

УДК 504.064.2:550.3

АНОМАЛИИ НЕЙТРОННОГО ПОЛЯ У ПОВЕРХНОСТИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

Н.В. Плотникова, А.В. Сыроешкин, В.Б. Лапшин

Поступила в редакцию 25.11.2013 г.

Во время мониторинга фоновый уровень тепловых нейтронов, в Атлантическом океане были обнаружены зоны усиленной эмиссии тепловых нейтронов до $300 \text{ н}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$, что в 20-30 раз превышает фоновый уровень. Обсуждается роль наночастиц биологического происхождения, в частности морских аэрозолей в формировании аномально высокого корпускулярного излучения над местами скопления фитопланктона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕПЛОВЫЕ НЕЙТРОНЫ, МИОНЫ, МОНИТОРИНГ, КОРПУСКУЛЯРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, МОРСКИЕ АЭРОЗОЛИ.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, космическое излучение в атмосфере складывается из частиц, захваченных магнитным полем Земли, галактического космического излучения и корпускулярного излучения Солнца. В его состав входят в основном электроны, протоны и альфа-частицы. Эти первичные космические лучи, взаимодействуя с атмосферой Земли, порождает вторичное излучение. В результате на уровне моря вторичные космические лучи состоят почти полностью из мюонов и нейтронов в соотношении $\sim 100:1$. Вторым источником тепловых нейтронов (от поверхности Земли) являются радиоактивные газы, которые продуцируют α -частицы с высокими энергиями и способны генерировать тепловые нейтроны при взаимодействии с элементами земной коры и атмосферы. [1, 2]. Нейтронный поток у поверхности Земли определяется в основном тепловыми нейтронами (с энергией 0,02-0,5 эВ), вследствие их термализации в атмосфере. Величина фонового потока тепловых нейтронов зависит от солнечной активности, географического положения объекта и возрастает с высотой над уровнем моря и составляет примерно $10 \text{ н}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ [3, 4].

Цель настоящей работы – провести широкомасштабный мониторинг фонового потока тепловых нейтронов над Атлантическим океаном, исследовать его особенности.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: Исследовать простран-

ственно-временную неоднородность фонового вторичного корпускулярного потока у поверхности Атлантического океана. Исследовать характеристики плотности потока тепловых нейтронов в различных климатических поясах.

МЕТОДЫ

Мобильный детектор для измерения плотности потока тепловых нейтронов (F_n)

Мобильная установка для измерения плотности потока тепловых нейтронов (разработка НИИИТ Минатома) состояла из 6 газоразрядных датчиков СНМ 18, (наполнение – 97% ^3He + 3% Ar , 405 кПа), работающие в пропорциональном режиме, данные от которых выводились через АЦП на компьютер. Чувствительность детектора к нейтронам тепловых энергий (0,02-0,5 эВ) около 180 имп.·см⁻¹/н. Установка обеспечивает регистрацию не менее 80% нейтронов тепловых энергий. Счет нейтронов проводили каждые 3 минуты. Счет (в течение 10 минут) фоновых нейтронов на двух детекторах, расположенных рядом, различается не более чем на 10% при доверительной вероятности 0,99 ($n = 500$).

Контроль астрофизических событий

Временной ход андронной компоненты наземного уровня вторичного излучения космических лучей с энергиями более $> 100 \text{ МэВ}$

Сыроешкин Антон Владимирович доктор биологических наук, профессор ФГБУ "ИПГ", зам. директора по научной работе livmatter@mail.ru, syroeshkin@ipg.geospace.ru, тел./факс+7(499)181-39-66, моб.+7-985-767-73-07, 129128, г. Москва, ул. Ростокинская, д.9. <http://ipg.geospace.ru>.

Плотникова Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, +7-916-888-25-47(р), 8-(495)-251-78-73(д) natplot@mail.ru.

Лапшин Владимир Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБУ "ИПГ", Директор тел.+7-985-222-02-67, <http://ipg.geospace.ru>.

