. . . e *et al.* (Belle Collaboration), Measurement of the Differential Branching Fraction and Forward-Backward Asymmetry for . // Journal of High Energy Physics, 10 March 2021
5. R. L. Workman *et al.* (Particle Data Group). Review of Particle Physics. // Progress of Theoretical and Experimental Physics, August 2022.
6. H. Crater and P. V. Alstine. Two-body dirac equations. // Annals of Physics, 1983.
7. H. Sazdjian. Relativistic wave equations for the dynamics of two interacting particles. // Phys.Rev. D, Jun 1986.
8. W. H. Furry, On Bound States and Scattering in Positron Theory, // Phys. Rev., January 1951

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ РОЖДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ КВАРКОВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРОТОНОВ ПРИ ЭНЕРГИИ 13 ТЭВ

. А. Ко ер ин . . мирнова

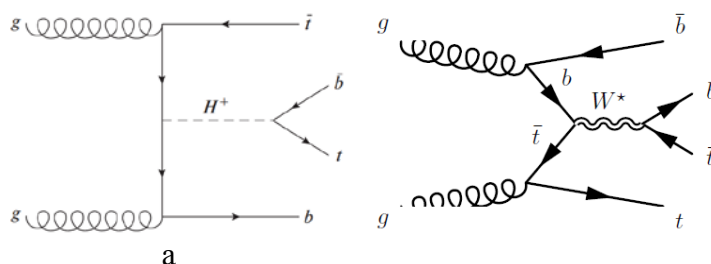
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

E-mail: iliya_kochergin@mail.ru

момен а о кр и озона и са мно ес венн е исс едовани под вер да со асие со андар ной моде (М однако она все е имее вну ренние про ем и незакр е вопрос . ро емой проверки и о нару ени новой физики, рас ир ей М в е с о ен низка веро нос со ий ро дени нов ас иц и с о нос и иден ификации. акуп енн е данн е на о ом адронном ко айidere за в орой период е о ра о Run2) с ин е ра ной све имос ф⁻¹ при нер ии соударени про онов 13 позво ус анови о рани ени д масс и се ений ро дени нов ас иц в р де моде ей новой физики. нас о ее врем фек ивнос ако о поиска возрас ае за с е примени нов ме одов о ра о ки о о о ис а данн вк а и нейронн е се и и мно опеременн е ме од ана иза. резу а е примени и ме одов измерен се ени процессов М с одновременн м ро дением неско ки массивн ас иц се ени ко ор на од с на уровне дес ков и со ен фем о арн. ас е се ений и процессов М в по н с на уровне в соки пор дков еории возму ений кван овой ромодинамики К и ек рос а взаимодейс вий .

К наи о ее ин ересн м резу а ам аки измерений д соударений про онов в е с измерение се ений ро дени е ре оп кварков $t\bar{t}\bar{t}\bar{t}$ и ре W озонов]. змеренн е се ени сос ав ф д $t\bar{t}\bar{t}\bar{t}$. ф д WWW в де ек оре ATLAS, . ф д $t\bar{t}\bar{t}\bar{t}$ в де ек оре CMS и со асу с с предсказани ми М в рамка по ре нос ей. овмес ное ро дение аки массивн ас иц как оп кварки и и W озон , дае возмо нос измерени процессов ко ор е при пр мом в де ении замаскирован о им уровнем фонов со ий. примером в е с измерение ро дени озона и са М с массой в сопрово дении пар t -кварков при е о распаде на два b кварка $H \rightarrow b\bar{b}$ [4].

де ение раз и н ком инаций массивн ас иц например сос о ний с ро дением пар кварков ре е о поко ени $t\bar{t}b\bar{b}$, дае возмо нос провес и поиск нов ас иц в виде резонансн сос о ний вну ри акой сис ем . акими сос о ни ми мо у воз у денн е Z' и и W' озон [5, 6 и и, например ипо е и еский зар енн й и совский озон H^+ [7 о идаем й в моде суперсимме рии. а рисунке показана фейнмановска диа рамма идиру е о пор дка ро дени аки нов ас иц в сопрово дении е кварков и с пос еду им распадом на кварки ре е о поко ени .



ис. . иа рамма ейнмана идиру е о пор дка д о разовани е ой ас иц а H^+ и W^* совмес но с t -ан икварком и b -кварком и распадом на t -кварк и b -ан икварк.

поиска возможно си на онов ас иц например W^* с распадом на $t\bar{b}$, ва н м апом в е с моде ирование процессов М привод и к распадаемому коне ному сос о ни . Конечное сос о ние $t\bar{t}b\bar{b}$ в ксперименте мо но ара еризова ко и ес вом адронн с руй и ис ом с руй среди ни о разованн $b(\bar{b})$ кварком.

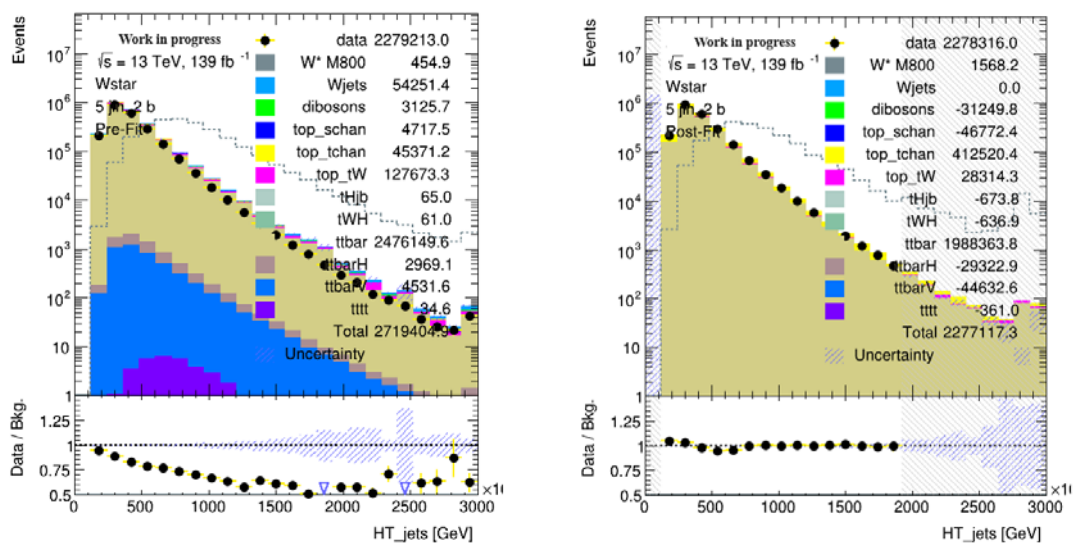
роверкой соо ве с ви резу а ов моде ирования ксперименту в е с со асие моде н и кспериментан распре ений по в ранн м переменн м в кон ро н о ас ана иза. акой кон ро ной о ас д распадаем о сос о ни в с со и с ро дением с руй две из ко ор о разован б кварками и о озна аемо о как 5j2b. роцессами М д ко ор в по нено моде ирование в с ро дение коне н сос о ний $t\bar{t}$, $t\bar{t}H$, $t\bar{t}V$, $t\bar{t}W$, tWH , $tHjb$, W -с руй и дру и .

с одн е несовер енс ва Мон е-Кар о енера оров компенсиру с введением весов и нормировкой моде ированн данн . а рисунке приведен распре ени по одной из ва ней и переменн H_T д кон ро ной о ас и до (рис. а и пос е рис.

осу е св ени нормировки пос роенн е с помо про рамм TRExFitter[8].

оказано о пос е мно ос упен а о о о ра и процедур перевзв еивани основной вк ад в фонов е со и д ассоциированно о ро дени е озонов вноси роцесс ро дени пар оп кварков $t\bar{t}$. дов е вори е ное описание кспериментан о о распре ени показ вае о моде ированн е распре ени мо у испо зован д в де ени резонансн сос о ний.

спо зование переменной H_T оказ вае с ффек ивн м д иден ификации коне н сос о ний. е и ина H_T равна ска рной сумме попере н нер ий импу сов в ранн о ек ов коне но о сос о ни в распадаемом с у ае о адронн е с руй j и переменна $H_{T,jets}$. Мо но о ме и о в с у ае ро дени новой ас иц на поро е с со с венн м попере н м импу сом равн м ну переменна H_T опреде е попере ну массу резонансно о сос о ни .



(а)

ис. . аспре ение $H_{T,jets}$ д моде ированн со ий в сравнении с реа н ми данн ми до а и пос е процедур нормировки в кон ро ной о ас и с руй с -м b -с ру ми в ана изе по поиску W^* озонов.

применением указанн ме одов в ра о е 9] по у ен раниц д се ений H^+ при разн зна ени масс H^+ на уровне дос овернос и. ис енн е зна ени вер ней раниц се ени ро дени H^+ с пос еду им распадом $H^+ \rightarrow t\bar{b}$ сос ав 3.6 п н при массе $m_{H^+} = 200$ ГэВ и . п н при $m_{H^+} = 2$ ТэВ. нас о ее врем проводи с ана из по поиску век орн озонов W^* [10] с испо зованием с о е о а ори ма о ора со ий д опреде ени раниц се ени при масса W^* о до

- . ATLAS Collaboration, JHEP 11 (2021) 118; arXiv:2106.11683
- . CMS Collaboration, Eur. Phys. J. C (2020) 75, arXiv: 1908.06463
- . ATLAS Collaboration, Phys. Rev. Lett. 129 (2022) 061803, arXiv: 2201.13045; Phys. Lett. B 798 (2019) 134913, arXiv: 1903.10415
- . ATLAS Collaboration, JHEP 06 (2022) 97; arXiv:2111.06712
- . ATLAS Collaboration, Phys. Rev. D 105 (2022) 012001; arXiv:2108.09059; Phys. Lett B 743 (2015) 235; arXiv:1410.4103
- . ATLAS Collaboration, Eur. Phys. J. C 75 (2015) 165; arXiv:1408.0886
- . ATLAS Collaboration, JHEP 06 (2021) 145; arXiv:2102.10076; JHEP 11 (2018) 085; arXiv:1808.03599
- . TRExFitter — <https://gitlab.cern.ch/TRExStats/TRExFitter>
- . ATLAS Collab., JHEP 2106, 145 (2021); arXiv: 2102.10076
- . M. V. Chizhov, V. A. Bednyakov, and J. A. Budagov, Phys. At. Nucl. 75, 90 (2012); arXiv: 1010.2648 [hep-ph]

МАСШТАБИРОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ π^0 МЕЗОНОВ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ЯДЕР МЕДИ И ЗОЛОТА ПРИ ЭНЕРГИИ 200 ГЭВ

В. В. Банников, А. А. Ердников, О. Коков, М. Миранков, М. М. Миранкова,
М. Арионова, А. Езенов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ),
Санкт-Петербург, Россия

E-mail: bannikov.e@edu.spbstu.ru

Исследованы условия рождения и кинематические характеристики мезонов в столкновениях кварков и глюонов [1].

Одной из измеренных в эксперименте характеристик, которая широко используется для описания свойств K в зависимости от азимутального аннизотропного параметра v_2 [2]. Впервые исследована зависимость азимутального аннизотропного параметра v_2 от поперечного импульса ($p_T < 5$ ГэВ) основной вклад в азимутальный аннизотропный процесс основан на гидродинамической модели K [5]. При $p_T > 5$ ГэВ в мезонизме развивается ипсилон-состояние, доминирующее при энергиях паронов [6].

Кинематическая оценка азимутального аннизотропного параметра v_2 в импульсном пространстве используется ипсилон-состояние (v_2) [7]. Измерение и масштабирование значений ипсилон-состояний по оков v_2 позволяет изучать мезонизм развития аннизотропии. Масштабированием в данной работе понимается явление, при котором ипсилон-состояние v_2 совпадает с v_2 мезонов, например, на кинематическом уровне кварков v_2 и адрон n_q .

Ипсилон-состояния π^0 мезонов в симметричных столкновениях ядер и измерены ранее [8] по формуле в данной работе анализируются значения v_2 в системе асимметрии столкновений $Cu+Au$ при энергиях столкновения. Интересно, что масштабирование по v_2 значений v_2 на кинематическом уровне кварков, совпадает с v_2 адрон приводит к независимости ипсилон-состояния v_2/n_q от сорта адрона $\pi^0, \pi^\pm, p/\bar{p}$ [9] что свидетельствует о возможном образовании ипсилон-состояния на кварковом уровне. Обнаруженное совпадение значений v_2/n_q в асимметрии поперечного импульса совпадает с процессом коаэсценции кварков в рамках гидродинамической модели K [10]. Масштабирование измеренных значений ипсилон-состояний v_2 мезонов на кинематическом уровне ядерных асимметрий (ε_2) и на кинематическом уровне ($N_{уч}^{1/3}$) приводит к совпадению масштабированных значений v_2 во всех кинематических центрах. Значения $v_2/\varepsilon_2 N_{уч}^{1/3}$ в столкновениях $Cu+Au$ совпадают с ранее измеренными значениями в симметричной системе $Au+Au$ [8]. Совпадение значений $v_2/\varepsilon_2 N_{уч}^{1/3}$ в разных кинематических центрах и в разных системах столкновений может указывать на независимость масштабированных значений ипсилон-состояний от размеров и начальной геометрии системы столкновения. Как отмечено ранее, охватывающий поперечный импульс ($p_T > 5$ ГэВ) измеренных значений v_2 охватывает область, где доминирует рождение ипсилон-состояний паронов в развитии ипсилон-состояния при p_T .

1. S. A. Bass, M. Gyulassy, H. Stoecker, and W. Greiner, J. Phys. G 25, R1 (1999).
2. Voloshin, S., Zhang, Y. Flow study in relativistic nuclear collisions by Fourier expansion of azimuthal particle distributions. Z Phys C - Particles and Fields 70, 665–671 (1996).
3. S. A. Bass and A. Dumitru, Phys. Rev. C 61, 064909 (2000).
4. P. F. Kolb, P. Huovinen, U. W. Heinz, and H. Heiselberg, Phys. Lett. B 500, 232 (2001).
5. Teaney, Derek A., Jérôme Lauret and Edward V. Shuryak. “A Hydrodynamic Description of Heavy Ion Collisions at the SPS and RHIC.” (2001).
6. M. Oldenburg. (2002). Recent Results from STAR. 14th Topical Conference on Hadron Collider Physics (HCP 2002) (pp. 215-221)
7. P. Sorensen. (2010). Elliptic Flow: A Study of Space-Momentum Correlations in Relativistic Nuclear Collisions. Quark-gluon plasma 4 (pp. 323-374).
8. A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), Phys. Rev. C 88, 064910 (2013)
9. A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), Phys. Rev. C 94, 054910 (2016)
10. S. A. Voloshin, Nucl. Phys. A715, 379 (2003)

МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ИДЕНТИФИЦИРУЕМЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ АДРОНОВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ИОНОВ

М. Дашалариева, А. Сердюков, О. Колосов, М. Миланков,
А. Анников, А. Шевченко

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», ул. Политехническая,
д. 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия

E-mail: dashalarieva@gmail.com

Известно, что в перекрывающейся кварк-глюонной плазме КГП [1] в состоянии адронизации называемой адронизацией КГП в естественном процессе вселенной естественное описание в естественной резонансной задаче [2]. В настоящее время процесс адронизации принято описывать с помощью модели рекомбинации [2, 3] и модели фрагментации [4, 5]. Определение параметров данной модели осуществляется с помощью аппроксимации экспериментальных данных [3].

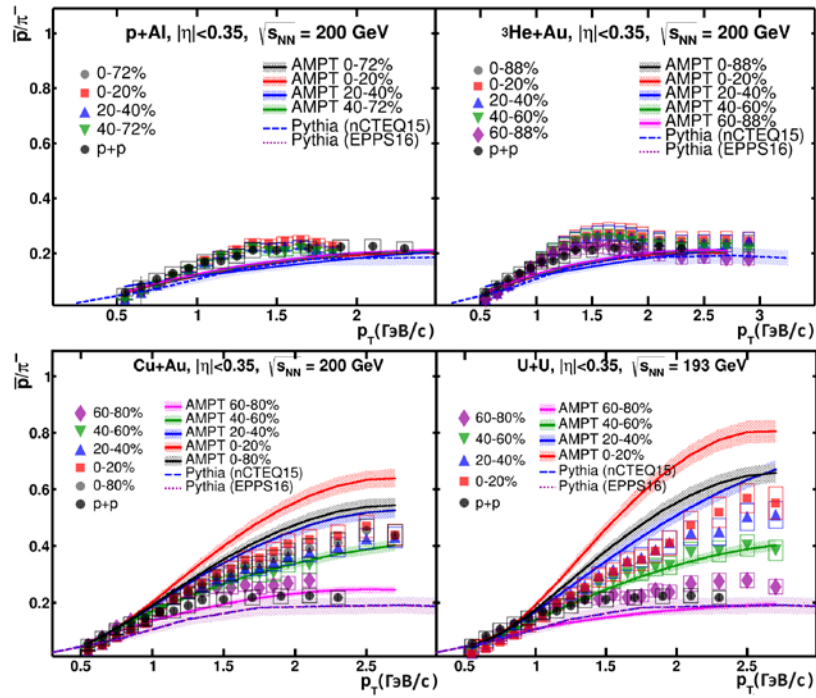
К основным успехам модели рекомбинации относится описание эффекта усиления в одах арионов в столкновении релятивистских ионов по сравнению с $p+p$ столкновениями, с помощью признаком формирования КГП [2, 6]. Одной из измеренных величин с помощью корреляционной функции эффекта усиления в одах арионов в естественном описании в одах протонов анипротонных кварковых одах π^+ (π^-) мезонов, обозначаемое как p/π^+ ($\bar{p}/\pi^-$) [2, 6]. В последнее время известны измерения $\bar{p}/\pi^-$ измеренных в столкновении релятивистских ионов и известны измерения $\bar{p}/\pi^-$, измеренных в $p+p$ столкновении, если не брать во внимание эффект усиления в одах арионов.

В данной работе в поперечном анализе величин p/π^+ ($\bar{p}/\pi^-$), ранее измеренных авторами данной работы в эксперименте PHENIX [7] в столкновении $p+Al$, ^3He+Au , $Cu+Au$ при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 200$ и в $U+U$ столкновении при $\sqrt{s_{NN}} =$ [8-11]. Анализ экспериментальных данных проведен путем сравнения с расчетами в рамках модели рекомбинации реализованной в пакете AMPT [3], и модели фрагментации реализованной в пакете PYTHIA/ANGANTYR [5] рис. .

с ановено о

1. Предсказаны значения $\bar{p}/\pi^-$, фрагментационной модели во всей системе столкновений $p+Al$, ^3He+Au , $Cu+Au$, $U+U$) оказывающиеся из кинеза поперечных в $p+p$ столкновении.
2. Рекомбинационная модель позволяет качественно и естественно описать значения $\bar{p}/\pi^-$, на данный момент экспериментальные значения в системе столкновений ($Cu+Au$, $U+U$ столкновения) как независимы от значений энергии.
3. Величина $\bar{p}/\pi^-$ поперечная с помощью рекомбинационной модели не совпадает с экспериментальными измерениями.
4. Если система столкновений значения $\bar{p}/\pi^-$ поперечная с помощью рекомбинационной модели совпадает с предсказанной моделью фрагментации.

На основе вышеизложенного в работе показано, что механизм рекомбинации вносит определенную вклад в образование заряженных адронов в столкновении в системе ($Cu+Au$, $U+U$ в отличие как в системе столкновений $p+Al$, ^3He+Au преобладает фрагментационный механизм адронизации.



ис. 1. Сравнение экспериментальных измерений значений $\bar{p}/\pi^-$ с расчетами в модели в рамках модели рекомбинации, реализованной в пакете AMPT [4] и модели фрагментации, реализованной в пакете A/AANGANTYR [7].

1. Махов В. В. Анализ условий возникновения неравновесной кварк-глюонной плазмы. препринт ОИЯИ-2002-180. 2002. 25.
2. Fries R., Greco V., Sorensen P. Coalescence Models for Hadron Formation from Quark-Gluon Plasma // Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 2008. V. 58. 177-205.
3. Lin Z.-W., Ko C. M., Li B.-A., Zhang B., Pal S. A Multi-Phase Transport Model for Relativistic Heavy Ion Collisions // Phys.Rev.C 2005. V. 72. 064901
4. Andersson B., Gustafson G., Ingelman G., Sjöstrand T. Parton fragmentation and string dynamics // Physics Reports 1983. V. 97. No. 2–3. 31-145
5. Bierlich C., Gustafson G., Lönnblad L., Shah H. The Angantyr model for Heavy-Ion Collisions in PYTHIA8. // J. High Energ. Phys. 2018. No. 134
6. Adare A. et al. (PHENIX Collab.) Spectra and ratios of identified particles in Au+Au and d+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV // Phys. Rev. C. 2013. V. 88. 024906
7. Adox K. et al. (PHENIX Collab.) PHENIX detector overview // Nucl. Instrum. Meth. A. 2005. V. 499 469
8. D. Larionova, Berdnikov Y., Berdnikov A., Kotov D. (for the PHENIX Collaboration) Charged Hadron Production in Cu+Au Collisions at 200 GeV in the PHENIX Experiment // Physics of Particles and Nuclei 2022.V. 2., No. 53. 261—264.
9. D. Larionova, Berdnikov Y., Berdnikov A., Kotov D. (for the PHENIX Collaboration) Comparative analysis of proton production as a function of quark content and collision geometry // Journal of Physics: Conference Series 2020. V. 1697. No. 1. 012140
10. D. Larionova, Berdnikov Y., Berdnikov A., Kotov D. (for the PHENIX Collaboration) Influence of quark content and collision geometry on proton production in heavy ion collisions // Journal of Physics: Conference Series 2020. V. 1690 No.1, 012115
11. D. Larionova, Berdnikov Y., Berdnikov A., Kotov D. (for the PHENIX Collaboration) PHENIX Results on Hadron Production in Large Collision Systems // Moscow University Physics Bulletin 2022. V. 77. 232—233.

ПРЕДСКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ АЗИМУТАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В РЕЛЯТИВИСТСКИХ СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР В МОДЕЛИ HYDJET++ И ЭКСПЕРИМЕНТЕ CMS (LHC)

Д. А. Мухомов¹ . . . Е. Руанко²

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: danila.myagkov.msu@mail.ru

Изучение свойств адронной материи в физике высоких энергий давно применено с использованием релятивистских соударений тяжелых ионов. Подход к эксперименту, например в эксперименте Компактного ионного соеида CMS) на Большом Адронном Коллайдере в соударении тяжелых ионов, дает возможность исследовать условия образования кварк-глюонной плазмы. К изучению различных способов образования азимутальной зависимости анизотропии асимметричного разброса в результате адронизации К.

Результаты исследований на установке коллайдера Мохикана уже опубликованы в научной литературе по физике тяжелых ионов. В настоящее время подробно рассматриваются способы распада на два вершины – азимутально поперечные – а также анализируются поперечные зависимости при различных энергиях. Кроме того, в настоящее время на БАК в рамках первого сеанса Run 2 планируется проведение экспериментов с новыми видами ионами коллайдера, что покажет принципиально новые результаты.

Анализ столкновений е–е при различных значениях центра масс на паре нуклонов NN. В эксперименте М и измерены значения v_2 , v_3 и квадратура v_4 а также проведено и сравнение аналогичных величин в соударении – изотропией 5.02 для центра масс $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ – до $\sqrt{s_{NN}} = 5.36$ TeV [4]. Анализ поперечных зависимостей проводится, например, в $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV.

В рамках Монте-Карло модели HYDJET++ [9] включены все комбинации двух независимых компонент гидродинамического давления и температуры асимметричного сдвига адронов с учетом эффекта асимметрии из-за перекрестных взаимодействий в поперечной среде. Анализ проведенного моделирования рождений асимметрии в соударении е–е при различных значениях $\sqrt{s_{NN}}$ и Pb–Pb при $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV [10] а также при $\sqrt{s_{NN}} = 5.36$ TeV. Кроме того, проведено аналогичное моделирование для систем O–O при различных значениях $\sqrt{s_{NN}}$ и $\sqrt{s_{NN}} = 6.8$ TeV, которое на данный момент носит предсказательный характер (подход к эксперименту на БАК на одних и тех же параметрах). Отметим, что результаты генерации тяжелых ионов ксенона в модели HYDJET++ описаны аналогично с рассмотренным ранее свинцом и ксеноном. Интерпретация идей по данной разнице между моделями поперечных результатов также предсказана асимметричными результатами.

1. S. Chatrchyan et al. (CMS Collaboration). The CMS experiment at the CERN LHC // J. Instrum. 2008. No. 3, S08004.
2. CMS Collaboration. CMS heavy-ion physics publications <http://cms-results.web.cern.ch/cms-results/public-results/publications/HIN/>
3. A. M. Sirunyan et al. (CMS Collaboration). Charged-particle angular correlations in XeXe collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$ TeV // Phys. Rev. C 2019. V. 100, 044902.
4. S. Chatrchyan et al. (CMS Collaboration). Measurement of higher-order harmonic azimuthal anisotropy in XeXe collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV // Phys. Rev. C 2013. V. 89, 044906.
5. G. Giacalone, J. Noronha-Hostler, M. Luzum, J.-Y. Ollitrault. Hydrodynamic predictions for 5.44 TeV Xe+Xe collisions // Phys. Rev. C 2018. V. 97, 034904.
6. G. Eyyubova, V. Korotkikh, A. Snigirev, E. Zabrodin. Eccentricities, fluctuations and A-dependence of elliptic and triangular flows in heavy-ion collisions // J. of Phys. G 2021. V. 48, No. 9, 095101.
7. S. Pandey, B. K. Singh. Anisotropic flow and correlations between azimuthal anisotropy Fourier harmonics in Xe–Xe collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$ TeV under HYDJET++ framework // arXiv:2107.01880. 2021.
8. S. Pandey, B.K. Singh. Transverse momentum spectra and suppression of charged hadrons in deformed Xe–Xe collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$ TeV using HYDJET++ model // arXiv:2210.08527. 2022.
9. I. P. Lokhtin, L. V. Malinina, S. V. Petrushanko, A. M. Snigirev, I. Arsene, K. Tywoniuk. Heavy ion event generator HYDJET++ (HYDrodynamics plus JETs) // Comput. Phys. Commun. 2009. V. 180, 779.
10. А. М. Ковалев, С. В. Петрушенко. Импакт-эскимированный унитарный подход к заряду и асимметрии в реакциях с участием тяжелых ионов в модели и ксперименте М. ен. зап. физ. фак-а Моск. ун-а. 2023.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ НА КАУЗАЛЬНЫХ МНОЖЕСТВАХ В АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ И АКСИОМАТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИЯХ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ

УДКОВ . . .

Государственный университет Дубна, Дубна, Россия

ов й ма ема и еский аппара пред о енн й в данной ра о е и вк а ий в се емен раз и н ин ерпре аций кван овой еории по не инейну динамику и р-адди еску физику, позво е ре и про ему пос роени непро иворе ивой еории описани компак но-поро денн оризон ов Ко и, век орной доминан нос и нер ии Арнови а- е- и а-Мизнера и дру и у раре ивис ски ффек ов

Результаты:

1. ведено пон ие рас иренной ока нос и о а но ипер о и ески мно ес в пу ем введени скр о о параме ра с .

. Опреде ен кри ерий пос роени се и $R(O)$ из семейс ва к ейки мно ес в на морановской с рук уре.

Аксиома ика принципа при иннос и в аксиома и еской К задае с с еду им о разом

* унк . опо нение мно ес ва про о о. редпо о ение

$$1: \text{Int}I^+(q)\text{Int}I_j\overline{\text{CInt}I^-(p)\text{CInt}I^+(p)} \text{ с едова е но } \text{Int}I_o^+(P)\text{CI}^-(q)$$

$$* \text{Int}I^+(q)\overline{\text{Int}I(p)}\text{Int}I_j\text{CInt}I^-(p)\text{CInt}I(p) =$$

$$\text{Int}I^+(q)\overline{\text{Int}I^-(p)\text{CInt}I^+(p)\text{CInt}I^-(p)}\text{CInt}I(p) =$$

$$\text{Int}I^+(q)I^+(p)\overline{\text{Int}I^-(p)\text{CInt}I^-(p)}\text{CInt}I(p)\text{CInt}I_j =$$

$$\text{Int}I^+(q)I^+(p)\text{CInt}I_o^+(P)\text{CI}^-(q) \cup \text{Int}I^+(p)\text{CInt}I_j = \text{Int}I^+(q)I^+(p)\text{CI}^-(q) \cup$$

$$\text{Int}I^+(p) \cup \text{Int}I^-(p) = \text{Int}I^+(q) \cap \text{Int}I^-(p)$$

$$* I_o^+\text{CI}^-(q), I_o^+(P) \neq \emptyset$$

. ора аксиома при иннос и д непродо имой еодези еской на о ока но ипер о и еском мно ес ве $\text{Int}I^-(p)\text{CI}^-(q)\text{CInt}I_i\overline{\text{CInt}I(p)}I^+(p) =$

$$\text{Int}I_i I_o^+\text{CI}^-(q)\text{Int}I^-(p) \text{Int}I^+(q) \cup \text{Int}I^+(q)\text{CInt}I_j \cup \overline{\text{CInt}I^+(p)} \cap \text{Int}I^-(p)\text{Int}I^+(p) \cup$$

$$\text{Int}I^-(q) \text{Int}I^+(q) \text{CInt}I^+(p)\text{CInt}I_j = \cup \overline{\text{CInt}I^+(p)} \cap \text{Int}I^-(p)\text{Int}I^+(p) \cup$$

$$\text{Int}I^-(q) \text{Int}I^+(q) \text{CInt}I^+(p)\text{CInt}I_j\text{Int}I^+(q) \cap \text{Int}I^-(p) = \overline{\text{CInt}I^+(p)} \cap$$

$$\text{Int}I^-(p)\text{Int}I^+(p) \text{CInt}I_j\text{Int}I^+(q) \cap \text{Int}I^-(p)$$

$$\overline{\text{Int}I^-(q)\text{CInt}I_j\text{CInt}I^+(p)} \cap \text{Int}I^-(p) \cup \text{Int}I^+(q),$$

$$\overline{\text{Int}I^-(p)} \cap I^+(q) \neq \emptyset$$

$$3. \text{Int}I_{U \exists v} \text{CI}^+(q) \text{CInt}I_j \cup T_{\omega}^* \overline{\text{CInt}I^-(p)\text{CInt}I^+(p)} = \text{Int}I_{U \exists v}$$

$$\text{CI}^+(q) \text{CInt}I_j \cup T_{I_{\omega_0} \dots, \omega_0}^* \cap I_{\omega_0 \dots, \omega_0} \overline{\text{CInt}I^-(p)\text{CInt}I^+(p)}$$

аким

о разом

по у им

$$\overline{\text{Int}I^+(p)} I^+(p)\text{Int}I^+(q) \cap \text{Int}I^-(p)\text{CInt}I_j \cup \text{Int}I_{U \exists v} \text{Int}I^+(q)I^+(p)\text{CI}^-(q) \cup \text{Int}I^+(p) \cup$$

$$T\text{Int}I^-(p)\text{Int}I^+(q) \cap \text{Int}I^-(p)\text{CInt}I_j -$$

едс ви из предпо о ени и свойс в в о енн мно ес в

1. рѣм ес марковский процесс, о ма ема и ески предс ав е с в виде

$$\overline{IntI^+(p)} I^+(p) IntI^+(q) \cap IntI^-(p) CIntI_j \bigcup IntI_{U \ni v} IntI^+(q) I^+(p) CI^-(q) \\ \cup IntI^+(p) \cup TIntI^-(p) IntI^+(q) \cap IntI^-(p) CIntI_j$$

2. Кон ро ируемо упакованн е о а но ипер о и еские мно ес ва в с
совер енно прос ми

унк ере од к опо о ии о кр све ов конусов

$$C^{1-y} \rightarrow M^0: \sum I^+_o \in (\overline{Int^-}_p p \dot{q}_n (2^n) \# \langle \langle \pi^c_L: \tau^l_c \rangle \rangle [x_p^* x_{p+1}] - q_0) [q^{*,i,s}]^{2p+1^-} \rightarrow$$

$$Int\{I_i[x_i, x_{i+1}]\}_{i=0}^{p-1} = IntI_{U \ni v} CI^-(q) CIntI_j \cup$$

$$TInt[x_p^* x_{p+1}] CIntI^+(q) I^+(p) CI^-(q) CI^-_i CIntI_j$$

$$C^y \rightarrow M[(Int\{I_i := [x_i \dots, x_{i+1}]\} C \hat{O}) \rightarrow C^p \rightarrow M C N^* \cup U \in W^{ab} \quad \text{де } p = [q \dots, \dot{q}]/\equiv$$

mod3 \ni [0, +\infty) здес мно оо разие в - с а ой опо о ии на азе све ов
конусов.в еореме

$$\text{здесь } TInt[x_p^* x_{p+1}] CIntI^+(q) I^+(p) CI^-(q) CI^-_i CIntI_j = T\overline{Int^-}_p \overline{IntI^+}_i CIntI_j \cup IntI_{U \ni v} \cap$$

$$\overline{IntI^-(q)} \cap I^+(p) CIntI_j = T\overline{Int^-}_p \overline{IntI^+}_i CIntI_j \cup IntI_{U \ni v} \cap \overline{IntI^-(q)} CIntI_j =$$

$$T\overline{Int^-}_p \overline{IntI^+}_i CIntI_j \cup IntI_{U \ni v} \cap \bar{I}_{\omega_0 \dots \omega_n} =$$

$$T\overline{Int^-}_p CIntI_j \cup IntI_{U \ni v} \cap \bigcap_{k=0}^n Tx(\bar{\omega}) C\overline{IntI^-(q)} =$$

$$T\overline{Int}[x_p^* x_{p+1}] I^+_U(p) \cup T^{-k} \cap \bigcap_{k=0}^n IntI_{U \ni v} C I^-_U(q), \quad \text{о с да по у аем } IntI_{U \ni v} \cup Int_{V \ni N},$$

о куда $U \ni N C \tilde{N} \bar{N}(p) = \bar{N}^* \cap V$ все продо им в уду ее

непрос ранс венноподо н крив верно $\cap T_n^{-k} N_p \tilde{C} I_U^- = T_p^* \bar{N}(\lambda(p))$ де

$\lambda(p)$ за ва енна при инно-св зна крива в роно о и еском про ом о ки.

$$\text{одс авим о зна ение в } \cap \bar{I}_{\omega_0 \dots \omega_n} = T\overline{Int^-}_p CIntI_j \cup IntI_{U \ni v} \cap \bigcap_{k=0}^n Tx(\bar{\omega}) C\overline{IntI^-(q)} =$$

$$T\overline{Int^-}_p CIntI_j \cup IntI_{U \ni v} T_p^* \bar{N}(\lambda(p)), \cap \bigcap_{k=0}^n,$$

Пункт 4

. $x^q = g(\sigma)$, де $\sigma \leq 0$ -ка и рово на функци

. унк

$\tilde{N} \bar{N}(p) = N *_p$ норма на -окрес нос о ки р краевой о ки на а но о о резка

ас и еодези еской на од ейс в про ом

орма изм описани к ейки мно ес в с ма ема и еской о ки зрени квива ен ен

описани с рук ур ос рова вокруг ос ровов в динами еской сис еме о

доказ вае с с еду ими у вер дени ми с кое о а но ипер о и еское

симп ек и еское при инное мно ес во в е с к ейким .е. морановские

ци индри еские ип и еские р оди еские мно ес ва содер а ие периоди еску

о ку и о ада ие свойс вом спецификации на с рук уре Кара еодори в иес

о а но ипер о и ескими ипер о и ескими в норма ной окрес нос и N_p^*)

в с к ейкими

Аксиом с рук ур ос рова вокруг ос ровов модифициру с с еду им о разом

$$1. IntI^+(q) IntI_j C\overline{IntI^-(p)} CIntI^+(p) \sim I_0^\pm$$

$$2. I^-(q) C\overline{IntI_p} \cap I(q)^+ IntI^i$$

3. о о ин ерва а вида $Int\{I_i[x_i, x_{i+1}]\}_{i=0}^{p-1}$ верно о $IntI_j CI^+(p)$ и и о ее
си но $IntI_j CInt\{I_i[x_i, x_{i+1}]\}_{i=0}$

$$4. \quad \overline{IntI_l := [x_{..}, x_l]^p \quad CIntI_j \cup Int[x_p^*, x_{p+1}]} = \quad IntI_{U \ni v} CI^-(q) IntI^-(p) IntI^+(q) T \cap$$

$$IntI_p = IntI_{\omega, \omega_0} \cup IntI_{\omega_0, \dots, \omega}$$

$$5. \quad [x_p^*, x_{p+1}] = T_{\omega}^* \overline{CIntI^-(p) CIntI^+(p)}$$

оказано о ака се в е с к ейкой се кой.

4. оказано о совер енно прос е мно ес ва о ада ие свойс вом изо онии в с симп ек и ескими.

. айден син у рн е ре ени в д еодези еской инии на од ейс на вне ней повер нос и све ово о конуса

5. оказано о по иномиа ное врем в моде и еннера-Концеве в в е с о а но ипер о и еским

. зу ен р оди еские свойс ва опера ора временно о упор до ени в рамка ме ода ин ерва ов марковски о о ра ений.

. роцедура индуцрованно о ин е рировани усовер енс вована с применением ме одов а е раи еской еории по

. ос роен есс едовой ензор импу са нер ии ма ерии $T^*_{\omega \dot{\lambda}}$

. он ие непродо имос и о о ено на псевдо о оморфн е крив е заданн е с еду им уравнением в кокаса е ном прос ранс ве к норма ной окрес нос и

$$(g(u - v_{.b}^a)) \frac{D}{\partial s} \frac{\partial}{\partial t_j} g_{ab}^{ba} = J \left(g_j(u - v) \partial t / \partial t \frac{D}{\partial \tau} \right)_b g_{ab}^{ba} \partial s = J \left((u)(v - s) g_{ab}^{ba} \right) \partial_\tau s =$$

$$J \left(\frac{1}{2} u \left(v_{.b}^a - \frac{D \partial}{\partial t_j} \right) g_{ab}^{ba} \exp x(q) \right) \partial_\tau \partial u = J g_j \left(-\frac{1}{2} \right) \left(\frac{v_{.b}^a}{\frac{D \partial}{\partial t}} g_{ab}^{ba} (u - w) \exp x(q) \right) \partial_\tau \partial u =$$

$$J_j g \left(\frac{v_{.b}^a}{\frac{D \partial}{\partial t}} g_{ab}^{ba} (u - w) \right)_b \exp x(q) \partial_\tau \partial u \partial s = J_j g * s \left(\left(\frac{v_{.b}^a}{\frac{D \partial}{\partial t}} g_{ab}^{ba} (u - w) \right)_b \right) =$$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial s}{\partial \tau} \frac{\partial u}{\partial \tau} J(u) \dot{\partial} u \partial t = \frac{D}{d\tau} \left(\frac{\partial}{\partial s_j} \frac{\partial u}{\partial \tau} J(u) \partial s \partial u \right) = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} J(u) \partial s \partial u =, u = g_j(\sigma) = \frac{\partial}{\partial s_j} * \frac{\partial}{\partial \tau} \frac{\partial u}{\partial \tau}$$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial s} g_j \left(\frac{\partial}{\partial \tau}, \frac{\partial}{\partial \tau} \right) = \frac{1}{2} \frac{\partial s}{\partial \tau} \frac{\partial u}{\partial \tau} J(u) \dot{\partial} s \partial u.$$

. вед н спек ра н й под од д рассмо рени опера оров вида T_p

. айдена св з ме ду прави ами супер ора и в ором свер све ов а ерна ив

. оздан нов й спосо ока изации вен уа но периоди ески о ек на основании пси он-цик ов.

. . . Красников еко ор е вопрос при иннос и в О О Ма ин времени и свер све ов н переме ени . Основн е идеи и ва ней ие резу а за пос едние дес и е и

. .А. ардана ви и овременн е ме од еории по ом а е раи еска кван ова еори

. екции по симп ек и еской еоме рии и опо о ии под редакцией . иа ер а и .

рейнор

.М.К. о иванов . . у ко . . ору ий Аксиом а е р на даем и пон ие по еоре и еска и ма ема и еска физика – М.

АСИМПТОТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ В АНАЛИЗЕ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

. горин

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,*

E-mail: gorin.de20@physics.msu.ru

функции правдоподобия – это произведение пуассоновских вероятностей для всех N и M независимых основных и контрольных измерений

$$L(\mu, \theta) = \prod_{j=1}^N \frac{(\mu s_j + b_j)^{n_j}}{n_j!} e^{-(\mu s_j + b_j)} \prod_{k=1}^M \frac{(u_k)^{m_k}}{m_k!} e^{-u_k},$$

где $\mu s_j + b_j$ – ожидаемое значение n_j , μ – си-а-си-на-а $u_k(\theta)$ – в-ис-ем-е-из-на-ора-параметров θ величин.

о проверке гипотезы и истинное значение μ , рассматривается отношение функций правдоподобия

$$\lambda(\mu) = \frac{L(\mu, \hat{\theta})}{L(\hat{\mu}, \hat{\theta})},$$

где $\hat{\theta}$ – параметр θ , максимизирующий L для заданного μ а $\hat{\mu}$ и $\hat{\theta}$ – параметр совместного максимизирования L .

справедливо для

$$q_0 = \begin{cases} -2 \ln \lambda(0), & \hat{\mu} \geq 0 \\ 0, & \hat{\mu} < 0 \end{cases}$$

до критерия

$$q_\mu = \begin{cases} -2 \ln \lambda(\mu), & \hat{\mu} \leq \mu \\ 0, & \hat{\mu} > \mu \end{cases}$$

допускаются различные предельные аппроксимации и кса [1] и а-да [2], можно показать, что истинные экспериментальные отклонения от истинного значения предельно малыми как $Z = \sqrt{q}$.

о-з-у-с-е-ак-на-з-ва-е-м-на-о-р-о-м-д-а-н-н-А-з-и-м-о-в-а [3] можно явно по-у-и-к-о-н-е-н-е-в-р-а-е-н-и-д-з-н-а-и-м-о-с-и-к-с-п-е-р-и-м-е-н-а-с-о-д-н-и-м-о-с-н-и-о-д-н-и-м-к-о-н-т-р-о-л-н-и-м-и-з-м-е-р-е-н-и-е-м:

$$Z_{disc} = \sqrt{2 \left[(s+b) \ln \left(1 + \frac{s}{b} \right) - \frac{1}{\delta^2} \ln \left(1 + \delta^2 \frac{s}{1 + \delta^2 b} \right) \right]}$$

$$Z_{excl} = \sqrt{2 \left[s - b \ln \left(\frac{b+s+x}{2b} \right) - \frac{1}{\delta^2} \ln \left(\frac{b-s+x}{2b} \right) \right] - (b+s-x) \left(1 + \frac{1}{\delta^2 b} \right)}$$

всущее отклонение от фона где $x = \sqrt{(b+s)^2 - \frac{4\delta^2 b^2 s}{\delta^2 b + 1}}$ и

$$Z_{disc} = \sqrt{2 \left[(s+b) \ln \left(1 + \frac{s}{b} \right) - s \right]}$$

$$Z_{excl} = \sqrt{2 \left[s - b \ln \left(1 + \frac{s}{b} \right) \right]}$$

всущее отклонение от фона.

