

О СВЯЗИ ИЗМЕНЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ Be^7 И Pb^{210} В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Г.Ф. Батраков, Д.А. Кременчуцкий,
А.В. Холопцев*

Морской гидрофизический институт
НАН Украины,

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: batrakovgf@gmail.com

*Севастопольский национальный
технический университет
г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Проведён корреляционный анализ между различными фрагментами временных рядов среднемесячных концентраций Be^7 и Pb^{210} в приземном слое атмосферы в шести регионах Земли и индексом солнечной активности SOLAR и индексами ЭНЮК NINO-1, NINO-3. Установлено, что на вариации активности Be^7 в приземном слое атмосферы в различных регионах Земли может оказывать влияние интенсивность выделения Rn^{222} из различных пород, которая зависит от ряда факторов.

Введение. Значительное число ядерных реакций в атмосфере, приводящих к образованию Be^7 , происходит с участием протонов. Один из возможных источников протонов в атмосфере – реакции альфа-частиц, образующихся в результате распада Rn^{222} и продуктов его распада, с атомами азота. Энергией, необходимой для образования Be^7 такие протоны не обладают. В воздухе длина свободного пробега протонов весьма мала, поэтому, казалось бы, они не могут разогнаться в нем до достаточных скоростей даже в мощных электрических полях гроз. В действительности же, доказано [1, 2], что при грозовых разрядах возникают потоки электронов, обладающих в воздухе не намного большей длиной свободного пробега, достигают в результате ускорения в этих полях, релятивистских скоростей. Это позволяет допускать, что и протоны, возникающие при взаимодействии альфа-частиц с атомами азота, способны существенно увеличивать скорость своего движения в электрических полях гроз. Подобные явления могут происходить как в верхних

слоях атмосферы, при образовании спрайтов и джетов [3], а также в тропосфере, в каналах молний. Среди возникающих при указанных явлениях быстрых протонов могут присутствовать частицы, обладающие энергией достаточной для взаимодействия с атомным ядром. Такие протоны также способны участвовать в реакциях образования Be^7 , протекающих, как в верхних, так и в нижних слоях тропосферы [4].

Очевидно, что количество протонов, ускорившихся при некотором грозовом разряде, пропорционально их концентрации в воздухе, имевшей место до его возникновения. Поэтому фактором изменений активности Be^7 в приземном слое атмосферы могут быть вариации содержащихся в атмосфере Rn^{222} и продуктов его распада.

Радон – продукт распада радия, который появляется в результате распада урана-238. Он выделяется в атмосферу практически с любых участков земной поверхности. Наиболее важными факторами интенсивности его эксгаляции из горных пород либо почв являются их пористость, проницаемость и трещиноватость.

При наличии трещиноватости (проницаемости) верхней части горного массива и восходящих газовых потоков конвекционный перенос радона с газовыми струями может осуществляться с глубин до 200 м. Поэтому значимыми факторами интенсивности его эксгаляции являются тектонические процессы, приводящие к изменениям механических напряжений в земной коре.

Выделившийся в воздушную среду радон способен мигрировать в приземном слое атмосферы увлекаясь существующими в нем воздушными потоками. Благодаря этому локальные концентрации в воздухе радона и потоки образующихся при его распаде α -частиц даже в одном и том же регионе могут изменяться в широких пределах и варьировать с течением времени.

Долгоживущим продуктам радиоактивного распада Rn^{222} является Pb^{210} . Поэтому подтверждением существенности упомянутого процесса как фактора изменчивости концентраций Be^7 могло бы явиться выявление статистической

связи между их вариациями, а также изменениями активности данных радионуклидов.