контролировался по данным нейтронного монитора 24NM64 ИЗМИРАН, г. Троицк, Московской обл., (<http://cr0.izmiran.rssi.ru/mosc/main.htm>). Следует подчеркнуть, что представленные результаты измерений проводились во время «спокойной» космической погоды согласно данным ИЗМИРАН (<http://helios.izmiran.rssi.ru/cosray/events.htm>).

Районы натуральных измерений

Атлантический океан.

Измерение плотности потока тепловых нейтронов в морях Атлантики проводили на борту НИС «Академик Йоффе», следовавшего по маршруту Балтийск (540 N) – Ушуая (Огненная Земля) (550 S), с заходом в Монтевидео (октябрь – ноябрь 2006 года) и на борту НИС «Сергей Вавилов», следовавшего по маршруту Монтевидео-Ушуая (октябрь-ноябрь 2008 года).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ:

При проведении зонального мониторинга потока тепловых нейтронов в Атлантическом

океане (20.06.2008 г.) мы обнаружили его резкое увеличение над полями фитопланктона подобное эффекту лесных биоценозов на европейской части России [5].

На рис. 1 представлены результаты измерений, проведённых во время Атлантических экспедиций.

Особенно явно зависимость плотности потока тепловых нейтронов от широты проявляется в Южном полушарии. Аномальное увеличение плотности потока тепловых нейтронов наблюдаются в районе экватора и в районах от 31°N до 54°N и от 33°S до 53°S, что примерно совпадает с расположением полей фитопланктона экваториального и субтропических климатических поясов [6].

Более подробно характеристики плотности потока тепловых нейтронов в различных географических и климатических поясах можно проиллюстрировать с помощью гистограмм встречаемости. Как видно, особенности плотности потока тепловых нейтронов сходны в умеренных, тропических, субтропических поясах соответственно, хотя имеют свои особенности в северном и южном полушарии (рис. 2, 3, 4).

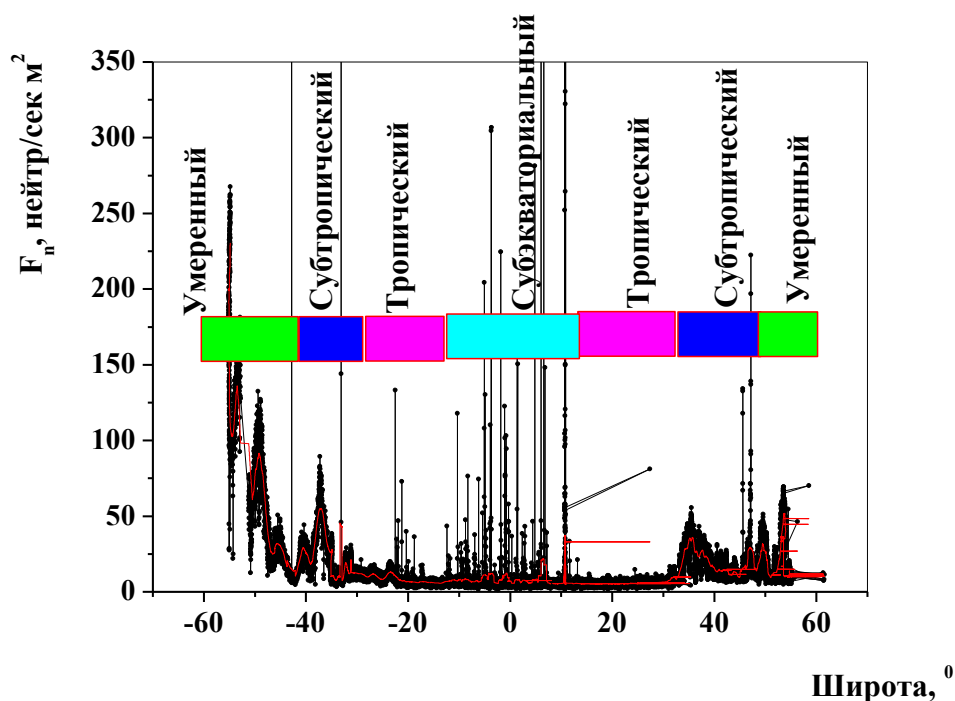
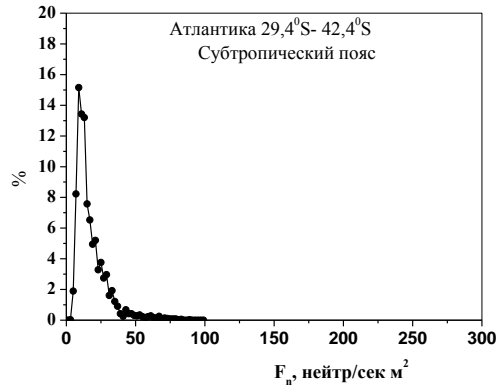
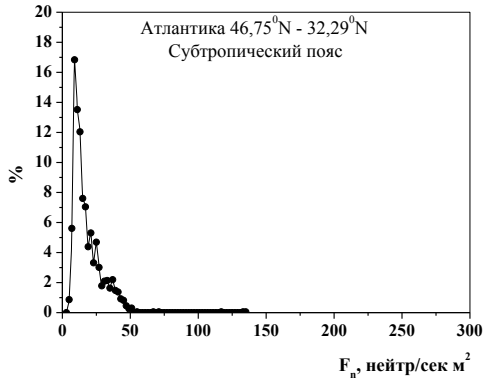