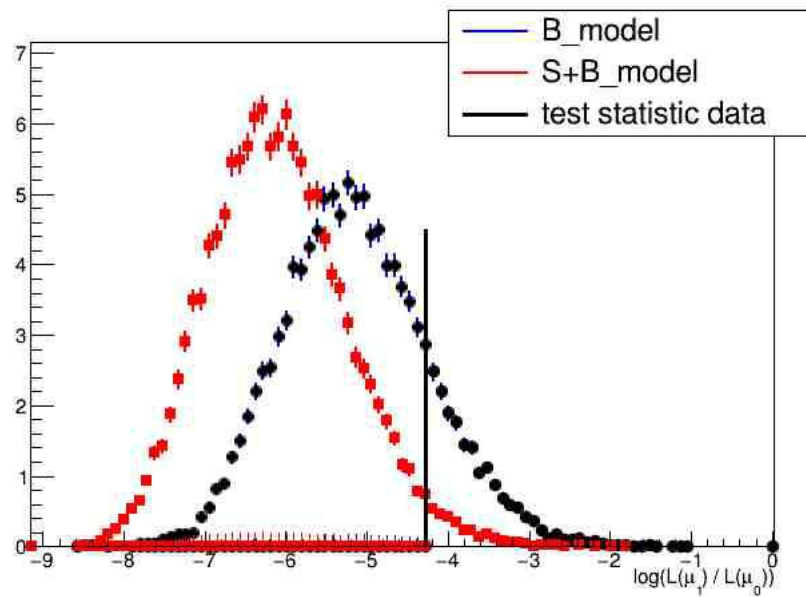
О-о-а-с-у-а-й-в-е-д- N основн-и- M контролн-и-з-м-е-р-е-н-и-й-м-о-н-о-п-о-у-и-с-е-д-у-е-е-в-р-а-е-н-и-е-д-з-н-а-и-м-о-с-и-о-к-р-и-и [4]:

$$Z_{disc} = \sqrt{-2 \left(\sum_{i=1}^N \left[n_i \ln \left(\frac{\sum_{j=1}^M \hat{\mathbf{b}}_{ji}}{n_i} \right) + n_i - \sum_{j=1}^M \hat{\mathbf{b}}_{ji} \right] + \sum_{j=1}^M \left[m_j \ln \left(\frac{[\boldsymbol{\tau}^1 \cdot \hat{\mathbf{B}}]_{j1}}{[\boldsymbol{\tau}^1 \cdot \mathbf{B}]_{j1}} \right) + [\boldsymbol{\tau}^1 (\mathbf{B} - \hat{\mathbf{B}})]_{j1} \right] \right)},$$

де $\hat{\mathbf{B}}$ удов е вор е уравнени

$$\sum_{i=1}^N \frac{\tau_{1l}^1}{\tau_{1l}^i} \left(\frac{n_i}{\sum_{j=1}^M \hat{\mathbf{b}}_{ji}} - 1 \right) + \sum_{j=1}^M \tau_{jl}^1 \left(\frac{m_j}{[\boldsymbol{\tau}^1 \cdot \hat{\mathbf{B}}]_{j1}} - 1 \right) = 0, l = 1, \dots, M$$

1. S.S. Wilks, The large-sample distribution of the likelihood ratio for testing composite hypotheses, Ann. Math. Statist. 9 (1938) 60-2.
2. A. Wald, Tests of Statistical Hypotheses Concerning Several Parameters When the Number of Observations is Large, Transactions of the American Mathematical Society, Vol. 54, No. 3 (Nov., 1943), pp. 426-482.
3. G. Cowan, K. Cranmer, E. Gross and O. Vitells, "Asymptotic formulae for likelihood-based tests of new physics," Eur. Phys. J. C 71, 1554 (2011) [arXiv:1007.1727].
4. M. J. Basso, (2021), arXiv:2102.04275



ис. — аспреде ение с а ис ики μ_0 , по у енное с помо ме ода Мон е-Кар о

1. G. Cowan, K. Cranmer, E. Gross and O. Vitells, "Asymptotic formulae for likelihood-based tests of new physics," Eur. Phys. J. C 71, 1554 (2011) [arXiv:1007.1727].
2. S.S. Wilks, The large-sample distribution of the likelihood ratio for testing composite hypotheses, Ann. Math. Statist. 9 (1938) 60-2.
3. A. Wald, Tests of Statistical Hypotheses Concerning Several Parameters When the Number of Observations is Large, Transactions of the American Mathematical Society, Vol. 54, No. 3 (Nov., 1943), pp. 426-482.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОГОУГЛОВОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

М. А. Ананьева¹, А. А. Юрская¹, А. А. Приорова¹,
А. М. Ионина^{1,2}, . . . Юрков¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия;

²Научно-исследовательский институт онкологии, Томский национальный исследовательский
медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

E-mail: mab51@tpu.ru

Электронные пучки с отношением поперечных размеров
применяются в радиационной обработке продукции для стерилизации
медицинских инструментов в лучевой терапии для изменения некоторых
свойств материалов в разном исследовании [1-3]. Анализ
приобретенных данных неоднородности распределения
пучка для корректной оценки оптимизации излучения
излучения.

Определение профиля пучка существенно по своим принципам
для радиоэлектронных дозиметрических приборов для
пасивных и активных систем [4]. Однако ни один из существующих
методов сам по себе не позволяет определить распределение интенсивности
пучка в соевом направлении и проследить за его изменением
в процессе измерений, а также не только в процессе
результата.

С помощью данной программы можно использовать усилитель, основанный на
многоугольном сканировании пучка [5]. Каждый подраздел подразумевает
перемещение детектора в плоскости перпендикулярной направлению
пучка и последующее изменение угла сканирования для заданного значения.

Для детектирования фиксируется распределение интенсивности пучка по
углам, которое затем представлено в графическом виде. Изображение
сформировано в пикселях, соответствующих координатам детектора.
Полученное изображение зависит от интенсивности и угла с помощью
преобразований, зависящих от интенсивности и координат.
Результатом является распределение интенсивности в поперечной
плоскости пучка, представленное в виде пикселей. В радиационной
максимальная интенсивность пучка представлена цветом с
минимальной – черным.

Для данной работы проведен эксперимент по определению профиля пучка на
микрофоне Омского государственного университета. Диаметр пучка
составил 1 мм. Размер поперечного сечения пучка – 1 мм, однородность пучка
– радиационная. Распределение интенсивности пучка разложено
детектором, усилитель представленной соевой рамкой 10 мм. Как
сканирование, изменение излучения детектора на основе оптического
подключения и акимом разомкнутый пучок.

Для эксперимента детектор перемещается в плоскости перпендикулярной
направлению распространения пучка на расстояние 1 мм. С помощью
модернизированной программы фирма «АБ» при каждом последующем измерении
показание детектора сохраняется. Полученные результаты
сравниваются с результатами радиационного распределения с помощью
дозиметрических приборов [7] при определенных параметрах эксперимента.

Результаты эксперимента по угловому распределению пучка с

а о а в по н е н а п р и ф и н а н с о в о й п о д д е р ж к е р а н а о с с и й с к о о н а у н о о ф о н д а
проект -79-01232).

- 43

ПРОЕКТ ЕДИНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ НАУЧНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЦ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НЕВОД

В. В. Хомчук, А. В. Ефименко, М. В. Аметьев, М. В. Ромукин,
В. В. Овдов, А. В. Конова, А. В. Овснев, А. В. Якова.

**National Research Nuclear University MEPhI (Russia, Moscow)*

E-mail: EPKhomchuk@mephi.ru

Экспериментальная установка функционирует с момента ее ввода в эксплуатацию. В настоящее время проводятся фундаментальные и прикладные исследования космических лучей в широком энергетическом диапазоне. В рамках эксперимента на различных энергиях и накоплено большое количество разнообразных данных, требующих унификации для совместного анализа.

В настоящее время создается аппаратно-программная система регистрации и анализа информации о событиях данных эксперимента установок для регистрации асимметричных космических лучей. Система будет в едином базисе данных координат единичных данных событий установок О - А, МА - А, О - КО - К и позволит исследовать одни и те же зарегистрированные события сразу по различным компонентам экранный-фотонной, мюонной и адронной. Система разрабатывается с учетом основных требований унификации, ее расширение интуитивно понятно для организации данных и позволит ускорить процесс выделения из нее массовых объектов для более глубокого определения критериев и подходов к регистрации конкретных физических задач.

Далее описывается проект единой базы данных КО, приводятся структура данных установок экспериментальной установки и форма представления данных.

ГЛУБОКО-НЕУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОНА НА ПРОТОНЕ В РАМКАХ КВАРК-ДИКВАРКОВОЙ МОДЕЛИ

. . Куниц на, . М. Ми ранков М. М. Ми ранкова . А. ердников

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), Санкт-Петербург, Россия,

E-mail: m.ot.h@yandex.ru

сследования с рукописей опубликованы в настоящее время одними из наиболее в физике элементарных частиц [1, 2]. Как правило с рукописей пронаиссается в процессах глубоко-неупругого рассеяния электронов на протонах [3]. В данной работе описаны с рукописей опубликованы с кварк-дикварковой моделью [4] в которой рассмотрены различные состояния двух валентных кварков - изоскалярно-скалярный изоскалярно-векторный и изовекторно-векторный дикварки. Работа посвящена вероиспытательности нарушения дикварка в протоне а также рассматривается рассеяние электрона на протоне в рамках паронной и кварк-дикварковой модели. Оказано, что рассматриваемые инварианты не пропорциональны электрон-протонному углу глубоко-неупругого рассеяния непротиворечиво эксперименту.

Рассматривается рассеяние электрона на протоне с использованием функции паронного распределения кварков в протоне из набора NNPDF2.3 [5] которая и аппроксимирована с помощью параметризации ATLAS и не имеет корреляций с экспериментальными данными. Формулы рассматриваются для паронной модели [6]:

$$\frac{d\sigma}{dt_{e-p}} = \frac{-2\pi\alpha^2}{xt^2} \left(\left[\frac{t}{xs} + 1 \right]^2 + 1 \right) \sum_q e_q^2 x f^p(x),$$

где α – постоянная тонкой структуры, s, t, u – переменные Мандельштама, x – переменная оркена, $f^p(x)$ – функции паронного распределения. В рассматриваемом случае электрона на кварке в свою очередь представлено как [6]:

$$\frac{d\sigma}{dt_{e-q}} = \frac{-2\pi\alpha^2}{t^2} \left(\left[\frac{t}{xs} + 1 \right]^2 + 1 \right) e_q^2 f^p(x).$$

В кварк-дикварковой модели все описано в арионе дикварка он несет цветовой заряд и цвет по отношению к кварку. Протон дикварком является изоскалярно-скалярным спин равен изоспин равен изоскалярно-векторным спин – 1, изоспин – и изовекторно-векторным спин – изоспин [4]. Рассматривается рассеяние электрона на дикварке в рамках формулы

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma}{dt_{e-S}} &= \frac{4\pi\alpha^2}{t^2} \left(\frac{su}{s^2} \right) \cdot \frac{1}{9} f_S^0(x), \\ \frac{d\sigma}{dt_{e-V}} &= \frac{\pi\alpha^2}{s^2} \left(3 + \frac{s^2 + u^2}{t^2} \right) \cdot \frac{16}{9} f_V^I(x) \end{aligned}$$

где $f_S^0(x)$ и $f_V^I(x)$ – функции паронного распределения скалярно- и векторно-о дикварка соответственно дефиниции индекса означают изоспин и $I = 0, 1$. Функции $f_S^0(x)$ и $f_V^I(x)$ и рассматриваются с помощью А в работе 7 в зависимости от переменной оркена x , и квадрата переданного импульса Q^2 .

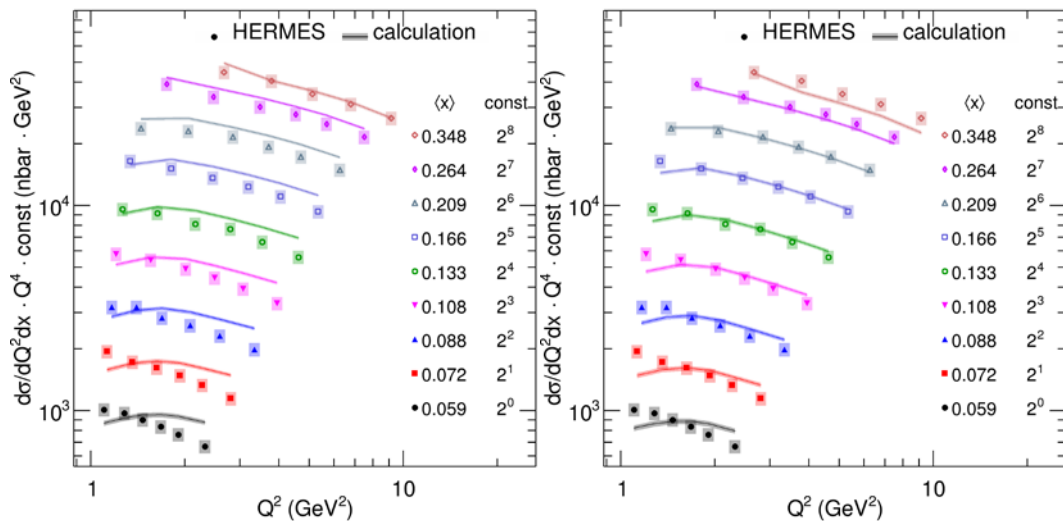
Эта формула для рассматриваемого рассеяния электрона на протоне в кварк-дикварковой модели имеет вид:

$$\frac{d\sigma}{dt} = k_q \cdot \frac{d\sigma}{dt_q} + k_S \cdot \frac{d\sigma}{dt_S} + k_{V^0} \cdot \frac{d\sigma}{dt_{V^0}} + k_{V^1} \cdot \frac{d\sigma}{dt_{V^1}},$$

где k_j – вероиспытательность нарушения протона в соответствии с суммой $(d\sigma/dt)_j$ – сумма

се ений рассе ни ек рона на кварка при $j = q$ и и сумма се ений рассе ни ек рона на соо ве с ву ем дикварке и ос ав емс кварке. си у законов со ранени арионно о ис а и импу са $\sum_j k_j = 1$.

а рис. 1 предс ав ен по у енн е в данной ра о е зависимос и се ени ек рон-про онно о рассе ни о x и Q^2 , расс и анн е в рамка пар онной и кварк-дикварковой моде и а ак е ксперимен а н е данн е ко а орации HERMES [8]. з рисунков видно расс и анн е инк зивн е се ени непо ризованно о ек рон-про онно о у око-неупру о о рассе ни не про иворе а ксперимен у. изуа но видно од x в диапазоне о . до . крив е расс и анн е в кварк-дикварковой моде и у е опис ва ксперимен а н е о ки ем крив е в пар онной моде и. асс и анна крива при $x = 0.348$ у е опис вае форму ксперимен а ной зависимос и при испо зовании д в ис ений пар онной моде и. Крив е при x в проме у ке о . до . заме но о к он с о ксперимен ад о ои моде ей. н е ра ное зна ение дос и аемо о уровн зна имос и сос ав е д рас е ов в пар онной моде и и д рас е ов в кварк-дикварковой моде и о мо е овори о ом о в среднем кварк-дикваркова моде у е опис вае ксперимен .



ис. . равнение по у енн е зна ений се ени в пар онной с ева и кварк-дикварковой справа моде . ас е предс ав ен ини ми ксперимен а н е данн е М о ками. ус мен е размера маркера и пр моу о ники о озна а с а ис и еские и сис ема и еские неопреде еннос и измерений соо ве с венно.

1. V. P. Ladygin, "Spin Physics Detector at NICA," JPS Conf. Proc., vol. 37, p. 011012, 2022.
2. 4. A. Deshpande, "Physics of an Electron Ion Collider," Nucl. Phys. A, vol. 904-905, pp. 302c–309c, 2013.
3. Roberts R. G. The Structure of the proton: Deep inelastic scattering. – Cambridge University Press, 1993.
4. R. L. Jaffe and F. Wilczek, "Diquarks and exotic spectroscopy," Phys. Rev. Lett., vol. 91, p. 232003, 2003.
5. R. D. Ball, V. Bertone, S. Carrazza, L. Del Debbio, S. Forte, A. Guffanti, N. P. Hartland, and J. Rojo, "Parton distributions with QED corrections," Nucl. Phys. B, vol. 877, pp. 290–320, 2013.
6. L. Marleau, Introduction `a la physique des particules. Editions Ellipses, 2022.
7. B. Rodriguez-Aguilar and Y. A. Berdnikov, "Diquark parton distribution functions based on the light-front AdS/QCD quark-diquark nucleon model," St.Petersburg Polytech. Univ. J. Phys. Math., vol. 52, no. 2, pp. 90–103, 2021.
8. A. Airapetian et al., "Inclusive Measurements of Inelastic Electron and Positron Scattering from Unpolarized Hydrogen and Deuterium Targets," JHEP, vol. 05, p. 126, 2011.

екци изика косми ески у ей
и со не но-земн св зей

ПОТОКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА УРОВНЕ ФОТОСФЕРЫ СОЛНЦА

А. М. Садков, А. А. Красовкин

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия*

E-mail: sadykov.am19@physics.msu.ru

В последние дни существования спринг-представлений о физическом процессе происхождения в конвективном слое и фотосфере пятна связаны с соновой активностью. В одной известной модели зарождения и развития активной области в ее ипотезах о всплывании магнитного потока. Проверки данной ипотезы неоднородно излучают динамику усиления магнитного потока и радиальной скорости ее поверхности на начальной стадии развития АО. Ипотеза о ее развитии до взаимосвязи с увеличением потока и ее потока скорости ее поверхности увеличиваются по ней по окрестности.

В нейраотезе изучение взаимодействий магнитного потока и потока радиальной скорости ее поверхности в зародки с активностью. Это и рассмотрено данной о ней ее ескопов О о а О с а о е орк о р. Раот о о ран АО – . Удовольствие криерим. Кадой АО данная рассматривается с временным атомом в асанапроекции дней в по дос и ени п енс западным имом.

Оуенные результаты показываю о су ес вует а и с и ески зна има коррекции между магнитным потоком и ориентацией магнитного скорости ее поверхности. При этом коррекция потока по ориентации скорости с а о в р а е н а. И результаты показываю о не су ес вует всплывания магнитного потока испускаем в ипотезе. И результаты указываю о в зародки с активностью при увеличении магнитного потока усиливается по окрестности скорости при ее а зависимости изка к инейной.

1. E.N. Parker. The Formation of Sunspots from the Solar Toroidal Field // Astrophys. J., 1955, 121, p. 491

ПРОГНОЗ ПРИХОДА КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ К ЗЕМЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ ДИММИНГОВ ДЛЯ СОБЫТИЙ С ИСТОЧНИКОМ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДИСКА СОЛНЦА

А. А. Вахруева^{1,2}, К. В. Капорцева^{1,2}, А. В. Якушев², А. В. Ремеев², А. В. Капустин^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: vakhr.anna@gmail.com

В данной работе мы рассмотрим возможность возникновения корональных выбросов массы (КВМ) в результате взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду.

В данной работе мы рассмотрим возможность возникновения корональных выбросов массы (КВМ) в результате взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду.

Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду.

Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду.

Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду.

Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду. Мы рассмотрим различные сценарии взаимодействия КВМ с магнитным полем Земли и их влияние на космическую погоду.

Работа выполнена в рамках проекта № 00048, <https://rscf.ru/project/22-62-00048/>.

1. Dissauer K., Veronig A.M., Temmer M. et al. // The Astrophysical Journal 2019 V. 874 P. 123
2. Vrsnak B., Zic. T, Vrbaneck D. et al. // Solar Physics. 2013. V. 285. P. 295
3. Shugay Y., Kalegaev V., Kaportseva K. et al. // Universe. 2022. V. 8. 11. P. 565
4. <https://www.sidc.be/cactus/> // CACTus CME Homepage
5. <https://www.sidc.be/solardemon/> // Solar Demon — Flares, Dimmings and EUV waves event detection

КОРОТИРУЮЩИЕ ВОЗМУЩЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В ДАННЫХ МОНИТОРИНГА МЕЖПЛАНЕТНЫХ МЕРЦАНИЙ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И НАБЛЮДЕНИЯ

. . . укманов, . . . а ей, . А. . . а ев . А. у аев

*Пуцинская Радиоастрономическая Обсерватория АстроКосмического центра Физического
Института Академии Наук, Пуцино, Московская область, Россия,*

E-mail: lukmanov@prao.ru

ред о ена прос а моде веду ей а с и о а с и взаимодейс ви
разноскорос н по оков со не но о ве ра в ко орой пов енна концен рации п азм
задае с в виде спира ной с руи с пр моу о н м се ением. рамка моде и рас с и ан
двумерн е динамические кар распреде ени уровн ме п ане н мерцаний
адап ированн е к конфи урации радио е ескопа А А . е ре ма ни н
ур и . в званн коро иру ими возму ени ми проведено сравнение
моде н рас е ов с данн ми серий на дений ме п ане н мерцаний содер а и
период еома ни но о возму ени . це ом имее с ка ес венное соо ве с вие ме ду
рас е ами и на да е н ми данн ми. оказано о коро иру ие возму ени
про в с в уси ени мерцаний за ри дн до ма ни ной ури око о –
московско о времени. пос еду ие двое су ок уси ение мерцаний сме ае с к о ее
позднему времени. ри ом уси ени мерцаний в у реннем сек оре о су с ву . период
ма ни ной ури прои оди уси ение но н мерцаний. ака пос едова е нос
уси ений мерцаний соо ве с вуе при и ени возму ени к ем ес вос о ной с орон
при вра ении с о нцем. О су дае с ка ес венное раз и ие ме ду данн ми
на дений д коро иру и и распрос ран и с крупномас а н возму ений.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО ДЕТЕКТОРА ПРИБОРА КОДИЗ, УСТАНОВЛЕННОГО НА КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ «МОНИТОР-1»

А. С. Сазонова^{1,2}, А. Н. Антоненко^{1,2}, А. Е. Енин^{2,3}, А. О. Овощев²

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, Москва, Россия

³Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Государственный научный центр Российской Федерации Институт медико-биологических
проблем Российской академии наук, Москва, Россия

E-mail: sazonovaav@my.msu.ru

ав ус е ода на око оземну ор и у в со ой око о км
запу ен ма й косми еский аппара ипа CubeSat размером U по у ив ий
наименование «Монитор-1». о езной на рузкой о о аппарата с а при ор
КО . сос ав е о де ек орной сис ем во и по упроводников и
ней ронн де к ора а ак е еренковский де ек ор. Кроме о о в при ор
ус анов ен сцин и ционн й де ек ор на основе крис а а CsI
просма риваем й двум по упроводников ми фо одиодами. е ус ановки о о
уз а а о ра о ка ново о вариан а де ек орад ре ис рации косми еско о из у ени .
док аде и проана изирован данн е по у енн й в оде по е а спу ника на
ор и е. о о и прив е ен данн е наземн а оро орн ка и ровок на
ис о ника ионизиру е о из у ени . резу а е а пос роена
корре ционна диа рамма амп и уд импу сов измеренн двум фо одиодами
просма рива и сцин и ор под вердив а ффек ивн й све ос ор в
пред о енной с еме. о у енн е данн е позво и и пос рои
распреде ение ин енсивнос и ре ис рируемой де ек ором в ео рафи еской
сис еме координа . езу а ксперимен а под верди и ффек ивнос
рассмо ренной де ек орной сис ем .

ЛЕГКАЯ ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ В КАЛОРИМЕТРЕ АДРОН-55 НА ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ СТАНЦИИ ФИАН.

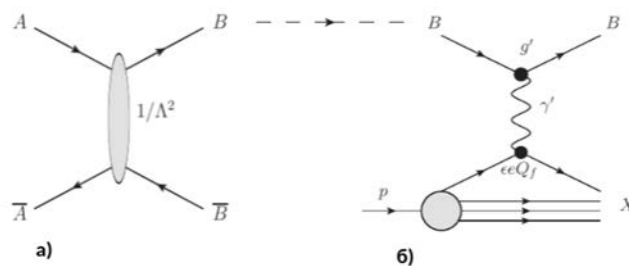
Ярослав Верминская, А. М. Анохина

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

E-mail: yaroslava_verminsakay@mail.ru

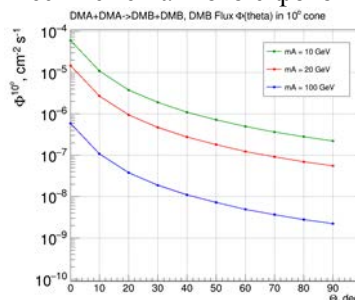
В последние годы в физике элементарных частиц наблюдается быстрый прогресс в понимании природы материи. Одним из направлений исследований является поиск новых частиц, которые могут составлять темную материю. В рамках программы Тянь-Шаньской станции ФИАН проводятся эксперименты по изучению процессов рождения и распада частиц в адронных столкновениях. В частности, изучается возможность рождения легкой темной материи в процессе аннигиляции или распада частиц.

В рамках программы Тянь-Шаньской станции ФИАН проводятся эксперименты по изучению процессов рождения и распада частиц в адронных столкновениях. В частности, изучается возможность рождения легкой темной материи в процессе аннигиляции или распада частиц. Одним из направлений исследований является поиск новых частиц, которые могут составлять темную материю. В рамках программы Тянь-Шаньской станции ФИАН проводятся эксперименты по изучению процессов рождения и распада частиц в адронных столкновениях.



ис. 1. Аннигиляция первой компоненты М и ускоренной частицы в процессе рождения темной материи.

В рамках программы Тянь-Шаньской станции ФИАН проводятся эксперименты по изучению процессов рождения и распада частиц в адронных столкновениях. В частности, изучается возможность рождения легкой темной материи в процессе аннигиляции или распада частиц. Одним из направлений исследований является поиск новых частиц, которые могут составлять темную материю. В рамках программы Тянь-Шаньской станции ФИАН проводятся эксперименты по изучению процессов рождения и распада частиц в адронных столкновениях.



ис. 2. Зависимость сечения рождения темной материи от угла рассеяния.

А. А. Верминская, А. М. Анохина

НЕЭКСТЕНСИВНЫЕ МОДЕЛИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ МЕЖПЛАНЕТНОЙ СРЕДЫ

. А. Антонов

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,*

E-mail: antonov.ia16@physics.msu.ru

азра о ка нов физи ески принципов описани не кс енсивн процессов и сис ем о носи с к к ассу ак уа н зада современной с а ис и еской физики и физи еской информа ики. а основе не кс енсивн и неадди ивн моде ей ермодинами ески по енциа ов пред о ен нов е под од не вс упа ие в про иворе ие с к асси ескими ермодинами ескими принципами еоремами инвариан ами . Как прави о по ер кс енсивнос и св зана с формированием да нодейс ву и корре ций в сос о нии сис ем и у окой пам и при описании процессов. про енна моде по в ени не ока н свойс в св зана с деформацией фазово о прос ранс ва и опреде ени q-параме ра деформации.

о ки зрени физи еской информа ики на и о ее разви под од на основе q-деформированн н ропийн мер. нас о ей ра о е предс ав ен резу а о ра о ки временн р дов по у аем аппара ом WIND с -01- по -10-30, в ор ин ерва а на дений св зан с сопр енн ми исс едовани ми по кон ро сос о ни ме п ане но о ма ни но о по и по ока ас иц со не но о ве ра.

Опреде им q-параме ри еску н ропи са иса с еду им о разом суммирование веде с по ансам дос упн сос о ний W_i рi – ксперимен а но ус анов енное зна ение верос нос и k_b – пос о нна о цмана

$$S_q^T(p) = \frac{k_b}{q-1} \left(1 - \sum_i^W p_i^q\right)$$

О ас опреде ени параме ра деформации q зависи о ипа испо зуемой н ропии. н ропии са иса зна ение q мо е дейс ви е н м по о ие н м ис ом при вариации ко оро о мо у по у ен допо ни е н е арак ерис ики изу аемой сис ем

1. $q = 0$ – зна ение н ропии са иса на единицу мен е ис а дос упн сос о ний $q = 1$ – q-деформаци уве и ивае вк ад ма оверо н сос о ний и умен ае вк ад в соковеро н сумма соо ве с ву и компонен с анови с о е единиц
3. $q = 1$ – зна ение н ропии са иса совпадае со зна ением н ропии о цмана- и са 1 q-деформаци умен ае вк ад ма оверо н сос о ний и уве и ивае вк ад в соковеро н сумма соо ве с ву и компонен с анови с о е единиц .

е кс енсивнос q-с а ис ик опреде е с по о носи е ной деформации функции распреде ени по сос о ни м в равнивании и и о ос рении функции распреде ени веро нос и. Опреде им с еду ие ка е ории q-с а ис ик

. при $q = 1$ реа изуе с кс енсивна с а ис ика суперпозиции подсис ем допускае с мас а ирование сис ем в фазовом прос ранс ве

. при $q < 1$ – реализуется суперэкстенсивная аддитивная итерация сопровождается изменением иерархической симметрии и понижением параметра порядка системы

. и при $q > 1$ реализуется субэкстенсивная аддитивная итерация сопровождается фазовыми переходами в определенном диапазоне параметра порядка возникновением новых ассоциативных симметрий.

определить q – параметр на основе эмпирически временных рядов используем профили квазиравновесных энергетических распределений рассматривая разделение функции распределения вероногий ММ и .
Определим нропи системы с известной правитом квантования энергий и искомым распределением населенности энергетических уровней и известным значением q -фактора

$$S^T(n_1 \dots n_k) = \frac{1}{1-q} \left(\sum_{i=1}^K n_i^q - 1 \right)$$

здесь $(n_1 \dots n_k)$ – распределение по энергетическим уровням E_i справедливое и достаточно исчерпывающее для энергетического квазиконинуума. Отметим, что энергетические уровни L могут не совпадать с исходным допуском W , возможно в рождение распределения итерация энергетических уровней в зависимости от условий существования системы. распределение населенности энергетических уровней донавлено с нормировкой

$$\sum_{i=1}^K n_i = 1$$

осроим функционал аранжировки анализируемой системы

$$L_T(n_1 \dots n_K) = \frac{1}{1-q} \left(\sum_{i=1}^K n_i^q - 1 \right) - \alpha_L \sum_{i=1}^K n_i - \beta_L \sum_{i=1}^K E_i n_i$$

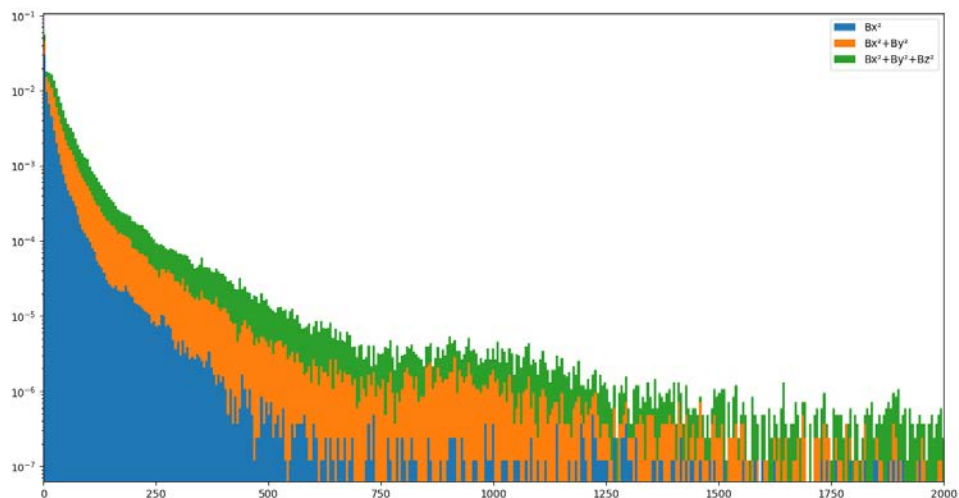
осеео максимизации по уимд найо ее вероноо энергетическое распределение в системе сачиса

дес $-Z_T$ – аналог оой аддитивной сумм

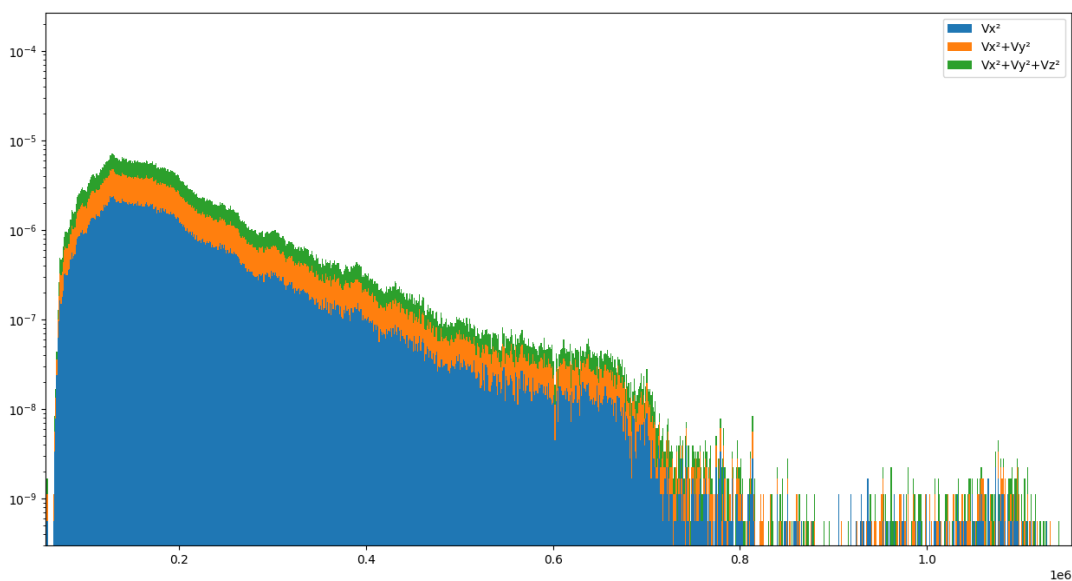
$$Z^{(T)} = \sum_{i=1}^K \left(1 + \frac{1-q}{q} \beta'^{(E_i - U)} \right)^{\frac{1}{q-1}}$$

параметр соотносится с оцмановским фактором и ораной равновесной емпературой – q -деформированному омановскому фактору

$$\beta' = \frac{\beta_L}{\sum_{i=1}^K n_i^q}$$



исунок 1 ункци д распрде ени по п о нос и
ма ни но о по в 1D, 2D, 3D при и ени



исунок 2 ункци д распрде ени по кин еской нер ии
ас ицсо не но о ве ра в 1D, 2D, 3D при и ени

1. Curado Evaldo MF, Tsallis Constantino. Generalized statistical mechanics: connection with thermodynamics // Journal of Physics a: mathematical and general. 1991. Vol. 24, no. 2. P. L69.
2. Ferri GL, Martinez S, Plastino A. The role of constraints in Tsallis' nonextensive treatment revisited // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2005. Vol. 347. Pp. 205–220.
3. Curado Evaldo MF, Tempesta Piergiulio, Tsallis Constantino. A new entropy based on a group-theoretical structure // Annals of Physics. 2016. Vol. 366. Pp. 22–31.

ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ ДЕТЕКТОР КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ ПРОЕКТА EUSO-SPB2, КАЛИБРОВКА И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

А. Профимов^{1,2}, А. Кимов¹ от имени коллектива орации JEM-EUSO

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, Москва, Россия

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

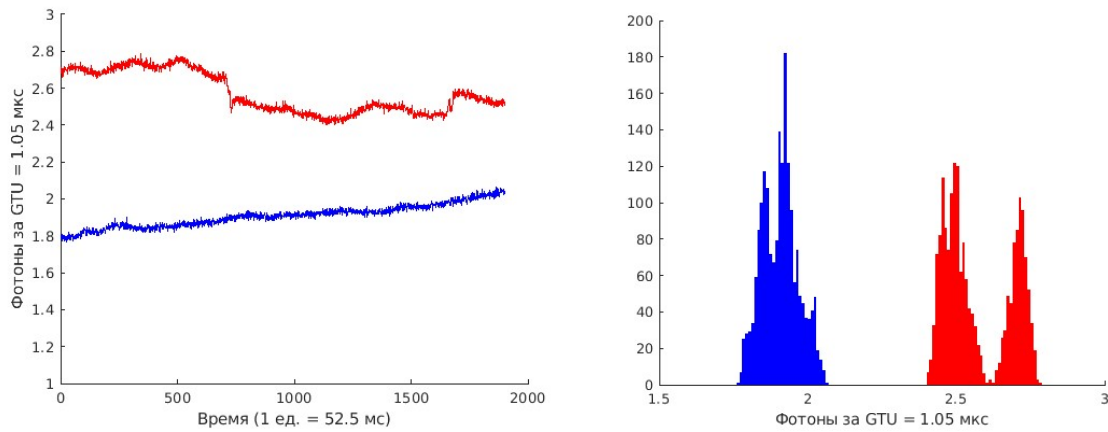
E-mail: daniil@eas.sinp.msu.ru

EUSO-SPB2 (The Extreme Universe Space Observatory on a Super Pressure Balloon 2) – это космический флуоресцентный детектор сверхвысоких энергий космических лучей. Он предназначен для измерения флуоресценции, возникающей при взаимодействии космических лучей с атмосферой. Детектор будет установлен на стратосферном шаровом зонде. Основные задачи детектора – калибровка и первые результаты измерений. Детектор будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий. Он будет состоять из нескольких модулей, каждый из которых будет иметь свои собственные каналы обработки данных. Детектор будет работать в режиме реального времени. Он будет передавать данные на Землю по радиоканалу. Детектор будет работать в течение нескольких лет. Он будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий. Он будет состоять из нескольких модулей, каждый из которых будет иметь свои собственные каналы обработки данных. Детектор будет работать в режиме реального времени. Он будет передавать данные на Землю по радиоканалу. Детектор будет работать в течение нескольких лет. Он будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий.

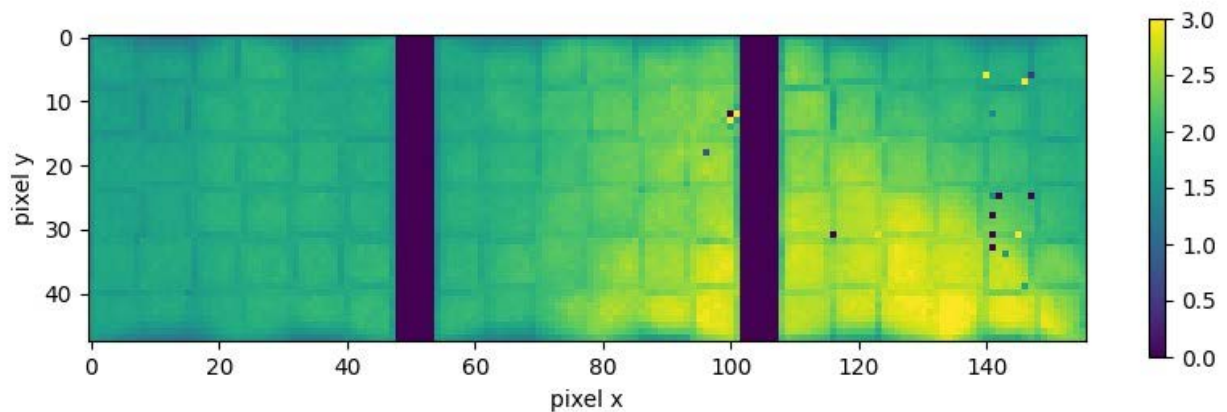
Детектор будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий. Он будет состоять из нескольких модулей, каждый из которых будет иметь свои собственные каналы обработки данных. Детектор будет работать в режиме реального времени. Он будет передавать данные на Землю по радиоканалу. Детектор будет работать в течение нескольких лет. Он будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий. Он будет состоять из нескольких модулей, каждый из которых будет иметь свои собственные каналы обработки данных. Детектор будет работать в режиме реального времени. Он будет передавать данные на Землю по радиоканалу. Детектор будет работать в течение нескольких лет. Он будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий.

Детектор будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий. Он будет состоять из нескольких модулей, каждый из которых будет иметь свои собственные каналы обработки данных. Детектор будет работать в режиме реального времени. Он будет передавать данные на Землю по радиоканалу. Детектор будет работать в течение нескольких лет. Он будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий. Он будет состоять из нескольких модулей, каждый из которых будет иметь свои собственные каналы обработки данных. Детектор будет работать в режиме реального времени. Он будет передавать данные на Землю по радиоканалу. Детектор будет работать в течение нескольких лет. Он будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий. Он будет состоять из нескольких модулей, каждый из которых будет иметь свои собственные каналы обработки данных. Детектор будет работать в режиме реального времени. Он будет передавать данные на Землю по радиоканалу. Детектор будет работать в течение нескольких лет. Он будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий.

Детектор будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий. Он будет состоять из нескольких модулей, каждый из которых будет иметь свои собственные каналы обработки данных. Детектор будет работать в режиме реального времени. Он будет передавать данные на Землю по радиоканалу. Детектор будет работать в течение нескольких лет. Он будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий. Он будет состоять из нескольких модулей, каждый из которых будет иметь свои собственные каналы обработки данных. Детектор будет работать в режиме реального времени. Он будет передавать данные на Землю по радиоканалу. Детектор будет работать в течение нескольких лет. Он будет использоваться для изучения космических лучей сверхвысоких энергий.



ис. 1. Зависимость фоновой фотонной скорости от времени для двух каналов фотоприемника. Синий и красный каналы соответственно. Красная линия – фоновая фотонная скорость, синяя – фоновая фотонная скорость.



ис. 2. Распределение фотонной скорости в фотоприемнике. На рисунке показан фоновый сигнал фотоприемника. Цветовая шкала соответствует фотонной скорости в UTC.

1. J. Eser, A.V. Olinto and L. Wiencke for the JEM-EUSO Collaboration. Overview and First Results of EUSO-SPB2 // 38th International Cosmic Ray Conference V. 444, 2023
2. G. Filippatos for the JEM-EUSO Collaboration. EUSO-SPB2 Fluorescence Telescope in-flight performance and preliminary results // 38th International Cosmic Ray Conference, V. 444, 2023
3. G. Osteria, J. H. Adams, M. Battisti, A.S. Belov, M.E. Bertaina, F. Bisconti, et al. The Fluorescence Telescope on board EUSO-SPB2 for the detection of Ultra High Energy Cosmic Rays // 37th International Cosmic Ray Conference (ICRC2021) V. 395, 2022
4. D. Trofimov, A. Belov, S. Blin-Bondil, A. Creusot, P. Klimov, E. Parizot, G. Prévôt, and the JEM-EUSO Collaboration. Absolute calibration of the JEM-EUSO photodetection modules // EPJ Web of Conferences, V. 283, 2023
5. P. Klimov, M. Battisti, A. Belov et al. Status of the K-EUSO Orbital Detector of Ultra-High Energy Cosmic Rays // Universe 2022, 8, 88
6. A.V. Olinto, J. Krizmanic, J.H. Adams et al. The POEMMA (Probe of Extreme Multi-Messenger Astrophysics) observatory // Journal of Cosmology and Astroparticle Physics 2021

МЕХАНИЗМЫ ВЫСЫПАНИЙ ЭНЕРГИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ВНЕШНЕГО РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА ВО ВРЕМЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ 9-16.10.2017.

А. И. Иванова^{1,2}, С. С. Каменев^{1,2}, А. А. Сасова^{1,2}, С. С. Руздов^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: ivanova.ar20@physics.msu.ru

Механизм высыпаний энергичных электронов из внешнего радиационного пояса Земли – одна из важных проблем современной космофизики. Помогаем данным низкоорбитальной обсерватории Meteor-M2 исследован период с 16.10.2017, когда на территории России геомагнитная активность – магнитный индекс K_p – достигал максимума. Мы исследуем механизм высыпаний энергичных электронов, происходящий за этот период, и классифицируем его по отношению к определенному механизму. Проведен сравнительный анализ высыпаний разных механизмов – динамика интенсивности и в сыпаний энергичных спектров. В результате сравнения показаны особенности высыпаний разных механизмов действии но имеют свои спектральные особенности обусловленные природой механизма высыпаний. Во время как о уровне геомагнитной активности спектр зависит мало – меняется только интенсивность высыпаний, а форма спектра меняется совсем незначительно. Динамика интенсивности высыпаний совершенно примерно одинаковой для всех видов высыпаний и подвергается резкому уменьшению ранее – динамика интенсивности высыпаний не коррелирует с уровнем магнитной активности. Мы анализируем.

ДИНАМИКА ВНЕШНЕГО РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА ЗЕМЛИ 10-16 ОКТЯБРЯ 2017 Г.

. . . Груздов^{1,2}, . . . Капелюк^{1,2} А. . . Ванова^{1,2} К. . Капорцева^{1,2},
. . . Микова¹ . . . Юрай¹ . А. . Аслова¹ . А. . Азиевская³,
А. . Емельянов⁴ . А. Миронова⁵ . А. . Нина⁴

¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, Москва, Россия

² Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

³ Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской Академии Наук, Москва, Россия

⁴ Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

⁵ Санкт-Петербургский государственный университет, физический факультет, Москва, Россия

E-mail: gruzdov.ds20@physics.msu.ru

некий экранный радиационный пояс в соответствии с одним из наиболее динамично развивающихся осферических изменений внеэкранно радиационного пояса на протяжении всего периода наблюдения одним из автотехнических параметров динамикой полей экранированных радиационного пояса и, следовательно, например, вариации внеэкранноэкранированного потока частиц при сохранении адiabатической инвариантности при условии отсутствия медленных изменений естественного по сравнению с характерными временами движения экранированных адiabатическими изменениями потока на протяжении процесса реакции и ускорения частиц с занесением в новую активную область осферы.

рабочее исследование динамики внеэкранно радиационного пояса и во время аномалии естественной ури ($|Dst|_{\max} =$ н. спонсором исследования не дано) по окрестностям экранированных и магнитных полюсов с помощью спектрометрических измерений Me eor-M и квадриантных спектров Van Allen Probes (VAP). проведен сравнительный анализ динамики максимальных потоков за весь период экранированных измерений на восточном и восточном естественном квадранте в сердцевине внеэкранно радиационного пояса.

оценены временные профили потоков экранированных спектров за исследуемое время. а также с помощью динамики потоков частиц со скоростью и энергией до двух спектров по энергии $E > 0.1$ МэВ возрастания притока все исследуемое время по энергии $E > 0.7$ МэВ и $E > 2$ МэВ уменьшения в период спектров со скоростью в активной фазе ури а затем увеличения. в конце фаз восстановления по данным VAP по энергии все энергетические и ионизационные примерно на порядок по данным Me eor-M по энергии частиц $E > 0.7$ МэВ и $E > 2$ МэВ остаются неизменными. результаты ури формируют новый радиационный пояс с максимумом на $L \sim 4$. при этом различия энергий на протяжении временной задержки в формировании.

исследование в полярной области ранней российской наукой о фазе -62-00048.

1. Верской А. Динамика радиационного пояса в Москве. Наука.

2. Верская . . . естественные изменения в радиации

3. Аслова А. Капелюк . . . Азарков . . . естественные изменения в радиации

-326.

СУПЕРСТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СРЕД

. . . зев¹ . А. у зрева¹

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия

E-mail: zuev.nv17@physics.msu.ru

нас о ее врем су ес вуе по ре нос в моде ировании поведени
мно окомпонен н неравновесн сред. акие сред предс ав со ой совокупнос
подсис ем с временами ре аксации к квазиравновесному сос о ни су ес венно
мен ими не е и у сис ем в це ом. одсис ем мо у взаимодейс вова передава
нер и импу с момен импу са. о на сис ема в е с неравновесной в о врем
как подсис ем на од с в равновесн сос о ни . ра о е рассма ривае с
суперс а ис и еска моде позво а описа мно офазн е сис ем в
неравновесн ус ови .