Поскольку известно, что интенсивность выделения из горных пород Rn^{222} зависит от степени их трещиноватости и пористости [5], естественно предположить, что упомянутый фактор имеет геофизическую природу и возникает благодаря наличию изменений проницаемости соответствующих участков земной коры. Причиной последних являются вариации существующих в них механических напряжений и вызванных ими деформаций. Логично связывать выявленные процессы с неким фактором, порождающим подобные процессы во всех широтных сегментах земной коры от севера Гренландии до юга Южной Америки. Одной из возможных причин вариаций механических напряжений является неравномерность суточного вращения Земли, которое может быть обусловлена электромагнитным взаимодействием Земли с потоком солнечного ветра [6].

Как показано в [7], существует значимая статистическая связь изменений состояния ЭНЮК (Эль-Ниньо/Южное колебание) с таким глобальным процессом, как неравномерность осевого вращения Земли, порождающим не только изменения ее углового момента, но и силы инерции, влияющие на поле механических напряжений во всей земной коре, а также сейсмичность.

В связи с этим естественно предположить, что в пунктах, где влияние этого процесса на изменчивость активности Be^7 является значимым, существенной должна оказаться и корреляция с концентрацией в приземном слое атмосферы Pb^{210} .

Поэтому в плане выявления роли указанного фактора в рассматриваемых изменениях активности Be^7 представляет существенный интерес изучение статистических связей вариаций индекса солнечной активности SOLAR, а также индексов ЭНЮК NINO-1, NINO-3 с колебаниями активности Pb^{210} в приземном слое атмосферы рассматриваемых репрезентативных пунктов.

Данные наблюдений. Для выполнения подобных исследований использованы фрагменты временных рядов изменений активности Be^7 и Pb^{210} в п. Гуаякль, Лима, Анафагаста, Пуэрто Монт, Пунто Аренас, Моосония и Туле за период с января 1990 по декабрь 1995 г., представленные в [8]. Выбор перечисленных пунктов и указанных фрагментов этих рядов обусловлен тем, что последние не содержат существенных пропусков и потому пригодны для корреляционного анализа.