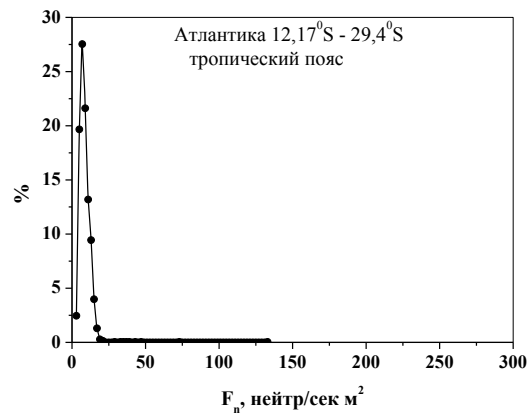
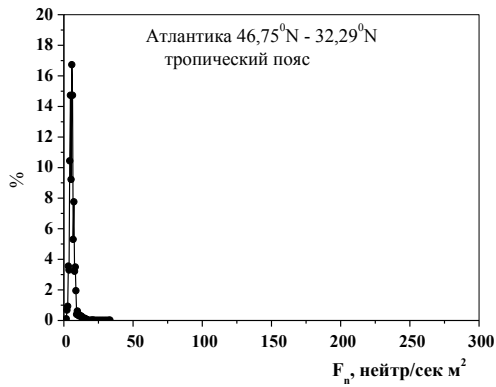
Рис. 1. Вариабельность плотности потока тепловых нейтронов при изменении широты от Балтийска (540 N) до Ушуаи (550 S). Атлантический океан, 08.10.06-23.11.06



а)

б)

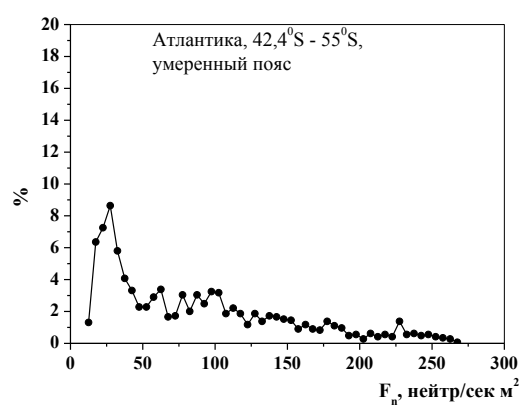
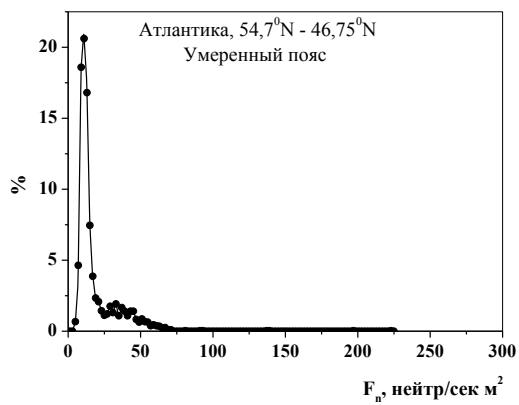
Рис.2. Гистограммы частот встречаемости F_p в Атлантическом океане. а) Северный субтропический пояс, б) Южный субтропический пояс.