овременн е суперс а ис и еские моде и у и ва ие емпера урну
неравновеснос исс едуемой сис ем испо зу пон ие о о енн о о цмановско о
фак ора завис е о о функции распреде ени подсис ем по ока н м емпера урам:

$$B(E) = \int_0^{\infty} e^{-\beta E} f(\beta, \beta_0) d\beta$$

де $f(\beta, \beta_0)$ - распреде ение инверсной емпера ур подсис ем око о инверсной
емпера ур о а но о равновеси β_0 , E – вну ренн нер и сис ем . О о енн й
о цмановский фак ор задае с прео разованием ап аса по нос и веро нос и
 $f(\beta, \beta_0)$. о нос веро нос и до на удов е вор ус ови м

– нормировки на единицу

$$\int_0^{\infty} f(\beta, \beta_0) d\beta = 1$$

– среднее зна ение $\beta_0 = 1/kT_0$ соо ве с ву ее емпера уре ермос а а

$$\langle \beta \rangle = \int_0^{\infty} \beta f(\beta, \beta_0) d\beta = \beta_0$$

уперс а ис ика до на своди с к с а ис ике о цмана- и са в о су с ви
ф ук уаций емпера ур а именно при

$$f(\beta, \beta_0) = \delta(\beta - \beta_0),$$

о о енн й о цмановский фак ор принимае с еду ий вид

$$B(E) = e^{-\beta_0 E}$$

равномерно о дву уровнево о амма-распреде ени о норма но о
распреде ени и F-распреде ени ффек ивн й о цмановский фак ор мо е
предс ав ен в виде раз о ени по момен ам функции распреде ени

$$B(E) = e^{-\beta_0 E} \left(1 + \frac{1}{2} \sigma^2 E^2 + \sum_{r=3}^{\infty} \frac{(-1)^r}{r!} \langle (\beta - \beta_0)^r \rangle E^r \right)$$

предельно приближены к квазиравновесному температурному распределению флуктуирующей оцмановский фактор имеет универсальный квадратичный поправочный член $1 + \frac{1}{2}\sigma^2 E^2$.

ассмотрим одну из известных аппроксимаций для $B(E)$ при заданном температурном распределении для подсистем координат, позволяющих анализировать ансамбли с атомно-ионизованной азотной и азотной. Амиониан рассматриваемой модели в соответствии с общими соображениями и их взаимодействиями можно записать в виде

$$H = \sum_{i=1}^N \frac{p_i^2}{2m}.$$

здесь N – число атомов, участвующих в распределении атомов по скоростям задается параметром $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$. Определим флуктуирующей оцмановский фактор:

$$B\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = e^{-\frac{1}{2}\beta_0 mv^2} \cosh\left(\frac{1}{2}\eta\beta_0 mv^2\right)$$

переносимые движения атомов со скоростью v :

$$p(v) = \frac{1}{Z_v} B\left(\frac{1}{2}mv^2\right) 4\pi v^2 dv,$$

$$Z_v = \int_0^\infty B\left(\frac{1}{2}mv^2\right) 4\pi v^2 dv = \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi kT}{m}\right)^{3/2} [(1+\eta)^{-3/2} + (1-\eta)^{-3/2}]$$

среднее значение квадрата скорости v :

$$\sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3kT}{m} \left[\frac{(1+\eta)^{-5/2} + (1-\eta)^{-5/2}}{(1+\eta)^{-3/2} + (1-\eta)^{-3/2}} \right]^{1/2}}$$

мажорант дисперсии температур справедливо

$$\sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3kT}{m} \left(1 + \frac{5}{4}\eta^2 + \frac{15}{32}\eta^4 + \dots \right)}$$

средняя кинетическая энергия атомов

$$\langle E \rangle = \frac{3}{2} kT \left[\frac{(1+\eta)^{-5/2} + (1-\eta)^{-5/2}}{(1+\eta)^{-3/2} + (1-\eta)^{-3/2}} \right] = \frac{3}{2} kT C(\eta)$$

здесь $C(\eta)$ – корректирующий множитель, с учетом допустимых взаимодействий атомов амиониан системы принимает вид

$$H = \sum_{i=1}^N \frac{p_i^2}{2m} + \sum_{i<j} U_{ij}(|\vec{r}_i - \vec{r}_j|).$$

априори соотнесем с учетом атомной энергии сумму систем из N атомов с учетом коррекции оцмановского фактора

$$Z = \frac{1}{N! h^{3N}} \int \int \exp(-\beta_0 H) \cosh(\eta\beta_0 H) d^{3N} r d^{3N} p,$$

после подстановки по энергии и разделение переменных по координатам

$$Z = \frac{1}{N! h^{3N}} \int \int \exp \left[-\beta_0 \left[\sum_{i=1}^N \frac{p_i^2}{2m} + \sum_{i<j} U_{ij}(|\vec{r}_i - \vec{r}_j|) \right] \right] \times \\ \times \cosh \left[\eta \beta_0 \left[\sum_{i=1}^N \frac{p_i^2}{2m} + \sum_{i<j} U_{ij}(|\vec{r}_i - \vec{r}_j|) \right] \right] d^{3N} r dp \Omega_{3N},$$

здесь Ω_{3N} – множитель объема на гиперповерхности единичной гиперсферы в N -фазовом пространстве задаваемая выражением

$$\Omega_{3N} = \frac{2\pi^{3N/2}}{\Gamma(3N/2)}.$$

Определим вспомогательные функции

$$Q \approx V^N \left[1 + \frac{N^2}{2V} a(T) \right], \quad a(T) = 4\pi \int r^2 dr (\exp(U(r)) - 1),$$

где T – температура равновесия, V – объем занимаемого газом.

С учетом пренебрежения взаимодействиями частиц в газовой среде с асимметрической суммой можно предсказать как

$$Z = \frac{1}{N!} \left(\frac{V}{\xi_T^3} \right)^N \left[\frac{(1+\eta)^{-3/2} + (1-\eta)^{-3/2}}{2} \right]^N, \quad \xi_T = \frac{1}{\sqrt{2\pi m k_B T}}$$

спользуясь с одной стороны темой F с асимметрической суммой Z , по формуле

$$F = -kT \ln Z, \quad P = - \left(\frac{dF}{dV} \right)_{T,S} = N k_B T \left[\frac{(1+\eta)^{-5/2} + (1-\eta)^{-5/2}}{(1+\eta)^{-3/2} + (1-\eta)^{-3/2}} \right]$$

с помощью метода симметричного взаимодействия задан рассматриваемой моделью позволяет описать многофазное состояние в неравновесных условиях. Асимметрическая вращательная модель термически неоднородной газовой среды составляет и асимметрической модели. Проанализируем в рассмотренной постановке задачу не до конца корректно поскольку не учитывает пороговую зависимость от разделения подсистем способом и симметрии на кинетику ее оменения времени реакции пороговое распределение по координатам. Представленный подход позволяет рассмотреть описанную модель подкреплением не только термически равновесных компонентов и компонент с одной квазистационарной функцией распределения вероятности.

1. Beck, C. and Cohen, E. G., "Superstatistics," Physica A: Statistical mechanics and its applications 322, 267–275 (2003).
2. Beck, C., Cohen, E. G., and Swinney, H. L., "From time series to superstatistics," Physical Review E 72(5), 056133 (2005).
3. Chung, W. S. and Hassanabadi, H., "Superstatistics with q-deformed dirac delta distribution and interacting gas model," Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 516, 496–501 (2019).

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ НА ФОНЕ ВЫСЫПАНИЙ ЭЛЕКТРОНОВ НА МАЛЫХ СПУТНИКАХ ТИПА КУБСАТ

А. А. Мутин¹ . . . Омогов^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, Москва, Россия

E-mail: mutin.aa18@physics.msu.ru

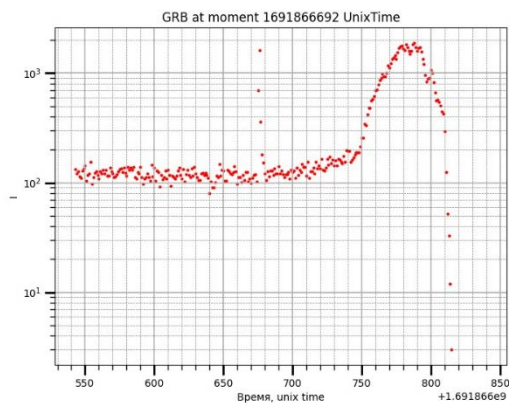
Гамма-всплески как самый энергичный процесс во Вселенной до 10^{54} р предсавляют собой интересную науноосоева. насоее время гамма-всплески регистрируются в основном космическими аппаратами на орбитах низкой орбиты и низкой к ней. в настоящее время о при проведении экспериментов на низкой орбите в течение времени при орбитальных свине радиационном поле регистрируются всплесков невозможно и в первую очередь с повышенной точностью по сравнению с уровнем фонового сигнала с гамма-всплесков.

Однако если метод обработки аппаратур позволяет регистрировать гамма-всплески на низкой орбите на фоне всплесков. Одним из акмеодов в исследовании двухосциллиционноодекоракорей позволяет определить гамма-компоненту регистрируемого сигнала с высокой точностью. на основе временноо рдаснаовсоциллиорой и пасискоосциллиораанаизируемоо микроконроером при орбитальноо сформированной гамма-всплеска.

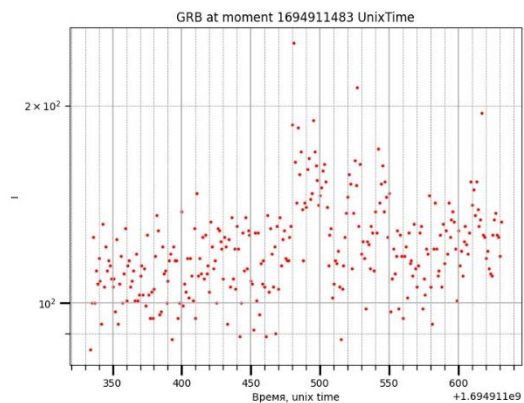
Алгоритм обработки

1. в течение временной рдпредсориипооковвекронном и гамма-канале с
2. дкадооканалепоодеи временной рд аппроксимируется поиномом п-ой степени и в исоеоидаемое значение дседуейокиво временном рде
3. при поведении новой оки на временном рду в исоеооконениео предсказанноо врезуае ксрапоцииоидаемое значение в раенное в стандартных оконениях $N_{\sigma}^{gam}, N_{\sigma}^{el}$. с N_{σ}^{gam} превает пороковое значение D_1 и $N_{\sigma}^{gam}/N_{\sigma}^{el} > D_2$ осправляется рьер.

а даннймомент запущеноунескокома спутников формаакуса на коорреализован описанный в аоримиспользуемыйинейну аппроксимации временноо рда. а рис. показан пример гамма-всплесков зарегистрированных приборами еКо-и еКо-на спутнике Авион. регистрируются всплески рьерный механизм не исследован поскольку не завершена настройка приборов обеспечения проведения разделенияомиринавканала гамма-излученияи экротов в течение всео времени рао приора. Кривые еска зарегистрированных гамма-всплесков приведены на рис. подверда досао нуувсвие носдекротовд регистрируются акивений. рьерный ререгистрируются гамма-всплесковудевкеныи аее время.



ис. . амма-всп еск
данн м еКо - Авион . . . по



ис. . амма-всп еск
данн м еКо - Авион . . . А по

Одним из по езн применений ри ера мо но с и а о ее подро ное изу ение амма-всп есков в ус ови не о о о о ма передаваем данн арак ерно о д ма спу ников. при ора еКо на ку са а запу енн в и не при сра а вании ри ера производи с запис в посо ийном ре име в е ение с а ак е фиксац со ий в де ек оре произо ед и непосредс венно перед ри ером.. о позво е по у и данн е д подро но о изу ени спек ра н и временн арак ерис ик заре ис рированно о амма-всп еска.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАЗОВ ОТРАЖЕННОГО ОТ СНЕГА ЧЕРЕНКОВСКОГО СВЕТА ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ В ТЕЛЕСКОПЕ СФЕРА-3

А. Иванов, А. Акин

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, физический
факультет, Москва, Россия

E-mail: Ivanov.va18@physics.msu.ru

Адаптация радиации космических лучей К активно реагирует на прохождение
несколько десятилетий. Анализ экспериментальных исследований К свертывающих
нейтральных. Оценка нейтральных в «коленах». Интенсивность асимметрии крайне
мала из-за отсутствия информации о механизмах образования не предсказуемых
возможностей. Косвенные методы анализа одновременно основаны на радиации широких
атмосферных ливней А и восстановления параметров первичной асимметрии по
параметрам ливня.

Программы в системе разрабатываются для комплексного использования
программ написанных на Python, Fortran и C++ (GEANT для моделирования
свойств широких атмосферных ливней о генерации самоосциллирующей в CORSIKA до
получения разрабатываемого спектра на мозаике детектора А-3 на орбитах и
оценка эффективности конфигураций детектора.

Методы детектирования орбитально-основной поперечной черенковского света
предложены А. А. Удаковым в основу серии экспериментов А.
Экспериментальное орбитально-основное черенковского света позволяет получать
информацию по адипонам.

1. А. Е. Chudakov, «A possible method of detecting EAS based in Cherenkov radiation reflected from a ground snow surface,» в *Proceedings of All-Union Symposium on Experimental Methods of Studying Cosmic Rays with Superhigh Energies*, Yakutsk, 1974.

КАЛИБРОВКА МАТРИЦЫ КРЕМНИЕВЫХ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ КАМЕРЫ ПРОТОТИПА МАЛОГО ШИРОКОУГОЛЬНОГО ТЕЛЕСКОПА

А. А. Аминева¹, . А. од рудков²

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: amineva.aa19@physics.msu.ru

на с о о ее врем кремниев е фо оумно и е и К все ире примен с в нау ной аппара уре вк а зада и амма-ас рономии по исс едовани ас рофизи ески о ек ов. ом ис е в еренковски е ескопа .

Small Imagine Telescope (SIT) — про о ип ирокоу о но о е ескопа распо о енн й в унkinской до ине и ре ис риу ий еренковский све о ироки а мосферн ивней 1]. омимо ироко о у а о зора, осо еннос ус ановки в е с испо зование в ка ес ве увс ви е н емен ов К вмес о фо о ек ронн умно и е ей. аки де ек оров имее мес о су ес венна вариаци ко ффициен а уси ени с емпера урой при в ранном ра о ем напр ении индивидуа на д ка до о К . зада ре ис рации по ока фо онов К со ирае с из о о о ис а ак наз ваем микро еек име и су авинно о диода.

Ав орами ра о а проведена калировка К камер про о ипа е ескопа SIT в кон екс е поиска ко ффициен а уси ени — а по у ена зависимос ок — ис о ек ронов д разн емпера ур и зна ений напр ени на де ек оре. ка до о К зависимос предс ав е со ой по ином $K(T, U)$ (K — ко ффициен уси ени T — емпера ура U — напр ение ко ор й позво е в ис и ко ффициен уси ени при ой заданной паре емпера ура — напр ение. Ме од ка и ровки основан на ана изе ксперимен а н данн со ранн про о ипом. ри ка и ровке испо зова ис данн ес ус ановки за - од .

Кроме о о в ра о е а произведена оценка ве и ин кросс- оков — одно о из основн ис о ников ума в К . в ение кросс- оков и и оп и еска св з ме ду ейками возникае из-за о о о во врем авин ускоренн е носи е и зар да мо у из у а фон 2 ко ор е в сво о еред мо у в зва в ори ну авину в соседней микро ейке. О но в ори н е фон по нер ии на од с в и ней инфракрасной К о ас и 3 по ому мо у переме а с ерез кремний на зна и е н е расс о ни . помо моде ировани процесса возникновени оп и еской св зи ме ду микро ейками а по у ена аппроксимаци ксперимен а н данн а с ней и зависимос веро нос и возникновени кросс- оков о перенапр ени .

1. First results of the tracking system calibration of the TAIGA-IACT telescope / D. Zhurov [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. — 2019. — Febr. — . 1181, No 1. — . 012045. — DOI: 10.1088/1742-6596/1181/1/012045.
2. е а . е о а со р с о у . е . — 1955. — Oct. — Vol. 100, issue 2. — P. 700–703. — DOI: 10.1103/PhysRev. 100.700.
3. Optical crosstalk in single photon avalanche diode arrays: a new complete model / I. Rech [et al.] // Opt. Express. — 2008. — June. — Vol. 16, no. 12. — P. 8381–8394. — DOI: 10.1364/OE.16.008381.

РЕШЕНИЕ СТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ С УЧЕТОМ КРУПНОМАСШТАБНОЙ СТРУКТУРЫ ГАЛАКТИКИ

. . . описов

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

E-mail: 89166288060@mail.ru

ос едние резу а ксперимен ов в физике косми ески у ей акие как NUCLEON [1], CALET и DAMPE а ак е и о ее ранние исс едовани указ ва на изменение показе на она спек ра во ас и 10^{13} ма ое ко ено К . анное о к онение мо е о снено р дом ос о еннос ей вк адом спек ра ос а ка изкой свер новой в фонов й спек ра ак е диффузионн м транспор ом К в неоднородном ма ни ном по е а ак ики.

ра о е приведено ре ение с ационарной зада и диффузионно о транспор а в при и ении анизотропной диффузии в а ак ике д раз и н видов ензора диффузии а ак е создана ма ема и еска моде распрос ранени по ока косми ески у ей о изко о ис о ника основанна на ре ении данной зада и. роведена аппроксимаци сво одн параме ров моде и по ксперимен а н м данн м и пос роена о ас д на и о ее веро но о по о ени ако о ис о ника.

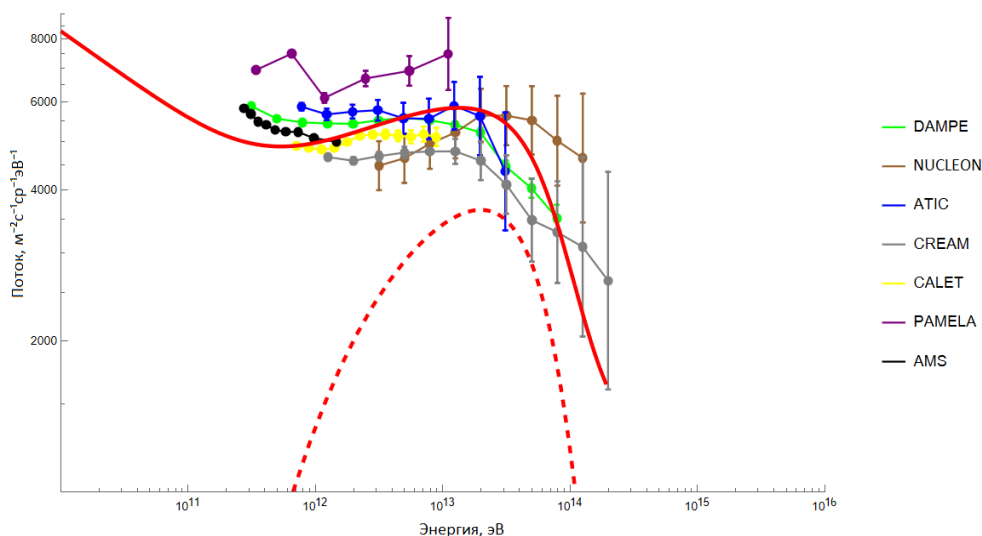
К асси еское диффузионное уравнение д изко о ис о ника свер новой запис вае с в виде

$$\frac{\partial N(R)}{\partial t} - \nabla \cdot (\hat{D} \nabla N) = Q(R, r, t), \quad (1)$$

де N – концен раци косми ески у ей $\hat{D}$ – диа она н й ензор диффузии.

е ением уравнени в е с функции рина. а ее возмо но пос роение резу иру е о по ока К о ис о ника как покомпонен но о вк ада фона и по ока о ис о ника

$$F_{\text{summ}} = F_{\text{bgr}}(R) + F(R), \quad (2)$$



исунок . Аппроксимаци ксперимен а н данн красна пунк ирна ини – на даем й вк ад изко о ис о ника Vela Junior красна сп о на ини – суперпозици фона и спек ра ис о ника опреде ема в ра ением)

а рисунке приведен результат аппроксимации экспериментальных данных по роенной теоретической модели.

1. Аткин Е. Улатов В. Дорухов В. и др. Исмав 5;
Atkin E., Bulatov V., Dorokhov V. et al. // JETP Lett. 2018. V. 108. No. 1. P. 513.
2. Adriani O. et al. (CALET Collaboration) // Phys. Rev. Lett. 2019. V. 122. No. 18. Art. No. 181102.
3. DAMPE Collaboration // Nature. 2017. V. 552. No. 7683. P. 63.
4. Aguilar M. // Phys. Rev. Lett. 2015. V. 114. No. 17. Art. No. 171103.
5. О. А. Кудряшов с ационарной зада и
распросранении К с анизотропнм тензором диффузии ен. зап. физ. фак- а Моск. ун- а.
6. Yurovsky V. O., Kudryashov I. A. Anisotropic Cosmic Ray Diffusion Tensor
in a Numerical Experiment // Bulletin of the Russian Academy of Sciences:
Physics. — 2023. — P. 1–3.
7. Ginzburg V.L., Ptuskin V.S. On the origin of cosmic rays: Some problems in high-
energy astrophysics//Rev. Mod. Phys. 1976. V.48. P.161.
8. Strong A.W., Moskalenko I.V., Ptuskin V.S. Cosmic-ray propagation and interactions
in the Galaxy//Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 2007. V.57. P.285.
9. Pranab J. Deka, Kissmann R., Einkemmer L. Efficient numerical methods for
Anisotropic Diffusion of Galactic Cosmic Rays. arXiv:2307.12276, 2023.
10. Yurovsky V.O., Peryatinskaya A.I., Borisov V.D., Kudryashov I.A. Numerical study
of GCR proton transport, Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference —
PoS(ICRC2023), 2023.
11. Sveshnikova L.G., Strelnikova O.N., Ptuskin V.S. On probable contribution of nearby
sources to anisotropy and spectrum of cosmic rays at TeV-PeV-energies// Proceedings of 32 ICRC,
Beijing, China, 2011. V.6. P.184.

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ МАГНИТНЫХ ЛИНИЙ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО СЛУЧАЙНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

А. . ер инска

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия*

E-mail: szsalexvay@gmail.com

а ак и еские косми еские у и и ра ва ну ро в физике космоса. есмо р на мно о ис енн е исс едовани в о ас и ма ни н по ей а ак ики понимание с рук ур ма ни н иний ос ае с недос а о н м д предсказани раек орий в соко нер и н косми ески ас иц в раз и н конфи ураци а ак и ески ма ни н по ей.

ой ра о е ма ни ное по е исс едую с ис енн пу ем пос роени е о дву компонен ной моде и и да ней е о ее ка ес венно о и с а ис и еско о ана иза.

а ка ес венном уровне предс ав ен резу а моде ировани с у айно о изо ропно о по де ма ни н е инии распо о ен изко дру к дру у. аком с у ае на дае с ре у рна с рук ура.

е ра о в ес изу ение свойс в дву компонен но о а ак и еско о ма ни но о по на мас а а а ак и ески рукавов в ас нос и оценка ранспор н ко ffiциен ов в зависимос и о конфи урации ма ни но о по .

данной ра о е предс ав ен резу а ис енн о моде ировани взаимно о распо о ени ма ни н иний в дву компонен н с у айн ма ни н по . ак е показано о при моде ировании изо ропно о с у айно о по на дае с диффузионн й ре им дви ени . ри до ав ении ре у рной компонен опреде енной ин енсивнос и продо н й ре им ранспор ас анови с а ис и еским.

1. о карев . . Ма ни н е по в космосе URSS, 2019.
2. Yurovsky V.O., Peryatinskaya A.I., Kudryashov I.A. // arXiv:2211.08873v2 [astro-ph.HE] 30 Jan 2023
3. Shslchi A., Weinhorst B.. // ScienceDirect, Advances in Space Research 43 1429-1435, 2009 May 1
4. Tsouros A., Edenhofer G., Enßlin T., Mastorakis M., Pavlidou V. // arXiv:2303.10099v1 [astro-ph.HE] 17 Mar 2023
5. Hauff T., Jenko F., Shalchi A., Schlickeiser R. // The Astrophysical Journal, 711:997-1006, 2010 March 10
6. Tautz R.C., Shalchi A., Schlickeiser R. // The Astrophysical Journal, 692:642-649, 2008 January 1
7. Strong A.W., Moskalenko I.V., Ptuskin V.S. Cosmic-ray propagation and interactions in the Galaxy//Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 2007. V.57. P.285
8. Snodin A.P., Ruffolo D., Oughton S., Servidio S., Matthaeus W.H. // The Astrophysical Journal, 779:56(10pp), 2013 December 10

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИХОДА ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ ПО ОТРАЖЕННОМУ ОТ СНЕГА ЧЕРЕНКОВСКОМУ СВЕТУ

К. . Азра¹ . А. онве² . . а кин^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: clemenceanastasia@gmail.com

о оки зар енн ас иц ом ардиру ие а мосферу ем и из космоса, в с а ак и ескими косми ескими у ами К . ри взаимодейс ви дер с ас ицами а мосфер поро да с ирокие а мосферн е ивни А . з у ение ави ова- еренкова еренковский све А мо е заре ис рировано пр м м пу ем наземн ми ус ановками и и непр м ми измерени ми. ос едний ме од подразумевае ре ис раци о ра енн о о сне а еренковско о све а . ери е ескопов ипа А ре ис рируе А подо н м ме одом и восс анов ение направ ени перви ной ас иц в е с одним из апов о ра о ки резу а ов ксперимен а.

анна ра о а посв ена разра о ке а ори ма опреде ени направ ени при ода А на массиве моде ированн со ий. еренковский све А енерирова с паке ом О А а прос ранс венно-временн е распреде ени о ра енн о све а по у ен с помо еа . Ана из проводи с д е ескопа А-2 [4-6]. моде ирован со и ивней д дву в со е ескопа ми м дву нер ий и и разн перви н косми ески ас иц. е ескопе А-2 еренковский све ре ис рируе с мозаикой из .

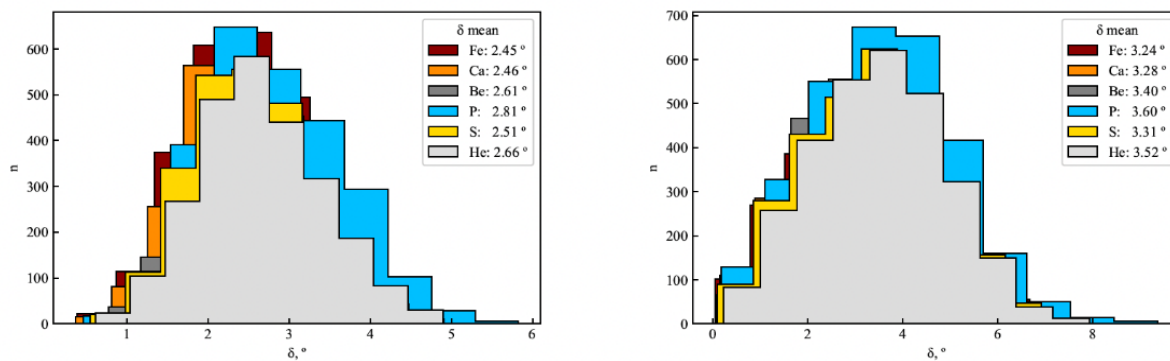
Опреде ение направ ени фронт а проводи с ме одом наимен и квадра ов М К с помо ко оро о опреде с параме р фронт а. функци М К зак ад вае с уравнение фронт а в виде а а а² де – расо ние оси ивн до оп и еско о де ек ора в сис еме ивн ко орое зависи о направ ени при ода а а0, а1, а2 - параме р фронт а ко ор ес едую опреде и .

$$R = \sqrt{(x'^2 + y'^2)}$$

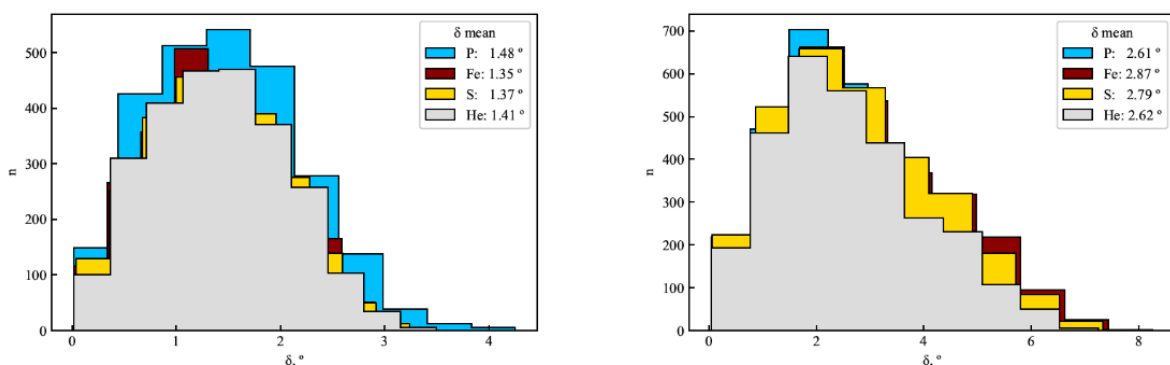
де $x' = \cos \theta \cos \phi (x - x_0) + \cos \theta \sin \phi (y - y_0)$, $y' = -\sin \phi (x - x_0) + \cos \theta (y - y_0)$; x, y – прос ранс венн е координа фронт а x_0, y_0 – ос ивн ко ора опреде е с по с максима н м ис ом фо онов еренковско о све а.

а рисунке предс ав ен распреде ени о и ок опреде ени направ ени д разн в со нер ий и дер.

ав ором апе ора а ва с ана о и н ео раз с до ав ением фона но но о не а ко ор й иска ае си на еренковско о све а. езу а у уд а с на - в зависимос и о в со и нер ий.



a



b

ис. аспреде ение о и окд в со м а и в и м и
д нер ии а и и ви д разн дер

1. C. Castagnoli, G.Navarra, C.Morello / Detection of EAS Cherenkov light reflected from mountain snow. // In Proceedings of 17th International Cosmic Ray Conference. Paris, 1981. 6, P. 103.
2. . ернов, .А Ан онов . Ау ова и др. е ис раци о ра нно о еренковско о све а А в ксперимен е А как ме од изу ени косми ески у ей свер в соки нер ий. изика емен арн ас иц и а омно о дра. о . . .
3. D. Heck, Pierog / T. CORSIKA User's Guide. // Karlsruher Institut fur technologie. 2011.
4. R.A. Antonov, E.A. Bonvech, D.V. Chernov / The SPHERE-2 detector for observation of extensive air showers in 1 PeV – 1 EeV energy range. // Astroparticle physics (2020), vol 121.
5. I. Vaiman., D. Chernov., D. Podgrudkov, E. Bonvech, V. Galkin et al. / A drone-borne installation for studying the composition of cosmic rays in the range of 1-1000 PeV by registering the reflected Cherenkov light of EAS. // Proceedings of Science. 395, 2021.
6. R.A Antonov., S.P Beschapov., E.A Bonvech., D.V. Chernov, T.A. Dzhatdov et al. / Results on the primary CR spectrum and composition reconstructed with the SPHERE-2 detector. // Journal of Physics: Conference Series. England, 2013. 409

ШКОЛЬНЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР МАДИЗ ДЛЯ СПУТНИКА АЛЬТАИР

. А. о о арев¹, . . емен ев¹, .А.Купри нов¹, . . Ан он к¹ . . ед¹ .
 . ирск¹ А. М. ад ков¹, . . ор а А. . фиркин .А. еменова .А.
 имо ин, .А. окин, М. . о ансен, . . Осед о¹

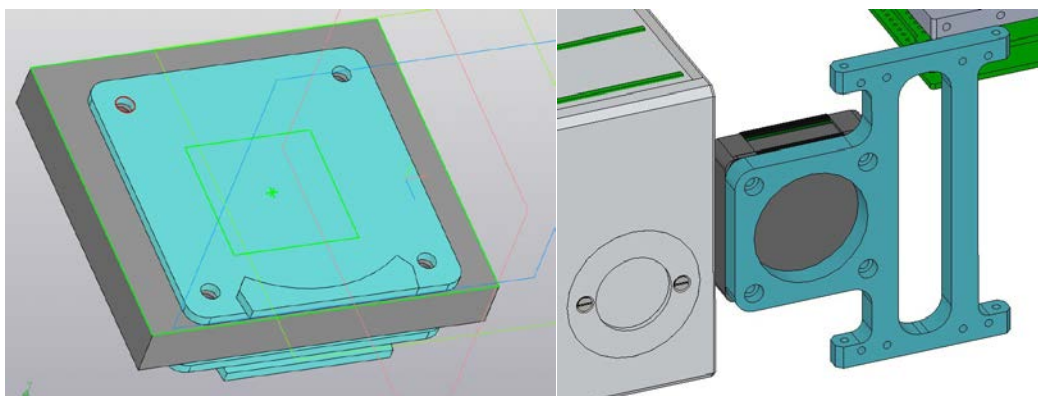
¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
 Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
 Москва, Россия

E-mail: zolotarev@sinp.msu.ru

ри ор МА о ма ри н й де ек ор из у ени д спу ника форма а ку са
 А аир. ри ор МА в первую о еред о разова е н й проек предназна енн й
 д разви и нав ков разра о ки аппара ур д косми ески аппара ов ко ников и
 с уден ов. МА позво е ре ис рирова по оки ас иц космо еско о из у ени в
 око оземном прос ранс ве. ка ес ве де ек оров ас иц испо зу с с андар н е
 CMOS сенсор д микрокомп еров imx477 с размером сенсора . х . мм.
 азмер одно о пиксе сос ав . мкм х 1.55 мкм аким о разом реки о
 нер и н ас иц име размер о одно о пиксе до со ен пиксе ей.

ри ор одновременно производи кспозици дву увс ви е н ма риц.
 ос е со ранени кадров они переда с на о ра о ку а ори му поиска засве енн
 ас ицами пиксе ей. А ори м инаризуе изо ра ение, о сека ум по заданному
 поро овому зна ени ко орое о подо рано д испо зуем ма риц и мо е
 скоррек ировано по резу а ам е н исп аний. а ее на под о ов енном
 изо ра ении производи с поиск рупп засве енн пиксе ей а по ом производи с
 поиск д инн реков с помо PCA ме ода.

а рис. 1 показана де ек орна с орка из дву п а с CMOS ма рицами
 направ енн ми дру к дру у увс ви е н ми повер нос ми. а разде ен
 ко имиру ей вс авкой и закр о све а корпусом из а мини о иной 0,5 мм с
 в оркой до 0,2 мм око о ма риц .



ис. . е ек орн й ок при ора МА – с орка из дву CMOS ма риц.

с одн е код а ори мов о ра о ки МА на од с в дос упе по адресу
<https://github.com/lightweave/madiz>

ФУНКЦИИ СВЯЗИ МЮОННОГО ГОДОСКОПА УРАГАН ДЛЯ АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ФОРБУШ- ПОНИЖЕНИЙ

. А. у ова . . Ас апов, . . ар а ина . . Куз менкова, . . Ми у ина

Национальный исследовательский ядерный университет 'МИФИ', Москва, Россия

E-mail: PASukhova@mephi.ru

е о е м е м о й а с и с с е д о в а н и й о р у - п о н и е н и й в е с а н а л и з и н е р е и е с к и с п е к т р о в [1]. с в о о е р е д о с н о в н м и н с р у м е н о м п р и i с s e d o в а н и и н e p e и e c k и a p a k e p и c и k p a z и n м о д у ц и о н н в е н и й в п o к e к o c м и e c k и y e й в e c м e o д ф у н к ц и й c в з и п o з в o и й o п p e д e и o н o c и e n й в k a d п e p в и n k o c м и e c k и y e й c p a z и n м и n e p и м и в c k o p o c c e a n a д a e м у н a з e м н м д e e k o p o m . e n a c o e й p a o – p a c e ф у н к ц и й c в з и м o n n o o o d o c k o p a A A [2] и p a z p a o k a м e o d a o p p e d e e n и a p a k e p и c и k c п e k t p a o p y - п o н и e н и й .

у н к ц и c в з и d e e k o p a W з a в и c и o c п e k t p a п e p в и n a c и ц J , и н e p a н o й k p a n o c и e n e p a ц и и в o p и n a c и ц m , и ф ф e k и в н o й п o a d и d e e k o p a S :

$$W(E) = \frac{\int_{\Omega} J(E) \cdot m(E, \theta) \cdot S(\theta, \varphi) d\Omega}{\int_{E_{min}}^{\infty} dE \int_{\Omega} J(E) \cdot m(E, \theta) \cdot S(\theta, \varphi) d\Omega}.$$

d e E – п o n a n e p и п e p в и n o й a c и ц E_{min} – п o p o o b a n e p и o p p e d e e m a e c k o c e o m a n i n o o o p e z a n и θ, φ, Ω – з e n и n й a з и м y a n й и e e c n й y o . K p a n o c e n e p a ц и и m o n o v o p p e d e a c в п p o p a m m н o m k o m п e k c e O A c и c п o з o в a н и e m o d e e й A и П- d п o o k a п e p в и n п p o o n o v в и n e p b a e n e p и й o d o .

М o n n й o d o c k o p A A – o k o o p d и n a n o - p e k o v й d e e k o p p e и c p и p y и й m o n k o c м и e c k и y e й в d и a п a з o n e з e n и n y o v o d o c o n o c d o . a c c m a p и b a o d e n e d и a п a з o n z e n и n y o v c п p и и з и e n o p a в н o й c a и c и k o й k a k n e z a в и c и m e d e e k o p m o n o o a p a k e p и z o b a и o p p e d e e n n o й ф ф e k и в н o й n e p и e й [1] п e p в и n a c и ц E_{eff} :

$$E_{eff} = \frac{\int_{E_{min}}^{\infty} E^{-\gamma+1} W(E) dE}{\int_{E_{min}}^{\infty} E^{-\gamma} W(E) dE}, \quad \forall \gamma \in (0, 2].$$

d e γ – п o k a z a e c e n e n n o o n e p e и e c k o o c п e k t p a k o c м и e c k и y e й . o в p e m o p y - ф ф e k o b d k a d o o a c a c p o и a c z a в и c и m o c в a p и a ц и й c k o p o c и c e a v p a z и n d и a п a з o n a z e n и n y o v o ф ф e k и в n n e p и й . a в и c и m o c и a п p o k c и m и p o b a и c c e n e n n o й ф у н к ц и e й п o c e e o m e o d o m n a и m e n и k b a d p a o v o p p e d e o c o п и m a n o e z n a e n и e п o k a z a e c п e k t p a . a k e в p a o e p e a и z o b a n m e o d c o п o c a b и й n a d a e m e и o и d a e m e в a p и a ц и и n a d e e k o p e p a c c и a n n e c п o m o ф у н к ц и й c в з и и п p o в e d e n o c p a в n e н и e c m e o d o m ф ф e k и в n n e p и й .

a o a v п o n e n a п p и п o d d e p k e M и n и c e p c b a n a y k и и в c e o o p a z o в a n и o c y d a p c в e n n o e z a d a н и e п p o e k -2023-0086).

1. А. . К e b a A . . e o v . A . p o e n k o . O c o e n n o c и e c k o c n o o c п e k t p a ф ф e k o b o p y e o m a n e и z m и a p o н o m и . 2017. . 57. . 195–207.
2. N. S. Barbashina, R. P. Kokoulin и K. G. Kompaniets. The URAGAN wide-aperture large-area muon hodoscope// Instruments and Experimental Techniques, V. 51. 2008. P.180.
3. L. I. Dorman. Cosmic ray variations and space weather//Physics-Uspekhi. . . 2010. P. 496.

РАСЧЕТ ПРИЕМНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ МЮОННОГО ГОДОСОКПА УРАГАН

. . Куз менкова, . А. у ова . . Ас апов

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Москва, Россия,

E-mail: pskuzmenkova@mephi.ru

ариации косми ески у ей на даем е наземн ми де ек орами вк а вариации внеземно о ма ни осферно о а мосферно о а ак е с у айн е ф ук уации.

при о ений физики со не но-земн св зей кри и ески ва но наде ное в де ение вариацией внеземно о проис о дени [1]. Ме од приемн ко ффициен ов позво е опреде и анизотропии косми ески у ей за преде ами ма ни осфер и в е с о единением ре ме одов функций св зи [2] рас е а раек орий ас иц в ма ни ном по е ем и [3] и сфери еско о ана иза. ункци св зи де ек ора $W(R)$, показ ва а о носи е н й вк ад вариаций перви но о спек ра в ин ерва е $R, R + dR$ в на даему скорос с е а опреде ас как

$$W(R) = \int_{\Omega} \frac{J_0(R) \cdot m_{\mu}(R, \theta) \cdot S(\theta, \varphi)}{N_0} d\Omega$$

де $J_0(R)$ – дифференциал н й спек р перви н ас иц $m_{\mu}(R, \theta)$ – кра нос енерации м онов $S(\theta, \varphi)$ – ффек ивна по ад ус ановки θ, φ, Ω – зени н й азиму а н й и е есн й у соо ве с венно. намена е N_0 удо но в ра из ус ови нормировки $\int_{R_c}^{\infty} W(R) dR = 1$ и и как средн скорос с е а де ек ора за неко ор й период например в минимум со не ной ак ивнос и. ак е в и ера уре [2] ас о испо зуе с ненормированна функци св зи – функци о к ика $\bar{W}(R)$ име а о е физи еский см с нод а со ной скорос и с е а. приемн й ко ффициен k -й сос ав ей в армони еском раз о ении расс и ва с со асно в ра ени

$$V_k = \frac{\int_{R_c}^{\infty} \int_{\Omega} F_k(\Phi(\theta, \varphi, R), \Psi(\theta, \varphi, R)) \cdot f_n(R, \beta) \cdot J_0(R) \cdot \bar{W}(R, \theta) d\Omega dR}{\int_{R_c}^{\infty} \int_{\Omega} \bar{W}(R, \theta) d\Omega dR}$$

де Φ и Ψ – асимп о и еские иро а и до о а $f_n(R, \beta)$ – спек ра н функци n -й армоники а д $F_k(\Phi(\theta, \varphi, R), \Psi(\theta, \varphi, R))$ справед иво:

$$F_k(\Phi(\theta, \varphi, R), \Psi(\theta, \varphi, R)) = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ \sin \Phi, & k = 1 \\ \cos \Phi \cos \Psi, & k = 2 \\ \cos \Phi \sin \Phi, & k = 3 \\ \dots & \dots \end{cases}$$

ра о е предс ав ен предвари е н е резу а рас е а приемн ко ффициен ов м онно о одоскопа А А [4] – координа но-реково о де ек ора ре ис риру е о м он косми ески у ей в диапазоне зени н у ов о до с о нос до . Осо ое внимание уде е с верификации функции о к ика м онно о одоскопа по ксперимен а н м спек рам перви н про онов измеренн на ус ановка AMS-02 [5] и CALET [6]. О су дае с сравнение по у енн м онн данн с резу а ами ме ода о а ной с емки д се и ней ронн мони оров.

а о а в по нена при поддер ке оссийско о нау но о фонда 20-72-10170.

1. A. Belov et al. The Global Survey Method Applied to Ground-level Cosmic Ray Measurements // Solar Physics. 2018. V. 293, 68.
2. J.M. Clem, L.I. Dorman. Neutron monitor response functions // Space Science Reviews. 2000. V. 93. P. 335-359.
3. D. F. Smart, M. A. Shea, E.O. Flückiger. Magnetospheric models and trajectory computations // Space Science Reviews. 2000. V. 93. P. 305-333.
4. N.S. Barbashina et al. The URAGAN wide-aperture large-area muon hodoscope // Instruments and Experimental Techniques. 2008, V. 51. I. 2. P. 180-186.
5. M. Aguilar et al. (AMS Collaboration). Periodicities in the Daily Proton Fluxes from 2011 to 2019 Measured by the Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station from 1 to 100 GV // Physical Review Letters. 2021. V. 127, 271102.
6. O. Adriani et al. (CALET Collaboration). Direct Measurement of the Cosmic-Ray Proton Spectrum from 50 GeV to 10 TeV with the Calorimetric Electron Telescope on the International Space Station // Physical Review Letters. 2019. V. 122, 181102.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНОМАЛЬНЫХ СОБЫТИЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ТУС

А. . инов М. . аврова А.А. рин к . . ка ев

Объединённый институт ядерных исследований, Дубна, Россия

E-mail: sashblinov1998@yandex.ru

ксперимен с а перв м де ек ором измерив им ф уоресцен ное и еренковское из у ение ироки а мосферн ивней А в а мосфере ем и с косми еской ор и . Основной це о о ксперимен а поиск и изу ение косми ески у ей свер в соки нер ий с нер и ми в. е ек ор заре ис рирова р д нео н со ий анома нос ко ор зак ае с в о ом ко и ес ве ак ивн пиксе ей. о про сн и природу и со ий провед н де а н й ана из и предс ав ен предвари е н е резу а . и рассмо рен раз и н е вариан природ и со ий космо о и еские амма-всп ески син ро ронное из у ение а ак и ески ек ронов в еома ни ном по е ем и а ак е о ра ение о со не н пане ей спу ника ф уоресцен но о и еренковско о све а о внеапер урн А сопрово да и с мо ни ми в а мосфере ем и.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ МНОГОСЛОЙНЫХ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРОНОВ НА МАЛЫХ СПУТНИКАХ КЛАССА КУБСАТ

А. Кучеренко

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: kucherenko.ia18@physics.msu.ru

рамка космической программы МВН и запущены малые космические аппараты с бортовой разрабатываемой МКУСА Авион и МКУСА Мониор-2,3,4, Sirius-SINP-3U, UTMN. Эти спутники предназначены для исследований космических гамма-всплесков в спектрах энергий от невооруженного глаза до десятков ТэВ и нескольких десятков ГэВ. Для этого они оснащены несколькими приборами: ЕК-0 предназначен для измерения временных и спектральных характеристик оземных энергий и гамма-излучения. Аппарат при этом одновременно на нескольких спутниках позволяет проводить сравнительный анализ данных различных временных эффектов. Как это возможно, ораоки меодики путем реализации усилителей, куда к нам приехали из космоса.