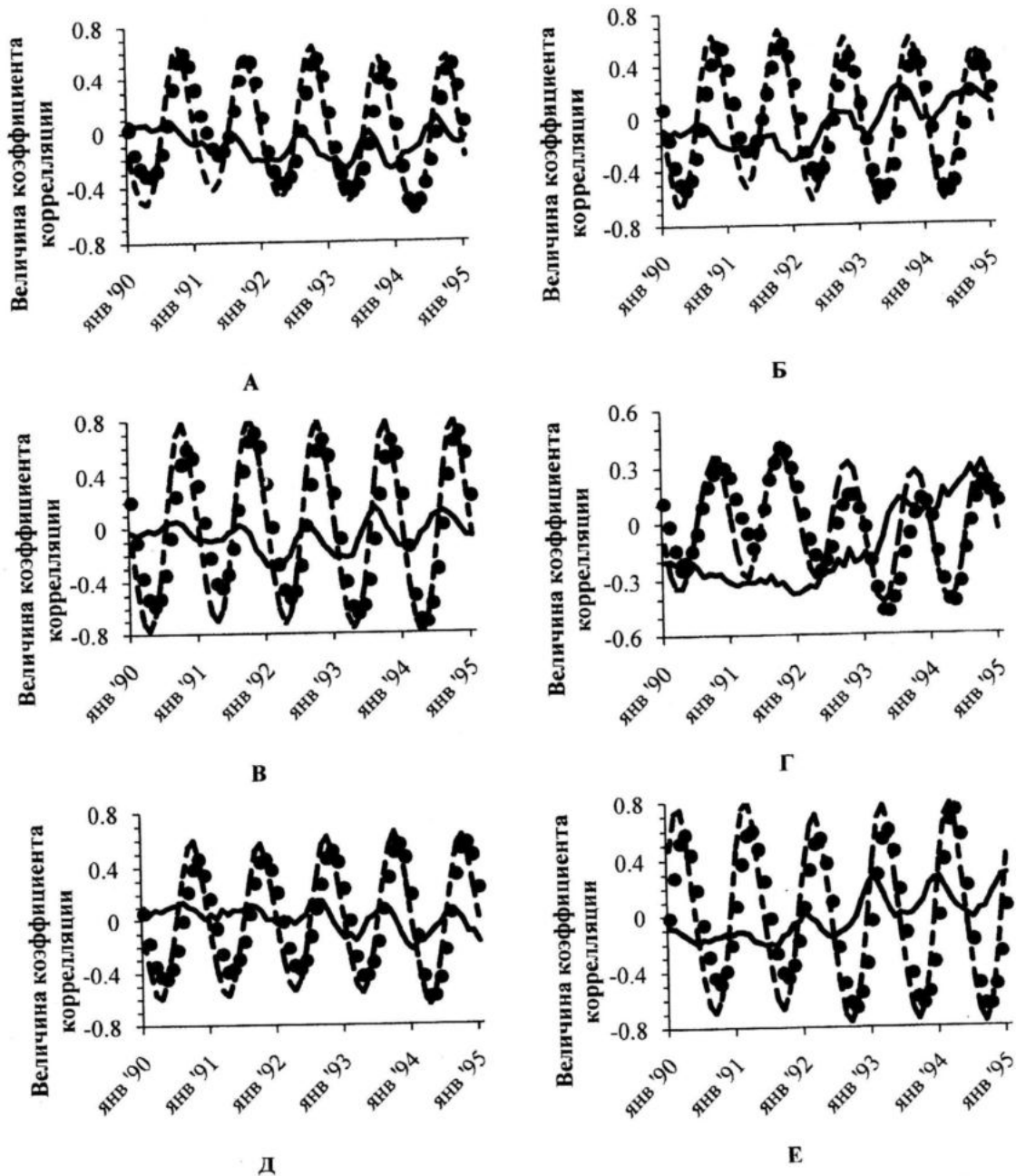
Мониторинг количественных характеристик ЭНЮК осуществляется с января 1950 г., а информация об изменениях их среднемесячных значений представлена в [9]. К числу наиболее наглядных характеристик этого процесса относятся индексы NINO-1-4, рассчитываемые как средние поверхностные температуры акваторий приэкваториальной зоны Тихого океана.

Среди многочисленных индексов солнечной активности наименее зависим от метеословий в пункте наблюдения является SOLAR, определяемый среднемесячным значением потока солнечного радиоизлучения на длине волны 10,7 см. Непрерывный ряд его значений за период с января 1948 г. представлен в [10].

Результаты исследований. На рис. 1 представлены взаимокорреляционные функции указанных фрагментов временных рядов изменений активности Pb^{210} в приземном слое атмосферы рассматривавшихся пунктов, а также опережающих их по времени фрагментов рядов индексов SOLAR, NINO-1 и NINO-3.

Как видно из рис. 1, значимые статистические связи между изменениями активности Pb^{210} в приземном слое атмосферы над рассматриваемыми городами выявлены лишь с вариациями индексов ЭНЮК.

Достоверность подобного статистического вывода в отношении связи с изменениями NINO-1 вариаций активности Pb^{210} во всех перечисленных в городах, за исключением Пуэрто Монт, превышает 99%. Его достоверность в отношении связи тех же процессов с изменениями NINO-3 превышает 95%.



Р и с. 1. Коэффициенты взаимнокорреляционных функций изменений активности Pb^{210} в приземном слое атмосферы над городами: А) Гуаякль; Б) Лима; В) Анафагаста; Г) Пуэрто Монт; Д) Пунто Арена; Е) Моосония в период 1990 – 1995 гг., а также вариаций индекса SOLAR (сплошная линия); NINO-1 (пунктирная линия); NINO-3 (точки)

Взаимнокорреляционные функции упомянутых процессов во всех пунктах по виду подобны гармоническим колебаниям, что объясняется присутствием во временных рядах изменений активности Pb^{210} значимой составляющей с периодом 1 год.