а)

б)

Рис.3. Гистограммы частот встречаемости F_p в Атлантическом океане. а) Северный тропический пояс, б) Южный тропический пояс.



а)

б)

Рис.4. Гистограммы частот встречаемости F_p в Атлантическом океане. а) Северный умеренный пояс, б) Южный умеренный пояс.

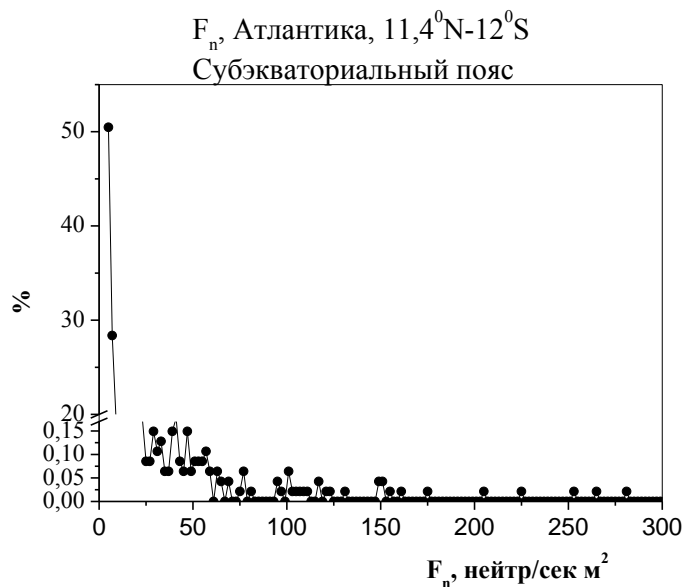


Рис.5. Гистограмма частот встречаемости F_n в Атлантическом океане. Субэкваториальный пояс.