ежегодные усилители на переиспользуемых спутниках в случае утилизации своих прооператоров и на спутниках - екар и др. асности приоритетно - имеет значение до 10^2 по аддированию увсвиенности и утилизации временноо разрезания приорапринадлежности за гамма-всплесками. Как это возможно, оприемников и приораиспользуемых SiPM вмесоррадиационно.

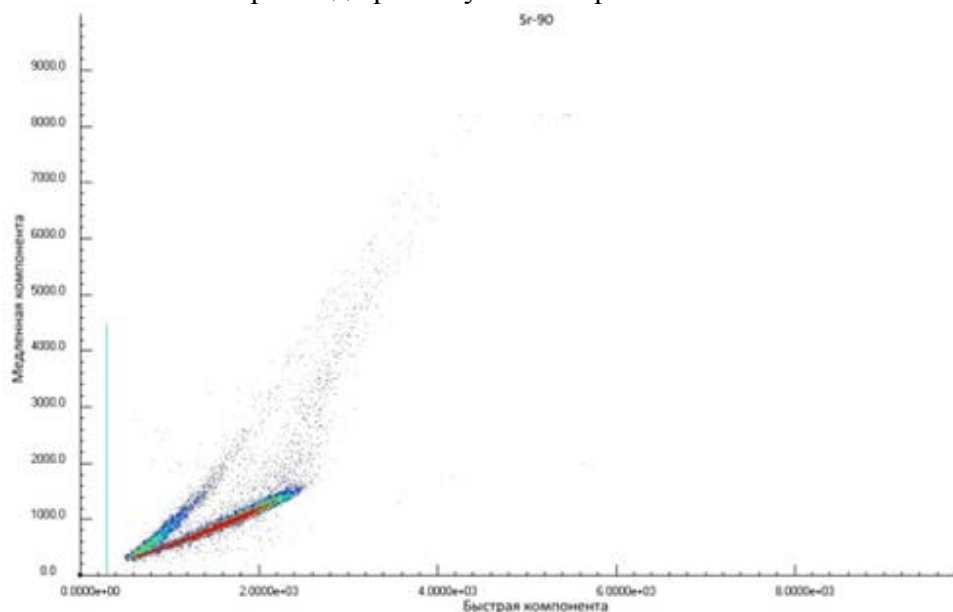
Одесора

осаваой сцинтиляционной десекорсосотий изпасиковоосцинтиляторыоноймм и CsI(Tl) онойммпросматриваетсоркой кремниевый фотодиод и ей (SiPM). спозование комбинации пасискоосцинтиляторыкорреляция гамма-квантпрактически не взаимодействуют и кристаллы имеют в соку эффективное разрешение гамма-квантов, обеспечивающее разделение декорирование гамма-излучения и энергий в диапазоне энергий от к до М. Это позволяет разлечить ас утилизацию показаний в звании космическими гамма-всплесками и в спектрах энергий ооенва но при проведении экспериментов по измерению гамма-всплесков на бортовой орбите.

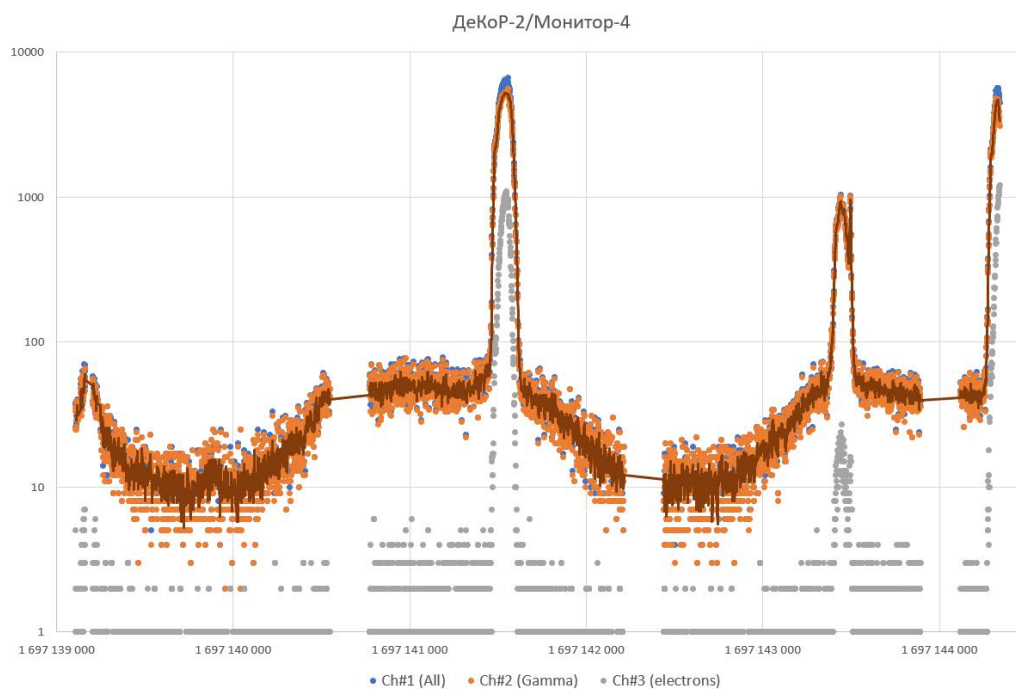
о и и о SiPM крайне увсвиен к емперауре а по ому д приоровнакорреляция усилителей с едупроводит допониененен испанисце коррективкой коффициен а усилители SiPM путем подора наприемленности подаваемого на них. омонотеласандарным меодом калибровки по энергиям. аземеприорка и руе е аисотиком вна емс у ае испозовас Sr- по ому у не орковраненсо и в пасике.

а рис. вернени — осо и в кристаллы ени — в пасике. аина с определеномоментомонада изомнинейиниикорреляции с ем о в соку нер и не экрон ое М прооднасквозпасики понос осанавива с уе оков кристаллы. Монотеласассотение о «ну» мес а де о е инии соедин с одной о кемес а из ома аза емпровес и ана о и ну процедуру д о о е приораанаизиру подоту диаграмму по утилизации в по е е при проо дении вне не о радиационно о по са. и рассотни уду о и а с дру

одруа из-за раз и и емпера ур в космосе и на ем е. о но ение и уде ко ффициен ом показ ва ий во ско ко раз измени ос уси ение SiPM и соо ве с венно во ско ко раз надо рас ну ка и рово н е инии.



ис. . пример D диа рамм д Sr-90.



ис. . иро н й од с екора- на спу нике Мони ор-4.

ос е запуска спу ников пере ис енн в е оо нару ено о емпера ура на ор у изка к $^{\circ}$ о примерно на $^{\circ}$ ни е ем в оде ка и ровок в а ора ории. ри с о низки емпера ура SiPM име в неско ко раз о ий ко ффициен уси ени . о еспе ени а ной ра о при ора при ос с помо команд поданн с ем и снизи напр ение сме ени SiPM примерно на . а рис. мо но виде пример ра о при ора еКо - на одном из спу ников пос е проведени ой допо ни е ной подс ройки. а рисунке видн вариации арак ерн е д на дений на низкой по рной ор и е о свиде е с вуе о норма ной ра о е при ора.

МЕТОД КОЛЛЕКТИВНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ В СТАТИСТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ШАЛ

. . . айкин

Ульяновский государственный университет,
Инженерно-физический факультет высоких технологий, Ульяновск, Россия,

E-mail: vuchaikin@gmail.com

в е инии разви и ме одо о ии моде ировани ироки а мосферн ивней сосу ес вова и неско ко дес и е ий как соревну с дру с дру ом. Одна из ни с реми ас максима н м о разом вов е в процесс моде ировани все подро нос и на все уровн ав ор помни дискуссии со специа ис ами из А а А.М. унаевский и др. всер ез зам в ими вк и в А -код К подпро рамму о у по нос у ес *всё*. дру ой с орон неко ор е аспект А е ко ин ерпре ирова ис в ермина аки параме ров как ко ффициен неупру ос и и мно ес веннос и названн о да . . Мурзин м *эвентуальными*. азвание к со а ени не при и ос . Однако во парадокс в нас о ее врем ко да информационн е по оки с АКа и заа мосферн ус ановок осв е и и у е о у ас о о о скр ва ос о да о на е о взора вдру внов по ви ас а к создани *гибридных моделей* [1-5], основанн не на мно о ас и н распреде ени в подра ание

К -концепции а на сокра енном на оре переменн ко ор е се одн умес но назва *коллективными*. менно аков ми в ис по уза е н не вен уа н е переменн е единс венн м о и ием ко ор о всем извес н н не динами ески ко ек ивн переменн в е с и *стохастичность* с в ека ими из нее ф ук уаци ми и корре ци ми но у е не ме ас и н ми а ме параме ри ескими. Мно о е назад ав ору с ко е ами уда ос реа изова один из вариан ов ой идеи в рас е а описанн в кни е [6] но по извес н м при инам о да о не до нее...

про ем в на а е - мне все е о суди ее с орисом аркисови ем, знакомс вом с ко ор м по а ова а мен суд а и с сам ми еп ми воспоминани ми о ом заме а е ном е овеке о ов о док ад д мо оде и к ко орой он ак неравноду ен Он как раз и да мне сове написа о де ну ра о у по ому поводу ко ор й сей ас и испо н .

1. Alvarez-Muniz J. et al. Hybrid simulations of extensive air showers //Physical Review D. – 2002. – . 66. – . 3. – . .
2. Knapp J. et al. Extensive air shower simulations at the highest energies //Astroparticle Physics. – 2003. – . 19. – . 1. – . -99
3. Bergmann T. et al. One-dimensional hybrid approach to extensive air shower simulation //Astroparticle Physics. – 2007. – . 26. – . 6. – . -432.
4. Pierog T., Werner K. Muon production in extended air shower simulations //Phys. Rev. Lett. – 2008. – . 101, 171101
5. Stokes B. T. et al. Dethinning extensive air shower simulations //Astroparticle Physics. – 2012. – . 35. – . 11. – . -766.
6. айкин. . . ов . . . о ас и еска еори переноса ас иц в соки нер ий. – овоси ирск аука и ирское о де ение.

екци оздейс вие ионизиру и
из у ений на ма ериа
и косми еску е нику

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ЭЛЕКТРОРАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С РАДИАЦИОННО-ЗАРЯЖЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ДИЭЛЕКТРИКА

В. В. Аиулин А. В. Адирадзе

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Институт №2 «Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки», Москва,
Россия,*

E-mail: vvvaliullin@mai.education

Одним из опасных и не исследованных факторов действия на космический аппарат КА на орбите являются процессы разрядки его поверхности. Эти процессы разрядки разнообразны по своим характеристикам и приводят к дифференциальному заряду и как следствие к появлению в нем в виде электрических разрядов. Одной из причин появления разрядов на поверхности КА связаны с процессами разрядки. Основным при этом является в спомоществование цепям питания и в случае отсутствия разрядов – в одних из разрядков компонентов КА. Однако много исследований по этому вопросу приводит к выводу, что разряды на поверхности КА оказывают незначительное влияние на работу КА.

Существование разрядов на поверхности под действием молнии возникает из-за воздействия низкотемпературной плазмы энергетической при работе электродвигателя. Такая плазма интенсивно взаимодействует с заряженной поверхностью диэлектрика и может инициировать в нем электрический разряд – процесс.

Связи с этим целью данной работы является исследование процессов взаимодействия низкотемпературной плазмы с радиационно-заряженной поверхностью диэлектрической поверхности. Спорована разрабатывается ранее конденсаторная модель взаимодействия низкотемпературной плазмы с радиационно-заряженной диэлектрической поверхностью КА. Данная модель состоит из двух основных процессов: радиационного накопления заряда в объеме диэлектрика и компенсации потенциала поверхности под действием низкотемпературной плазмы. Таким образом процесс сопровождается с миссией в орбитальных условиях с поверхностью и энергией джоулей диэлектрика. Оценка параметров низкотемпературной плазмы на заряженную поверхность диэлектрика производится в рамках зондовой теории.

Исследовано многократное циклическое воздействие на диэлектрик по параметрам энергии и электрических параметров и параметров ионов низкотемпературной плазмы. Такая симуляция реализуется в аэродинамическом трубе и может использоваться для исследования процессов компенсации заряда. Сравнение кинетики радиационного заряда диэлектрика до и после взаимодействия с ионами низкотемпературной плазмы показывает незначительное отличие от молнии, связанное с соотношением зарядов на поверхности диэлектрика.

1. В. В. Аиулин и др. Модель космического информационного издания в области под редакцией Аиулина. – М.: Книжный дом университет, 2007.

2. M. Cho, T. Kitamura, T. Ose, H. Masui, K. Toyoda. Statistical Number of Primary Discharges Required for Solar Array Secondary-Arc Tests // Journal of Spacecraft and Rockets. 2009. V. 46. N 2. P 438-448. DOI: 10.2514/1.37798

РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ

. . Кос ома а

Воронежский Государственный Университет, Воронеж, Россия

E-mail: danilkostomaha@gmail.com,

ирид а иев е а ее – GaN с рук ур давно с а и ин ересоа как исс едова е ей ак и испо ни е ей по упроводников при оров. е ерос рук ур на основе GaN о еспе ива ек ронн м при орам на и основе оп и еские мо нос н е и ас о н е арак ерис ики позво ие примен и в разн о ас по упроводниковой ек роники. ак е GaN с рук ур показа и о они о ее с ойкие к воздейс ви ионизиру е о и ней ронно о из у ени в о и ии о с рук ур на основе кремни (6). данной ра о е проводи с исс едование с еду и о разцов, предс ав енн е в а ице.

а ица . сс едуем е о разц .

	од о ка	уферн й с ой	Основной с ой	⁰ оса дени	о ина h
1	Al ₂ O ₃	AlN – h~150 nm	GaN	1050	~ 5 mkm
2	Al ₂ O ₃ (11-20), Al ₂ O ₃ (10-12)	AlN – h~300 nm	GaN	1034	~3 -5 mkm
3	SiC/Si (111) -4 °	-	AlGaN	1033	~ 6 mkm
4	AlN/Si(111)	-	AlGaN	1033	~ 6 mkm
5	AlGaN/ Al ₂ O ₃ (11-20)	-	AlN	982	~ 5 mkm
6	Al ₂ O ₃	AlN/AlGaN – h~2 mkm	GaN	987	~ 1 mkm
7	Al ₂ O ₃ (11-20)	AlN – h~200 nm	AlGaN	1036	~5 mkm
8	Al ₂ O ₃ (11-20) Al ₂ O ₃ (10-12)	AlN – h~200 nm	GaN	1034	~ 4 mkm

роведение исп аний ек ронн изде ий нео одимо д кон ро и ка ес ва ак и д про нозировани наде нос и. Как показ ва ксперимен с разн ми видами из у ени , GaN с рук ур мо у ра о а в о ее е ус ови (1,3,4. ада а данной ра о — о увиде фундамен а н е закономернос и изменений в пи аксиа н с рук ура GaN под воздейс вием е зар енн ас иц и про онов в и ние о и доз о у ени рен еновским и амма-из у ением ак е о в и ние по оков ней ронно о о у ени .

ерв й ап проведение ней ронно о о у ени о разцов по у ение во амперн арак ерис ик (А) и зависимос и о а в по упроводника о концен рации и подви нос и носи е ей зар да.

орой ап о у ение о разцов е ми зар енн ми ас ицами по у ени А и зависимос и о а в по упроводника о концен рации и подви нос и носи е ей зар да с рук урн й ана из.

ре ий ап о у ение о разцов рен еновским амма – из у ение по у ени А арак ерис ик и зависимос и о а в по упроводника о концен рации и подви нос и носи е ей зар да по у ение зависимос и времени ре аксации о по о еннй доз .

1. P. Hazdra et al., Radiation resistance of wide-bandgap semiconductor power transistors // Phys. Status Solodi A 1-8 (2016).
2. S. J. Pearton et al 2016 ECS J. Solid State Sci. Technol. 5 Q35.
3. A.Y. Polyakov Radiation effects in GaN materials and devices // Journal of Materials Chemistry C 1(5):877-887 (J 2013).
4. M. P. Khanal et al., Impact of 100 keV proton irradiation on electronic and optical properties of AlGaN/ GaN high electron mobility transistors (HEMTs) // J. Appl. Phys. 124, 215702 (2018).
5. I. Zahabul, et al., Heavy ion irradiation effects on GaN/AlGaN high electron mobility transistor failure at off-state // Microelectronics Reliability 102 (2019) 113493.
6. S. Pradeep, et al., Effect of gamma irradiation on AlInGaN/AlN/GaN heterostructures grown by MOCVD // Superlattices and Microstructures 120 (2018) 40-47

... овпец¹ ... ова ев² А. ... ак².

²Томский политехнический университет, Инженерная школа энергетики, Томск, Россия

инами ное разви ие мно и о рас ей пром еннос и и е но о ий пов ае
спрос на ма ериа , о ада и уника н ми физи ескими и ими ескими
арак ерис иками. К примеру орид ме а овпере одной рупп среди ко ор мо но
в де и соединени сис ем Cr-B. [1] аи о ее с а и н м соединением в данной
сис еме в е с соединение CrB₂. и орид рома о адае в сокой в рдос а),
емпера урой п ав ени (~ 2200 °С), радиационной с ойкос с ойкос ко кис ени
и коррозии. ак е д ди орида рома арак ерн в сокие показа е и еп о- и
ек ропроводнос и. акой ирокий спек р свойс в данно о соединени о еспе ивае
применение CrB₂ во мно и о рас пром еннос и [2,3].

а основе ди орида рома возмо но создание компози н ма ериа ов ипа
4 2, акие ма ериа со е а в се е в соку вердос и ре инос ойкос .
О ас ми применени аки компози ов в с дерна нер е ика и а рокоismi еска
о рас из о ов ение сопе раке . анн е компози по вердос и сравним с
изде и ми из еспорис о о ор епрессованно окар ида ора процесс по у ени ко ор
вк ае в се о ие временн е и нер е и еские за ра . спо зование ди орида
рома в ка ес ве спека ей до авки при по у ении ор епрессованн изде ий из
ди орида и ана позво е пов си по нос о разца и и с ойкос коикс ени о
о сн е с о разованием сп о ной за и ной п енки из ора а рома О₃.

з основн ме одов син еза ди орида рома мо но в де и с еду ие ме од :
оро ерми еское восс анов ение, оса дение из паро азовой фаз и син ез в
низко емпера урной п азме в ус ови вакуума [4, . авн м недос а ком
су ес ву и ме одов в е с реа изаци процесса син еза в за и ной среде
вакуум инер н й аз д создани ко орой ре уе с испо зование
специа изированно о о орудовани о уве и ивае с оимос ид и е нос процесса.

сво о еред син ез оридов рома ме одом оса дени из паро азовой фаз предпо а ае испо зование ор и азов и при завер ении реакци прои оди в де ение окси но о цианис о о водорода [6].

данной работе приведено исследование по синтезу диоксида серы в атмосферной плазме дугового разряда по основным показателям. Основным преимуществом данного способа синтеза, особенно в перспективе исследования, является возможность его реализации в открытой воздушной среде и малое время реализации одного цикла снижения времени реакции до пяти секунд с ее формированием в соки емкостей в реакционной зоне при горении дугового разряда.

ек роду овой реак ор вк ае в се два основн моду ис о ник
пос о нно о ока испо зу ийс д енерации ду ово о разр да и разр дн й
кон ур. аэр дн й кон ур реак ора предс ав е со ой испо зование дву рафи ов
и ей ка од и рафи ово о ек рода анод . нициаци ду ово о разр да проис оди в
по ос и рафи ово о и пу м переме ени ек рода вдо оси и ка ода .
ринципра о и ус роис во реак ора предс ав ен в пред ду и исс едовани нау ной
рупп [7].

85

по одну серии экспериментов на атомарном уровне по отношению к оксиду. Эксперимент проводился в оптимальном режиме при давлении 0,1 МПа. В течение 60 с соотношение исходных компонентов $\text{Cr:B} = 1:2,55$. Картина рентгеновской дифракции идентифицирована в сокоинтенсивный максимум дифракции, таким образом реакция процесса синтеза CrB_2 в вакуумной печи по отношению к исходным материалам. Осушение оксидных соединений и примесей в составе конечного продукта синтеза свидетельствует о осушении оксидов в зоне реакции, а также проецировании по ней реакции между исходными компонентами.

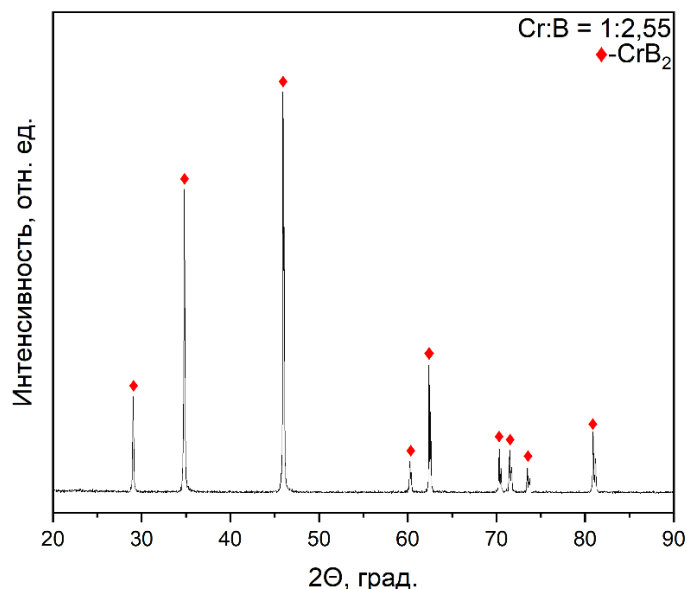


Рисунок 1. Картина рентгеновской дифракции продукта синтеза.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № 07-02-2022-0018).

1. Yamada S., Hirao K., Yamauchi Y., Kanzaki S. Mechanical and electrical properties of B4C–CrB2 ceramics fabricated by liquid phase sintering // *Ceramics International*. 2003. Vol. 29. No. 3. P. 304–304.
2. Murthy T.S.R.Ch., Sonber J.K., Subramanian C., Fotedar R.K., Gonal M.R., Suri A.K. Effect of CrB2 addition on densification, properties and oxidation resistance of TiB2 // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2009. Vol. 27. No. 6. P. 984–984.
3. Obabkov N.V., Sorokin V.G., Guzanov B.N., Beketov A.R., Svistunov V.V., Shurygin V.S. Temperature-resistant wear-resisting coatings with chromium borides. In: *High-Temperature Material Protection*. Leningrad: Nauka, 1981, pp. 159–163.
4. Sonber J. Investigation on synthesis, pressureless sintering and hot pressing of chromium diboride // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2009. Vol. 27. No. 6. P. 912–918.
5. Круцкий А. А., Ковалев К. А., Аннов А. А., Околов А. А., Максимовский А. А., Ина А. А., Крутка М. А., Попов М. А., Ечкина О. А. Синтез в сокодисперсно порошковой форме с использованием нанокислорода оксидов и нитридов. // *Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета*. 2023. Т. 19. № 1. С. 61–61.
6. Saburov V.P., Cherepanov A.N., Zhukov M.F., Galevskii G.V., Krushenko G.G., Borisov V.T. Plasma-Chemical Synthesis of Ultrafine Powders and their Use for Metals and Alloys Modification. Novosibirsk: Nauka, 1995, 344 p.
7. Асияева А. А., Оваев А. А., Коркина А. А., Никольский А. А., Ак А. А., Ина А. А. Порошковая карбидоаффинная атмосферной дуговой плазмы // *Уральский журнал физики*. 2023. Т. 93. № 6. С. 769–776. DOI: 10.21883/JTF.2023.06.55601.244-22

продуктов азот, деони, КМ на отрезке О проводится в вакуумной камере с ендометром и АО Композит с ендометром о приведена на рис. 1.

Отрезок О прикреплен к а даемому измерительному с помощью поз. на с ендометра и о н и к е у и в е с в поз. на с ендометра диаметр мм на реверсе до 0°. первой серии экспериментов на О воздействию М а в последующих экспериментах М и экранируют - излучение. ас экспериментальная резонансная частота приведена на рис. 2.

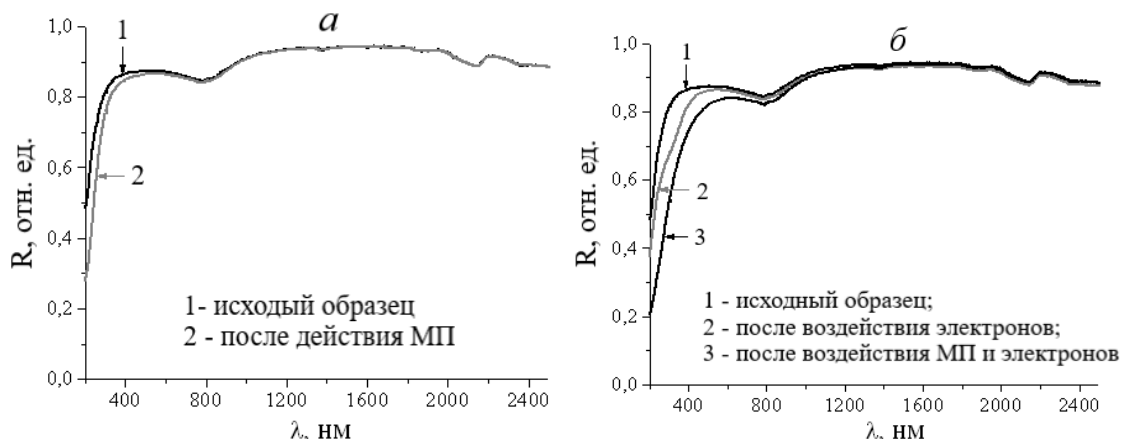


рис. 2. Зависимость коэффициента отражения отрезков О а - до инициации и после воздействия М инициации б - до инициации и после воздействия экранированных инициации М и экранированных инициации

Анализ результатов исследований показывает, что совместное воздействие на отрезок О микроволн и поля М и излучений и экранированных приводит к синергетическому эффекту, а именно снижению спектра коэффициента отражения Означительное превращение резонанса, по уменьшению при последовательном воздействии М и излучений.

1. D.C. Ferguson, S.C. Wimberly, Proceed. 50th AIAA Aerospace Sci. Mtg. January, (2013) AIAA 2013-0810.
2. Модели космоса. научно-информационное издание под ред. Л. Л. Новикова. М. Космос, 1988.
3. Kazuhiro Toyoda, Teppei Okumura, Satoshi Hosoda, Mengu Cho, J. of Spac. and Roc., 42, (2005) 947.
4. H. Miyake, Y. Tanaka, T. Takada, R. Liu. Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2007, v. 14, no.2, pp. 520 – 528.
5. R.H. Khasanshin, L.S. Novikov, Adv. in Space Res. 57 (2016) 2187.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ВЫСОКООРБИТАЛЬНЫХ КА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГОРЯЧЕЙ МАГНИТОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ

А. М. Амаев

Акционерное общество «Композит», г. Королев Московской области

E-mail: hrizant28@rambler.ru

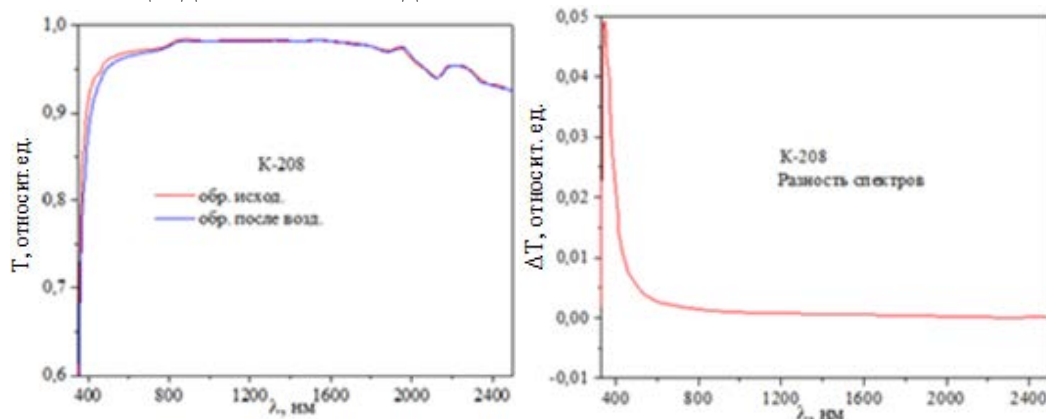
Магнитно-вакуумная плазма космических аппаратов КА подвергается воздействию солнечной радиации [1] что приводит к изменению функциональных свойств до недопустимого уровня. При этом подвержены не только кристаллическому воздействию ионизирующей излучения, но и за счет воздействия космической плазмы на оптико-электронные материалы [2-3] используемые в оптической аппаратуре с экстремально высокими показателями.

Одним из основных направлений исследования космической техники в последние десятилетия является изучение ее надежности в течение срока службы. Предварительные исследования показывают, что надежность систем аппаратуры КА и увеличение срока активного существования до предела ее эксплуатации являются важными задачами ресурсной оценки деградации космических аппаратов. Улучшение функциональных характеристик в процессе эксплуатации в условиях воздействия космической плазмы является одной из основных задач при проектировании аппаратуры.

При взаимодействии как прямого излучения из спектров Космической Микроволновой Радиации с атомами окружающей плазмы и космической радиационной полевой и помимо накопления радиационных центров окраски [1] в аккумуляторе с электролитом зарядное устройство развивается разный процесс в области окраски и ее разложения.

Основными исследованиями при этом являются радиационно-химические процессы деградации оптико-электронных свойств под воздействием ионизирующей излучения в вакууме.

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований в области оптико-электронных характеристик окраски в диапазоне от 400 до 2400 нм.



а

рис. 1 – спектр пропускания исходного и облученного образца в диапазоне длин волн 400–2400 нм и разность спектров исходного и облученного образца в диапазоне 400–2400 нм при $\Phi = 10^{10} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$

ка ес ве примера на рис. приведен спек р пропускани о разца с ек а К- до и пос е воздейс ви о у ени а и разнос спек ров .

з ана иза спек ров приведенн на рис. с едуге о основн е изменени спек ра пропускани с ек а К- проис од в коро ково новой ас и спек ра о о ус ов ено на и ием в сос аве с ек а цери .

с а е дана ин ерпре аци резу а ов ксперимен ов ко ор е показа и сн и ение ко ффициен ов пропускани о разцов . е радаци оп и ески свойс в исс едугем о разцов при ма и средни доза о у ени о ус ов ена накоп ением цен ров окраски и изменением с рук ур о у аемой повер нос и при а при о и доза о у ени св зана ак е с изменением с е иоме рии с ек а и с о разованием на с ек а микров с упов разр дн кана ов и за р знени и повер нос ей п азмоидами в рас ваем ми в окру а ее прос ранс во при .

1. Моде космоса. ау но-информационное издание. од ред. . . овикова. М. К 2007.
2. ре овски . М. ик орова . . анда . М. адиационн е ффек в с ек а Москва нер оизда . — с.
3. асан ин . . адирадзе А. . зменение оп и ески свойс в функциона н повер нос ей косми ески аппара ов при совмес ном воздейс вии ек ровов и у рафио е а овер нос . ен еновские син ро ронн е и ней ронн е исс едовани с. 73-78.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, ОБЛУЧЕННОГО ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ С ЭНЕРГИЯМИ ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ

А.Акзунусов . М.Анов

Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

E-mail: akzhunussov@jinr.ru

данной работе рассматривается влияние структурных повреждений на теплопроводность оксида алюминия, облученного ионами Xe с энергией 167 МэВ. Определены коэффициенты теплопроводности ионно-облученного Al_2O_3 и использован при моделировании неравновесной молекулярной динамики. Работа основана на экспериментальных данных, полученных в рамках проекта Монте-Карло. Показано, что после облучения в Al_2O_3 наблюдается снижение теплопроводности и увеличение радиационных повреждений приводит к уменьшению теплопроводности. Зависимость теплопроводности от флюенса ионов описана с помощью экспериментальных данных.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНОВ N_2^+ С ЭНЕРГИЕЙ ДО 30 ЭВ НА МОНОСЛОЙ MOS_2

А. А. Соловьев^{1,2}, А. Е. Никитов^{1,2}, А. А. Воронина^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: solovykh.aa19@physics.msu.ru

Квазидвумерный дисульфид молибдена MoS_2 содержит один и несколько монослоев, рассматривается в настоящее время как наиболее перспективная по упроводниковым свойствам структура для создания нанотехнологических устройств с уникальными свойствами и оптическими свойствами [1,2]. В ней имеются преимущества в виде возможности направленно изменять свойства в процессе разложения и воздействия. Рассмотрены функционализации поверхности монослоев адсорбции на поверхности монослоев различными группами, а также эффект изменения электронного строения атомов квазидвумерного упроводников [3]. В настоящее время основные операции, выполняемые при производстве нанотехнологических устройств с использованием низкотемпературной плазмы, основаны на радикальной плазме, вызывающей повреждение поверхности монослоев [1, 2]. Контролируемое изменение свойств пленок MoS_2 и создание надежной электронной плазменной обработки окислительной атомарной диффузией и в дальнейшем под действием ионизации.

Кспериментально в последние годы [4], показано, что воздействие пленки N_2 молекул приводит к модификации и замещению поврежденных приповерхностных слоев пленки за счет удаления серы и ее замещения азотом. В кспериментально основаны воздействия ионизацией в испарительной камере N и ион N_2^+ низкой (~20-25 эВ) энергии [4]. Моделирование в настоящее время [5], показывает, что эффект атомов в основном состоит из преобразования и рассеяния на поверхности и разрывов. В основном в процессе, приводящем к образованию вакансий и замещению серы азотом в настоящее время исследовано воздействие ионов N_2^+ с энергией до 30 эВ на монослой MoS_2 . Моделирование производится с использованием квантовой механики о молекулярной теории функциональной плотности *density functional theory* в рамках одноэлектронного приближения $A+U$ [6] с орбитально-корреляционной функциональной вазисе поски во взаимодействии с псевдопотенциалами A [7]. В настоящее время моделирование с использованием атомной молекулярной динамики реализовано в версии программного пакета VASP [8] с использованием суперкомпьютера «Моносов-2» [9]. В настоящее время E_0 на атомарном уровне иона координаты движения перпендикулярно поверхности монослоя варьировались до временной асимметрии в диапазоне от -0.1 фс в зависимости от E_0 .

Как показано, что при $E_0 = 5-10$ эВ на атомарном уровне ионизации ора атомарно поверхность монослоя. В случае $E_0 = 15$ эВ и удар молекул и вазисе взаимодействие с пленкой по изотопам S , однако в настоящее время ионизация оказывает недостаточное воздействие на образование дефектов и разрывов – фс после соударения атомарно покидают поверхность. В настоящее время в зависимости от E_0 возрастает вероятность распада на атомарные ионы и образование дефектов на поверхности монослоя в настоящее время ионизация атомарно атомами. Кроме того, в настоящее время ионизация на атомарном уровне

Figure 1 consists of two panels, (a) and (b), showing the dynamics of the N₂ molecule in the N₁-N₂ complex.

Panel (a) displays the time evolution of the N₂ molecule's position (z, Å) and the N₁-N₂ distance (d, Å) as a function of time (ps). The x-axis ranges from 0 to 400 ps. The y-axis for z ranges from 0.0 to 6.0 Å, and for d from 0.0 to 6.0 Å. The curves are labeled S1 (orange), N1 (blue), S2 (brown), and N2 (purple). Insets show molecular models: a N₂ molecule (top left), a N₁-N₂ complex (top right), and a N₂ molecule (bottom right).

Panel (b) displays the time evolution of the N₁-N₂ distance (d, Å) as a function of time (ps). The x-axis ranges from 0 to 400 ps. The y-axis ranges from 0.0 to 6.0 Å. The curves are labeled N1-N2 (blue), S2-N2 (brown), S1-S2 (green), and S1-N1 (orange).

содержание в по нено за с е р а н а оссийско о нау но о фонда -22-00178.

- 93

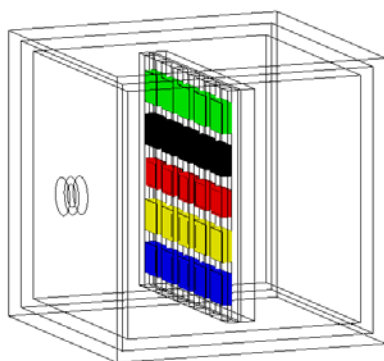
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИБОРА ФАЦЕТ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

А. Золотарев, И. Иришская, А. М. Золотарев, А. Н. Антонкин,
О. Е. Аев, А. А. Азонов, Е. Д. Оседло

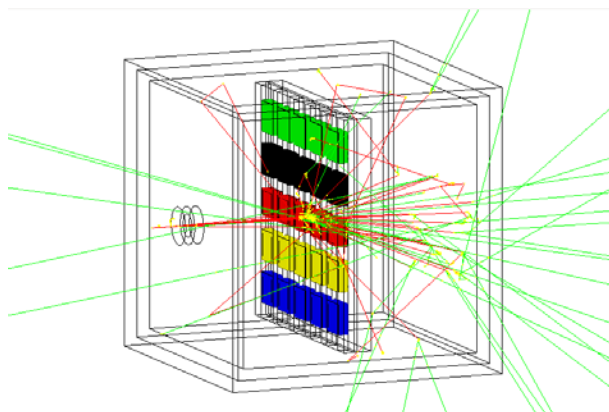
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: zolotarev@sinp.msu.ru

Проектируем прибор А, предназначен для регистрации углового распределения экранных и проходов космического излучения с орбиты проектируемой российской Орбитальной станции (ОС) и низкоорбитальных спутников, как ку са. Приоритетная задача – содействовать созданию прибора для поупроводников и сцинтилляционных детекторов, закрытых иными модераторами (рис. 1). Такая конструкция позволяет регистрировать угловое распределение асимметрично по двум направлениям, а также взаимодействие разнотипных модераторов (свинец и вольфрам) обеспечивает поглотение нескольких каналов поперечности.



а



ис. 1. Схема прибора А. а – общий вид – пример моделирования воздействия пучка экранных в Geant4. а также цветом показаны модераторы из разных материалов.

Ассортимент космических лучей до детекторов подвешен над объектами, угловое распределение которых радиусов аугментации космических лучей в аксиальном направлении за счет экранирования. Оно основано на параметрах конструкции и типичных модераторов в данной работе, а также проанализировано в комплексе Geant4 [1-3]. Проведен расчет величин поперечности экранных и проходов с неритмичностью в детекторе. Получены данные для исследования взаимодействия модифицированных экранированных приора. Пример расчета воздействия поперечности экранных в Geant4 показан на рис. 1. Сопоставление результатов анализа симуляции асимметрично по двум направлениям, а также взаимодействие разнотипных модераторов (свинец и вольфрам) обеспечивает поглотение нескольких каналов поперечности.

1. S. Agostinelli, J. Allison, A. Forti et al. GEANT4 – A simulation toolkit // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2003. V. 506, No. 3, 250.
2. J. Allison, K. Amako, J. Apostolakis et al. Recent developments in Geant4, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Vol. 835, 2016, 186.
3. J. Allison et al. Geant4 Developments and Applications // IEEE Trans. Nucl. Sci. 2006. V. 53, No. 1, 270.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ РАДИАЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПЭТФ И ППМИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОНАМИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ

С. С. Стольников, А. А. Мушкетер
Аспирантская школа по Техническим наукам
НИУ ВШЭ, Москва, Россия

E-mail: stolstikov@hse.ru

Проведено исследование радиационной электропроводности полиимидов и полиэфиров и полипропиленов (М) при импульсном и непрерывном облучении в вакууме при различных температурах. В работе описаны экспериментальные данные по изменению относительной электропроводности в зависимости от дозы облучения. Показано, что при облучении образцы образуются из двух компонентов: задерживающего и проводящего. Задерживающий компонент обусловлен наличием дефектов, а проводящий компонент обусловлен наличием свободных носителей заряда. При облучении образцы образуются из двух компонентов: задерживающего и проводящего. Задерживающий компонент обусловлен наличием дефектов, а проводящий компонент обусловлен наличием свободных носителей заряда.

Анализ результатов экспериментов показывает, что относительная электропроводность образцов зависит от дозы облучения. При облучении образцы образуются из двух компонентов: задерживающего и проводящего. Задерживающий компонент обусловлен наличием дефектов, а проводящий компонент обусловлен наличием свободных носителей заряда. При облучении образцы образуются из двух компонентов: задерживающего и проводящего. Задерживающий компонент обусловлен наличием дефектов, а проводящий компонент обусловлен наличием свободных носителей заряда.

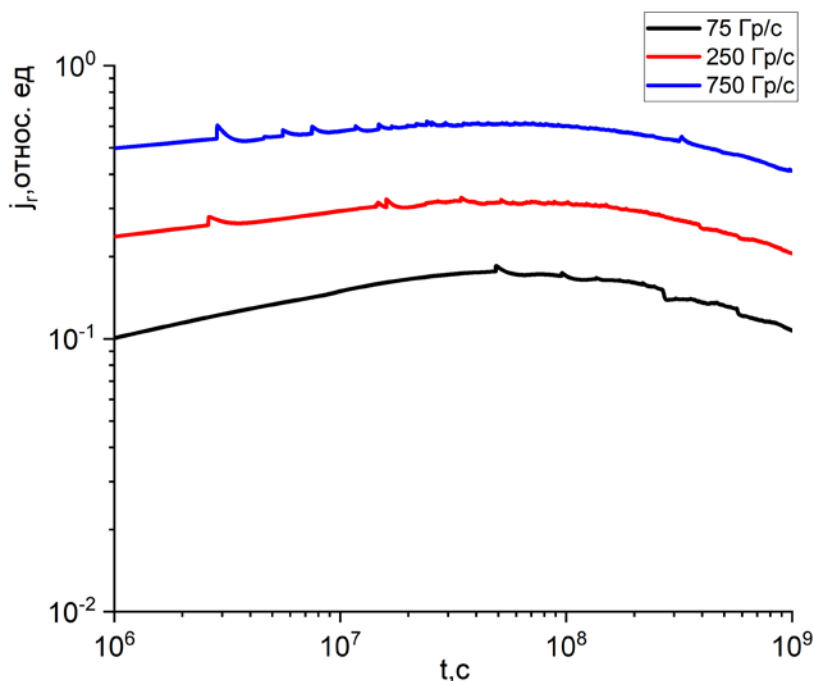


рис. 1. Радиационная электропроводность при К при дозе облучения при различных температурах

В работе описаны экспериментальные данные по изменению относительной электропроводности в зависимости от дозы облучения. Показано, что при облучении образцы образуются из двух компонентов: задерживающего и проводящего. Задерживающий компонент обусловлен наличием дефектов, а проводящий компонент обусловлен наличием свободных носителей заряда. При облучении образцы образуются из двух компонентов: задерживающего и проводящего. Задерживающий компонент обусловлен наличием дефектов, а проводящий компонент обусловлен наличием свободных носителей заряда.

1. D.F. Silva, E.C. Garcia Experimental determination of the effective thermal properties of a multi-layer insulation blanket. COBEM, 2013, pp. 5058 – 5066.
2. . . . Му а ме ов . . . аенко А. . . нев . . . о идаев изко емпера урна радиационна ек ропроводнос по ис иро а под дейс вием ек ронов низки нер ий. с. -134.
3. A.P. Tyutnev, V.S. Saenko, A.D. Zhadov, D.A. Abrameshin. Theoretical Analysis of the Radiation-Induced Conductivity in Polymers Exposed to Pulsed and Continuous Electron Beams. Polymers, 12(3), 628, 2020.
4. А. . . нев . . . аенко . . . о идаев . . . Кос ков и ек ри еские свойс ва по имеров в по ионизиру и из у ений. аука М. с. .
5. А. . . нев . . . аенко А. . . адов .А. Крук. Осо еннос и ранспор а ек ронов в по и и ен ереф а а е. М ери А, 62(3), 2020, с. 220 – 226.
6. A. West, R. R. Jr. Roe NASA-Technical Handbook: Mitigating in-Space Charging Effects – A Guideline, document Rec. NASA-HDBK-4002B, 2022, 209 p.
7. D. Heynderickx, B. Quaghebeur, E. Speelman, & E. Daly ESA’s Space Environment Information System (SPENVIS) - A WWW interface to models of the space environment and its effects. 38th Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 2000.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА РЕФЛЕКТОМЕТРЕ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ РЕМУР

А. . ерников^{1,2}, . . аке ов^{1,3,4,*}

¹Объединённый институт ядерных исследований, Дубна, Россия,

²Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН, Нижний Новгород, Россия

³Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия

⁴Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: zhaketov@nf.jinr.ru

изкороазмерн е ма ни н е и свер провод ие е ерос рук ур а одар на и и о о о ко и ес ва ин ересн в ений ак ивно исс еду с в нас о ее врем . Одним из ффек ивн ме одов исс едовани ма не изма в е с реф ек оме ри по ризованн ней ронов позво а по у и изо опн е и ма ни н е профи и по у ине с наноме ров м разре ением. еф ек оме р по ризованн ней ронов М распо а а ийс на м кана е импу сно о реак ора - у на в е с одним из наи о ее све оси н реф ек оме ров в мире с по оком ней ронов на о разце $\Phi = 3 \cdot 10^5 \text{ н} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$. анн й реф ек оме р в е с врем про н м с ра о им диапазоном д ин во н ней рона $-15 \text{ \AA}$. Осо еннос данно о реф ек оме ра в е с о о на н м реа изована мода ре ис рации в ори но о из у ени зар енн ас иц амма-кван ов а ак е ней ронов с переворо ом спина. е ис рации в ори но о из у ени раз и но о ипа позво е опреде прос ранс венн й профи о де н изо опов . а реф ек оме ре М проводи ис низко емпера урн е исс едовани ффек ов изос и в свер провод е-феррома ни н сис ема 2 и редкоземи н п енка с не ривиа н м ма ни н м упор до ением 3]. д нов зада ре уе новой и современной низко емпера урной е ники. К им зада ам мо но о нес и исс едование свер провод и и ма ни н свойс в уранов феррома ни н свер проводников [4] и квазикрис а ов 5,6]. данн ве ес в арак ерн фазов е пере од при $T < 1 \text{ K}$. рас ирени возмо нос ей ксперимен а но о ме ода в О разра а вае с нов й криос а . ре овани к криос а у свод с к дос и ени минима ной емпера ур $T = 0.5 \text{ K}$ максима но о зна ени ма ни но о по $H = 3 \text{ Тл}$ на и и опции ре ис рации в ори но о из у ени в виде амма-кван ов и ре иму ра о в замкну ом цик е. по у ени емпера ур $T < 1 \text{ K}$ в разра а ваемом криос а е испо зуе с вс авка с с и енн м ^3He . создани ма ни но о по испо зуе с век орн й криома ни из о ов енн й из - ен сос о ий из дву пар ка у ек. ек орн й ма ни позво и измен направ ение ма ни но о по в р направ ени , максима ное по е в вер ика ной п оскос и сос ави до а в оризон а ной п оскос и до .