Обращает на себя внимание наличие высокой корреляции между упомянутыми процессами в пунктах Лима и Анафагуста, обладающих климатом тропиче-

ских пустынь, в которых существенных атмосферных осадков, способных вымывать из атмосферы Rn^{222} и продукты его радиоактивного распада в рассматриваемый период времени не наблюдалось.

Для всех репрезентативных пунктов при сдвигах единицы месяцев имеет место высокая положительная корреляция изменений активностей Pb^{210} и Be^7 в приземном слое атмосферы. Рассчитанные для периода 1990 – 1996 гг.

Значения максимумов взаимокорреляционных функций изменений активностей Pb^{210} и Ve^7 в приземном слое атмосферы над различными репрезентативными пунктами, а также сдвигов между ними

Пункт \ Параметр	Моосония	Гуаякль	Лима	Анафагаста	Пуэрто Монг	Пунта Арена
Сдвиг, мес.	-2	6	6	8	4	4
Корреляция	0.601	0.499	0.365	0.386	0.395	0.350
Порог 95%	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.258

значения максимумов взаимокорреляционных функций, а также соответствующих им сдвигов между рассматриваемыми процессами приведены в табл. 1 (в ней положительное значение сдвига соответствует условиям, когда ряд Ve^7 опережает ряд Pb^{210}).

Из сравнения значений максимумов взаимокорреляционных функций изменений активностей Pb^{210} и Ve^7 в приземном слое атмосферы над различными репрезентативными пунктами с соответствующими значениями 95 % порога достоверной корреляции следует, что статистический вывод о значимости связи между этими процессами для всех их может быть признан достоверным.

Заключение. Установленные факты свидетельствуют о том, что причиной выявленной зависимости от времени года активностей Ve^7 является не космический или метеорологический факторы, влияющие на приходную или расходную часть баланса рассматриваемых веществ, а фактор иной природы, вызывающий изменения его приходной части. Поскольку известно, что интенсивность выделения из горных пород Rn^{222} зависит от степени их трещиноватости и пористости [5], естественно предположить, что упомянутый фактор имеет геофизическую природу и возникает благодаря наличию изменений проницаемости соответствующих участков земной коры.

Поскольку причиной последних являются вариации существующих в них механических напряжений и вызванных ими деформаций, логично связывать выявленные процессы с неким фактором, порождающим подобные, но противоположные по фазе процессы во всех широтных сегментах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуревич А.В., Зыбин К.П. Пробой на убегающих электронах и электрические разряды во время грозы // УФН. – 2001. – Т. 171. – С. 1177–1199.
2. Бабич Л.П., Донской Е.Н., Кузык И.М., Рюсель-Дюпре Р.А. Тормозное излучение лавины релятивистских убегающих электронов в атмосфере. // Геомагнетизм и аэрномия. – 2004. – 44, № 5. – С. 697–703.
3. Бекряев В.И. Молнии, спайты и джеты. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 96 с.
4. Батраков Г.Ф. Радиоактивные изотопы в атмосфере и океане. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2012. – 378 с.
5. Уткин В.И., Юрков А.К. Динамика выделения радона из массива горных пород как краткосрочный предвестник землетрясения / В.И. Уткин, А.К. Юрков // Докл. РАН. 1998. Т. 358, № 5. С. 675–680.
6. Афанасьева В.И. Нерегулярное изменение скорости вращения Земли и солнечная активность / В.И. Афанасьева // Геомагнетизм и аэрномия. – 1966, т.У1, ЖЗ. – С. 611–613.
7. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. – М.: Наука, 2002.
8. <http://www.eml.st.dhs.gov/databases/SASP>
9. [http://www.esrl.noaa.gov/data/climateindices/list/for info](http://www.esrl.noaa.gov/data/climateindices/list/for%20info)
10. http://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/results?op_0=eq&v_0=Penticton_Observe&t=102827&s=4&d=8&d=22&d=9