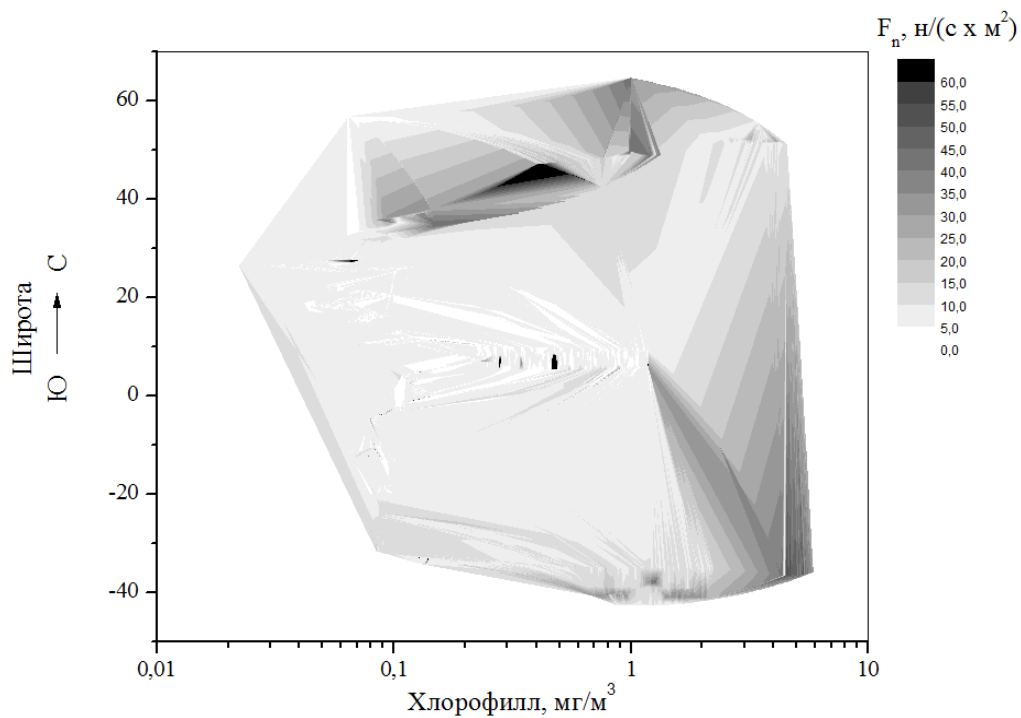


Рис.6. Зависимость плотности потока тепловых нейтронов от концентрации хлорофилла, определённого по данным спутника MODIS Aqua в обработке ПО «Ocean Color Time-Series Online Visualization and Analysis» (http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance_id=ocean_month).

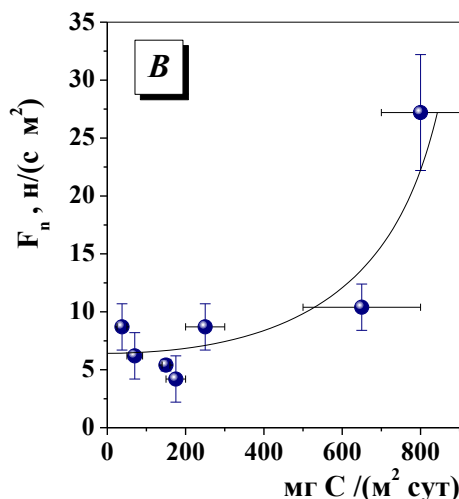


Рис.7. Зависимость медианных значений плотности потока тепловых нейтронов от средней биомассы биоценозов морских планктонных сообществ Атлантики. Расчет биомассы проводили по данным [6].

Обнаруженное нами увеличение фонового потока тепловых нейтронов над Атлантическим океаном коррелирует с биомассой фитопланктона (рис. 6, 7) и напоминает ранее замеченный эффект зависимости плотности потока тепловых нейтронов от биомассы в лесных биоценозах Европейской части России. [5]

Наиболее близким аналогом нейтронной ловушки в биомассе является способ образования «виртуальной» ловушки для медленных нейтронов ядерного реактора при нестационарном переносе нейтронов в замедляющих гетерогенных средах (например, в системе вода-графит). Если скорость взаимодействия нейтронов в образце существенно меньше, чем в среде, поведение нейтронной плотности во времени отклоняется от экспоненциальной (для гомогенной среды за счет накопления медленных нейтронов в ловушке) [14, 15].

Однако изменчивость плотности потока тепловых нейтронов над океаном имеет свои особенности.

При опускании фитопланктона на глубину от 50 см, нейтронный поток должен был быть скрыт из-за поглощения в поверхностной воде. Хорошо известно, что фитопланктон продуцирует биогенные морские аэрозоли [6], приводящие к изменению облачности над полями фитопланктона. Интенсивность эмиссии была оценена нами ранее [7] и достигает 10^{15} частиц на M^3 , несмотря на турбулентную диффузию. При таких концентрациях возможна термализация быстрых нейтронов, а также генерация новых нейтронов за счет

взаимодействия мюонов с частицами дисперсной фазы.

Кроме того, при прохождении нейтронов и других излучений через дисперсные среды может возникать эффект нейтронной ловушки при переотражениях на межфазных границах с накоплением и последующим испусканием потока тепловых нейтронов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в настоящей работе была исследована пространственно-временная неоднородность потока тепловых нейтронов у поверхности Атлантического океана.

1. После проведения широкомасштабного мониторинга фонового потока тепловых нейтронов были обнаружены «всплески» аномально высокой плотности потока тепловых нейтронов над Атлантическим океаном, особенно заметные в Южном полушарии.

2. Координаты такой эмиссии тепловых нейтронов совпадают с координатами экваториального и субтропических климатических поясов, и отчасти в умеренных.