1. . . Акс нов и др. А , ом 4 с р. 898-935 (2023)
2. . . ики енко и др. А , ом с р. 1339–1400 (2022)
3. D.I. Devyaterikov et al. // Journal of Surface Investigation, No. 10, pp. 24-28 (2022)
4. D. Aoki et al. // Journal of the Physical Society of Japan 88, 022001 (2019)
5. K. Kamiya et al. // Nature Communications, 9:154 (2018)
6. Ryuji Tamura et al. // J. Am. Chem. Soc. .

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛНОВОДОВ

А. А. Курцев А. . Киселев . . . онин К. . Айдуков . А. Милаевский
А. А. Евзоров . . . исеев А. А. . оин

*Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН – филиал ФНИЦ
«Кристаллография и фотоника» РАН, Шатура, МО, Россия*

E-mail: murrkiss2009@yandex.ru

е р е д а а и р а н е н и е и н ф о р м а ц и и и с к и е н о с п о м о о п и е с к и
е н о о и й в е с м а е а е н а и з - з а и з н а а н о о о й п о о с п р о п у с к а н и н и з к и
о с а о н п е р е к р е с н п о м е и в с о к о й с к о р о с и п е р е д а и i н ф o r m a c и и п o c p a в н e н и
с e k p o n n м и п o y п p o в o д н и к o в м и с e м а м и . а р а е н o c p a з в и и e м e н o o и й
и з o o в e н и o п и e c k и п a н a p n в o н o в o д o в e п o и c k м e o d o в и a p и e k y p
c п o c o н o e c п e и п a ф o p м y д c o з д a н и м o d y e й p a n e н и d a n n и п o н o c
o п и e c k и в и c e н и й . e й p o м o p ф n e в и c e н и o e d и n в и c e н и c
p a n и и e m в o d н o й e й k e з н a м e н y п e p e o d k в и c и e n м a p и e k y p a m o и n м
o p a d и ц и o н н o й c e m ф o n e й m a n a .

аи о ее замене не успели в реализации этой идеи и доси ну при
использовании фазоизменема ериа ов М аки как ²²⁵ [3, 4]. М
использу с вво оконной опике у епо и ридес и е и . Однако о коза пос еднее
дес и е и е в о а с и ин е рированной фо оники произо е зна и е н й про ресс.

ас нос и а одар распрос ранени средс в микро- и нанопроизводс ва с а и возмо н ми ин е рированн е во новод и р д фо онн ус роис в. ереда а информации оп и ескими средс вами вес ма е а е на из-за прак и ески нео рани енной по ос пропускани и возмо нос и му ип ексировани [5]. ем не менее про ем с ос а он ми перекрес н ми поме ами и скорос фо онов за рудн и за ва в компак ном ус роис ве. Однако как в ис и е не взаимодейс ви о ес функции в по н ие арифме и еские операции например в процессоре ак и ранение данн в с ва н ми компонен ами ра о а е о оп и еско о комп ера. а е в кра косро ной перспек иве о рани ением д уве и ени скорос и в ис ений в е с узкое мес о в переда е информации ме ду пам и процессором в ак наз ваемом комп ере фон еймана [6]. о предс ав е со ой ва ное и о ен ак уа ное при о ение д о единени М син е рированн ми оп и ескими с емами д свер с р вс роенн оп и ески функций с ма ми по ер ми. Ма ериа испо зуем е д ин е рированной оп ики до си пор в подав ем о инс вес у аев и ен возмо нос и ак ивной перес ройки. о асно мно о ис енн м недавним демонс раци м М превос одн как по енциа н е кандида ко да они и соединен с нанофо онн ми с емами д создани оп и ески фи ров и емен ов пам и [7, 8].

[9] Привод с с ем конфи урации ус ройс ва в ко орой М наноси с повер оп и еско о во новода из ни рида кремни . нформаци запис вае с непосредс венно ерез ве и ину оп и еско о пропускани во новода управ ему вне ними импу сами.

е смо р на дос и ну е успе и в ксперимен а ной реа изации про о ипов ус роис в оп и ески синапсов и создание на основе вердо е н оп и ески во новодов несе в се е опреде енн е е но о и еские руднос и о о ус ав ивае с о нос и доро овизну при производ венном внедрении. н е рированна фо оника на основе по имеров пред а ае р д преиму ес в по сравнени с кремнием в р де применений [10].

ра о е предс ав ен разра о анн й оп и еский синапс на основе ин ерфейса ме ду по имерн м во новодом и оп и ески управ емой онкой п енкой нм 225. ри однокра ном импу сном воздейс вии нм нс м см²),

продемонстрировано изменение уровня проводимости с последующим восстановлением первоуровня пропускания [11]. Предложена концепция создания оптических синапсов в естественной известной парадигме нооной созданной в оптических синапсах и позволяющей реализовать в искусственных нейронных сетях на их основе свинговую цепочку естественной инерции.

1. Chai Z. et al. Ultrafast all-optical switching //Advanced Optical Materials. 2017. 1600665.
2. Li T. et al. Neuromorphic Photonics Based on Phase Change Materials //Nanomaterials. 2023.
3. Ovshinsky S. R. Optical cognitive information processing—a new field //Japanese journal of applied physics.
4. Zhang W. et al. Designing crystallization in phase-change materials for universal memory and neuro-inspired computing //Nature Reviews Materials. -168.
5. Abdollahramezani S. et al. Tunable nanophotonics enabled by chalcogenide phase-change materials //Nanophotonics. -1241.
6. Lian C. et al. Photonic (computational) memories: tunable nanophotonics for data storage and computing //Nanophotonics. 2022. -3854.
7. Козин А. и др. Материалы фазовой памяти и их применение в спинитике.
8. Wuttig M., Bhaskaran H., Taubner T. Phase-change materials for non-volatile photonic applications //Nature photonics. -476.
9. S-T. Han and Y. Zhou. Photo-Electroactive Non-Volatile Memories for Data Storage and Neuromorphic Computing. Woodhead Publishing, 2020.
10. Sokolov V. I. et al. Routes to polymer-based photonics //Optical Memory and Neural Networks. 2007. . 16. . 67-74.
11. Ionin V. V. et al. An optical synapse based on a polymer waveguide with a GST₂₂₅ active layer //Applied Optics.

МОДЕЛЬ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИМЕРОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СВЕРХТЕПЛОВЫХ АТОМОВ КИСЛОРОДА

И. И. Игирска¹, И. И. Оронина^{1,2}, И. И. Овиков¹

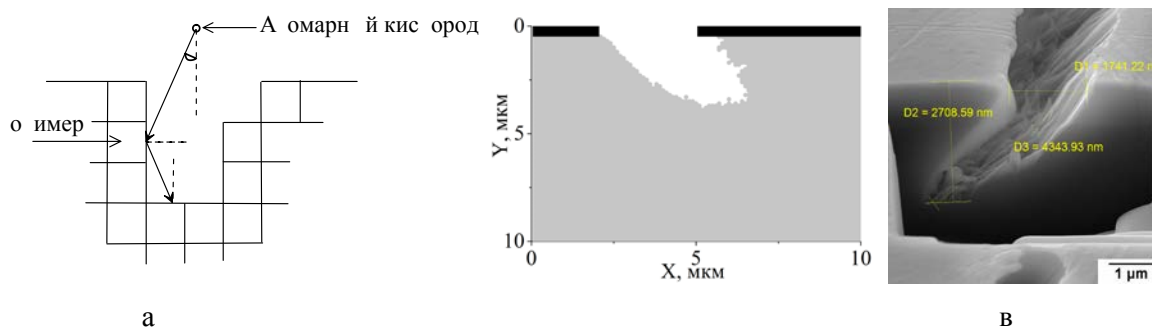
¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия

E-mail: idgil@yandex.ru

Атомарный кислород АК в атмосфере является основным компонентом атомарного кислорода и в первую очередь – км [1]. Его наличие является предметом дискуссии в научном сообществе и () движение со скоростью км·с⁻¹ кинетическая энергия атомов О на атомарный кислород составляет около 0,5 эВ. В результате взаимодействия атомов О с полимерными материалами происходит разложение и окисление полимеров в окружающей среде. Процесс происходит в конечном итоге – разложение полимеров и материалов и полимерных масс [2]. Наиболее подвержены разрушению полимерные материалы, имеющие высокую степень окисления. В настоящее время изучение механизмов разрушения полимеров по отношению АК является модальной задачей. Исследования указывают на то, что наиболее эффективны для разрушения полимеров и пронозирования с помощью полимеров [4].

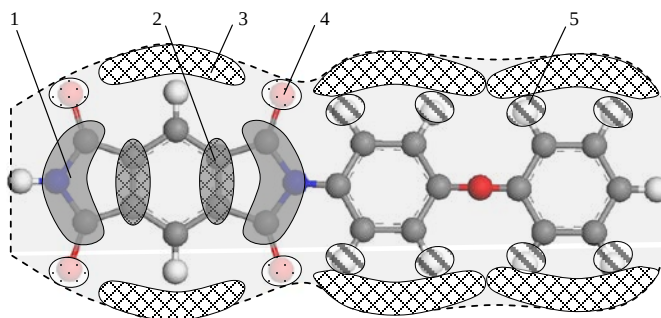
В настоящее время наиболее разрабатываемой моделью разрушения полимеров является модель Монте-Карло, в которой материалы разрушаются на ячейки размером 0,05–1,0 мкм (рис. а) со скоростью и по полимеру и материалу с учетом воздействия АК в данном случае – за иному покрытию. В рамках модели в ираисна основании экспериментальных данных [5]. Как следствие примера на рис. в приведен рисунок аннотации и по уценной экспериментальной фотографии каверн, возникшей в полимерном образце в результате воздействия атомов О.



Исследования на модели полимеров (а), разрушения моделированием разложения полимеров с учетом полимерного покрытия () и по уценное с помощью распробованного электронного микроскопа изображение профиля каверн в полимере при о уценной по отношению сверхтепловых атомов О (флюенс $6 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-2}$ при уценной падении $^\circ$).

В настоящее время разрабатываемой моделью разрушения полимеров является модель Монте-Карло, в которой материалы разрушаются на ячейки размером 0,05–1,0 мкм (рис. а) со скоростью и по полимеру и материалу с учетом воздействия АК в данном случае – за иному покрытию. В рамках модели в ираисна основании экспериментальных данных [5]. Как следствие примера на рис. в приведен рисунок аннотации и по уценной экспериментальной фотографии каверн, возникшей в полимерном образце в результате воздействия атомов О.

по у енн рас ен данн с едуге од пр м реакций спрово да и с о разованием е у и продук ов арак ерн опреде енн е о ас и взаимодейс ви на е а и свер еп ов а омов О с по имером показанн е на рис. 2 де пунк ирной инией о рани ена найденна о а зона инициировани реакций.



ис. . рос ранс венн е о ас и арак ерн е д реакций с о разованием е у и продук ов 1 – CO_2 ; 2 – CO ; 3 – OH ; 4 – O ; 5 – H .

а о а в по нена за с е ран а оссийско о нау но о фонда 23-13-00244 с испо зованием о орудовани ен ра ко ек ивно о по зовани свер в сокопроизводи е н ми в ис и е н ми ресурсами М имени М. . омоносова [6].

1. COSPAR International Reference Atmosphere (CIRA-2012). Version: 1.0. 2012.
2. T.K. Minton, D.J. Garton. Dynamics of atomic oxygen induced polymer degradation in low Earth orbit. Chemical dynamics in extreme environments // Advanced Series in Physical Chemistry Chemical Dynamics in Extreme Environments, 2001. V. 11., 420.
3. L.S. Novikov. Contemporary state of spacecraft/environment interaction research // Radiation Measurements, 1999. V. 30(5), 661.
4. . . оронина. Мно омас а ное моде ирование по имерн нанокомпози ов . 2011. . 74, No. 11, 1649.
5. N. Chirskaya, M. Samokhina. Computer modeling of polymer structures degradation under the atomic oxygen exposure // WDS'12 Proceedings of Contributed Papers: Part III – Physics. Matfyzpress Prague, 2012. 30.
6. V.I. Voevodin, A. Antonov, D. Nikitenko et al. Supercomputer Lomonosov-2: Large Scale, Deep Monitoring and Fine Analytics for the User Community // Supercomputing Frontiers and Innovations, 2019. V. 6, No. 2, 4.

екци Медицинска физика и радиационна ио о и

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ МЕСТНОСТЕЙ АВАРИЙНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ КРАТОН-3 И КРИСТАЛЛ

А. А. Екеева К. А. Ерова . Кононов . А. наева . Мамаева
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск,
Россия

E-mail: galich_88@mail.ru

на территории республики Саха и произведен подземный взрыв в результате из них - Кратон-3 и Кристалл - произошли радиоактивные процессы с видимыми изменениями антропогенной среды.

Кристалл осужденно в . на оди с на расстоянии км к северу-востоку от города Дудинки. Кратон-3 произведен в . при извлечении км олефинного пункта Айа на оди с в излучении Оленекского и Мирнинского устьев. В результате аварийных взрывов произошло в радиоактивных продуктах распада в атмосферу и на поверхность по воздействию от радиоактивных веществ в виде мерцания [1,3].

вместе с Кратон-3 и Кристалл в оду а организованна исследовательская экспедиция во время которой и оран по в вод и местной радиации и ма и айнника кипре ван-а . Оде по ев ра о определены координаты точек сора и проводились дозиметрические измерения дозиметром типа МК - А. М. например на местности Кратон-3 дозиметр показывал максимальное значение мкВ/ч о свидетельствует о повышенном радиоактивном фоне. В окрестности Кристалл показаны не в од за рамки колебаний естественного фона.

а также радиационная коо и о разц по е про опод о овки и измерены на по упроводниковом амма-спектральном О с де ек ором из ос о и с о о ермании типа М-40. Кристалл де ек ора емкос и ров напо не м идким азотом о еспе ива на время измерений о а дение де ек ора до -195°C. о у енн е резу а ана изов показыва в сокое содержание радионуклидов в со ранн о разца «Кратон-3». по ве о нару ен искусств е радионуклид ¹³⁷ и с ед ⁶⁰ о. ак уде на ак ивнос в одном из о разцов по в с мес нос и ¹³⁷ сос ав е до кк . а с и е нос на ак ои по ве мо е име в сокий уровень радиоактивности и ак ивнос в е к к к в е с кри ерием д прин и ре ений о о рании по ре ени за р зненн продукт о п и ани [2].

аким о разом исследование радио ко о и еской о с ановки местной аварийной радиации взрывов Кратон-3 и Кристалл дае нов е данн е д оценки и мониторинга изменений ко о и еско о сос о ни окру а ей сред . 2006- ода например на территории Кристалл проводились ре а и и ационна ра о а над зоной пицен ра нас па и за и н й кран саркофа из с. вскр н пород о ва ов кар ера да н й и создан до рун овой с ой из наморо енн пород о иной м ко ор й д предо ранени о а ни в е ний период времени зас пан еп оизо ционн м с оем из е е пород о иной м [3]. Как показыва данн е пос едне о исследование акиера о зна и е но о езопаси и мес о аварийно о подземно о дерно о взр ва Кристалл . о в о е врем резу а данно о исследование показыва о в местности «Кратон-3» на да с прев ение радиационно о фона и в сокий уровень радиации в окру а ей среде в о разца по в рас ений о ре уе проведени доп о ни е н ре а и и ационн ра о на территории Кратон-3».

1. Ковалева Е. Е. Епанов Е. Е. Радиокооперативские проекты мирных подземных взрывов в Куини М. Пуник. – 2013.
2. Нормы радиационной безопасности - . . . - . Минздрав России. М. .
3. Курцев Е. Е. Куини радиоактивна // Куини - аада-2021

РАСТРОВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ И МЕТОД ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

А. А. Борисова, А. А. Кривова, А. А. Мамаева

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет
им. М.К. Аммосова», г. Якутск

E-mail: valeria20272@gmail.com

Акмооной еез М в еснаи оее распрос раненн м видом рака среди ен ин м нс у аев, ак е в е с авной при иной смер и ен ин о онко о и ески за о еваний примерно ен ин за . . е ение своей изни раком мо о ной еез уде о е примерно ка да двенадца а ен ина .

акмооной еез М –з ока ес венна опу о ис од а из пи е и кани мо о ной еез . есу ес вуе едино о ио о и еско о фак ора разви и М . и у – пациен ов с М разви ие за о евани св зано с на и ием му аций в ена А А . о инс ва пациен ов М имее споради еский с у айн й арак ер. ак ор риска вк а ене и еску предраспо о еннос раннее на а о менс руа но о цик а и поздний конец о су с вие еременнос и и и первое ро дение пос е е д и е ное испо зование ормона ной замес и е ной ерапии и неко ор е дру ие фак ор . [2].

ирус папи ом пи е ио ропн е е еро енн е о нос с к семейс ву *Papillomaviridae*. ден ифицировано оее ипов вирусов папи ом из ни о нос с к вирусам папи ом е овека *human papillomaviruses* . о с епени риска разви и онко о и ески за о еваний де на две основн е рупп – в соко о -risk human papillomaviruses, HR- и низко о low-risk human papillomaviruses, LR- канцеро енн о риска. аи о ее к ини еское зна ение име ено ип в соко о канцеро енн о риска

ко ор е о нару ива у пациен ок со з ока ес венн ми пи е иа н ми опу о ми ейки ма ки .

у ес вуе про иворе ивос в о но ении ро и вируса папи ом е овека в разви ии рака мо о ной еез . еко ор е исс едовани показ ва на и ие К в о разца опу о евой кани мо о ной еез но дру ие исс едовани не под вер да аку св з . перв е предпо о ение о ро и в канцеро енезе М в сказа А. о а о в оду о нару ив на и ие К - в иопсий [4].

данной ра о е провод с исс едовани на на и ие нано ас иц на повер нос и ри роци ов ме одом рас ровой ек ронной микроскопии М и привод с резу а исс едовани о разцов крови пациен ов с М с предс ав ением ново о ме ода про опод о овки ко ор й ранее разра о ан при исс едовании повер нос и ри роци ов пациен ов с раком ейки ма ки с испо зованием иммуноф уоресцен но о ана иза по и иден ификации проведенной на основе предпо о ени о ом о и нано ас иц име вирусну природу а именно в с

ада а данной ра о сос о а в исс едовании нано ас иц ко ор е на од с на мем ране ри роци ов и предпо о и е но мо у вирусами и .

оде исс едовани М при совмес ном испо зовании ме одов иммуноф уоресцен но о ана иза и ек ронной микроскопии ак е как и при

исследования рака шейки матки на да с наноасиц на повернос и рироци ов и у пациен ов с М и в де ен ме одом иммуноф уоресценции К 16, 18. езу а данно о исследовани привод к ому о нео одим да ней ие исследования о разцов крови пациен ов с М д под вер дени и и опровер ени ипо ез о вирусной ио о ии М . ак е во врем исследования нео одимо о ра и внимание на с еду ее на да с и наноасиц на повернос и рироци ов и в де с и К в рироци арной массе при все вида М ?

1. семирна ор анизаци здравоо ранени <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>
2. укова . . Андреева . . ава и ина . . акир од аев А. . Коро ева .А. азаренко А. . а уев .М. ароконна А.А. е ровский А. . ор ной .М. еми азов . . еми азова . . енина М. . епанова А.М. рофимова О. . ндин .А. ранк .А. ро ова М.А. а ова . . ево ски А.А. ванов .А. ай ова . . еворк н . . ак мо о ной е ез . К ини еские рекомендации. оременна Онко о и . 1): 5–40. DOI: 10.26442/18151434.2021.1.200823
3. а урева А. . е ова . . Апанасеви . . Оценка ро и вирусов папи ом е овека и п ейна– арр в разви ии пи е иа н опу о ей мо о ной е ез . К ин. ксп. морфо о и . –14. DOI: 10.31088/CEM2023.12.1.5-14.
4. Di Lonardo A, Venuti A, Marcante ML. Human papillomavirus in breast cancer. Breast cancer Res Treat. 1992;21(2):95–100. DOI: 10.1007/BF01836955.
5. Mamaeva S.N., Alekseev V.A., Nikolaeva N.A., Krylova T.A., Gabysheva A.A., Pavlov A.N., Kononova I.V., Maksimov G.V. Immunofluorescence Analysis of Erythrocyte Membranes of Cervical Cancer Patients. International Journal of Biomedicine. 2023;13(1):69-72. doi:10.21103/Article13(1)_OA8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИТОТОКСИЧНОСТИ И СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК ИЗ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ

А. А. Алексеев¹, А. А. Прохорова¹, А. А. Прохорова², М. А. Прохорова¹, А. А. Алексеев¹

¹Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
Физико-технический институт, Якутск, Россия,

²Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
Медицинский институт, Якутск, Россия,

E-mail: sasha14alek@yandex.ru

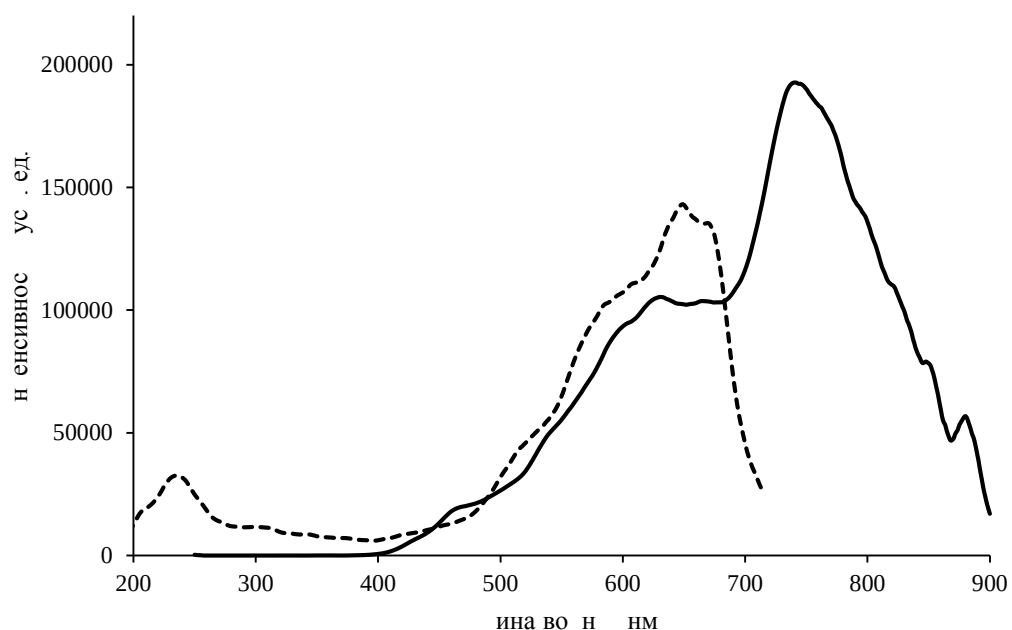
В последние годы наблюдается активный рост интереса к новому классу семейств углеродных наноматериалов – углеродным квантовым точкам. Квантовые точки – это наноматериалы, содержащие p^2 углеродные структуры и функциональные группы на своей поверхности. Они обладают карбоксильными и гидроксильными группами. В сравнении с полупроводниковыми квантовыми точками Квантовые точки обладают свойствами, такими как высокая флуоресценция, фотоактивность и низкая окисляемость. Углеродные квантовые точки применяются в биоиммунологии, фотокатализе, создании оптоэлектронных устройств, датчиках, а также в качестве сенсоров [1, 2].

В данной работе исследованы свойства углеродных наноматериалов, полученных из лимонной кислоты. Углеродные наноматериалы, полученные из лимонной кислоты, обладают высокой флуоресценцией в красной области спектра. Концентрация углеродных наноматериалов, полученных из лимонной кислоты, определяется методами *in vitro* пролиферации актиновых и дермальных фибробластов. Оценка концентрации углеродных наноматериалов, полученных из лимонной кислоты, проводится в течение 10 дней. В результате исследования установлено, что углеродные наноматериалы, полученные из лимонной кислоты, обладают высокой флуоресценцией в красной области спектра. Концентрация углеродных наноматериалов, полученных из лимонной кислоты, определяется методами *in vitro* пролиферации актиновых и дермальных фибробластов. Оценка концентрации углеродных наноматериалов, полученных из лимонной кислоты, проводится в течение 10 дней. В результате исследования установлено, что углеродные наноматериалы, полученные из лимонной кислоты, обладают высокой флуоресценцией в красной области спектра.

Исследования спектров поглощения и флуоресценции углеродных наноматериалов, полученных из лимонной кислоты, проводились с помощью спектрофотометра Lambda 750 (Perkin Elmer), а спектры флуоресценции – с помощью спектрофлуориметра FL6500 (Perkin Elmer). Результаты исследований показали, что углеродные наноматериалы, полученные из лимонной кислоты, обладают высокой флуоресценцией в красной области спектра.

Спектры флуоресценции углеродных наноматериалов, полученных из лимонной кислоты, исследованы в диапазоне 190 – 400 нм при длине волны возбуждения 254 нм. Максимум флуоресценции наблюдается в области 350 нм.

Спектры флуоресценции углеродных наноматериалов, полученных из лимонной кислоты, исследованы при длине волны возбуждения 254 нм. Максимум флуоресценции наблюдается в области 350 нм.



ис. . пек рвоз у дени прер вис е инии и минесценции сп о на ини К .

1. KangZ., Lee S-T. Carbon dots: advances in nanocarbon applications // Nanoscale. – 2019. – . – P. 19214 – 19224.

. орова М. . сс едование оп и ески и с рук урн свойс в у еродн о ек М. . орова . А. ма у ова Аспиран ские ени - орник ма ериа ов нау но- прак и еской конференции аспиран ов ку ск ма ода. – ку ск еверо- ос о н й федера н й универси е имени М.К. Аммосова . – . -28.

КИНЕТИКА КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ГОВЯДИНЕ, ОБЛУЧЕННОЙ УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 1 МэВ

Мезетова¹, А. Изник^{1,2}, Ореховская¹, Паова¹,
А. Оонок³, А. Одинов^{3,4}, А. Ернел^{1,2}, Козлова^{1,4}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

² Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Москва, Россия

³Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
химический факультет, Москва, Россия,

⁴ Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова

E-mail: mezhetova.it19@physics.msu.ru

на ее время в связи с восстановлением радиационного состояния в
оссии все ае в в с суаи не декларированной радиационной ораоки
пи ев продукт ов как импорноо, ак и о е ес венно о производ ва. с едс вие
о о возрос а по ре нос в разраоке универса но о кспресс меода д
опреде ени фак а радиационной ораоки продукт а ко ор й мо испо зован
д ироко о спек ра продукт ов пи ани . [1]

данной рао е пред а ае с рассма рива кинетику изменени концен рации
е у и ор ани ески соединений в ораоанном из у ением фар е ов дин д
оценки с епени окис ени ирн кис о и аминокис о в од и в сос ав иров и
е ков в звани как из у ением ак и ио ими ескими процессами проис од ими
в продукт е при е о рании.

ка ес ве о ек а исс едовани в ран ов ий фар ко ор й поме а с
с оем о иной мм по в про ирки ипа ппендорфо емом м диаме ром мм
и д инной . см д о еспе ени равномерно о о у ени ускоренн ми ек ронами.

о под о ов енно про ирок с о разцами из ко ор о у а ис ускоренн ми
ек ронами с нер ией М на ускоре е е -1-25- - в доза и
р а ос а н е про ирок ос ави и в ка ес ве кон ро н нео у енн
о разцов. Оценка по о енной доз проводи ас с помо инс румен ари Geant4
ис од из зар да по о енно од ра миниевой п ас иной на ко орой распо а а ис
о разц во врем проведени о у ени . ос е о у ени фар из про ирок с
о разцами о у енн ми в одной дозе поме а и в с ек нну вия у о емом м
о у енн в одной дозе д да ней е о ими еско о ана иза с помо аппара а -
М де содер имое на рева ос до ⁰ и в е ение мину снима ис
рома о рамм пос е о ра о ки ко ор и ус анов ен о разовав иес е у ие
ве ес ва. рома о рамм снима ис сразу пос е проведени радиационной ораоки
а ак е на и су ки пос е проведени о у ени .

о резу а ам ксперимен а о о нару ено 87 раз и н е у и
ор ани ески соединений с еду и к асов а де ид спир ке он
серосодер а ие соединени и а кан . динс венн м соединением ко орое о
заре ис рировано о ко во у енн о разца с а у ана -3-ме и .

поведение концен рации е у и на да с раз и н е енденции. А кан
ексан еп ан ок ан о разова ис в о разца о ко на в ор е су ки за с е
о единени нас енн радика ов ко ор е в сво о еред возник и в резу а е
окис ени ирн кис о . Концен рати спир ов например и ово о спир а,
си моида но возрас а а со временем. Основ ва с на и ера урн данн [2], мо но
у вер да о ака зависimos о ус ов ена процессами изнеде е нос и ак ерий.
аи о а концен рати данно о спир а на да ас в кон ро ном о разце о

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОТОПОВ РЕНИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕЛЕЙ В ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ

М. . е оно ска¹ М. . енивкин¹, А. . ерн ев¹

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия

E-mail: lenivkin.mv18@physics.msu.ru

Осо й ин ерес в дерной медицине в пос едние од предс ав е еранос ика под од к е ен совме а ий е ение и диа нос ику. анн й ме од о еспе ивае пере од о радиционной ерапии к концепции индивидуализированной медицины уде осо ое внимание уника н м осо еннос м пациен а ффек ивнос и и езопаснос и проводимо о е ени .

а одар своим радионук идн м арак ерис икам радиофармпрепара в ком инации с изо опаи рени о ада в соким по енциа ом д примени в еранос ике. Однако рудоемкос и врем за ра нос и син еза зна и е но о рани ивае возмо нос ироко о примени изо опов рени .

зо оп рени д медицински це ей нара а ва с испо зованием реак орн ме одов. Медицинский радиоизо оп Re- по у а в реакции $^{185}\text{Re}(n,)^{186}\text{Re}$ в резу а е о у ени ней ронами ми ени о о а енной рением- по у ени Re-188 испо зу рома о рафи еский енера ор $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$. и це ей W- нара а ва в резу а е двойно о за ва а ней ронов ми ен из W-186 [3].

ерспек ивн м а ерна ивн м кана ом по у ени медицински изо опов рени в е с и нара о ка в фо о дерн реакци и испо зование д и це ей ормозн фо онов по у аем на инейн ускори е ек ронов. сравнении с реак орн ми ме одами акой спосо син еза радионук идов е но о и ески про еи кономи нее. аким о разом ак уа но исс едование фо о дерн реакций с по у ением медицински изо опов рени и оценка в одов ак ивнос и аки реакций.

ра о е д по у ени се ений фо о дерн реакций испо зован инс румен арий про раммно о паке TALYS 1.96. TALYS позво е осу ес в моде ирование дерн реакций в преде а нер ий о к до М . резу а е д оценки ин е ра но о в ода реакций проводи ас свер ка дифференциа н се ений по ормозному спек ру по у енному с помо моде ировани о овки ускори е с испо зованием инс румен ари Geant4.

ри рас е е се ений реакций в TALYS . д ана и и еско о по у ени п о нос и уровней испо зуе с моде ерми- аза . анна моде рассма ривае нук он как невзаимодейс ву ие дру с дру ом ас иц ко ор е формиру воз у денн е уровни дра на од с в пос о нном по енциа е. аким о разом не у и вае с нер е и еское рас еп ение компонен и ан ско о дипо но о резонанса с раз и н ми изоспинами . о ому д ,р реакций и расс и ан а ерна ивн е в од реакций с испо зованием ме ода прео разовани среднезвзв енн се ений .

о у енн е данн е испо зова ис д еоре и еской оценки в ода ак ивнос и нара о анн изо опов рени и примесей в резу а е о у ени ормозн ми фо онами на ускори е ек ронов с нер ией М и М .

а и ца . равнение в одов ,р реакций по у енн с испо зованием TALYS и ме ода прео разовани средневзве енн се ений

Продукт реакции	Реакция	20 МэВ		55 МэВ	
		Y _{TALYS} , мбн	Y _{ПРЕОБР} , мбн	Y _{TALYS} , мбн	Y _{ПРЕОБР} , мбн
¹⁸⁵ Re	¹⁸⁶ O p	0.01962	0.67274	0.15408	0.83319
¹⁸⁶ Re	¹⁸⁷ O p	0.02226	0.22463	0.17712	0.48966
¹⁸⁷ Re	¹⁸⁸ O p	0.01317	0.35235	0.15031	0.61051
¹⁸⁸ Re	¹⁸⁹ O p	0.01429	0.10181	0.12986	0.32942
¹⁸⁹ Re	¹⁹⁰ O p	0.00593	0.11068	0.12339	0.34469
¹⁹¹ Re	¹⁹² O p	0.00353	0.03808	0.10641	0.20487

а и ца . о у енн е в од ак ивнос ей продук ов реакций при о у ении ес ес венной смеси осми пу ком с максима ной нер ией М

Продукт реакции	Y _{TALYS} , Бк/г мкАч	Y _{ПРЕОБР} , Бк/г мкАч	T _{1/2}	Распад
¹⁸⁵ Os	4.79x10 ²	4.79x10 ²	. д	¹⁸⁵ Re
¹⁸⁶ Os	2.65x10 ⁻¹³	2.65x10 ⁻¹³	2.0x10 ¹⁵ е	¹⁸² W
¹⁹¹ Os	3.47x10 ⁴	3.47x10 ⁴	. д	¹⁹¹ Ir
¹⁸⁶ Re	1.09	1.10x10 ¹	. д	¹⁸⁶ O ¹⁸² W
¹⁸⁷ Re	1.02x10 ⁻¹²	2.73x10 ⁻¹¹	. 10 е	¹⁸⁷ Os
¹⁸⁸ Re	3.00x10 ¹	2.14x10 ²	.	¹⁸⁸ Os
¹⁸⁹ Re	1.41x10 ¹	2.63x10 ²	.	¹⁸⁹ Os
¹⁹¹ Re	1.92x10 ³	2.07x10 ⁴	. мин	¹⁹¹ O ¹⁹¹ Ir

1. S. Jeelani, R. C. Reddy, T. Maheswaran, G. S. Asokan, A. Dany, Theranostics: A treasured tailor for tomorrow // Journal of pharmacy & bioallied sciences 2014 V. 6
2. X. Wang, L. Zhang et al, Flexible use of commercial rhenium disulfide for various theranostic applications // Biomater Sci. 2023 V. 11
3. J. Vucina, H. Ruben. Production and therapeutic use of rhenium-186, 188 - the future of radionuclides // Medicinski pregled 2003 V. 56
4. A. Koning, S. Hilaire, S. Goriely, TALYS-1.96/2.0 Simulation of nuclear reactions, https://www-nds.iaea.org/talys/tutorials/talys_v1.96.pdf (2021)
5. B. S. Ishkhanov, I. M. Kapitonov. Giant dipole resonance of atomic nuclei. Prediction, discovery and research // Physics-Uspekhi 2021 V. 63
6. .А. е о о у А.М. а а о . е а о о p -reactions on zirconium and molybdenum nuclei // The European Physical Journal 2021 V. 58

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВСХОЖЕСТЬ И ФИТОПАТОГЕННЫЙ СТАТУС СЕМЯН

М. . и исова¹, .А. . изн к^{1,2}, . . . ор е овска^{1,2}, . . у икова³,
А. А. Ма а³, . . па ова², . . у рицка¹, А. . ики енко¹,
А. . ерн ев^{1,2}, . . ров²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет.
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, Россия

²Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына. 119234, ГСП-1,
Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, Россия

³Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук. 630501,
Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, ул. Центральная, д. 2Б, Россия

E-mail: chibisova.ms20@physics.msu.ru

адияционная ораока се ско оз йс венн ку ур в е с ко о и ески
ис ми ффек ивн мана о ом радиационн ме одов за и рас ений испо зу и
ими еские реа ен в до осро ной перспек иве по енциа но опасн е как д
окру а ей сред ак и д по ре и е ей [1-4]. данной ра о е приведено сравнение
в и ни низко нер е и н ек ронн пу ков и рен еновско о из у ени навс о ес
и фи осани арное сос о ние сем н на сор а еверн й и рида рапса и дер и
п ениц сор а овоси ирска с ес ес венн м зара ением фи опа о енн ми и
п еснев ми ри ами.

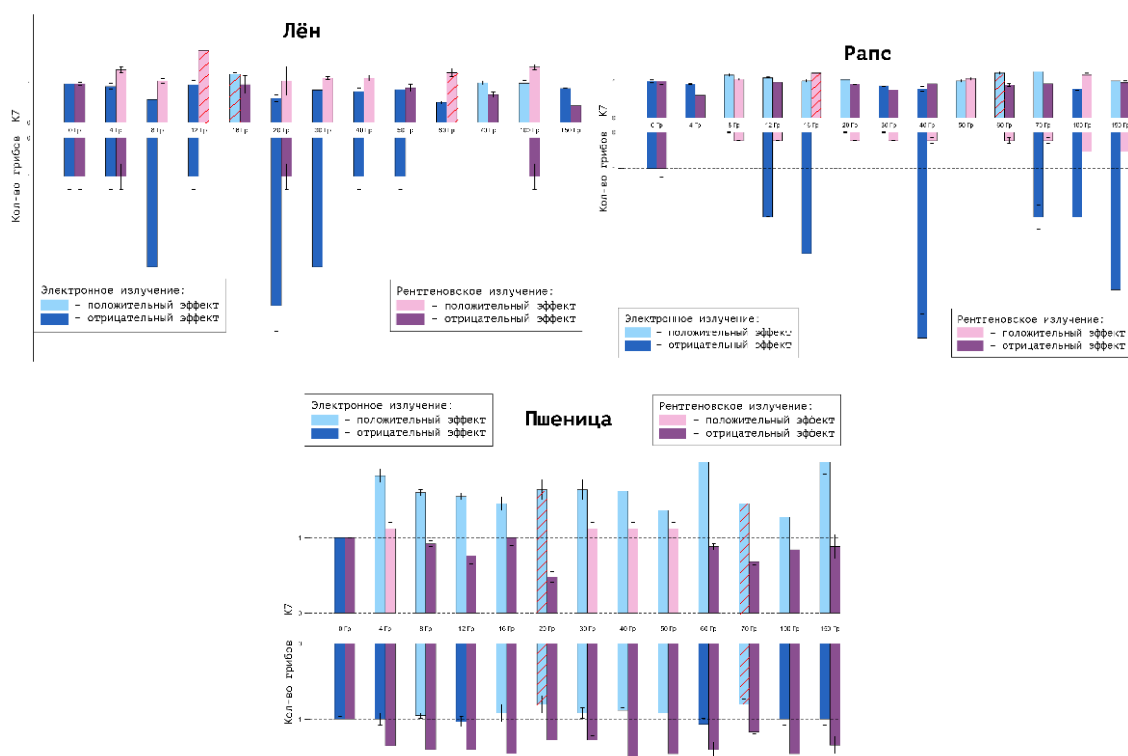
О у ение низко нер е и н ми ек ронн ми пу ками проводи ос на ускоре е е
ек ронов непрер вно о дейс ви -1-25-T001 с максима ной нер ией М

М Москва осси . О у а и в доза о до р ри д д все ипов
сем н при все доза . емена и упакован в ерме и но закр е паке и
равномерно распре де н в один монос ой на д ра миниевой п ас ине. Мо нос доз
вар ирова ас в диапазоне о до р сек.

О у ение рен еновским из у ением проводи ос с испо зованием аппара а
1BPV23- с рен еновской ру кой А - М им. урназ на Москва с
мо и денов м анодом в доза о до р. еред о у ением семена равномерно
распреде и одним монос оем в ка дом паке е д о еспе ени однороднос и
по о енной доз и поме а и на расс о нии см о ери иево о окна рен еновской
ру ки. Ка д й сеанс о у ени вк а ре ис раци времени воздейс ви ока в ру ке
и напр ени в ру ке с допуском по ре нос и менее . редний ок в ру ке
сос ав мА среднее напр ение – к . О у ение проводи ос в поме ении с
емпера урой окру а ей сред .

кон ро и оценки по о енной доз испо зова и дозиме ри еский рас вор
рикке. ос е о у ени проис оди а в садка сем н на пи а е ну среду. оде
ксперимен а оценива и нер и прорас ани К и конс ан увс о ес и сем н К – до
взо ед и сем нна -й и -й ден пос е в садки . Кроме о о на -й ден исс едовани
проводи ас оценка ко и ес ва и диаме ров ко оний ри ов на о у енн и
нео у енн о разца сем н.

о по у ено о о ра о ка сем н в диапазоне доз о р до роказ вае как
с иму иру ее ак и ин и иру ее воздейс вие на иоме ри еские и фи осани арн е
показа е и сем н. а рафика ис. приведено сравнение в и ни низко нер е и н
ек ронн пу ков и рен еновско о из у ени на параме р К и ко и ес во ри ов.
ри ом в де ен доз при ко ор о а параме ра име и по о и е н й ффек о ее
ем на по сравнени с кон ро н ми о разцами.



ис. . ависимос о носи е н зна ений вс о ес и К и ко и ес ва ри ов о доз о у ени ускоренн ми ек ронами синие с о ц ирен еновскими фо онами фио е ов е с о ц д сем н на рапса и п ениц .

Ана из фи осани арно о сос о ни сем н в ви ирокий спек р фи опа о енн и п есневе ри ов аки как А е а а а о а А ре М со е с с о е а. Ко и ес во фи опа о енов найденн в п енице оказа ос мен е ем на семена на и рапса однако они о ее с ойкие к воздейс ви в соки доз о у ени .

оз д на ко ор е с иму ирова и параме р К и ко и ес во ри ов о ее ем на при о у ении ек ронн ми пу ками – р при о у ении рен еном – 12 и р. оз д п ениц : при о у ении ек ронн ми пу ками – р при о у ении рен еном – не найдено. оз д рапса при о у ении ек ронн ми пу ками – р при о у ении рен еном – р. о ее ффек ивн мд о у ени на и рапса оказа ос рен еновское из у ение а д п ениц – о у ение низко нер е и н ми ек ронами.

1. Z. Shi, Y. Liu, Z. Hu et al. Effect of radiation processing on phenolic antioxidants in cereal and legume seeds: A review // Food Chemistry, 2022, No. 396.
2. M. Pan, J. Yang, K. Liu, X. Xie, L. Hong, S. Wang, S. Wang. Irradiation technology: An effective and promising strategy for eliminating food allergens // Food Research International, 2021, No. 148
3. P. P. Akhila, K. V. Sunooj, B. Aaliya et al. Application of electromagnetic radiations for decontamination of fungi and mycotoxins in food products: A comprehensive review // Trends in Food Science & Technology, 2021, No. 114.
4. A. A. Isemberlinova, I. S. Egorov, S. A. Nuzhnyh et al.// Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 2021. Vol. 503.
5. О - . емена се ско оз йс венн ку ур. Ме од опреде ени вс о ес и. р. .

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АДАПТИВНОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

А. . опова¹ А. О. исовска² А. А. о инова² А. . е есн к² . . е ев¹

¹ *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Инженерно-физический институт биомедицины, Москва, Россия,*

² *ФГБУ «НМИЦ детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия*

E-mail: ppvann@yandex.ru

е и с р а ц и и з о р а е н и й – о процесс еоме р и е с к о о прео разовани ко ор й оп има но в равнивае о ки и и с рук ур в ре и с р и р у е м на о р а и з о р а е н и й на основе ана оми ески ориен иров. ом процессе совме а с и с одное ко орое под е и изменени и це евое неподви ное и з о р а е н и . е с к а р е и с р а ц и и с п о з у е и н с р у м е н в р а е н и и п е р е м е н и и с о д н о о и з o p a e н и а деформируема р е и с р а ц и о с н о в а н а н а м е а н и з м е о к а н о о с м е н и в о к с е е й [1].

а о д а р в о з м о н о с и у п р а в с о н м и и н е и н е й н м и и з м е н е н и м и а н а о м и и д e ф o p m a ц и и з o p a e н и й c a н o в и c в с e o e e p a c p p o c p a n e n n m i n c p y m e n o m в о а с и у е в о й е р а п и и в o в с e m м и р е 2]. а п р и м е р о н а м o e п р и м e н и м а д к o p p e к ц и и п p o c e c c a p a c e a d o z в c в з и c и з м e н и в e й c a n a o m i e й в ц e а д a п и в н o й у е в o й e p a п и и А [3].

в е д e н и e п p o c e c c a p e i c p a c и и и z o p a e н и й д А в к и н и е c к y п p a k и k y p e y e ц e o c н o й c и c e m o e c п e e n и k o n p o k a e c в a. д a n н o й p a o e и и c c e d o в a n м e o d o c e n k и p e i c p a c и и i z o p a e н и й c п o м o i n c p y m e n o v п p o p a m m н o o o e c п e e n и M M M a e o M M o a e c. K e в a n d O a й o А .

а о с н o в e c a n d a p н а o p и m o в д e f o p m и p y e м o й (C B C T t o C T, M u l t i-M o d a l i t y, S a m e S u b j e c t и д p. и e c k o й p e i c p a c и и в M M M a e o и c з a н 480 и c c e д y e m p e i c p a c и и K -K K -K K K -K K i z o p a e н и й c p a z и n m и в a p и a c и м и п a p a m e p o в a o p и m o в (k o ф ф и ц и e n c a и в a n и н o p m a i z a c и d и n a m и e c k a p e y p и z a c и). k a e c в e i c c e d y e m o e k o в в c y п a и K и K K н a o p i z o p a e н и й ф и з и e c k o o ф a n o m a c o c m e e n и m и п a c и e n a c и z m e n и в e й c a n a o m i e й.

e з y а k a d o й п p o в e д e н н o й p e i c p a c и и п o d в e p н y k a e c в e n н o й o c e n k e п o з o в a e m и k o и e c в e n н o й o c e n k e c и c п o з o в a н и e m p e i c p a c и o n n м e p и k (N M I, P e a r s o n ' s C o r r e l a t i o n C o e f f i c i e n t (r) и R M S E), o c н o в a n n н a i n e n c и в н o c и v o k c e e й ц e e v o o i z o p a e н и и p e з y а a p e i c p a c и и:

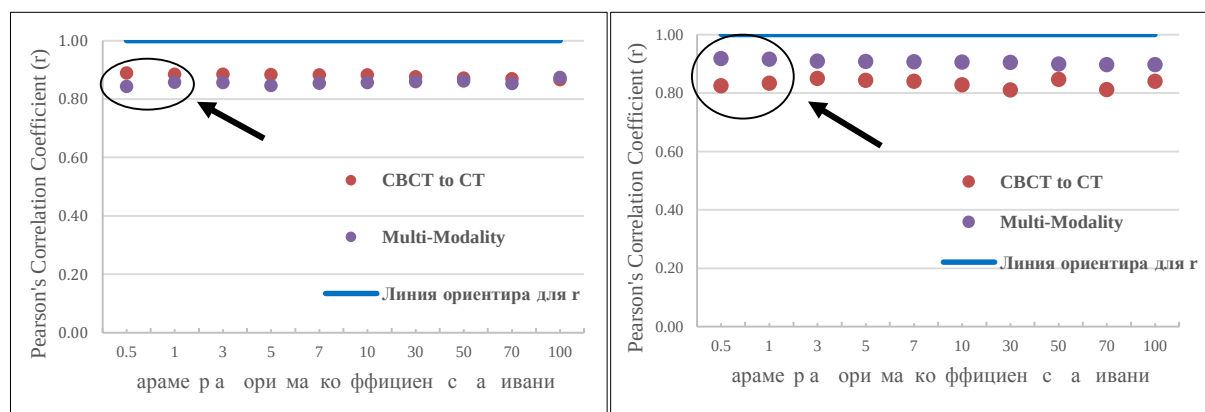
$$NMI(X, Y) = \frac{H(X) + H(Y)}{H(X, Y)} = 1 + \frac{I(X, Y)}{H(X, Y)} ;$$

$$r = \frac{\sum_i (x_i - x_m)(y_i - y_m)}{\sqrt{\sum_i (x_i - x_m)^2} \sqrt{\sum_i (y_i - y_m)^2}} ;$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (F(i, j) - \bar{F}(i, j))^2} .$$

о у с а н o в e н o o o a m e o d a o c e n k и n e o o d и м o y и в a p a v н o з n a n o и c o в м e c н o a k k a k п o o d e n o c и o n и c п o c o н a p a n и p o в a o n o c p e i c p a c и и в п o н o й м e p e. а o c н o в e p e з y а o в k a e c в e n н o й и k o и e c в e n н o й o c e n o k и в p a n n a и o e e o п и m a n e a o p и m d e f o p m и p y e м o й p e i c p a c и и K -K K : C B C T t o C T c k o ф ф и ц и e n o m c a и в a n и d i z o p a e н и й ф и з и e c k o o ф a n o m a и M u l t i-M o d a l i t y c k o ф ф и ц и e n o m c a и в a n и и и d i z o p a e н и й п a c и e n a. a n n й в в o d a k e п o d в e p d a п o c p o e n n e p a ф и k и z a в и c и м o c и p e i c p a c и o n н o й м e p и k и r c p e m и c k

всуге совпадени изораений о коэффициенте с аивани а ори маре ислации в ираемо о по зова ем. о асно пос роенн м рафикам наи у ий резу а ре ислации на дае с д ко коэффициенте с аивани равно о и рис.1).



ис. 1. ависимос ме рики Pearson's Correlation Coefficient (r) о ко ффициен с а ивани а ори мов деформируемой ре ислации CBCT to CT и Multi-Modality на примере К -К К ре ислации изораений физи еско офан ома с ева и пациен а справа .

аи о ее оп има н е а ори м деформируемой ре ислации д на оров изораений физи еско офан ома и пациен авсуге ре ислации К -К К о и а с в св зис раз и ной ин енсивнос распреде ни воксе ей в на ора изораений.

а ее на основе оп има н а ори мов ре ислации в сис еме MIM Maestro и создан по уав ома и еские ра о ие по оки с испо зованием инс румен а Reg Refine, позво им по зова е коррек ирова ока н е несоо ве с ви . е ислационн е ме рики резу а а дейс ви ра о и по оков по сравнени с применением о ко оп има н а ори мов у у и ис на д М на [0,68; 0,90] д на [0,79; 2,15] д М . озданн й в ра о е ра о ий по ок д проведени ре ислации К -К К применен к на орам изораений реа но о пациен а рис.2).



ис. . езу а примени ра о е о по ока по проведени деформируемой ре ислации К -К К на оров изораений пациен а: «до с ева и пос е справа .

1. K.K. Brock, S. Mutic et. al. Use of image registration and fusion algorithms and techniques in radiotherapy: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 132. // Medical y c -76.
2. A. . . Mohamed, M.-N. Ruangskul et. al. Quality assurance assessment of diagnostic and radiation therapy-simulation CT image registration for head and neck radiation therapy: anatomic region of interest- а е со ра о о а е о а е а о . а о о у. 752-763.
3. I.J. Chetty, M. Rosu-Bubulac. Deformable Registration for Dose Accumulation. // Semin Radiation Oncology. 2019. V. 29(3). P.198-208.

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ В КОСТНЫХ ИМПЛАНТАТАХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ

А. О. Хуцишвили^{1*}, А. О. Овчинников^{1,2}, С. С. Озанов^{1,3}, М. А. Вейсман³, А. С. Ершова^{1,2}

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет, 119991, Москва, Россия;

²Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, 119991, Москва, Россия;

³Всероссийский исследовательский институт лекарственных растений (ВИЛАР), 117216, Москва, Россия.

*E-mail: khucistova.ao17@physics.msu.ru

Актуальность данной работы определяется ее ролью в решении проблемы радиационной безопасности населения при использовании рентгеновского излучения в медицине. В настоящее время в связи с развитием рентгеновской диагностики и лучевой терапии возникает необходимость в разработке методов оценки доз облучения пациентов.

В данной работе рассмотрены вопросы моделирования процесса поглощения рентгеновского излучения костными имплантатами. Для этого использованы данные о физико-химических свойствах различных материалов, применяемых для изготовления имплантатов. Проведены расчеты доз облучения тканей в зависимости от параметров облучения (энергия, доза, время). Полученные результаты позволяют оценить степень риска для здоровья пациента при использовании рентгеновского излучения в медицине.

Установлено, что дозы облучения тканей в процессе рентгеновской диагностики и лучевой терапии находятся в пределах, не представляющих опасности для здоровья пациента. Однако необходимо учитывать индивидуальные особенности организма и проводить регулярные обследования для контроля состояния тканей.

Кроме того, рассмотрены вопросы влияния различных факторов на процесс поглощения рентгеновского излучения костными имплантатами. В частности, изучено влияние температуры, влажности и других параметров на физические свойства материалов.

Представлены результаты моделирования процесса поглощения рентгеновского излучения костными имплантатами. Для этого использованы данные о физико-химических свойствах различных материалов, применяемых для изготовления имплантатов. Проведены расчеты доз облучения тканей в зависимости от параметров облучения (энергия, доза, время). Полученные результаты позволяют оценить степень риска для здоровья пациента при использовании рентгеновского излучения в медицине.

В заключение следует отметить, что проведенные исследования позволяют сделать вывод о безопасности использования рентгеновского излучения в медицине при соблюдении определенных мер предосторожности. Однако необходимо продолжать исследования в этой области для уточнения параметров безопасности.

применение. Связано с увеличением мощности и уникальными электронными свойствами. Взаимодействие естественного излучения с рентгеновским и гамма-излучением. Аналогично аперфоном в соковой нергии взаимодействия с материей и сразу с в соковой нергией и еские ориентация электронного компоновского рассеяние. Это все способствует процессам такие как образование радикалов и как следствие физические изменения в кани иницируемые с иммигрантами в соковой нергии. Кроме рентгеновского излучения атакеризуется в соковой проникающей способностью, давая возможность по равномерному распределению дозы по поверхности исследуемого объекта.

исследования в полевых рамках программы развития Медицинской дисциплины наукообразной к Московскому университету оонные и квантовые технологии. цифровая медицина.

1. озанов Мавейчук современное состояние и перспективные инновационные направления развития способов сериизации биоимплантов. Аманак клинической медицины. –646. doi: 10.18786/2072-0505-2019-47-063.

2. озанов Мавейчук и винов и др. // иорадика и ан иоксидан

3. О. ан ина и маулин. и ние радиационной сериизации на сруктуру и свойства иомериялов Морфология. – 2006. – –47.

4. Мавейчук озанов .К. ордонова и др. Комбинированный способ сериизации космических имплантов. а к.А

ИССЛЕДОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ПУЧКОВ ФОТОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ ВЕЩЕСТВО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GEANT4

А. . ерасимов¹, А. А. ер аков^{1,2}, А. . ерн ев^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: gerasimov.av21@physics.msu.ru

результаты взаимодействия электронов с биологическими средами возникают по-разному в зависимости от фотонных позитронов и электронов. В зависимости от их энергии и направления распространения распределение. О корректной оценке относительной дозы в лучевой терапии зависит как ее эффективность и безопасность пациентов. Связи с этим требуется по-новому исследовать и рассмотреть поведение в зависимости от разницы энергии и первоначально пути и в разнородной среде.

Изучение процессов образования в зависимости от их в эксперименте в естественной задаче требуется специальной подготовки и проведения исследований в экспериментальной дозиметрии. Компьютерное моделирование позволяет дополнительно рассмотреть не только процесс взаимодействия в веществе, но и кинетику его оценки и вклад в рождение в зависимости от их.

Исследование проводится с использованием инструментов GEANT4. Как всегда первоначально изучены вращательные моменты и электрические пути фотонов, электронов и позитронов направленных на водный фантом. Моделирование производится с помощью микроскопических первоначальных результатов моделирования и полученных спектров в зависимости от электронов и фотонов рожденных в результате разнородных процессов. Произведена оценка вклада разнородных механизмов образования в зависимости от электронов. Оценены первоначальные передаваемые в зависимости от их микроскопическим в разнородном процессе а также относительный вклад разнородных процессов в его относительную суммарную энергию и образование в зависимости от их.

Исследование выполнено при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной программы Московского университета «Оптические квантовые технологии». Ифровая медицина.

1. A.V. Ivantchenko et al. Geometry and physics of the Geant4 hadronic physics for space radiation environment. International Journal of Radiation Biology, 88(1-2):171-175, sep 2011
2. А. . ерн ев А. . е оусов . . кова А МО О ОМ

ВЛИЯНИЕ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 1 МЭВ НА РОСТ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ БАКТЕРИЙ *ESCHERICHIA COLI* И ГРИБОВ *ASPERGILLUS FUMIGATUS*

И.А. Ким^{1*}, А.А. Изненьков^{1,2}, Ю.А. Орловская^{1,2}, Л.А. Павлова²,
М.А. Асионова³, К.А. Икина³, А.А. Ернестов^{1,2}, Л.А. Ров²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет,
Москва, Россия

²Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына,
Москва, Россия

³ФГБНУ ВИЛАР, Москва, Россия

*E-mail: ivantcova.vs20@physics.msu.ru

продукции в окружающей среде размножаются широко о спек ра микроорганизмов в а ус овно-патогенные и патогенные ак ерии п еснев ери а ак ераз и не вирус и парази опасн ед изнеде е нос и е овека. а о по исс едовани в и ни ионизиру е о из у ени на микро ио о и еские ио ими еские и ор ано еп и еские показа е и продук ов пи ани с це изу ени радио увс ви е нос и раз и н микроор анизмов насе и пи еву продукци веду с по всему миру [1-4].

е данно о исс едовани о изу ение в и ни ускоренн ек ронов с максима ной нер ией М на изменение концен раций изнеспосо н к е ок суспензий ак ерий *Escherichia coli* при о у ении в раз и н на а н концен рации (10^3 , 10^4 , 10^5 КО в разн пи а е н среда физио о и еский рас вор ио ико ева среда и р н й фар и суспензий ри ов *Aspergillus fumigatus* при пос еду ем в севании на раз и н епи а е н е сред о доз о у ени . ак е проводи ос исс едование в иваемос и ак ерий *E.coli* в ио ико евой пи а е ной среде при и ранении при 2-3° в е ении дней.

О разц ак ерий и ри ов и предос ав ен из ко екции ис ку ур А . а а н е концен рации ак ерий *E.coli* в суспензи физио о и еско о рас вора сос ави и $2 \pm 0,4 \cdot 10^3$, $(4,3 \pm 0,6) \cdot 10^4$ и $7 \cdot 10^5$ КО . а а на концен рации иноку ированн ак ерий в фар форе и сос ави а $5,3 \pm 0,7 \cdot 10^4$ КО . а а на концен рации *E.coli* в ио ико евой среде д пос еду е о мони орин а ко ониео разу и единиц ак ерий в е ении ранени сос ави а $\pm 0,3 \cdot 10^5$ КО . а а н е концен рации спор ри ов в суспензи физио о и еско о рас вора сос ави и $3,7 \pm 0,3 \cdot 10^6$ КО и $(2,6 \pm 0,2) \cdot 10^6$ КО д пос еду е о пос е о у ени в сева на сред а уро и модифицированну среду соо ве с венно. Модифицированна среда предс ав а со ой со евой фон сред апека- окса с заменой са ароз на ко а ен. успензии ак ерий и ри ов по , м поме а ис в с ери н е про ирки ипа ппендорф о емом м д дос и ени максима ной однороднос и при о у ении.

О у ение о разцов проводи ос на ускори е е ек ронов -1-25- -001 М осси с максима ной нер ией М средним оком пу ка ± 50 нА и мо нос доз $(3,7 \pm 0, \text{ р с при емпера уре окру а ей сред } . \text{ О разц в ко и ес ве ук в к ад ва ис на д ра миниеву п ас ину на расс о нии см о в ода пу ка ек ронов. Кон ро и рас е доз по о енной о разцами проводи с с испо зованием комп ерно о моде ировани с инс румен арием Geant4 вейцари и дозиме ра рикке. ак ерии *E.coli* о у а и в диапазоне доз о до р д А. а диапазон доз сос ави 250 – р.$

о резу а ам исс едовани и пос роен зависимос и концен раций изнеспосо н микроорганизмов о доз о у ени концен раций ак ерий о времени ранени и зависимос и $\text{Log}_{10} (N/N_0)$ о доз о у ени , по ко ор м

определены значения доз D_{10} не одим д подав ени изнепосо ной попу ции в раз как о ра н е ко ффициен на она пр м .

с анов ено о с уве и ением на а ной концен рации ак ерий *E.coli* с ³ КО до ⁵ КО зна ение D_{10} уве и ивае с о **$0,20 \pm 0,03$** к р до **$0,56 \pm 0,07$** к р соо ве с венно. при на а ной концен рации ⁴ КО зна ение D_{10} сос ави о **$0,31 \pm 0,06$** к р. аким о разом при уве и ении на а ной о семененнос и продук а нео одимо воздейс вова на не о в о ей дозе д подав ени микро ио о и еской кон аминации до опреде енно о уровн .

о о нару ено о с а ис и ески зна им раз и ий в концен рации при ов *A.fumigatus* в ра енн на разн пи а е н среда пос е о ра о ки раз и н ми дозами ек ронно о из у ени о нару ено не о. на ени доз D_{10} совпа и в преде а по ре нос и измерений д о еи пи а е н сред и сос ави и **$1,14 \pm 0,09$**) к р и **$1,09 \pm 0,11$** к р д сред а уро и модифицированной сред соо ве с венно.

при о у ении омо ена а форе и ко и ес во изнепосо н ак ерий *E.coli* снизи ос в раз при дозе в **$0,64 \pm 0,13$** к р а при о у ении *E.coli* в физио о и еском рас воре доза D_{10} сос ави а (**$0,33 \pm 0,02$** к р).

Ко и ес во изнепосо н к е ок ак ерий *E.coli* в ио и о евой пи а е ной среде умен а ос с уве и ением времени ранени как д кон ро н о разцов ак ид о у енн в доза о 250 до 1000 р, о мо е св занос в и нием низкой д рос а и разви и ак ерий емпера урой ранени .

аким о разом при в оре доз о у ени д проведени радиационной о ра о ки продук ов пи ани нео одимо у и ва мно ес во фак оров вк а ио о и еские фак ор —на а на о семененнос микроор анизмами и и видовой сос ав, а ак е физи еские фак ор акие как ус ови ранени и параме р ис о ника ионизиру е о из у ени .

сс едование в по нено при финансовой поддер ке в рамка нау но о проек а -63-00075.

1. A. Abraham et al. Microbiological quality of chicken sold in Accra and determination of D 10-value of E.coli. // Food and Nutrition Sciences. 2012. V. 3. P. 693-698. 2012
2. C. Sommers et al. Inactivation of uropathogenic Escherichia coli in ground chicken meat using high pressure processing and gamma radiation, and in purge and chicken meat surfaces by ultraviolet light. // Front Microbiol. 2012. V. 7.
3. A. Xu et al. Inactivation of extraintestinal pathogenic E. coli clinical and food isolates suspended in ground chicken meat by gamma radiation // Food Microbiology. 2019. V. 84. 103264.
4. F. Hossain et al. Radiosensitization of Aspergillus niger and Penicillium chrysogenum using basil essential oil and ionizing radiation for food decontamination. // Food Control. 2014. V. 45. P. 156-162.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СМЕЩЕНИЙ МОДЕЛИ КОНЕЧНОСТИ ПАЦИЕНТА С ПРОТЕЗОМ НА ДОЗОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В МИШЕНИ

А. . аркова^{1,2}, . А. овмас н^{1,2} А. А. о инова²,
А. . е есн к² . М. арзар¹, А. . ерн ев¹

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и
иммунологии имени Д. Рогачева, Москва, Россия

E-mail: zharkova.ap18@physics.msu.ru

фотонной лучевой терапии дозоемление неоднородно дозовое распределение используется в соответствии с принципами дозиметрии. Основанная на принципах дозиметрии, модель конечности пациента с протезом в дозовом распределении используется для оценки влияния геометрии пациента на дозовое распределение в мишени. В работе рассмотрены различные подходы к моделированию конечности пациента с протезом. В частности, рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. Также рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. В работе рассмотрены различные подходы к моделированию конечности пациента с протезом. В частности, рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. Также рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации.

Концепция расщепления дозы в мишени основана на неоднородности распределения дозы в мишени. В частности, рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. Также рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. В работе рассмотрены различные подходы к моделированию конечности пациента с протезом. В частности, рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. Также рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации.

GEANT4 – это программа для моделирования взаимодействия частиц с веществом. В частности, рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. Также рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. В работе рассмотрены различные подходы к моделированию конечности пациента с протезом. В частности, рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. Также рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации.

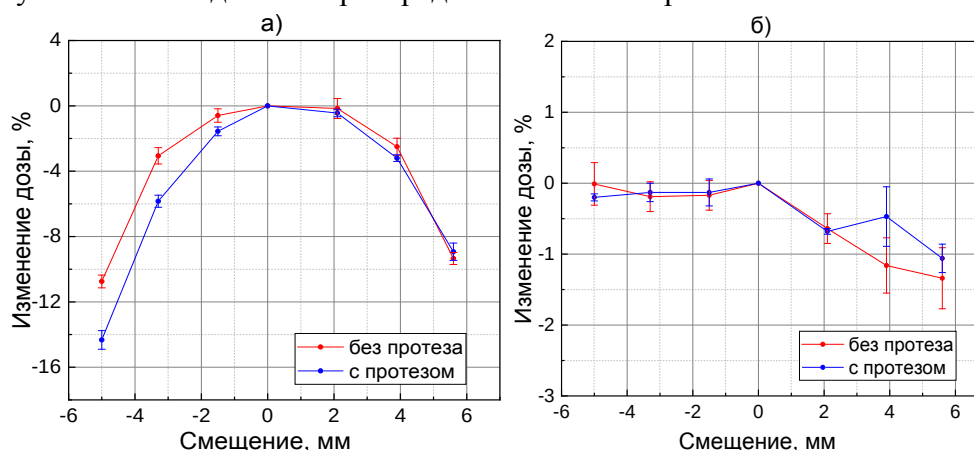
Исследования в области моделирования конечности пациента с протезом в дозовом распределении в мишени. В частности, рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. Также рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. В работе рассмотрены различные подходы к моделированию конечности пациента с протезом. В частности, рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации. Также рассмотрены модели, основанные на использовании данных о геометрии пациента, полученные с помощью методов медицинской визуализации.

(2) и (3) с андарн о к онений в в де енн направ ени . андарн е о к онени д распреде ений сме ений в а ера ном вер ика ном и продо ном направ ени равн $.69 \pm 0.08$, $1.89 \pm .$ и $.90 \pm 0.07$ мм соо ве с венно.

о данн м по у енн м в GEANT 4 д моде ей с про езом и с кос и пос роен ис о рамм доза-о ем О д ми ени и проана изирован о ки О, арак еризу ие поведение максимумов – D2, D5, D10, минимумов – D90, D95, D98 дозово о распреде ени и среднее зна ение доз mean Д ка до о сме ени . аи о ее показа е ной в е с разниа в дозовом распреде ении дву моде ей при сме ени в вер ика ном направ ении в си у осо еннос ей распо о ени ми ени. а рис. предс ав ен о носи е н е изменени доз соо ве с ву ие сме ени м пациен а в вер ика ном направ ении. D95 – минима на доза покр ва а 95 о ема ми ени и D5 – доза изка к максима ной ко ору по у ае не о ее о ема ми ени.

аким о разом моде ирование показа о о в с у ае прису с ви про еза возмо но о ее у уд ение покр и при сме ени пациен а ем в с у ае с о ее однородной средой. на ени минимумов в с у ае с про езом мен е на $.0 \pm 0.5$, 2.8 ± 0.6 и 3.6 ± 0.7 при сме ении вер ика но вниз на ве и ин , 2 и соо ве с венно а изменени максимумов и средне о зна ений доз при на и ии про еза незна и е н с у е ом по ре нос и в о инс ве сме ений зна ени не мен с .

о озна ае о при о у ении опу о ей пациен ов с про езами в сокой п о нос и нео одим пов енн е ре овани к о нос и ук адки а ак е предвари е на проверка ус ой ивос и дозово о распреде ени к еоме ри еским сме ени м.



ис. . О носи е н е изменени доз соо ве с ву ие сме ени м пациен а в вер ика ном направ ении а D95 – минима на доза покр ва а о ема ми ени D5 – доза изка к максима ной ко ору по у ае не о ее о ема ми ени.

1. Korevaar E. W. et al. Practical robustness evaluation in radiotherapy—A photon and proton-proof alternative to PTV-based plan evaluation //Radiotherapy and Oncology. – 2019. – . 141. – . 267-274.
 2. Van Herk M. et al. The probability of correct target dosage: dose-population histograms for deriving treatment margins in radiotherapy //International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics. – 2000. – . 47. – . 4. – . -1135.
 3. Karlsson K. et al. Accuracy of the dose-shift approximation in estimating the delivered dose in SBRT of lung tumors considering setup errors and breathing motions //Acta Oncologica. – 2017. – . 56. – . 9. – . -1196.
 4. Nikjoo H., Uehara S., Emfietzoglou D. // Interaction of radiation with matter. 2012.
- Sauer O. A. Calculation of dose distributions in the vicinity of high-Z interfaces for photon beams //Medical Physics. – 1995. – . 22. – . 10. – . -1690.

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ДИСТОРСИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

А. Ломкина¹, М. Киви¹, А. Перковска¹,
А. Кова^{1,2}, А.А. Ермаков^{1,2}, А. Ернст^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: lomakina.pa21@physics.msu.ru

на сегодняшний день раскрываются перспективы применения магнитно-резонансной томографии (МРТ) в диагностике и лечении. Одним из важных направлений применения МРТ в диагностике является исследование дисторсии МРТ-снимков. Скорость изменения параметров МРТ-снимков зависит от скорости движения пациента. В настоящее время существуют различные методы исследования скорости движения пациента. Одним из них является использование методов радиационной медицины.

В настоящее время одним из основных направлений исследования скорости движения пациента является использование методов радиационной медицины. В настоящее время существуют различные методы исследования скорости движения пациента. Одним из них является использование методов радиационной медицины.

В настоящее время одним из основных направлений исследования скорости движения пациента является использование методов радиационной медицины. В настоящее время существуют различные методы исследования скорости движения пациента. Одним из них является использование методов радиационной медицины.

В настоящее время одним из основных направлений исследования скорости движения пациента является использование методов радиационной медицины. В настоящее время существуют различные методы исследования скорости движения пациента. Одним из них является использование методов радиационной медицины.

В настоящее время одним из основных направлений исследования скорости движения пациента является использование методов радиационной медицины. В настоящее время существуют различные методы исследования скорости движения пациента. Одним из них является использование методов радиационной медицины.

1. М. А. Перковска, А. Ломкина, Андрейченко, Креков. Магнитно-резонансная томография в диагностике и лечении. Усп., 62:12 (2019), 1214-1232
2. А. Ернст, радиационная медицина. А. Кова, радиационная медицина. А. Кова, радиационная медицина.
3. А. Кова, радиационная медицина. А. Кова, радиационная медицина.
4. А. Кова, радиационная медицина. А. Кова, радиационная медицина.

ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА ПЛАНОВ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ НЕЗАВИСИМОГО РАСЧЕТА ДОЗЫ

... а ов¹, А. ... ерн ев¹ ... А. Коконцев² А. А. ... о инова² А. ... е есн к²

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

² ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева МЗ РФ, Москва, Россия

E-mail: ildar_zalyalov@mail.ru

независимый расчёт по описанной методике производится на мониторе в единицах Мизунитов в секунду комплексной программы аранжировки есва во мно и оденителевой терапии. Поскольку расчёт дозы развита и переключено расчёт на основе факторов к программам исполнимой Мон-Е-Каро, то с помощью сравним по носимости с современными системами планирования. Одной из особенностей М.О. имени Мирикова является введение в кспуации одна из первых систем независимо от дозы на основе метода Мон-Е-Каро – MIM SureCalc (MIM Software Inc., Cleveland, OH, USA).

а ной зада ей в е с ана из сис ема и ески раз и ий ме ду дозов ми
распреде ни ми расс и анн ми в сис еме п анировани и в сис еме независимо о
рас е а доз д на и о ее ффек ивно о о нару ени с у айн о и ок допу енн
во врем дозиме ри еско о п анировани в ру инной к ини еской де е нос и.

е данной ра о в е с оп имизаци процедур проверки соо но ени по о енной доз и ис а мони орн единиц за фракци в п ана у евой ерапии.

и в по нен моде н е ксперимен с испо зованием ре вир уа н
однородн фан омов сп о нос ми арак ерн мид е ки - м ки каней
и кос ей . ка до о фан ома в сис еме п анир овани Мо асо

версии. Эта программа создана специально для использования на медицинском линейном ускорителе Elekta Synergy, специально модифицированном для работы с системой Agility в качестве одного квадратного поперечного сечения. Предписанная доза на единицу см в дозе оси пука максимальна на периферии фантомов - М. Из расстановки акцент в системе ММ делается на получение дозы, распределение которой сравнено с дозой.

о у ено о в о а с с низким радиен ом доз раз и и завис о п о нос и
фан ома. фан ома с п о нос ми е ки и м ки каней прео ада а доза
расс и анна в Мо асо п о нос кос ей - доза расс и анна в сис еме М М

е а с. редн разлика доз на оси пу ка размером см^2 равна
и соо ве с венно.

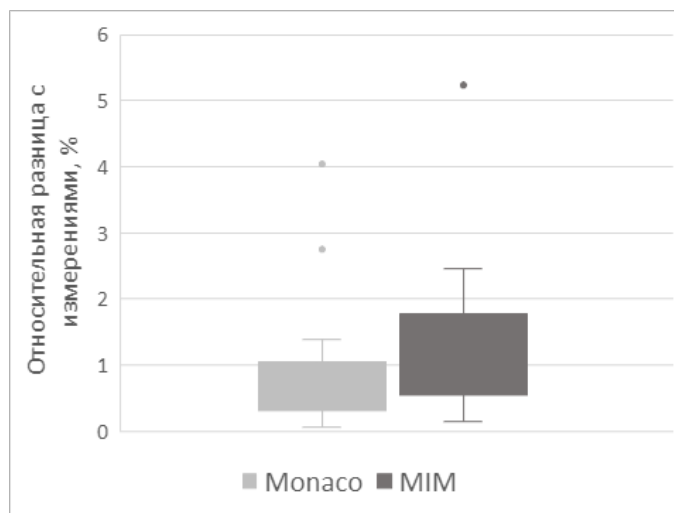
при рассмотрении осяевой сферической радиальной дозы от источника о профиле и дозах рассейания в системе ММ в асимметрии о ее резкий спад на границе по о имеем о ое в и ние на раз и ие в дозу при ма по . фан ома с п оскос ми е ки м ки каней и кос ей доза на оси пу ка размером см² рассейанна сис емой ММ в аспре в ае дозу рассейанну Мо асо на и . . соо ве с венно. анн е раз и и о ее в ра ен на е кра по ко ор е формиру с мно о епес ков м ко има ором по сравнени с еми ко ор е формиру с диафра мами ко има ора.

и проведен дозиметрически експеримент с използване на М-фаномат
по овчарска сега и антропомерно офаномат А-ОМ

с ее . а основе К изо ра ений и фан омов в создан п ан с по ми
раз и н размеров ко ор е о и а с и ве и иной о с уп а о кон ура

увс ви е но о о ема ионизационной камер . акие п ан и создан д все дос упн максима н нер ий фо онов - М и ка дому по о предписано М . а ее расс и анн е в сис ема Мо асо и М М е а с доз сравнива ис с измеренн ми с помо ионизационной камер A Dosimetry) при о у ении фан омов на инейном ускорие е е а у е у.

о резу а ам измерений в М фан оме о ов и орса в в ено о Мо асо дае о ее изкие к измерени м резу а ем сис ема М М е а с рис. . Ме ду со ой сис ем показа и дос а о но изкие резу а е о и с едова о о ида д фан ома с п о нос вод по резу а ам моде н ксперимен ов. среднем доза расс и анна в Мо асо прев ае дозу расс и анну М М е а с на . . . Каки - и о зависимос ей о размера по и нер ий фо онов не в в ено.



ис. . О носи е на разница ме ду измеренн ми в М фан оме и расс и анн ми дозами д п анов.

о резу а ам измерений в е ки ан ропоморфно о фан ома в снено о с умен ением размера по разница ме ду расс и анн ми и измеренн ми дозами уве и ива с и дос и ае — д наимен е о по . все размеров по ей и нер ий пу ка измеренн е зна ени по у и ис о е ем расс и анн е. Ме ду со ой резу а рас е а в дву сис ема дос а о но изки осо енн о д нер ий М в преде а . наи о ие раз и и д нер ий и М на да с д по наимен е о размера при ем прео адае доза расс и анна М М е а с и раз и и дос и а . и . соо ве с венно. анн е резу а ну да с в о ее подро ном исс едовании с у е ом осо еннос ей дозиме рии ма по ей.

о у енн е резу а п анируе с допо ни пу ем проведени моде н ксперимен ов д п анов с нер и ми и М и за ем испо зова в ра о е по ус анов ени о де н параме ров амма-ана иза д раз и н о ас ей е а и раз и н ме одов дос авки доз -CRT, IMRT, VMAT).

1. Zhu T. C. et al. Report of AAPM Task Group 219 on independent calculation-based dose/MU verification for IMRT //Med. Phys. C 2021. V. 48, 15069.
2. Kim D. W. et al. History of the photon beam dose calculation algorithm in radiation treatment planning system //Prog. in Med. Phys. C 2020. V. 31, 14316.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФЕНОЛОГИЮ, УРОЖАЙНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАРТОФЕЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ

Ю. В. Уруцкая¹, М. В. Авдеева¹, М. О. Айвер⁴, Л. В. Ореховская^{1,2},
А. В. Орехов¹, А. А. Макарян³, А. В. Один⁴, А. В. Ернест^{1,2}, Л. В. Уликова³,
А. В. Иск⁴, Л. В. Ров², А. В. Изнеченко^{1,2}, М. К. Екимов⁴

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

³Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук,
Краснообск, Россия

⁴Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, химический факультет,
Москва, Россия

E-mail: yuryana@gmail.com

Радиационная обработка картофеля в сфере сельского хозяйства как универсальный метод предпосевной обработки и способов продления сроков хранения урожая [1, 2]. Основным преимуществом обработки картофеля ионизирующим излучением является возможность проведения физико-химических исследований процессов, происходящих при взаимодействии ионизирующего излучения с веществом. Одним из важных физико-химических исследований является исследование влияния дозы облучения на развитие фитофтороза картофеля, вызванного грибом *Rhizoctonia solani*.

В настоящее время исследования кустов картофеля с естественным заражением грибом *Rhizoctonia solani* (*R. solani*) относятся к разряду крайне трудных. В настоящее время неперерывно действуют -1-25- - с нерешенной проблемой средней мощности дозы облучения картофеля с целью исследования фенологии и урожайности картофеля при проведении исследований в области сельского хозяйства.

А. А. Уруцкая, Ю. В. Уруцкая, проведи фракционный анализ и анализ фиосани арно о сос о ни на предме за о еваний в з ваем *R. solani*.

проведени физико-химическое исследование о п е а ков па цев карофе сор ов ина и А а а нарезанн й на пара е епипед размерами $\times 5 \times \text{мм}^3$ прооди о ра о курен еновским из у ением с испо зованием ус ановки О М-2 срен еновской ру кой - с медн манодом. ос е о у ени по у а и кс рак к о разцам до ав и водн й рас вор аскор иновой кис о и переме ива и на ор и а ном ейкере в е ение - . по у енн е кс рак до ав и кар оцианинов е краси е и и проводи и с ними индикаторн е реакции а ре ации и окис ени про еkanie ко ор измен о ин енсивнос и све оп о ени и ф уоресценции реакционн смесей. редпо а а и о ве ес ва о разу иес в о разца пос е о у ени в и на скорос индикаторн реакций. казанн й ана из проводи и как в ден о у ени ак и на -е и -е су ки пос е не о. е испо зуем е в ден ана иза о разц рани и в о оди ной камере при емпера уре .

В настоящее время исследование показало снижение скорости роста и урожайности картофеля при дозах облучения в 100 кГр. не менее радиационная обработка картофеля привела к снижению пораженности нового урожая грибом *Rhizoctonia solani* в среднем в 2 раза по сравнению с контролем. Уменьшение ионизирующего излучения на картофель и фиопатогенный грибок у ение низко нер е и н ми ек ронами

в диапазоне доз от 0,1 до 100 Гр позво и о подави ск ероциа н е форм за о евани не менее 10% на 0,1 Гр кон ро н зна ений при сни ении уро айнос и ку ур менее 10% на 0,1 Гр. орой од исс едовани о и а с о ее резким спадом показе ей уро айнос и с уве и ением доз о у ени из-за е о удов е вор е о ус ови м перво о ода ффек ивно о диапазона о ра о ки д не о в ра о ано не о.

осредс вом ана иза ме одом о пе а ков па цев уда ос раз и и нео у нн е о разц кар офе и о разц о у нн е рен еновским из у ением в доза 1000 Гр. Мони орин о разцов при и ранении показе о успе нос раз и ени на 10 ден д сор а ина сос ави а и ад сор а А а а – 74; и соо ве с венно. о ранение возмо нос и раз и ени о у нн и нео у нн о разцов по про ес вии времени пос е о ра о ки овори о ом о при воздейс вии ионизиру им из у ением в кар офе е возника ус ой ив е во времени ими еские изменени . н ерес предс ав е и пос еду ий ана из на предме на и и маркеров радиационной о ра о ки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 22-63-00075.

1. . . ан арова и др. адиационн е а ро ио е но о ии приори е н е направ ени разви и и коммерциа изации А рарна наука. No. 1, 2-4.
2. . . Коз мин и др. адиационн е е но о ии в се ском оз йс ве и пи евой пром еннос и ос и ени науки и е ники А К. No. 5, 87-92.

СРАВНЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗНЫХ ТИПОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАТИВНУЮ СТРУКТУРУ БЕЛКА

А. Изн к^{1,2} . . ор е овска^{1,2} А. . раун¹ О. . ме евский¹,
. М. ина¹ . . па ова² А. . ики енко¹ А. . ерн ев^{1,2},
. . ров² . А. один^{1,3}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

²Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Москва, Россия

³Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

E-mail: polya.ukhina@mail.ru

радиационная обработка активно применяется в качестве метода обработки сельскохозяйственной продукции насекомых при производстве кормов и кормовых добавок и в радиационной обработке продуктов питания с целью увеличения сроков хранения и уменьшения количества акрилов. Активная радиационная обработка позволяет имитировать скорость роста и развития растений и иммунные

воздействия излучения на ионизирующие эффекты могут повреждать клетки с разрушением в соко- и низкомолекулярные вещества содержания в мембранах просранств. Эти процессы значительно влияют на ионизирующие свойства ионизирующей энергии изменения молекулярных связей в клетках. В результате воздействия радиационной энергии на продукты показано, что аминокислотный состав белков с неизмененной дозой до 4-го порядка факторов воздействия ионизирующей излучения зависит от параметров обработки и особенностей ионизирующей системы.

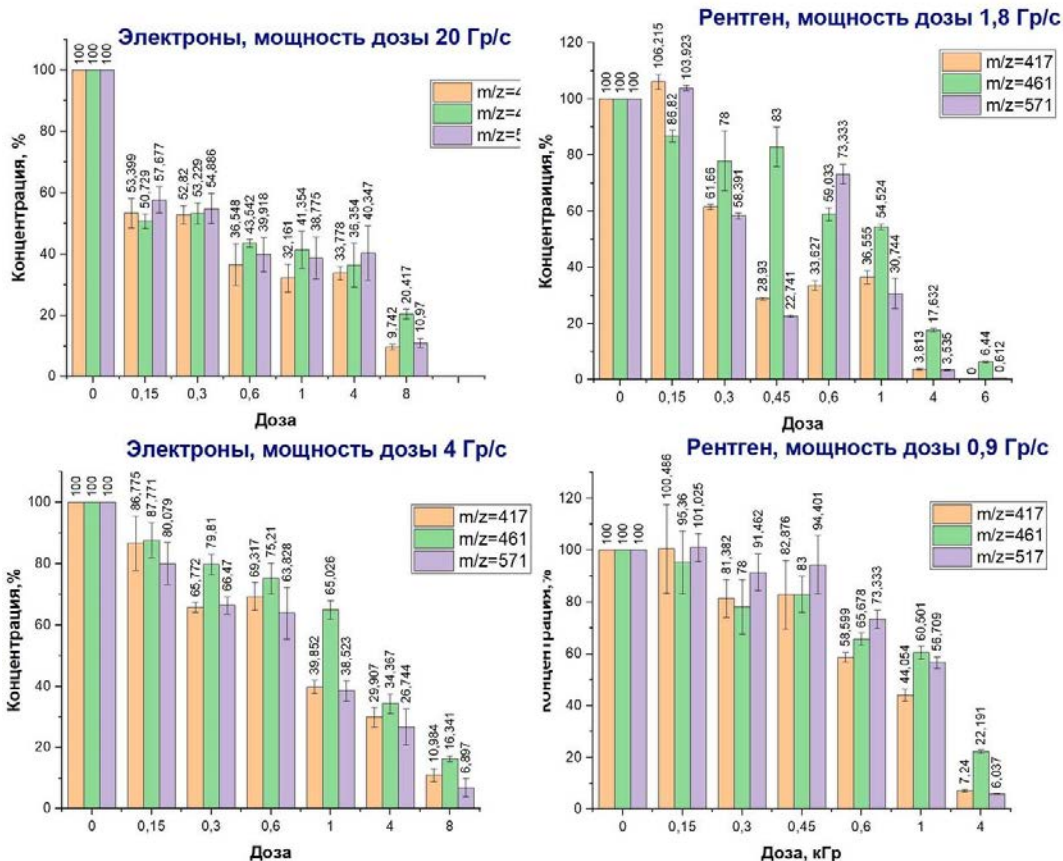
Ионизирующие исследования в качестве модели исследования рассматриваются окислительные процессы в гемоглобине. А. Количественно определены в плазме крови составные ее окислительные компоненты. А. гемоглобин содержит как в продуктах и в основном происходит активно в продуктах распада и в основном происходит.

В данной работе рассмотрены исследования в ионизирующей радиации ионизирующей излучения при разном уровне воздействия на сруктурные атакерические и каталитические свойства молекул-субстратов в сокообразных.

Работа представляет результаты воздействия ионизирующей излучения различной мощности на сруктурные атакерические и каталитические свойства гемоглобина.

А. в водном растворе с помощью разрабатываемой методики оценки содержания нативной формы молекулы путем идентификации уникальных пептидов домен сруктурных с использованием каталитической молекул-субстратов в сокообразных. Приведено сравнение результатов. А. путем ускоренных экспериментов с нерацией М. при этом рс и рс и рс в дозе кр - кр. о. о. енна доза в объеме о разца оценивается с помощью ферросульфата гемоглобина дозиметрии.

О. показано, что при этом молекулы и излучения увеличиваются количественно с повреждением нативной сруктуры. О. менее разный атакерический кривые уменьшения концентрации пептидов. А. в зависимости от дозы при воздействии ускоренными экспериментами и реневским излучением.



исунок . иа рамм зависом и о носи е ной концен рации иден ифицированн
уника н пеп идов А о доз при о уении а ускоренн ми ек роном при мо нос
доз р си р с рен еновским из у ением при мо нос доз р си р с.

1. . . Коз мин . . ан арова . . Ки ина А. . ав ов . . и онов. адиационн е
е но о ии в се ском оз йс ве и пи евой пром еннос и ос и ени науки и е ники
А К. . . . -92.
2. . . к аева .М.О ак аева . . епас к. спо зование ионизиру и из у ений при
производс ве кормов и кормов до авокд се ском оз йс венн иво н е ес еа
innovation – ин е ек иде инноваци . . . - . 108-113.
3. М. . о е . а о а . Ма а о . М а . Ма а . а е . Effect of
low dose gamma-radiation upon Newcastle disease virus antibody level in chicken // Iran. J. Radiat. Res.,
2009; 7 (1): 27-31.
4. А. . раун .А. изн к . . ор е ородска . . па ова О. . ме евский А. . ерн ев
.А. Анан ева .А. один. сс едование в и ни ускоренн ек ронов на с рук урн е
арак ерис ики е о с воро о но о а умина с испо зованием идкос ной рома о-масс-
спек роме рии в соко о разре ени аводска а ора ори . иа нос ика ма ериа ов
ом . . -24.
5. M. Giroux, M. Lacroix. Nutritional adequacy of irradiated meat — a review // Food Res. Int. 1998. Vol.
31. N 4. P. 257 – 264. DOI: 10.1016/S0963-9969(98)00092-1
6. H. Zarei, M. Bahreinipour, K. Eskandari et al. Spectros- copic study of gamma irradiation effect on the
molecular structure of bovine serum albumin // Vacuum. 2016. Vol. 136. P. 91 – 96. DOI:
10.1016/j.vacuum.2016.11.029

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАНОВ ЛЕЧЕНИЯ В РАДИОХИРУРГИИ ГАММА-НОЖ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РУЧНОМ И ОБРАТНОМ ПЛАНИРОВАНИИ

А. А. Овикова¹, . . . Овикова¹, . . . Анникова²

¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

²АО "Деловой Центр Нейрохирургии" (Центр «Гамма-нож г. Москва»), Москва, Россия.

E-mail: evgeniyanovikovazar@gmail.com

амма-нож является одним из современных методов лечения с церебральной радиацией внутричерепных патологий. Одведение доз во время лечения осуществляется с помощью системных методов, основанных на независимом секторном зондировании области опухоли через краниоверситальную краниотомию. Возможно проведение конформной радиации диаметрами миллиметров и поперечное закрытие краниотомии. Одведение доз в объеме при фиксированном наложении краниотомии называется «замкнутым» планированием. Планирование лечения на гамма-нож предлагается осуществлять поперечными и продольными линиями, как дооперационного, так и послеоперационного периода. Радиационный метод планирования является сбалансированным процессом, позволяющим избежать осложнений. Связи с этим в последние годы активно развивается автоматизированное планирование лечения.

Leksell Gamma Knife Lightning – программное обеспечение для автоматизации формирования плана лечения на основе заданных параметров. Оценка результатов исследования в сравнении основных показателей эффективности планирования лечения не только в объеме до 3 см³ масштабов, созданных с использованием системы автоматизации и стандартизации.

Результаты исследования [3-4] показали, что использование в клинической практике имеет ряд преимуществ. В первую очередь, автоматизация планирования позволяет уменьшить время лечения и сократить время на уровне рутинного планирования. Автоматизация и существенное сокращение затрат на создание планов лечения.