3. Спектры частоты встречаемости плотности потока тепловых нейтронов сходны в умеренных, тропических, субтропических поясах соответственно, хотя имеют свои особенности в северном и южном полушарии. Этот факт подтверждает, что плотность потока тепловых нейтронов – одна из важных характеристик типирования местности.

4. Аномальное увеличение F_n над Атлантическим океаном возможно связанное с Особенности взаимодействия нейтронов с

мультигетерогенной дисперсной средой живых организмов (фитопланктон), играющей роль стационарной «ловушки» медленных нейтронов [8] вызывающего задержку части нейтронного потока вследствие всех типов рассеяния, захвата и переотражения на межфазных границах, с последующим испусканием «избытка» нейтронов.

5. Возможна дополнительная термализация быстрых нейтронов при взаимодействии с биогенными морскими аэрозолями, продуцируемыми фитопланктоном,

6. Генерация новых тепловых нейтронов возможна при взаимодействии мюонов с частицами дисперсной фазы.

Наши исследования подтверждают взаимосвязь изменений космической погоды с геологическими оболочками Земли, включая атмосферу, ионосферу и биосферу, показанную в работах классиков науки и современных исследователей [9, 10, 11]. Один из важнейших факторов этой взаимосвязи – вторичный корпускулярный поток тепловых нейтронов. Учитывая его взаимодействие с живыми организмами [10, 15], на наш взгляд, исследование нейтронной компоненты фонового космического излучения сложный, неоднозначный и чрезвычайно важный вопрос, требующий дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Володичев Н.Н., Кужевский Б.М., Нечаев О.Ю. и др. // Астроном. вестн. 2000. Т. 34, № 2. С. 188-190.
2. Белишева Н.К., Кужевский Б.М., Сигаева Е.А. и др. // ДАН. 2006. Т. 407, № 5. С. 687-691.
3. Кужевский Б.М., Нечаев О.Ю., Сигаева Е.А. // Вестн. МГУ, Серия 3. Физика и Астрономия. 2002. № 1. С. 55-58.
4. Гусев А.Н., Кужевский Б.М., Мерзлый А.М. и др. // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1/2. С. 117-120
5. Н.В. Плотникова, А.Н. Смирнов, М.В. Колесников и др. // Бюл. экспер. биологии и мед. 2007. Т.143, № 4. С. 394-397.
6. Kaufman YJ, Kogen I, Remer LA et al // PNAS. 2005. V. 102, N. 32. P. 11207-11212.
7. Лесников Е.В., Чичаева М.А., Лапшин В.Б., Гребенникова Т.В., Сыроешкин А.В., Биоаэрозоль Атлантического океана и способ мониторинга аэрозоля в нанодиапазоне размерностей. // Естественные и технические науки – 2010. - №5. –С.
8. Теоретические и экспериментальные проблемы нестационарного переноса нейтронов // Отв. ред. В.В. Орлова и Э.А. Стумбура. М., 1992.
9. Агулова Л.П. Принципы адаптации биологических систем к космогеофизическим факторам. // Биофизика.–1998.- Т.43. - вып.4 - С.571-574.
10. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М. – Мысль.- 1973. - 349с.
11. Одинцов В.И., Конрадов А.А. Геофизические процессы и биосфера, // 2005. – Т. 4. - №1/2. - С.5-17.
12. Белишева Н.К., Меркушев И.А., Осипов К.С., Попов А.Н. Медико биологические эффекты вариаций естественных электромагнитных полей в области высоких широт// Вестник СПГУ - 1994. - Сер.4.- Вып.1. - №4. С.131.
13. Белишева Н.К. Значение вариаций космических агентов для состояния систем. // Биофизика. Автореферат диссертации на соискание Учёной степени доктора биологических наук. - Москва. - 2005.
14. Беляева Е.А., Кужевский Б.М., Нечаев О.Ю., Панасюк М.И.// Физическая экология // М., - 1999. - №4. - С.89.
15. Блат Дж., Вайскопф В. Теоретическая ядерная физика, перевод с английского - М.- 1954.