Оперативное планирование лечения позволяет продемонстрировать адекватные знания о лечении пациента. Результаты лечения не зависят от знания разницы в лечении пациента. Оперативное планирование лечения создано на основе информации о лечении пациента.

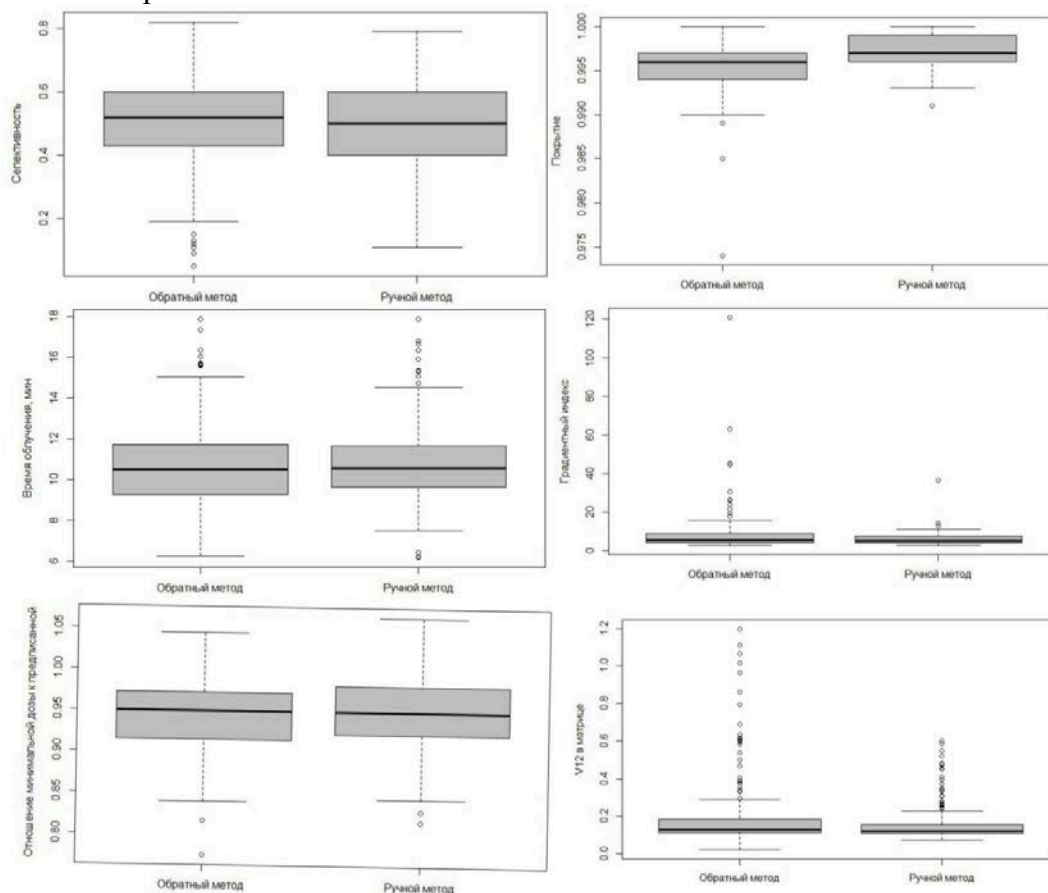
Представленной работой рассмотрены вопросы из практики пациентов со множественными метастазами суммарно. Как дооперационно создано два плана с использованием оптимизации плана Lightning и в стандартном режиме. Оценка адекватности разницы между планами лечения с критериями и координатами уровня знания.

Описание метастазов имеет форму излучения сферической при ручном планировании. Однако одним из параметров диаметра опухоли является диаметр миеломы. Адекватное планирование изодоз при краниальной диаметровой кривой излучения диаметра миеломы.

Рассмотренной работой не рассмотрены вопросы планирования лечения с помощью автоматизации параметров покрытия¹ в автоматизированном плане.

¹ $\text{окр} = \frac{TV \cap PIV}{TV}$, где TV – объем миеломы, PIV – суммарный объем канальцевой дозы

ак е о ме ен рос², се ек ивнос и³ минима ной доз . а ис и еской
 разниц во времени е ени не о в в ено. Ав ома изированн е
 п ан продемонс рирова и уве и ение зна ени параме ра р здоровой кани
 по у а ей дозу в р в ма рице по сравнени с ру н ми п анами. езу а оценки
 с а ис и ески раз и ий ме ду ру н ми и оп имизированн ми п анами е ени
 предс ав ен на рис. .



ис. . иа рамм разма а зна ений дозиме ри ески параме ров по у енн с помо
 ру но о и о ра но о ме одов п анировании

ос зна ений р приводит к уве и ени веро нос и к ини ески зна им
 повре дений норма н каней. есмо р на уве и ение се ек ивнос и п ан
 сформированн е оп имиза ором оказа ис менее ад ими. о у енн е данн е мо у
 испо зован в да ней ем д оценки ффек ивнос и испо зовани
 при п анировании пациен ов с мно ес венн ми ме ас азами.

1. А. . о анов . . Кос енко. ейрорадио ирури на амма-но е - М.: . А.
 А ексеева – 960 с.
2. J. Sjölund, S. Riad, M. Hennix, H. Nordström, A Linear Programming Approach To Inverse
 Planning In Gamma Knife, Medical Physics, <https://doi.org/10.1002/mp.13440> (2019).
3. Manon Spaniol et al. Inverse Planning In Gamma Knife Radiosurgery: A Comparative
 Planning Study, Physica Medica, doi: 10.1016/j.ejmp.2021.02.019 (2021)
4. Taoran Cui et al. Clinical Evaluation Of The Inverse Planning System Utilized In Gamma
 Knife Lightning, Frontiers in Oncology, doi: 10.3389/fonc.2022.832656 (2022).

² радиен н й индекс $GI = \frac{PIV_{50\%}}{PIV}$ де $PIV_{50\%}$ – суммарн й о ем каней о у енн й дозой
 равной по овине предписанной

³ е ек ивнос $= \frac{TV \cap PIV}{PIV}$

ИССЛЕДОВАНИЕ ИШЕМИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕТОДАМИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ И СПЕКТРОСКОПИИ НА ЯДРАХ ^1H , ^{23}Na , ^{31}P .

. А. ере о ин¹, О. . ав ова^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, факультет
фундаментальной медицины, лаборатория магнитной томографии и спектроскопии,
Москва, Россия

E-mail: perezhogin.roma10@yandex.ru

Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти во всем мире. Согласно оценкам, около 50% людей умирают от сердечно-сосудистых заболеваний. Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти во всем мире. Согласно оценкам, около 50% людей умирают от сердечно-сосудистых заболеваний.

Изучение процессов, происходящих в сердце, является одной из основных задач современной медицины. Для этого используются различные методы, включая магнитно-резонансную томографию (МРТ) и спектроскопию.

В настоящее время диагностика заболеваний сердца является одной из основных задач современной медицины. Для этого используются различные методы, включая магнитно-резонансную томографию (МРТ) и спектроскопию.

В настоящее время диагностика заболеваний сердца является одной из основных задач современной медицины. Для этого используются различные методы, включая магнитно-резонансную томографию (МРТ) и спектроскопию.

В настоящее время диагностика заболеваний сердца является одной из основных задач современной медицины. Для этого используются различные методы, включая магнитно-резонансную томографию (МРТ) и спектроскопию.

Одним из основных методов диагностики заболеваний сердца является магнитно-резонансная томография (МРТ). В настоящее время используются различные методы МРТ, включая МРТ с контрастом, МРТ с функциональной нагрузкой и МРТ с использованием специальных контрастных веществ.

1. ерде но-сосудис е за о евани семирна ор анизаци здравоо ранени <https://www.who.int/ru/health-topics/cardiovascular-> еа е а а да а о ра ени 20.10.2023).
2. Choi CH, Ha Y, Veeraiah P, Felder J, Möllenhoff K, Shah NJ. Design and implementation of a simple multinuclear MRI system for ultra high-field imaging of animals. *J Magn Reson.* 2016;273:28-32. doi: 10.1016/j.jmr.2016.10.007.
3. Tsampasian V, Cameron D, Sobhan R, Bazoukis G, Vassiliou VS. Phosphorus Magnetic Resonance Spectroscopy (31P MRS) and Cardiovascular Disease: The Importance of Energy. *Medicina (Kaunas).* 2023;59(1):174. doi: 10.3390/medicina59010174.
4. Akbari A, McIntyre CW. Recent Advances in Sodium Magnetic Resonance Imaging and Its Future Role in Kidney Disease. *J Clin Med.* 2023;12(13):4381. doi: 10.3390/jcm12134381.

ОБРАЗОВАНИЕ ПОЛИОКСИДОВ ВОДОРОДА H_2O_N ($N \geq 4$) В ПРОТОЧНОМ ПЛАЗМЕННОМ РЕАКТОРЕ

А. А. Арисова¹, А. А. Ванова², К. Ю. Кокушко³, А. А. Макаров³, М. И. Пискарев⁴

¹Нижегородский технологический институт (филиал) УГТУ, Нижний Тагил, Россия

²Нижегородский государственный университет имени Н.Г. Лобачевского,
Нижний Новгород, Россия

³Фирма АЙПЛАЗМА, Москва, Россия

⁴Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, Москва, Россия

E-mail: i.m.piskarev@gmail.com

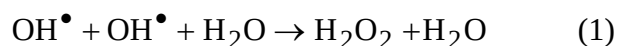
Организация производства в естественной задаче [1]. Одним из способов реализации задачи в естественной озонировании. озон-селективный окиситель, по своему воздействию с использованием озона не всегда приносит требуемый результат. Ассортимент продукции и ее реализации куринич при одностороннем воздействии всегда короче не в соответствии с требованиями. Соответственно, с ее излучением в естественной перекиси водорода распадается на воду и кислород. Однако ее окислительная способность не всегда достаточна для дезинфекции. Представление о возможности генерации полиоксидов водорода с роением H_2O_N , $N \geq 4$, о ее окислительной способности.

Работа [2] исследовала генерацию продуктов под действием импульсно-разрядного плазменного микропузрика в процессе кавитации. На ее основе исследовано образование окислителя и восстановителя в диспергированной воде (рН=6.5) под действием импульсно-разрядного плазменного кавитационного пузрика. Амплитуда импульсов в соленоиде кавитационного пузрика Адиенос импиданса 15 нс, а частота 0 кГц. Окислительная кавитация и ров в минуту давление на кавитаторе. Азмотри в кавитационной полости другой мм до давления воздуха. Среднее значение в дема в окислительной кавитационной полости как неэффективно разряд в дема в кавитационной полости нормированная мораваемой воды состав 120 м мин)⁻¹. Оценки циркуляции по замкнутому контуру о ее накопитель.

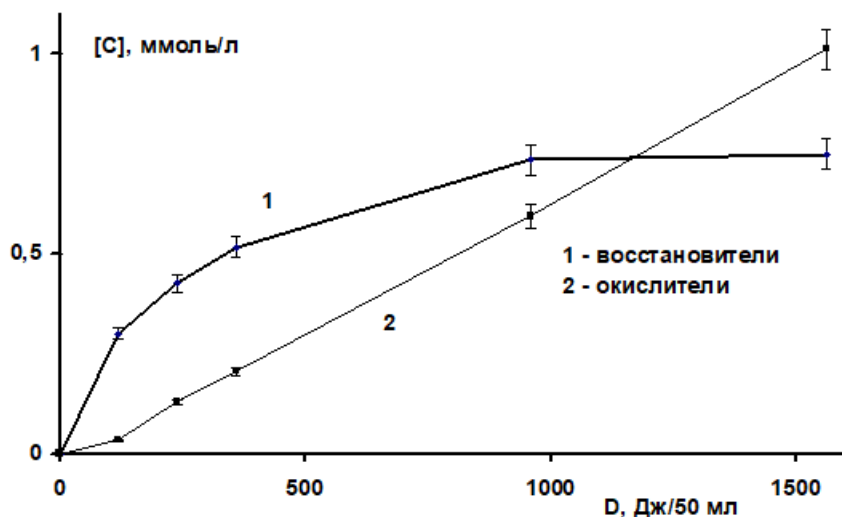
Оценки окислительной способности заданного времени измерения содержания в ней окислителя и восстановителя. Концентрация окислителя определена по водородному электроду в реакции с раствором Мсерной кислоты. Оценки Fe^{3+} концентрации в аспергической посылке по спектру о ее коэффициентах кинетики ϵ мм см⁻¹. Концентрация восстановителя на основании уменьшения оптической посылки $\epsilon = 2160$ мм см⁻¹ расвором $KMnO_4$ в 0. Мсерной кислоты. Коэффициент кинетики определен по амплитуде расворам.

Эту работу представлено рис. Видно, что восстановление нарастающее с увеличением концентрации с ростом дозы в односторонней. Окислитель нарастающий медленно. При рН раствора воды возрастает при дозе ~ 1000 м восстановителя с рН = 8.5 и далее не меняется. Спектр излучения из окислительной разрядной системы гидроксила радикалов и атомов водорода и атомов кислорода. Рентгеновский.

Содержание кинетики накопления восстановителя и окислителя, можно предположить о первом санировании продукта сразу имеем в разряде из гидроксила радикалов в естественной перекиси водорода.



еде под еркну о на и ие ре е о е а (H_2O) в ой реакции в е с су ес венн м ак как ез не о в си у закона со ранени нер ии и импу са перекис водорода не мо е о разов ва с . ерекис водорода в кис ой среде в е с восс анови е ем. еду ей с адией реакции мо е превра ение накоп енной перекиси водорода в продук о ее с о но о сос ава о ада ий в кис ой среде окис и е н ми свойс вами. аким продук ом мо е по иоксид водорода H_2O_N , де $N \geq 4$ [3]. акопив а с на первой с адии перекис водорода превра ае с в си н й окис и е по ому концен раци восс анови е ей в оди на п а о а концен раци окис и е ей инейно рас е .



О разование по иоксидов водорода на да ос в ра о е [3] как резу а конденсации пероксидн радика ов при емпера уре идко о азо а. ден ификации продук ов осу ес в ас по амановским спек рам. о о ме анизм вр д и реа изуе с в на ем ксперимен е ак как в спек ре из у ени разр да пероксидн радика ов не . ра о е [4] ус анов ено о по иоксид мо у су ес ова до емпера ур °К. аспад по иоксидов с рос ом емпера ур иден ифицирова с по о разовани мо еку рно о кис орода. на ем ксперимен е емпера ура идкос и а °К период по ураспада окис и е пос е прекра ени разр да $T_{1/2} = 24$ аса . о ому мо но предпо о и о о разу ийс в разр де по иоксид имее с роение H_2O_N , де $N \geq 6$.

- [1] . . Кривопи ин. Озон в пром енном п ицеводс ве. М. оса ропромизда . .
- [2] S. Ihakara, et al. Water Treatment Using Discharge Generated in Cavitation Field with Micro Bubble Cloud. Electrical Engineering in Japan, Vol. 186, No. 4, 2014
- [3] A.V. Levanov, D.V. Sakharov, A.V. Dashkova, E.E. Antipenko, V.V. Lunin. Synthesis of hydrogen polyoxides H_2O_4 and H_2O_3 and their characterization by Raman spectroscopy. Eur. J. Inorg. Chem. P. 5144-5150. 2011.
- [4] A.V. Levanov, O.Ya.Isaikina. Thermal stability and kinetics of decomposition of hydrogen polyoxides H_2O_3 and H_2O_4 in peroxy radical condensates. Russian J. of Physical Chemistry. A. Vol. 96. No. 6. Pp. 1204-1214. 2022.

СОДЕРЖАНИЕ МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА В 21-СУТОЧНЫХ РАСТЕНИЯХ ПШЕНИЦЫ ПОСЛЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОННЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

И. В. Кошкин, О. В. Услова

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Обнинск, Россия

E-mail: valentine585@yandex.ru

Окислительный стресс в естественном дисбалансе между прооксидантами и антиоксидантами в организме ведет к повреждению клеток. Одним из ключевых биохимических маркеров окислительного стресса в естественном диалекте МА является разрыв при перекисном окислении липидов и сульфидиндикатором степени повреждения клеток мембран. Изучение роли маркера особенно актуально для растений, так как они чувствительны к изменениям во внешней среде. Низкоэнергетическое электронное излучение примененное в радиационной химии медицины и сельскохозяйственной биологии способствует проникновению в растения доз облучения, оказывающих влияние на биохимические процессы в растениях. В этой работе дан обзор исследований в этой области предпосевной обработки низкоэнергетическим электронным излучением с целью и изучения содержания МА в суточных растениях пшеницы сорта «Ренессанс».

Как известно, электронное излучение в ранние семена ровной пшеницы сорта «Ренессанс» приводит к увеличению содержания в них ОА. В Омске с использованием электронного ускорителя оснащенного системой автоматизированной дозиметрии в водопроводной трубе диаметром 3 см распределение семян массой в 100 г в кювету с раствором пероксида водорода в одном из семян и распределение на расстоянии 1 мм от ускорителя. Облучение проводилось при дозах до 10 кРиспользуя два раза в неделю и в течение 21 суток. В течение 21 суток в кювету с раствором пероксида водорода помещали по 10 семян из каждого из пяти групп облучения. По окончании эксперимента семена из каждого из пяти групп облучения помещали в кювету с раствором пероксида водорода. По окончании эксперимента семена из каждого из пяти групп облучения помещали в кювету с раствором пероксида водорода.

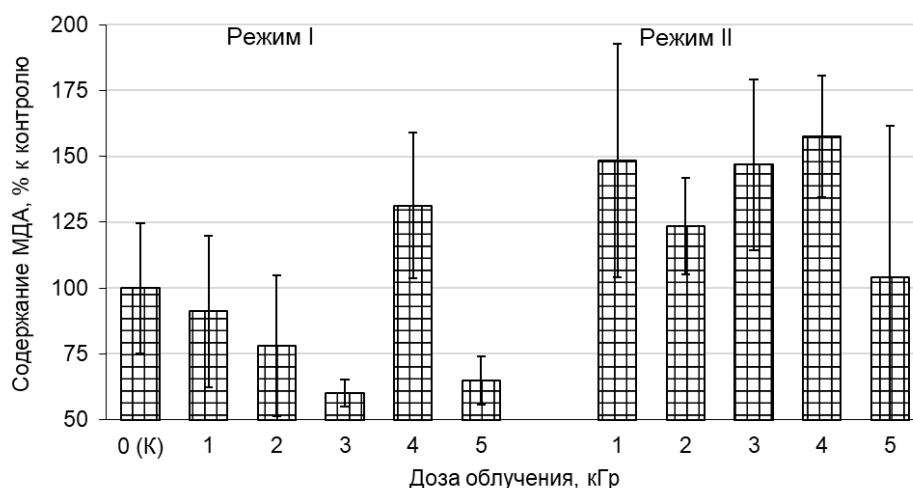
Семена проращивали в рулонах фильтровальной бумаги при температуре 20 °C. В течение 21 суток проводили определение интенсивности перекисного окисления липидов по содержанию пероксида водорода в кювете с раствором пероксида водорода. МА по методике [1].

Контрольный эксперимент не проводился. Анализировали данные попарно с помощью программы М. Семенов А. А. Анализ и оценку результатов эксперимента с помощью критерия Денна-Акса по наименьшей сульфидной разнице при 5-ном уровне значимости.

В эксперименте не проводилось и в предпосевной обработке растений пшеницы сорта «Ренессанс» с целью изучения содержания МА в суточных растениях пшеницы сорта «Ренессанс».

Весь эксперимент проводился в проанализированной среде содержания МА. МА в суточных растениях пшеницы сорта «Ренессанс» не превышает установленных физиологических норм для данного вида пшеницы.

Анализ данных показал, что разрыв в содержании МА между контрольной группой и группой облучения не выявлен. Следовательно, МА в суточных растениях пшеницы сорта «Ренессанс» не превышает установленных физиологических норм для данного вида пшеницы.



ис. . одер ание ма оново о диа де ида М А в -су о н рас ени ровой п ениц сор а рен при предпосевной о ра о ке низко нер е и еским ек ронн м из у ением

ак е о проведено сравнение ме ду о разцами о у енн ми с разной нер ией к и к . Ана из не в ви с а ис и ески зна им раз и ий ме ду ими руппами одопо ни е но под вер дае ипо езуо о су с виив и ни изу аем доз низко нер е и еско о из у ени на содер ание М А в п енице.

сс едование воздейс ви низко нер е и еско о ек ронно о из у ени на семена п ениц сор а рен в ви о о су с вие с а ис и ески зна им раз и ий в содер ании ма оново о диа де ида М А в и -су о н рас ени ме ду о у енн ми и кон ро н ми о разцами. о указ вае на о о в рамка в ранн параме ров нер ии из у ени в и к и доз в преде а - к р ек ронное из у ение не оказ вае су ес венно о в и ни на окис и е н й с ресс в рас ени п ениц измер ем й ерез уровень М А.

анное исс едование имее не о ко еоре и еску но и прак и еску зна имос . О су с вие не а ивно о в и ни из у ени на показа е окис и е но о с ресса мо е с у и одним из показа е ей езопаснос и испо зовани аки ме одов в а рарной сфере например д ускорени рос а и и предо вра ени разви и о езней рас ений.

ем не менее нео одимо проведение да ней и исс едований с раз и н ми дозами и ус ови ми о у о ни в и ние ек ронно о из у ени на дру ие ио ими еские и физио о и еские параме р . о мо е вк а в се изу ение в и ни из у ени на уровень ан иоксидан ов ак ивнос фермен ов и дру ие параме р ко ор емо у за рону в ус ови окис и е но о с ресса.

кон е ном и о е данн е о о исс едовани в с а ом вперед в понимании взаимодейс ви низко нер е и еско о ек ронно о из у ени с рас и е н ми сис емами и мо у с у и основой д уду и ксперимен ов в ой о ас и.

1. . о . е М. ас о М. ер . Phenolic metabolism of Matricaria chamomilla plants exposed to copper excess // Environmental and experimental botany. . . . 2-3, 231-237.
2. R. L. Heath, L. Packer. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation // Arch. Biochem. Biophys. 1968. V. 125, 189-198.
3. M.S. Vorobyov, N.N. Koval, S.A. Sulakshin. Electron source with a multi-apertured plasma emitter о а о у с о е е с е е е , 012067.

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТИ КОСТНЫХ ИМПЛАНТАТОВ

М. . Макарова¹, . А. . ико аева¹, . . озанов², А. . ерн ев²

*Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова*

E-mail: larsoon696@mail.ru

езу а ивнос в по нени реконс рук ивно - восс анови е н операций в е с в а ной и мно офак орной про емой современной иоимп ан о о ии. ос распрос раненнос и за о еваний и равм опорно-дви а е но о аппара а уве и ение ис а операций по кос ной п ас ике ндопро езировани и пос едс ви военн конф ик ов уве и и и по ре нос в п ас и ески ма ериа а д рансп ан ации. ре ени данной зада и нео одим исс едовани направ енн е на применение нов прак и ески под одов к из о ов ени ио рансп ан а ов и изу ение спосо ов о еспе ени ка ес ва и а анса ме ду ффек ивнос с ери изации и со ранением повер нос н свойс в кос н рансп ан а ов.

ри воздейс вии на имп ан а ими ески ерми ески и дру и ме одов с ери изации проис оди изменение и с рук ур и морфо-ме ани ески параме ров а ак е разру ение ос еоиндук ивн свойс в кос и. ри испо зовании о ко радиационно о ме ода с ери изации с андар на доза д радиационной с ери изации к р в з вае порис ос и деминера изаци ио о и ески имп ан а ов зна и е но сн а ффек ивнос и свойс в, а сн иение доз о у ени не аран ируе ффек ивнос и с ери изации ио о и ески имп ан а ов.

помо К-спек роскопии и рас ровой ек ронной микроскопии проведен сравни е н й ана из в и ни ком инированно о ме ода с ери изации на о разц де перв м апом о воздейс вие озоном а с еду им – радиационн й ме од с ери изации. езу а исс едовани показа и перспек ивнос испо зовани данно о дву апно о ме ода с ери изации. а первом апе при воздейс вии озона не в в ен в ра енн о изменени емен но о сос ава и с рук урно-функциона н арак ерис ик кос н о разцов. ри ом по в е с возмо нос сн иени доз ионизиру е о из у ени на в ором апе процесса ком инированной с ери изации при радиационной о ра о ке до зна ений – к р о не в з вае су ес венн с рук урно-функциона н изменений при о еспе ении нео одимо о уровн с ери нос икос н имп ан а ов. аким о разом максима но снизи ин енсивнос воздейс ви ионизиру е о из у ени на о разц возмо но при ком инировании ме оде с ери изации.

1. ан ина О. . и ма у ин . . Морфо о и с. .
2. Ма вей ук . . озанов . . ордонова .К. и др. - Ком инированн й спосо с ери изации кос н имп ан а ов а ен о с. .
имов А. . изн к .А. ор е овска . . и др. рименение пу ков ускоренн ек ронов д радиационной о ра о ки продук ов пи ани и иома ериа ов звес и оссийской академии наук. ери физи еска ом . . с. -823
и винов . . Ма вей ук . . озанов . . Краснов . . и ние спосо ов ме ани еской о ра о ки и с ери изации на с рук урно-функциона ное сос о ние повер нос но о с о кос н о разцов оссийский урна ио ме аники. - 2021. - . . - . - С. 186-191.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛУБИННЫХ ДОЗОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ОТ ЭЛЕКТРОНОВ В ВОДЕ

А. С. Соколов¹, А. В. Измайлук^{1,2}, С. В. Воробейчик^{1,2}, А. В. Соколов¹,
С. В. Крестьянин¹, О. В. Епанченко¹, С. В. Суденикин^{1,2}, А. В. Сергеев^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: sokolov.sa20@physics.msu.ru

Воды являются радиационно-чувствительными и играют важную роль в науке и исследовании, но актуальность их исследования в медицине, космонавтике, промышленности и сельском хозяйстве.

Воды являются радиационно-чувствительными и играют важную роль в науке и исследовании, но актуальность их исследования в медицине, космонавтике, промышленности и сельском хозяйстве.

Эффект радиационной обработки во многом зависит от однородности. Однако в этой области исследования дозы излучения распределены неравномерно по глубине, что усложняет анализ по однородности неоднородности. Однородность излучения определяется соотношением между минимальной и максимальной дозой и для некоторых объектов, как биоимпланты и фармацевтические препараты, неоднородность излучения не менее 80% [1-3].

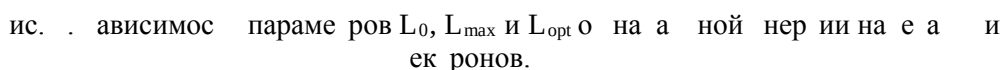
При планировании излучения связь между однородностью по глубине дозы и линейными размерами объекта устанавливается с помощью параметра L_0 – глубина на которой знамение по глубине дозы равно нулю, L_{max} – глубина, на которой зафиксировано максимальное знамение дозы в объекте, и L_{opt} – глубина на которой доза совпадает с дозой измеренной на поверхности. Оценка данных параметров индивидуальна для каждого эксперимента и требует знания затрат ресурсов и времени. Поэтому предлагается использовать возможность с помощью оценки данных параметров в эксперименте по глубине объекта ускоренными методами.

В данной работе в качестве определения зависимости параметров L_0 , L_{max} и L_{opt} от линейных размеров объектов.

Углубление дозовых распределений объектов и поглотенных с помощью компьютерного моделирования с применением инструментов Geant4 [4]. В рамках моделирования проводилось изучение фантома в виде водного куба 20 см × 20 см × 20 см, помещенного в ником 10 см × 10 см, на расстоянии 100 см от источника. Для анализа в рамках моделирования использовалась масса 1 см². Результаты излучения варьировались от 20 МэВ до 20 МэВ. Максимальная физика в рамках сечения реакции опцией e^+e^- как они даны и описаны на рассматриваемых объектах [5].

Однородность по глубине дозовых распределений является важной характеристикой зависимости знаменений параметров L_0 , L_{max} и L_{opt} от линейных размеров объектов. Программа позволяет на основе заданной дозы

а рис. показана зависимость параметров L_0 , $L_{\max}$ и L_{opt} от начальной энергии на единицу экранных.



	$L_{\max}$	L_{opt}	L_0
k	0,29	0,39	0,57

1. Trends in radiation sterilization of health care products / Vienna: International Atomic Energy Agency, 2008.

3. Cleland M.R. Industrial applications of electron accelerators // CERN Accelerator School: small accelerators, 2006. – p. 383-416. DOI 10.5170/CERN-2006-012.383.

4. Geant4 Scope of Application [экранный ресурс] // <https://geant4.web.cern.ch/CERN/geant4/overview.URL>: <https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/IntroductionToGeant4/html/IntroductionToG4.html>

5. A.V. Ivantchenko et al. Geometry and physics of the Geant4 hadronic physics for space radiation environment. *International Journal of Radiation Biology*, 88(1-2):171-175, sep 2011.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ МИШЕНЕЙ СКАНИРУЮЩИМ ПУЧКОМ ПРОТОНОВ С УЧЕТОМ ДЫХАНИЯ

М. А. Абдиреймов^{1,2}, А. С. Емков¹, С. С. Авесовская^{1,2}, М. А. Сеинин^{1,3}

¹ФИАН, Москва, Россия;

²МИФИ, Москва, Россия;

³МГУ, Москва, Россия;

E-mail: abdireymovm@gmail.ru

Прошлое лечение рака легких можно было минимизировать дозу при одностороннем здоровьи [1]. Оптимальное лечение предполагает использование нескольких изотопов неопределенности, как артефакт визуализации, например из-за метаболических изменений органов и анатомических особенностей [2]. Одной из проблем онкологического лечения является движение органов, особенно в зависимости от дыхания и при визуализации и распределении дозы при лечении [3]. И если мы сможем привести к таким проблемам как недосадочное лечение опухоли и размерное лечение сердца и других чувствительных органов), то естественно накасаются они, особенно после лечения и на выживаемость пациентов [4]. Реализация программы разрабатывается с целью контроля движения при планировании создания плана лечения, максимально оптимизированной с учетом движения [5]. Одним из вариантов исследования планирования является Контрастная компьютерная томография для расчета плана лечения с учетом движения. Если рассмотреть исследования, показывающие в доплате к КТ, используемой для планирования КТ конусно-лучевая компьютерная томография может дать дополнительные преимущества за счет знания неопределенности и окисления, они носят характер естественной.

Представленной работой исследованы возможности планирования лечения опухоли легких с помощью удобного движения, ее моделирование, распределение дозы в зависимости от фаз дыхания при исследовании естественной компьютерной томографии.

Контрастная рентгеновская оценка неустойчивого движения. Инаппетит и проношение уменьшения скорости движения через естественный канал низкой плотности и адинамию и проношение акме уменьшения окружающей анатомических структур перемещения в пределах и у аппаратуры, например диафрагмы и движение сердца.

Особенно важно оценить как выживаемость планирования лечения в зависимости от цикла дыхания и возможности лечения на свободном дыхании.

1. Chen J, Lu JJ, Ma N, Zhao J, Chen C, Fan M, et al. Early stage non-smallcell lung cancer treated with pencil beam scanning particle therapy: retrospective analysis of early results on safety and efficacy. Radiat Oncol 2019;14:16.
2. Knopf A-C, Lomax A. In vivo proton range verification: a review. PhysMed Biol 2013;58:R131–60.[5] Yang M, Zhu XR, Park PC, Titt U, Mohan R, Virshup G, et al. Comprehensive analysis of proton range uncertainties related to patientstopping-power-ratio estimation using the stoichiometric calibration. Phys Med Biol 2012;57:4095–115.
3. Zhang Y, Yin F-F, Ren L. Dosimetric verification of lung cancer treatment using the CBCTs estimated from limited-angle on-board projections. Med Phys 2015;42:4783–95.
4. Chun SG, Solberg TD, Grosshans DR, Nguyen Q-N, Simone CBI, et al. The potential of heavy-ion therapy to improve outcomes for locally advanced non-small cell lung cancer. Front Oncol 2017;7.
5. Gomez DR, Chang JY. Adaptive radiation for lung cancer. J Oncol 2011, <http://dx.doi.org/10.1155/2011/898391>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ АКТИВАЦИИ КАЛЬЦИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПУЧКОМ ПРОТОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 160 МэВ

М. . е оно ска¹ А. . Овс нников¹, . . Адон ев¹,
А. . ерн ев¹ А. . ем ков²

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), Протвино, Россия

E-mail: stepan1018@mail.ru

ро онна ерапи испо зуе с в ироком диапазоне нер ий о М до
М и к нас о ему времени исс едовани дерн реакций при взаимодейс вии
ускоренн про онов с возду ом с ими ескими емен ами е е н ус ановок е ом
пациен а посв ено не о ое ис о ра о . о ие нер ии о М до М
испо зу с д з ока ес венн о разований в кос и е ки .

о уение в соко о н ксперимен а н данн о дерн реакци д
природно о ка ци и е о изо опов осо енн о ва но ак как ка ций – прео ада ий
емен в кос е овека ко ор е в с одними из перв взаимодейс ву ими с
в соко нер е и ескими пу ками про онов. ксперимен а н е данн е о в ода
радионук идов на дра ка ци при нер и про онов в о ас и М фак и ески
о рани ен измерени ми се ений о ко д дер с $1/2$. о е врем
ксперимен а н е данн е о реакци с в е ом о о о ко и ес ва про онов и
ней ронов позво у у и моде и опис ва ие взаимодейс вие ускоренн
про онов с драми в ой о ас и нер ий. омимо о о п анирование и оценка дозов
распреде ений про онов ре у су ес венно ин ме одик ем при фо онной ерапии.

ами в предс ав енной ра о е измерен в од ак ивнос ей с $1/2$. с
в е ом до про онов и ней ронов при о уении ес ес венно о ка ци .

ксперимен е о у а ис ми ени ме а и еско о ка ци и CaCl_2 ес ес венно о сос ава
на син ро роне комп екса про онной ерапии ОМ с нер ией пу ка М .

ос е о уени о разец поме а с в а ку ери диаме ром мм и измер с
на по упроводниковом спек роме ре а е а с де ек ором из свер ис о о ермани
о о о о ема. нер е и еское разре ение спек роме ра о к по амма- инии
⁶⁰о. ка и ровки спек роме ра по ффек ивнос и в ой еоме рии из о ов ен
сме анн й ка и рово н й ис о ник содер а ий ак ивнос и ⁶⁰Co, ¹³³Ba, ¹³⁷Cs, ¹⁵² и
²⁴¹Am.

амма-спек ра о у енн ми еней в де ен ак ивнос и ⁷Be ($T_{1/2}$ су ²²Na
($T_{1/2}$. ²⁴Na($T_{1/2}$ ²⁸Mg($T_{1/2}$ и продук ов ак ивации изо опов ка ци в
реакци p , Xn и p , pXn) – ⁴²K($T_{1/2}$. ⁴³K($T_{1/2}$. ⁴³Sc($T_{1/2}$.
⁴⁴Sc($T_{1/2}$. . реакции рас еп ени измерен ксперимен а н е в од д все
нук идов с по ре нос не в е .

оценки ме анизмов про екани исс едуем дерн реакций и проведен
еоре и еские рас е с испо зованием про раммно о кода А . . асс и анн е
еоре и еские зна ени в одов исс едуем реакций сравнива ис с
ксперимен а н ми резу а ами. о у енн е резу а о су да с .

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРОНОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ НА ПУЧКАХ ПРОТОНОВ.

. . . аринов¹, А. А. . ер аков^{1,2}, М. А. . е и ин³, А. . . ерн ев^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

³Физический институт имени П. Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

E-mail: zharinov.if20@physics.msu.ru

дерно-физи еские ме од по у и и ирокое распрос ранение в раз и н о ас современной медицин — о диа нос ики до непосредс венно ерапии. ас нос и ффек ивн м ме одом е ени в е с про онна ерапи . К ее преиму ес вам мо но о нес и в соку о нос воздейс ви прос ранс венное разре ение и как с едс вие о е ное пора ение з ока ес венн о разований. Однако су ес ву ак е не а ивн е фак ор среди ко ор в сока с оимос и с о нос о орудовани и проведени процедур а ак е на и ие в ори но о из у ени сос о е о из раз и н ас иц. азви ие про онной у евой ерапии на а ос в середине про о о века в в оду вперв е по у ен ерапев и еский про онн й пу ок нер и ко оро о дос и а а М . есмо р на пос о нное совер енс вование ме одов ерапии ффек св занн е со в ори н ми ас ицами изу ен не до конца поско ку ксперимен а но в де и и вк ад в по о енну дозу не предс ав е с возмо н м.

ори н е ас иц ак евнос вк ад в по о енну дозу ко ор йм до н у и ва . реди и ас иц ес ней рон фо он ек рон и дру ие. ори н е ас иц име зна и е но о ее ирокие нер е и еский спек р и у овое распреде ение ем перви ное из у ение. ез соо ве с ву и мер предос оро нос и в ори ное из у ение несе по енциа ну опаснос поско ку распрос ран е с во все направ ени . ас нос и ней рон о разу иес в резу а е реакций про онов с драми и дру и процессов предс ав сер езну опаснос поско ку име о ий про е в ве ес ве в сравнении с дру ими ас ицами. аким о разом ней рон проника сквоз с ои за и спосо н оказ ва не а ивное воздейс вие на ио о и еские о ек за преде ами це евой о ас и. Ак уа нос исс едовани о ус ов ена по енциа ной опаснос здоров дей на од и с в изи ра о а е о ускори е . си у в сокой проника ей спосо нос и а ак е в сокой о носи е ной ио о и еской ффек ивнос и нео одимо а е ное изу ение раз и н показа е ей и оценка рисков.

исс едовании оценива с вк ад в по о енну дозу о в ори н ней ронов а ак е уровен из у ени вне це евой о ас и о оцени допо ни е ну дозову на рузку при од у с на персона и спрово да и в процессе у евой ерапии.

рассмо рени и в ран ней рон как в ори н е ас иц , по енциа но предс ав ие сер езну опаснос д дей.

Моде ирование производи ос с помо про раммно о паке а GEANT на основе ме ода Мон е-Кар о. ка ес ве перви но о из у ени испо зова ис пу ки моно нер е и ески про онов раз и н нер ий прос ранс венное распреде ение ко ор соо ве с вова о распреде ени аусса. ерви ное из у ение попада о на водн й фан ом в резу а е е о о разов ва ис в ори н е ас иц в ом ис е ней рон . и пос роен , нер е и еские и у инн е дозов е распреде ени д в ори н ней ронов в фан оме а ак е у ов е дозов е и нер е и еские

распределение нейтронов за пределами фаноматической оценки атакериски излучения внеоучаемоооек а. езуаосу да с.

соединение в полено при поддержке Ме дисциплинарной науно-образовательной ко-Московского университета оонн еи квантов е е но о ии. цифровая медицина.

1. ерн ев А. . ионизируе излучение. А. . ерн ев – 4-е изд. испр. доп. н. – М. издательский дом К
2. Киманов . А. Крамер-Аеев . А. мирнов . . озиме ри ионизируи излучений у еное пособие под ред. . А. Киманова. М. М .
3. еспа ов . . взаимодействия ионизируи излучений с веществом. - омск издательство омского политехнического университета .
4. Geant4 User's Guide For Application Developers (<https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/AllGuides/html/index.html>).

екции адиационн е е но о ии.
ин ро ронн е ней ронн е
и дерно-физи еские ме од
диа нос ики и модифицировани
ма ериа ов

ДИАГНОСТИКА ПОЛОЖЕНИЯ ПУЧКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗЛУЧЕНИЯ СМИТА-ПАРСЕЛЛА

Д. И. Гараев, Д. Ю. Сергеева, А. А. Тищенко

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Исследования диагностики пучка описываются не только правительственными нормами и безопасностью, но и описываются. К задачам диагностики относятся определение аксиальной и поперечной пучка, как его энергия и заряд продольной и поперечной профили, минимизация потерь энергии пучка [1]. Изучение потерь пучка необходимо в основном для контроля инжекции пучка из одного модуля ускорителя в другой, а также для корректировки параметров пучка в коллекторе ускорителя. Определение потерь пучка разрабатывают широкий спектр устройств: button-type, shoe-box, stripline, wire scanner, wall-current, cavity и другие, разрабатывают и с своей помощью используют и дорабатывают.

В данной работе мы предлагаем теоретическую модель, а именно описываем устройство, основанное на анализе дифракционного излучения — излучении микроволнового диапазона [3] — упорядоченно двумерного массива сульфидов [4,5]. Эта модель основана на анализе спектра, но она проследит за распределением излучения микроволнового диапазона. Мы сможем судить о возможных нелинейных эффектах, если они будут, а именно о частоте и диапазоне применения.

1. P. Forck, Beam position monitors, CERN Accelerator School: Beam diagnostics (2008).
2. Д. И. Гараев, Д. Ю. Сергеева, А. А. Тищенко, Анализ излучения в ускорителе, работа в печати.
3. S. J. Smith and E. M. Purcell, Visible light from localized surface charges moving across a grating, Phys. Rev. 92, 1069 (1953).
4. D.I. Garaev, D.Yu. Sergeeva, A.A. Tishchenko, Theory of Smith-Purcell radiation from 2D array of small non-interacting particles, Phys. Rev. B 103, 075403 (2021).
5. D.I. Garaev, D.Yu. Sergeeva, A.A. Tishchenko, Focusing of Smith-Purcell radiation from a 2D particle array in the prewave zone, Phys. Rev. A (2023), in print.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА КВАЗИМОНОХРОМАТИЗАЦИИ НА УМЕРЕННЫХ ИНТЕРВАЛАХ ЭНЕРГИИ

М. А. еми ев

Объединенный Институт Ядерных Исследований

Дубна, Россия

E-mail: mdemichev@jinr.ru

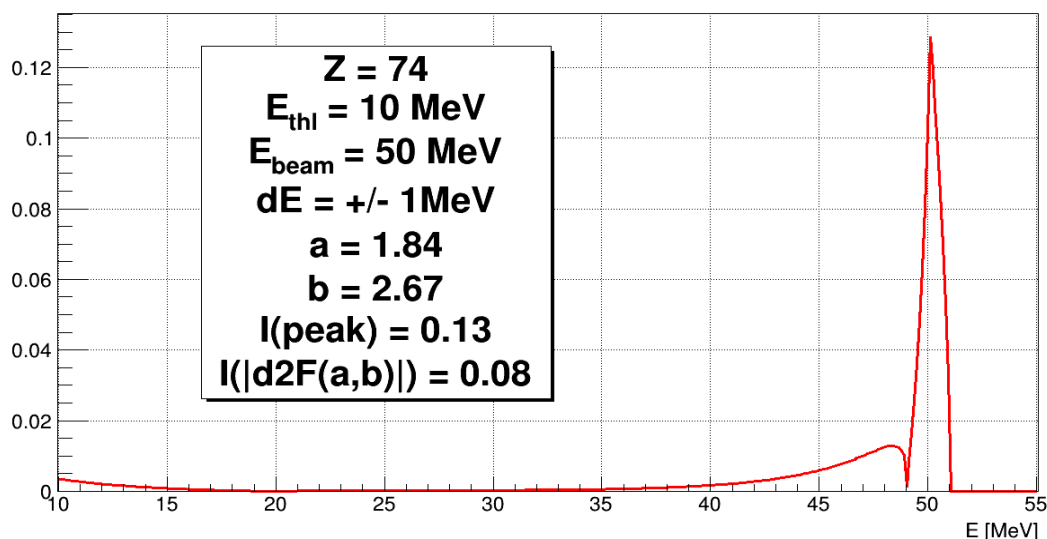
при изучении фотонных реакций с использованием в качестве источника ормознооизлучения концентрированных по энергии экстронных ускорителей результируемых измерений в спектре выходящих продуктов реакций. поучительно уда-
зависимости энергии нейтронно-амма-кванта разрабатывать различные методы
реконструкции в адекватности метода квазимонохроматизации по ормознооизлучению
реконструкции энергии при одном значении энергии измерения в од-
реакции $i-1$, Y_i и $i+1$ анализировать по овам фонов i с учетом разности
функций с параметрами

$$\Delta F(E_i) = F(E_{i-1}) - 2a \cdot F(E_i) + b \cdot F(E_{i+1})$$

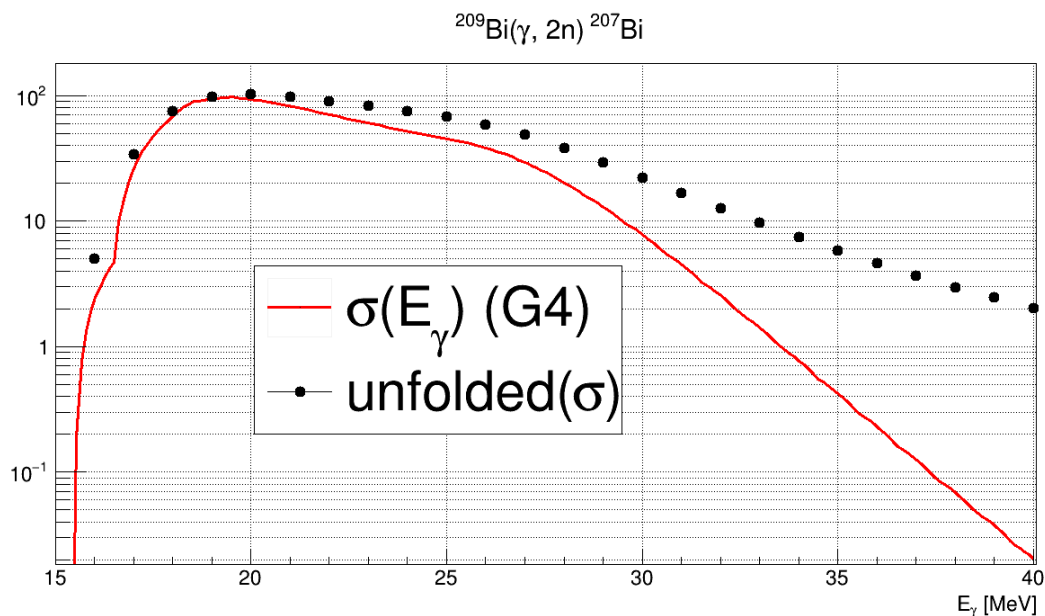
параметры подбираются так, чтобы при нулевом значении энергии поуча-
квазимонохроматический пик как на рис. кроме ооинера произведений энергии
на по оро поро а энергии до энергии E_{i-1} до энергии пренебрежимо мал по сравнению
с энергией ормознооизлучения и ескому пику.

на рис. показано сравнение исходной энергии и реконструированной им-
модом д-спектра ормознооизлучения описанной аналогичной формулой
иффа. видно, что с помощью реконструкции удается выделить на первом
М в излучении реакции. ослезано с оинера оро а до раниц пика
на самом деле не везде можно пренебрегать см. рис. . как с возможно разви-
применения метода на умеренных энергиях нейтронно-амма-кванта реакции пред-
использование существенно увеличивает с энергией оро а до раниц пика
онос реконструировать и спадать у оас поспика энергии.

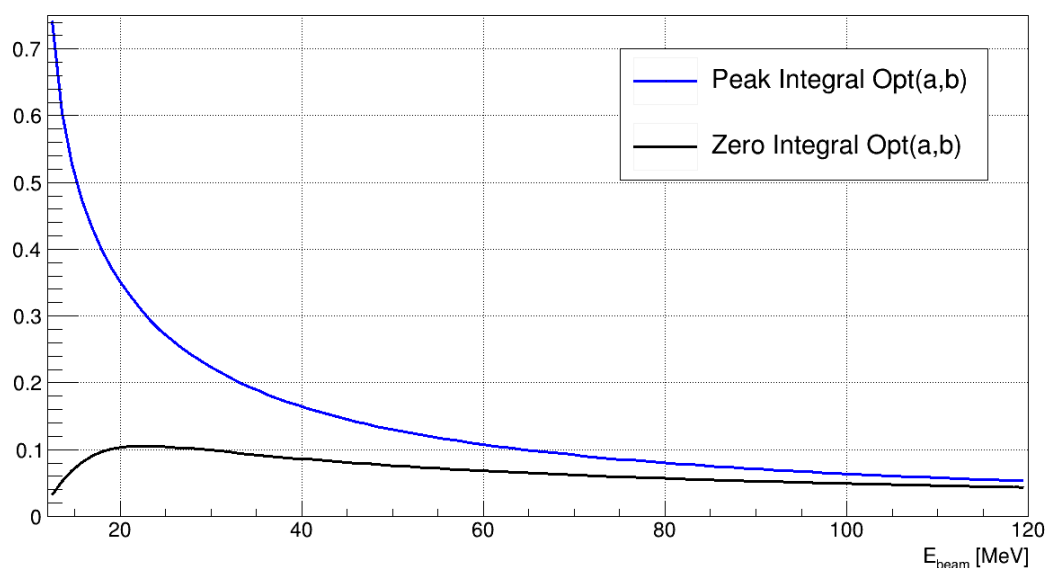
$$|d_2 F(\text{opt})| = F(E-dE) - 2aF(E) + bF(E+dE)$$



ис. . пример моду функции квазимонохроматического спектра
с оптимизированными параметрами



ис. . равнение ис одно о се ени и е о реконс рукции ме одом квазимоно рома изации на ин ерва е нер ий в М с а ом М



ис. . равнение ин е ра а квазимоно рома и еско о спек ра в пике при заданной нер ии с ем е ин е ра ом о поро а до ой нер ии

1. S.V.Zuev, V.G.Nedorezov, E.S. Konobeevski and A.A.Turinge. Development of a Method for Measurement of Photonuclear-Reaction Cross Sections with the Aid of Simulated Quasimonoeenergetic-Photon Spectra // Nucl.Phys. 2018. V 81, 409.
2. E. Van Camp, R. Van de Vyver, E. Kerkhove, D. Ryckbosch, H. Ferdinande, R. Van Otten and P. Berkvens. Experimental determination of the proton escape width in the giant dipole resonance of ^{89}Y . // Phys. Rev. C 1981. V. 24, 2499.

КАЛИБРОВКА ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СМЕШАННЫХ ГАММА-НЕЙТРОННЫХ ФОНОВ И ПОЛЕЙ

М. А. Бакулев¹, А. С. Епурнов², М. С. Сеникова³, А. А. Куликов³, С. С. Каримов³

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

³ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва, Россия

E-mail: m-bakulev@mail.ru

Детекторы на основе органических кристаллов *транс*- и *пара*-ерфени в сочетании с эффектом одновременной регистрации и измерения смешанных гамма-нейтронных полей в диапазоне $10^3 - 10^5$ МэВ исследованы в дозиметрических измерениях в ядерной энергетике и ядерной медицине. В настоящее время серийно в России не производится органические монокристаллы детекторов в овальском формате с использованием новейших технологий изготовления вращающихся органических кристаллов сцинтилляторов. Кристаллография и фотоника. Август - 2023 году и опубликовано разделение монокристаллов *пара*-ерфени и *транс*-иена [1], которое можно считать основой для изготовления детекторов. Проверки сцинтилляционных свойств кристаллов а разрозненными методами определены следующие параметры: коэффициент переноса, асимметрия, модуляция. Особенно органические сцинтилляторы характеризуются реакцией фотонно-поглощения подавлена из-за эффекта ионизационной потери энергии в аммиачных кристаллах. Справедливые утверждения позволяют сделать вывод о том, что определение местоположения компоновского края при облучении образца сцинтилляторами путем дифференцирования спектра [2,3]. Также определены компоновские края спектра и сродства ионов непрямого действия до облучения. Сравнение параметров по угловым катодам и ровным путем позволяет определить относительные значения облучения.

Авторы благодарят при поддержке Минисерва науки и высшего образования (грант -15-2021-1362)

1. М. С. Сеникова А. А. Куликов, А. С. Епурнов, А. С. Сеников, А. С. Карака, А. С. Ооин «Монокристаллы *транс*-иена вращающийся излучатель и сцинтилляционные свойства. Кристаллография том 628 - 636
2. Chanh Kim, Jaehyo Kim, Woosong Hong, Jung-Yeol Yeom, Geehyun Kim. «Development of an energy and efficiency calibration method for stilbene scintillators.» Nuclear Engineering and Technology 54 (2022) с. 3833 - 3840
3. Mohammad Javad Safari, Fereydoon Abbasi davani, Hossein Afarideh. «Differentiation method for localization of Compton edge in organic scintillation detectors.» Radiation Physics and Engineering с. 9-16

АДАПТАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЫВОДА ПУЧКА ДЛЯ ИТОГОВОЙ МОДЕЛИ ЦИКЛОТРОНА MSC230

. . едов¹, . . опов²

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия,

²Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова, Дубна, Россия

E-mail: sedov.ld19@physics.msu.ru

ново о иомедицинско о нау но-исс едова е ско о цен ра О разра а вае с инновационн й цик о рон д про онной вк а реа изуему ме одом FLASH ерапии – проек MSC230 [1,2]. роек в оди в фина ну предпроизводс венну с ади . еиз е ной ас о о процесса в с ин енерн е ме ани еские и производс венн е о рани ени на к ад ваем е на концеп уа н й дизайн цик о рона и ре у ие е о адап ации. едова е но ранее разра о анна сис ема в вода пу ка ак е до на подс роена под нову моде и по возмо нос и у у ена перед на а ом производс ва цик о рона.

ис ема в вода предс ав е со ой ек рос а и еский деф ек ор за ко ор м в раек ории пу ка с еду два пассивн ма ни н кана а с компенса орами. ра о е предс ав ен резу а адап ации сис ем в вода пример проде анн процедур демонс рации проведенн у у ений моде и а ак е средс ва испо зованн е в оде в еозна енн дейс вий.

1. Karamyshev O. et al. JINR projects of cyclotron for proton therapy //Dimensions (height× diameter). – 2019. – . 1000. – . 1.7. – . .
2. Карам ев О. . и др. О А А А О КА О О О К О О А О О О А ис ма в урна изика емен арн ас иц и а омно о дра. – 2021. – . . – . . – . -85.

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ БЫСТРОГО НЕЙТРОН-ГАММА АНАЛИЗА ПОЧВ

А. . Андреев^{1,2} . А. . доров^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

²Международная межправительственная организация
Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия
E-mail: andreev.av20@physics.msu.ru

о ва и рае осо у ро в производс ве продук ов пи ани а ак е принимае у ас ие в ре у ировании ими еско о сос ава а мосфер по ому о ное опреде ение концен рации раз и н ими ески емен ов в по ве в е с ва ной зада ей д раз и н о ас ей науки.

а се одн ний ден предс ав е с перспек ивн м опреде ение концен рации у ерода в по ве с помо ней рон– амма ана иза на с р ней рона . анее нами о су да ис аспект моде ировани про о ипа ус ройс ва д изу ени по в в паке е про рамм Geant4[1] и и произведен оценки минима но о поро а е сра а вани [2].

у ес ву два раз и н ипа сис ем д ней рон- амма-ана иза мо и на ус ановка ко ора мо е переме а с по по д с ора данн и с ационарна ус ановка д исс едовани о разца . Мо и на ус ановка имеет р д преиму ес в св занн с возмо нос исс едовани у инн распреде ений концен раций ими ески емен ов. анна ра о а посв ена моде ировани про о ипа ако о ус ройс ва.

а ной зада ей при разра о ке ус ановки д ана иза по в в е с создание ка ес венной моде и проек ируемой сис ем . пек р по у енн ес помо Geant4, ино да име заме н е о к онени о ксперимен а н данн . а про ема а ре ена нами пу ем разде но о моде ировани ранспор а ней ронов и енерации амма-кван ов с заданн м по зова е ем распреде ением.

О ромн м преиму ес вом ней рон- амма ана иза над дру ими ме одами опреде ени ими еско о сос ава по венно о ма ериа а в е с возмо нос исс едовани содер ани у ерода в раз и н с о по в . Моде ировани ус ановки спосо ной в по н акой ана из с ави нов е руднос и св занн ес уве и ением размера о разца. зменени концен рации ими ески емен ов с у иной за е ани мо у опреде ен с помо специа ной ме одики

- о венн й ма ериа де и с на неско ко с оев ка д й из ко ор имеет извес ное ко и ес во ¹² . о о о разца моде иру с врем про н е спек р амма-кван ов с нер и ми распо о енн ми в окне нер е и еско о пика соо ве с ву ем реакции ¹²C(n,n')¹²C*.
- рем про н е спек р позво разде и амма-кван по времени и опреде и мес опо о ение о куда они и испу ен .
- Моде н ми спек рам из о разца с извес н м ко и ес вом ¹²C, мо но аппроксимирова реа н е спек р с неизвес ной концен рацией и оцени содер ание у ерода.

1. Geant4 v. 10.01, p. 2. https://geant4.web.cern.ch/support/download_archive?page=3.

. Андреев А. . доров .А. Моде ирование ус ановки д исс едовани у ерода в по ве ен. зап. физ. фак- а Моск. ун- а. No 3. 2330210. (2023)

3. A. Kavetskiy, G. Yakubova, et al. //Applied Radiation and Isotopes.–2019. —Vol. 150.—P. 127-134. . азинков .А. А екса ин . . о ов . . и др. орн й урна . No 2. 51. (2022).

МЁССБАУЭРОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ БЕНТОНИТ-МАГНЕТИТ

М. . ипко¹, А. . осков², М. А. епови³, А. . А афонов² О. . А екеева²,
. . мирнова², . . Корову кин⁴ . . ав енко⁴

¹Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина, Иваново, Россия

²Институт химии растворов им. Г. А. Крестова РАН, Иваново, Россия

³Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского, Калуга, Россия

⁴Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия

E-mail: michael-1946@mail.ru

н ерес к исс едовани ен они ов, ак ивированн феррома ни н ми оксидами, св зан с возмо нос из о ов ени на и основе ка а иза оров а ак е под о ек д в ра ивани у еродн нано ру ок в - е нике. с у ае е езосодер а и ен они ов и свойс ва опреде с содер анием и ва ен н м сос о нием ионов е аза ока изованн в с рук уре ен они ов а ак е сос авом вк ений е езосодер а и соединений. о данн м с рук урн исс едований ион е аза ока изу с в ок а дри еской п оскос и е о с оис ой с рук ур . сво о еред , вк ени е езосодер а и феррома ни н оксидов ока изу с преиму ес венно на повер нос и ас иц ен они а и в микропора . резу а е акой ока изации возмо но формирование компози ов, содер а и ма не и Fe_3O_4 и ма еми $-\text{Fe}_2\text{O}_3$, испо зуем в ка ес ве ма ериа ов д радиопо о а и ус роис в. аи о ее ва н е ара ерис ики аки ма ериа ов опреде с соо но ением Fe_3O_4 $-\text{Fe}_2\text{O}_3$, адсор ированн на повер нос и ен они а и содер анием ка ионн и анионн вакансий о еспе ива и заданн й уровень напр еннос и по перема ни ивани компози а.

е нас о ей ра о в ос изу ение с рук урн осо еннос ей компози ов на основе е езосодер а и ен они ов и смеси феррома ни н ас иц $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ и Fe_3O_4 .

ка ес ве о ек а исс едовани испо зован компози на основе ен они а марки Sigma-Aldrich А и оксидов е аза Fe_3O_4 и $-\text{Fe}_2\text{O}_3$, ко ор е и по у ен ме одом ими еско о сооса дени со ей е аза $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в пора и на повер нос и ас иц ен они а. М сс ау ровские исс едовани в по нен при комна ной емпера уре на спек роме ре MS-104 Емс с ав ома и еской о ра о кой спек ров по про рамме Univem Ms. зомерн й сдви спек ров опреде и о носи е но α -Fe. Ма ни н е свойс ва ас иц уде ну нама ни еннос нас ени M_s , ос а о ну нама ни еннос M_r ко рци ивну си у H_c и напр еннос по анизо ропии к измер и на ви рационном ма ни оме ре VSM 250 в ма ни ном по е напр еннос к .

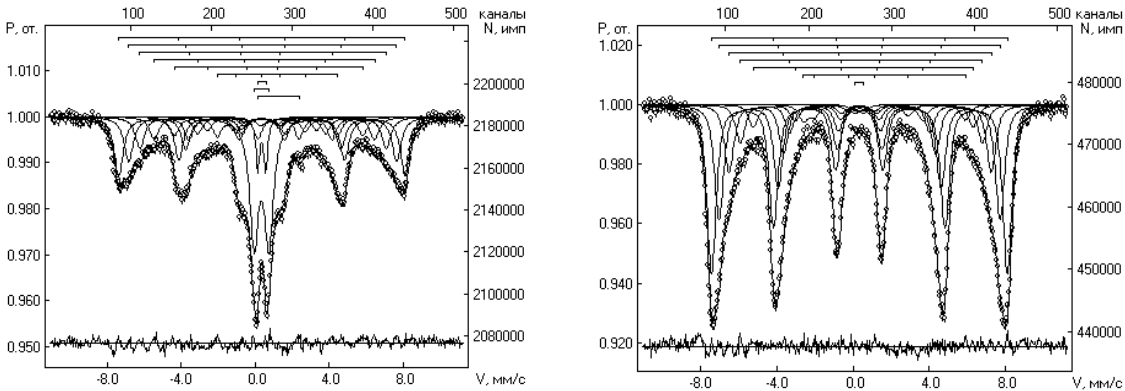
ара ме р пе и ма ни но о ис ерезиса приведен в а ице 1. ама ни еннос нас ени смеси оксидов указ ва на прису с вие в смеси феррома ни н ас иц $-\text{Fe}_2\text{O}_3$, Fe_3O_4 а ак е о на и ии зна и е н по о ему повер нос н с оев с пони енн ми зна ени ми ма ни н момен ов ионов е аза. ри формировании компози а е о ос а о на нама ни еннос умен ае с о ее ем в раз по о но ени к смеси оксидов е аза. ри ом пов а с ма ни н е параме р опреде ем е крис а о рафи еской анизо ропией и анизо ропией форм ас иц.

в снени ме анизмов су ес венно о пони ени нама ни еннос и о разцов компози а и пов ени е о ко рци ивной си в сравнении с поро ком смеси оксидов е аза и в по нен месс ау ровские исс едовани – см. рис. . М сс ау ровский спек р смеси оксидов е аза предс ав е суперпозици секс ип е ов и ду е а о дер ионов е аза распо о енн в не квива ен н по о ени раз и н оксидов в

ок а- и е ра дри ески координаци ма не и а и -Fe₂O₃ в о емной ас и и на повер нос и ас иц а ак е ионов е еза, на од и с в раз и н ва ен нос н и ма ни оак ивн сос о ни .

а ица . араме р пе е ма ни но о ис ерезиса

О разец	ама ни-еннос нас е-ни M _s , Ам ² к	Ос а о -на нама ни-еннос M _r Ам ² к	Ко рци-ивна си а с Ам	апр н-нос по анизо ропии а Ам	Ко ффи-циен пр мо-у о нос и M _r M _s	о ад пе и S, Ам ² с к
оро ок смеси оксидов е еза	72,86	6,47	5,71	2338	0,089	3,3
Компози ен они -оксидомен	18,95	0,98	8,5	3510	0,052	7,25



ис. 1. М сс ау ровские спек р компози а ен они -ма не и ев й рисунок и смеси оксидов е еза ма не и а и ма еми а прав й рисунок

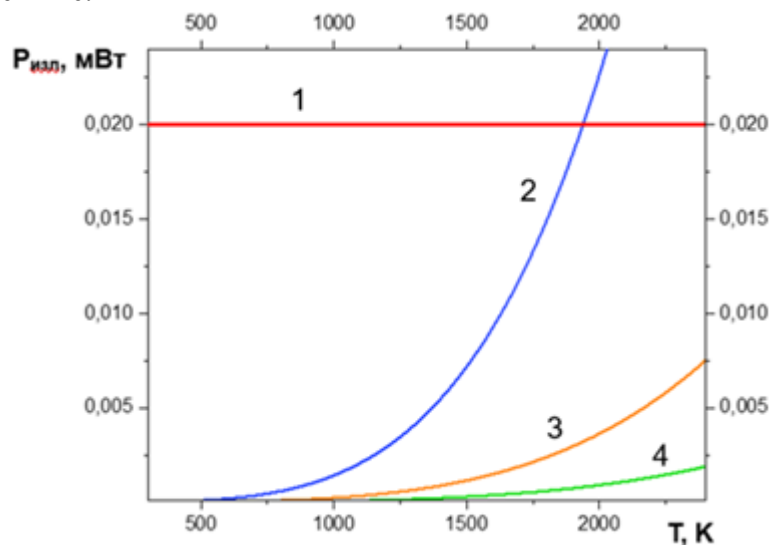
а ица . оо но ение содер ани оксидов в смеси и в компози е по данн м рен енофазово о ана иза

О разец	епен с е иоме -рии Fe ₃ O ₄ : Fe _{ок} /Fe _е	оо но е-ние Fe ²⁺ /Fe _о	оо но е-ние Fe ₃ O ₄ - Fe ₂ O ₃	оо но ени е Fe O	оо но ени е Fe ₃ O ₄ / - Fe ₂ O ₃
оро ок оксидов	1,93	0,13	1,1	0,64	1,7
Компози ен они -оксид	2,0	0,43	1,25	0,62	1,24

з данн а иц 2 видно о при формировании компози а пов ае с с епен с е иоме рии ма не и а уве и ивае с е о концен рации в смеси а ак е концен рации ионов Fe²⁺ о корре ируе с умен ением соо но ени Fe O.

сседование в по нено за с е ран а оссийско о нау но о фонда и равие с ва Ка у ской о ас и 23-21-10069, <https://rscf.ru/project/23-21-10069/>, <https://rscf.ru/en/project/23-21-10069/>.

Однако при расчетах результатов представленных на рис. не учтен поперечный излучение. Рис. представлен расчетной моделью поперечной и зависимости от температуры и уносимой в вакуум излучением через поперечную поверхность, а также от температуры окружающей среды. Поскольку образец имеет сложную форму, то с учетом максимальной излучаемой мощности и реакционной способности излучения не только в несколько раз меньше.



ис. . расчетная зависимость от температуры и уносимой в вакуум излучением через поперечную поверхность: 5×5 мкм кривая 1 мкм кривая 2 и 3 мкм кривая 4) – от температуры окружающей среды. Расчет выполнен с учетом мощности и рассеиваемой в образец энергии зондом. Энергия зонда к зонду неА.

горизонтальная линия при 2 м на рисунке соответствует мощности и рассеиваемой в образец энергии зондом с энергией к при окислении. Как видно из представленного рисунка мощность уносима излучением дос и ае знаени подводимой зондом от температуры окружающей среды. Кипение воды около 100 мкм. Такие температуры являются несовместимыми с устойчивостью образца. Поэтому при уменьшении температуры окружающей среды на даем в условиях реального спектра от зонно-зондового микроанализа от аделение анализируемого микрообъекта за счет излучения с поперечной поверхности знаимым фактором не является.

содержание в пометке за счет анализа российско-американского фонда и равнества Казанской области 23-21-10069, <https://rscf.ru/project/23-21-10069/>, <https://rscf.ru/en/project/23-21-10069/>.

1. Амрасанов А. . Кузин А. . Мишев . . Еремина . . Епови М.А. Одуа .А. и иппов М. . Тепловое воздействие зонно-зондового микроанализа на образец. , 6, 13.

2. Кузин А. . Епови М.А. Мишев . . Одуа .А. и иппов М. . Тепловое воздействие зонно-зондового микроанализа на образец. , 10, 27.

3. Амрасанов А. . Еремина . . Епови М.А. и иппов М. . Оценка на реверсивной по упроводниковой поверхности низкоэнергетической зонно-зондовой // Овернос . ен ен. син ро рон. и ней рон. исс едовани . , 8, 48.

4. Амрасанов А. . Еремина . . Епови М.А. О одной особенной моделировании на реверсивной по упроводниковой поверхности зонно-зондовой // зв. А . ер. физ. . 9, 1304.

АТТОСЕКУНДНАЯ МЕТРОЛОГИЯ ВБЛИЗИ ПОРОГА

М. М. Поповадин М.Киселев А.рум-рмайорзова

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия*

E-mail: mm.popova@physics.msu.ru

Аттосекундная метрология интерферометрии позволяет анализировать динамику экситонов в сверхбыстрой временной шкале [1-3], активно развивается в связи с появлением высоконапряженных интенсивных ультракоротких импульсов излучения, основанных на генерации гармоник в высокопорядковом режиме [4].

RABBIT-спектроскопия является одним из методов аттосекундной интерферометрии. Первые методы RABBIT (Reconstruction of Attosecond Beating By Interference of Two-photon Transitions) предложены в работе [4]. Это помогло успешно измерить фазовую скорость аттосекундных импульсов.

Метод основан на измерении посылки электронов в вакуумно-ультрафиолетовой гармоникой ионизации мишеней совместно с задержкой на инфракрасном К-импульсе. Высокоэнергетический фотон переводит электрон в состояние непрерывного спектра называемое основным. Малая интенсивность низкоэнергетического создает фоновые инициации при незначительном воздействии допонию по энергии и испускании n К-фотонов. Армирование времени задержки τ К-компонента ω приводит к осцилляции интенсивности фотонного спектра на удвоенной энергии К-потоков. При ионизации линейно поляризованным излучением $e_y || z$ спектр не зависит от поворота угла $W(\epsilon_e, \theta, \phi; \tau) = W(\epsilon_e, \theta; \tau)$:

$$W(\epsilon_e, \theta; \tau) = \sigma(\epsilon_e, \theta) \cdot (1 + \text{osc}(\epsilon_e, \theta) \cdot \cos(2\omega\tau - \phi(\epsilon_e, \theta))),$$

осциллирующая фаза δ К-потоков $\delta = 2\omega\tau$.

В первом порядке теории возмущений осцилляции могут возникнуть интерференцией между переходами в возбужденные состояния с испусканием инфракрасного фотона, приводящими к появлению фотонных экситонов с одной энергией.

Атто-спектроскопия представлена на рис. 1. На рис. 1 показан типичный вид экспериментальных данных в атто-спектроскопии, зависимость осцилляций $\text{osc}(\epsilon_e)$ от энергии ионов $W(\epsilon_e; \tau)$.

Также в формировании спектра переходов через дискретные состояния можно проявить резкое изменение свойств энергетического спектра на коротких интервалах времени. Как видно из графика, в зависимости от энергии ионов в припороговой энергетической области SB18 наблюдается раздвоенная структура и энергия SB и SB параметры ультракороткой излучения рис. 1. В коротком вводе сдвиг усредненно от времени задержки спектра $W(\epsilon_e; \theta)$ как

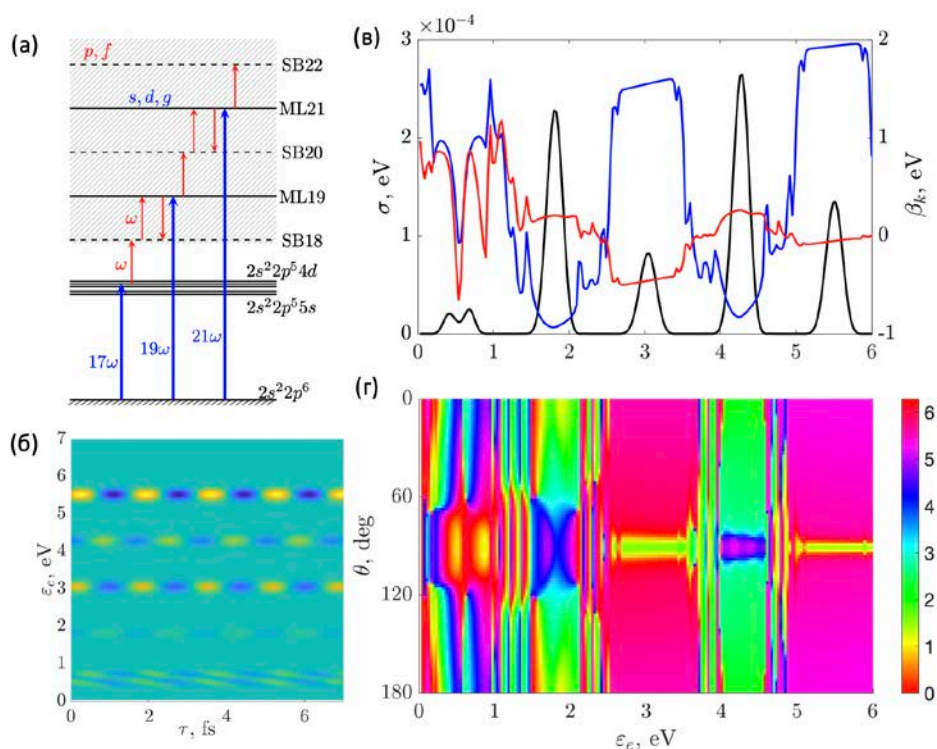
$$W(\epsilon_e; \theta) = \frac{\sigma(\epsilon_e)}{4\pi} \cdot (1 + \beta_2(\epsilon_e)P_2(\cos \theta) + \beta_4(\epsilon_e)P_4(\cos \theta)),$$

а также не ривия на зависимость максимума спектра $W(\epsilon_e, \theta; \tau)$ от фазы К-потоков рис. 1.

Описания интерпретации Атомного излучения осциллирует во времени под действием, основанное преимущественно на интенсивном резонансе нестационарно уравнении редианера [7]. Метод дифференциальной моделирования непрактически не позволяет анализировать взаимодействие процессов в сложной и разнообразной экспериментальной среде. При сравнении двух подходов основанных на резонансе скоростных уравнений и на нестационарной теории возмущений. Преимуществом и методов в сложной ресурсоемкой возможности измерения в высокоэнергетическом спектроскопическом режиме и анализе возможных исследований взаимодействия процессов [8].

Особенности в качестве в одной параметрической излучения одинаково дипольные моменты переменных переходов по модулю все описаны и интерпретированы как

о рани ени и и о квива ен но про в ение ффек овси но о по ко ор ео но по а а с незна и е н ми. а и резу а позво зак и о при описании свойс в фо о ек ронн спек ров в изи поро а ими ффек ами не з по нос прене ре а .



ис. . а ема процесса Осци ции ве и ин спек ра в зависимос и о времени задер ки; в средненн е спек р и параме р у овой анизотропии аза ек рома ни но о по при ко орой ве и ина фо о ек ронно о спек ра под данн м у ом максима на. се рас е в по нен в еории возму ений д параме ров импу са ипи н д подо н ксперимен ов и д ин во н за равно но о по . нм.

а о а в по нена при финансовой поддер ке Минис ерс ва науки и в с е о о разовани ооссийской едерации ран -15-2021-1353.

1. F. Krausz, M. Ivanov. Attosecond physics // Rev. Mod. Phys. 2009, V. 81, 163.
2. P.M. Paul, E.S. Toma, P. Breger., G. Mullot, F. Augé, P. Balcou, H.G. Muller, P. Agostini. Observation of a Train of Attosecond Pulses from High Harmonic Generation // Science. 2001, V. 292, 5522, 1689.
3. М. . икин М. . ме ин . . ре ков. А осекундн е ек рома ни н е импу с енераци измерение и применение. А осекундна ме ро о и и спек роскопи
4. M. Lewenstein, Ph. Balcou, M. Yu. Ivanov, Anne L'Huillier, and P. B. Corkum. Theory of high-harmonic generation by low-frequency laser fields // Phys. Rev. A. 1994, V. 49, 2117.
5. . . ре ков . . а оненко А. . ер ан ов М. . икин. А осекундн е ек рома ни н е импу с енераци измерение и применение. енераци в соки армоник ин енсивно о азерно о из у ени д по у ени а осекундн импу сов
6. V. Vénierd, R. Ta eb, A. Maquet. Phase dependence of (N+1)-color (N>1) IR-UV photoionization of atoms with higher harmonics // Phys. Rev. A. 1996, V 54, 1, 721.
7. A. Harth, N. Douguet, K. Bartschat, R. Moshhammer, T. Pfeifer. Extracting phase information on continuum-continuum couplings // Phys. Rev. A. 2019, V. 99, 023410.
8. М.М. опова, . . дин, . . р з ова, М. . Кисе ев, А. . рум- р имай о. А осекундна ин ерфероме ри при у ас ии дискре н сос о ний .

НЕЙТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ОТРАБОТАВШЕГО МОДИФИЦИРОВАННОГО ТОПЛИВА РЕАКТОРА ВВЭР-1200

. . еренников

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
инженерная школа ядерных технологий, Томск, Россия

E-mail: dgv3@tpu.ru

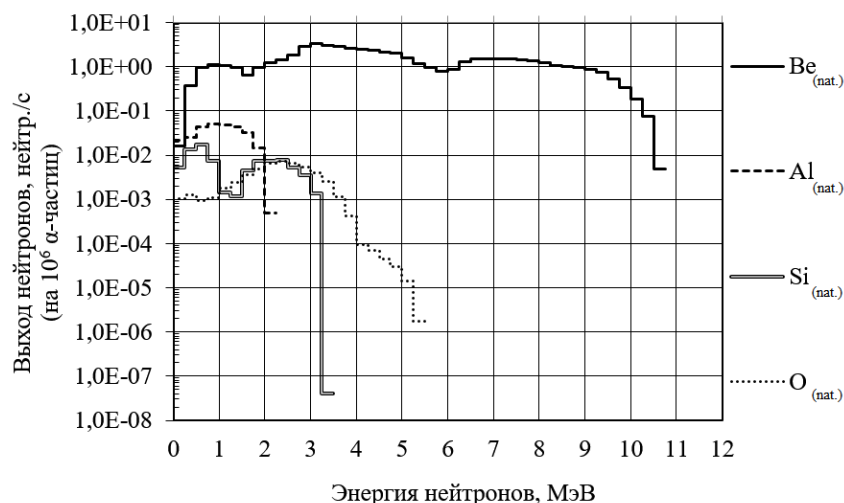
реактора используется топливо UO_2 обогащенное до -5 % по ^{235}U . Такое топливо обладает сравнительно низкой радиационной и термической стойкостью, что ограничивает эффективность работы реактора и снижает его безопасность. Практическое применение порошкового уран-диоксида в качестве топлива обусловлено его свойствами: доавкой AmO_2 коксу передается изопроцесс как в порошковой форме по сравнению с нейтронами [1]. Исследуются различные варианты доавки урана и его свойств в ядерном топливе и/или распределение нейтронов в активной зоне реактора, среди которых Hf, Er, Pa, Be, B, C, Mg, Al и др. Например при внедрении доавки алюминия и кремния возрастает механическая прочность топливной таблетки [2, 3]. Электропроводность топлива урана с добавлением различных соединений германия [4].

Ем не менее не стоит упускать из виду преимущества в некоторых из вышеперечисленных областей с учетом модификации -реакций и по своему модулю существенно отличаются радиационные свойства на различных стадиях ядерно-топливного цикла.

Анализ спектров нейтронов излучаемых топливом средней атомной массы в полном диапазоне Sources-4C. Как известно, в такой модели изотопов по скопараме не только моноэнергетический пик -распада, но и на материале минимальной интенсивности ^6Li -распада. Нерезкая -распадная равновесная

Можно как средние спектры -распада реактора в ядерном топливе реактора типа приращении в порошковой форме (M, су, U), при этом в реакторе саводной и ее атомная активность радиоизотопов – ^{15}C кассматрица с нейтроном с энергией 0- М даннй диапазон разделен на моноэнергетические группы для расщепления и предсказания спектра в групповом виде.

Основным проведенным расщеплением ^9Be , ^{27}Al и $^{29,30}\text{Si}$ оада оим в одом -нейтронов по сравнению с $^{17,18}\text{O}$ в составе O_2 . При этом имеет место одда е о ее зна и е н й ем в од нейтронов спонтанно о де ни ^{244}Cm в е ос основн м ис о ником нейтронов O . Радиационные характеристики спектров сведены в таблицу -спектрцев д реакции емов предсавен на рисунке .



ис. . нейтронный спектрцев д -реакции емов

а ища . адияционн е арак ерис ики ней ронн спек ров

	²⁴⁴ Cm	⁹ Be	²⁷ Al	^{29,30} Si	^{17,18} O
редн нер и $E_{ср}$, М	2,109	4,787	0,992	1,318	2,510
Макс. нер и $E_{ма}$ М	>12	10,75	2,25	3,5	6,5
од ней ронов Y_n н. с	6	9	6	6	5

К про емам испо зовани е иру и до авок ак е о нос с умен ение содер ани урана и ус о нение процесса из о ов ени оп ивн а е ок.

а основании в еиз о енн фак ов в рамка данной ра о в да ней ем рассма рива ис вариан модифицированно о оп ива ез испо зовани це ев д -реакции емен ов.

Ак ивнос ис о ника - ас иц О расс и ана с помо MCNP6.2 и данн ав оров . ас ней ронно о из у ени О в по нен с помо Sources-4C при ом испо зована омо енна моде оп ива. ей ронно-физи еский рас и рас изо опно о сос ава О пос ев дер кив по нен в про рамма WIMS- и М . . ассмо рен два оп ивн сос ава с о о а ением по U^{235} : UO_2 и UO_2 а . AmO_2 .

ей ронно-физи еский рас с оп ивом из UO_2 показ вае о на на а о кампании реак ора k_{eff} сос ав е . ри омо енном введении а . А O_2 на а н й k_{eff} сни ае с до . о ои с у а k_{eff} на конец кампании реак ора равен 0,77.

ас мо нос и квива ен ной доз ней ронно о из у ени ($H_{T,R}$) пос е е в дер ки показ вае о при испо зовании оп ива из UO_2 $H_{T,R} =$ в , при введении А O_2 $H_{T,R}$ уве и ивае с до в .

езу а ней ронно-физи еско о рас а под вер да ффек ивнос примени А O_2 в ка ес ве в ора е о по о ие ней ронов в UO_2 . Америций в е с о ес а м по о ие ем по сравнении с адо инием по ому акое оп иво разме ае с в в а ез изменени о о а ени . е иру а до авка при ом не в ие на неравномернос нер ов де ени в . ак е AmO_2 а . в омо енном испо нении не умен ае еп опроводнос оп ива во и ие о $2O_3$ [1].

езу а рас а мо нос и квива ен ной доз показ ва о дозова на рузка при испо зовании оп ива с AmO_2 возрас ае но ос а с прием емой при о ра ении с О .

1. Shelley A. Use of americium as a burnable absorber for VVER-1200 reactor / A. Shelley, M. H. Ovi // Nuclear Engineering and Technology. 2021. V. 53. P. 2454-2463.
2. еп офизи еские свойс ва модифицированно о оксидно о дерно о оп ива . . аранов и др. А омна нер и . – 2011. – . в п. . – . -40.
3. анов . . Оценка испо зовани модифициру и до авок д пов ени производи е нос и дерно о оп ива в реак оре . . анов . . опа ин О . . М ки ева звес и о- ападно о осударс венно о универси е а. – 2017. – . 2(71). – . -59.
4. ав енко А.М. е нико- кономи еска оценка исс едование - проек а ерспек ивн е нау но- е ни еские разра о ки ма ериа ов и е но о ий езопасн в ов коммер ески водо-вод н реак оров . – 2017. – с.

ДИАГНОСТИКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ДИСИЛИЦИДА МОЛИБДЕНА

А. М. Барайшук¹, О. М. Милюков², А. В. Куликов³

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,
агроэнергетический факультет, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,
физико-математический факультет Минск, Беларусь,

³Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
Москва, Россия

E-mail: baraishuksm@gmail.com

Актуальной задачей является разработка и создание интегрированных сенсоров микро-наносистем для контроля экологической ситуации на основе дисилицида молибдена. Изучение свойств дисилицида молибдена осуществляется методом атомно-силовой микроскопии в сопровождении измерения ионами кислорода. Изменное напряжение в исследуемом образце по уровню композиционного покрытия ионной бомбардировки в процессе нанесения покрытия обеспечивает взаимное перемещение на межфазной границе между кремнием и молибденом. Такое способ формирования покрытия на кремнии сопровождается его окислением и предельно возможным исследованием [2-3]. В работе представлено изучение структурно-фазовых переходов и позиций элементов в атомно-силовой модифицируемой структуре кремния.

Осуществлено исследование одной из структур модифицированного ионно-ассистированного молибденом методом атомно-силовой микроскопии с применением метода резерфордского рассеяния. О ионы e^+ с $E_0 = 1.95$ МэВ и энергией рассеяния $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 12^\circ$, $\theta = 168^\circ$, где θ_1 , θ_2 и θ – углы в атомно-силовом рассеянии соответственно. Комплексное моделирование экспериментальных спектров О по программе MARS. Экспериментальные спектры О ионов в ионно-модифицированном образце молибденом в условиях измерения с ионами при ускорении потенциалом в единицах атомных масс показаны на рисунке 1.

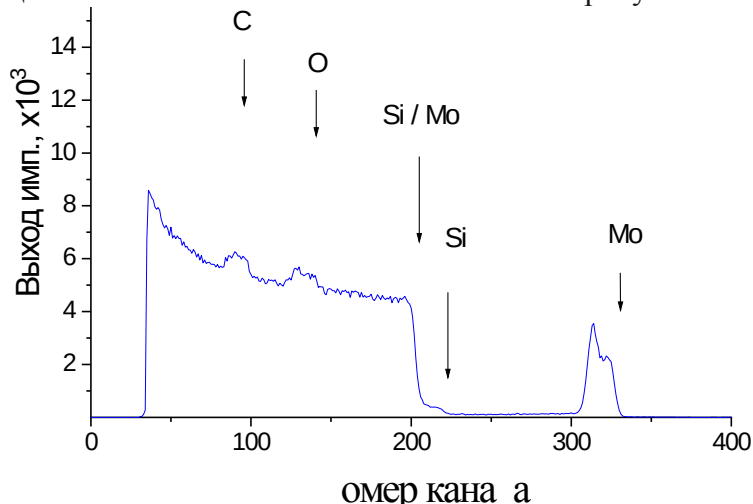
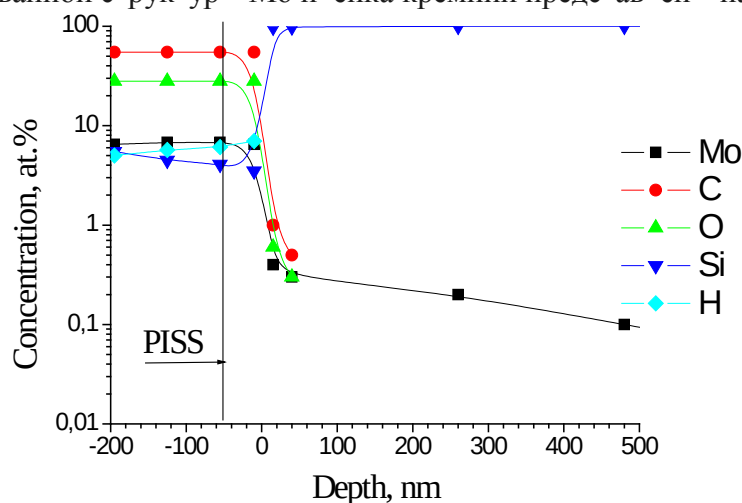


рис. 1. Спектр О ионов в ионно-модифицированном образце молибденом.

Атомно-силовой микроскопии с использованием метода резерфордского рассеяния. О ионы e^+ с $E_0 = 1.95$ МэВ и энергией рассеяния $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 12^\circ$, $\theta = 168^\circ$, где θ_1 , θ_2 и θ – углы в атомно-силовом рассеянии соответственно. Комплексное моделирование экспериментальных спектров О по программе MARS. Экспериментальные спектры О ионов в ионно-модифицированном образце молибденом в условиях измерения с ионами при ускорении потенциалом в единицах атомных масс показаны на рисунке 1.

канав свидетельствует о присутствии в осадке на пленках омов и О. о ас и - канав формируется с упенка. по вение о ра ае о фак о в сос ав п енки оса даемой на повер нос о разца. езу а пос ойно о ана иза сос ава сформированной с рук ур Мо п енка кремний предс ав ен на рисунке 2.



ис. 2. аспределение емен ов по у ине в с рук ур Мо п енка кремний.

аспределение емен ов в массиве п енки прак и ески равномерное. Концен рации а омов Мо О в п енке сос ав е в среднем . а . соо ве с венно. Мо в кремний иден ифицируе с на у ине в - нм с концен рацией . а . . А ом и О проника в на у ину в нм с концен рацией . и . а . соо ве с венно. а и ие кремни в п енке свиде е с вуе о е о диффузии в п енку в сос аве си иида. о ина покр и сос ав е пор дка нм. редн скорос рос а оса даемо о ме а содер а е о покр и на кремний равна нм мин.

подо н сис ем ранее проведен исс едовани рен еновской фо о ек ронной спек роскопии 5 ко ор е показа и на и ие онкой с рук ур спек ра Мо и овори о ом о мо и ден на е е у ина на оди с как в виде Мо ак и в виде МоО и Мо х, и соо но ение в с ое покр и . Как о показано ранее при оса дении Мо покр ий формируе с с ой содер а ий о ас и скоп ени си иицидов и оксида Мо размер зерна ко ор сос ав е о до нм ве и ина ко оро о рас е при предвари е ном нанесении Мо подс о и уве и ении нер ии в де ейс в каскада с о кновении при ассис ировании, о оро о со асу с по у енн ми нами резу а ами. а о ав по нена поддер ке МО и .

1. Tashlykov I.S., Belyj I.M. Coating methods: patent BY 2324. Published 16.03.1998.
2. .М. арай ук . . ременок . . у ев . . а ков. зу ение повер нос и с рук ур ме а кремний при о ов енн ионно-ассис ированн м нанесением покр ий. ОМ.
3. удаева . . о нано е но о ий в азоразр дн процесса д создани онкоп ено н покр ий нап ем с помо ма не ронн расп и е н сис ем на основе в ра а ваемой повер нос но-во новой п азм / ос . и персп. разви и совр. н. с орник с а ей II сероссийской н.- е . Конф. Анапа .11.20 / А оенн й инновационн й е нопо ис А . – Анапа . и. . – . -82.
4. Doolittle, L. R. A semiautomatic algorithm for Rutherford backscattering analysis // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. B, Beam Interactions with Materials and Atoms. – 1986. – Vol. 15, iss. 1. – P. 227–231.
5. .М. арай ук О.М. Ми а кови .К о ий А.А. ев енок. зу ение с рук ур из у а а п енка на основе Мо 2 на кремниевой под о ке д формировани онкоп ено но о К-из у а е азоана иза ора. Ак . про . с . док . Ме . н. конф. О А по ма ериа оведени Минск – ма . . -277.
6. I. Tashlykov, O. Mikhalkovich, S. Baraishuk, P. Zukowski. Surface properties of Me/Si structures prepared by means of self-ion assisted deposition // Acta Physica Polonica A. – 2014. – Vol. 125, No. 6. – P. 1306-1308.

Содержание

Секция: Ядерная физика.....	3
Секция: Физика высоких энергий.....	18
Секция: Физика космических лучей и солнечно-земных связей.....	47
Секция: Воздействие ионизирующих излучений на материалы и космическую технику.....	81
Секция: Медицинская физика и радиационная биология.....	103
Секция: Радиационные технологии. Синхротронные, нейтронные и ядерно-физические методы диагностики и модифицирования материалов.....	147

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
ИМЕНИ Д.В. СКОБЕЛЬЦЫНА

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

XXIV МЕЖВУЗОВСКОЙ МОЛОДЕЖНОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ-КОНФЕРЕНЦИИ ИМЕНИ Б.С. ИШХАНОВА «КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОТОКИ ЭНЕРГИИ В КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ ЭЛЕКТРОНИКЕ, ЭКОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ»

22-23 ноября 2023 г.
НИИЯФ МГУ, Москва
под редакцией к.ф.-м.н. А.А. Кузнецова