

Временная статистическая структура глобальных радиоактивных выпадений в океане

К. Г. ВИНОГРАДОВА, О. С. ЗУДИН, Б. А. НЕЛЕПО, А. Г. ТРУСОВ

УДК 614.73:543.053

Известно, что потоки глобальных радиоактивных выпадений на различные участки поверхности земного шара существенно колеблются как в пространстве, так и во времени. Поскольку распределение глобальных выпадений ранее объясняли циркуляционной схемой выпадения радиоактивных аэрозолей из атмосферы, то при этом, как правило, определяли географический фактор плотности выпадений [1], при исследовании которого особое внимание уделяли распределению максимумов концентрации загрязнения приземных слоев атмосферы по сезонам в северном и южном полушариях.

Существует несколько гипотез, объясняющих планетарное распределение радиоактивных выпадений, среди которых, на наш взгляд, особый интерес представляет компромиссная теория синоптико-климатического подхода к процессу выпадений радиоизотопов, связанного с атмосферными осадками [2, 3]. Однако в связи с недостатком экспериментальных данных о выпадении радиоизотопов над поверхностью океана нельзя было сделать выводы об особенностях этого подхода. В настоящее время известно немного работ, в которых оценивалась бы плотность выпадений над океаном. Для описания процессов, протекающих в приводных слоях атмосферы, нельзя применить закономерности выпадения радиоактивных осадков над сушей, так как предположение об их тождественности не подтверждается [1]. Использование радиоизотопов в качестве трассеров позволит прогнозировать эти процессы и определять их интенсивность на поверхности океана.

Американские исследователи на судах, определяющих погоду, получили представительные временные

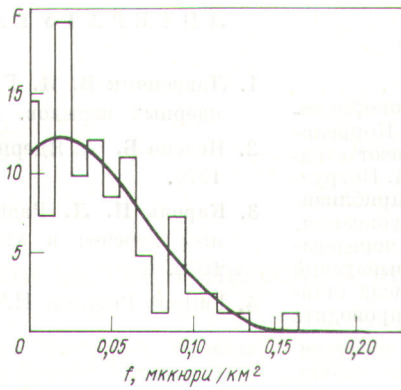
ряды наблюдений за выпадениями Sr⁹⁰ [4]. На четырех стационарных станциях в Атлантическом океане (№ 1—56°30' с.ш., 51° в.д.; № 2—52°45' с.ш., 35°30' в.д.; № 3—44° с.ш., 41° в.д.; № 4—35° с.ш., 48° в.д.) в период с середины 1965 г. по июнь 1971 г. измерялась плотность выпадений стронция. Однако предварительный анализ плотности выпадений Sr⁹⁰ по проведенным измерениям (около 500) связан с некоторыми трудностями. Поэтому для анализа распределения плотности выпадений полученные данные были подвергнуты статистической обработке. Временные последовательности оказались представительными. На основании этих данных были построены функции распределения и вычислены моменты распределения выпадений Sr⁹⁰ из атмосферы. При вычислении функций распределения выпадений были рассмотрены данные начиная с 1966 г., т. е. с того времени, когда уровень среднегодовых выпадений стабилизировался [2, 3].

В таблице приведены средние арифметические значения \bar{f} , среднеквадратические отклонения σ и $\sigma_{\text{несм}}$ (смещенная и несмещенная оценка), асимметрия A и $A_{\text{несм}}$, эксцесс E и $E_{\text{несм}}$ и статистические ошибки их определения ($m_{\text{ср}}$, m_{σ} , m_A и m_E соответственно).

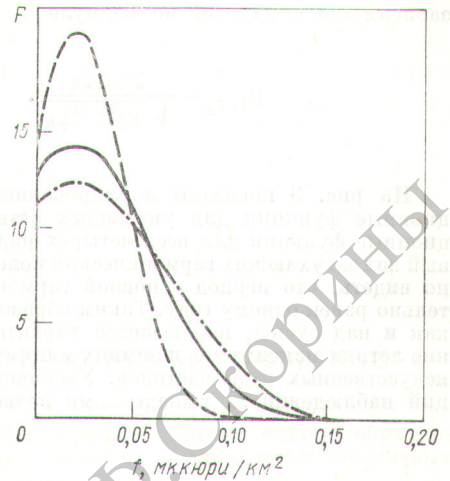
Кроме статистических ошибок следует учитывать ошибки измерения, характерные для используемых экспериментальных данных. Поскольку данные содержат только две значащие цифры после запятой, то эта ошибка должна быть не менее $\pm 0,005$. На рис. 1 приведена функция распределения, полученная на станции № 3. Значительный разброс результатов, очевидно, связан с ошибками в исходных данных. При сравнении сглаженной функции плотности с эмпирической

Результаты математической обработки по четырем станциям

Номер станции	Время наблюдения	Координаты станции		Число измерений	\bar{f}	$m_{\text{ср}}$	σ	$\sigma_{\text{несм}}$	m_{σ}	A	$A_{\text{несм}}$	m_A	E	$E_{\text{несм}}$	m_E	f_0	σ_H	\hat{f}	σ^*
		с. ш.	в. д.																
1	Январь 1966 г. — апрель 1971 г.	56°30'	51°00'	85	0,032	0,03	0,027	0,027	0,0017	1,48	1,49	0,02	2,49	2,65	0,04	0,02	0,025	0,03	0,018
2	Январь 1966 г. — апрель 1971 г.	52°45'	35°30'	84	0,044	0,005	0,042	0,042	0,0027	2,08	2,09	0,02	5,22	5,48	0,05	0,02	0,04	0,04	0,03
3	Январь 1966 г. — февраль 1971 г.	44°00'	41°00'	82	0,052	0,006	0,054	0,054	0,0034	3,12	3,14	0,03	12,85	13,4	0,05	0,02	0,05	0,05	0,03
4	Январь 1966 г. — март 1971 г.	35°00'	48°00'	80	0,048	0,06	0,053	0,054	0,0035	3,46	3,48	0,03	15,7	16,5	0,05	0,02	0,04	0,04	0,03



Р и с. 1. Гистограмма и функция распределения плотности выпадений Sr⁹⁰ для станции № 3.



Р и с. 2. Функции распределения плотности выпадений Sr⁹⁰:

— — — станция № 1; — — — № 2 и № 3.

функцией плотности нормального распределения, усеченного в точке 0, получается достаточно надежное совпадение. Нормальное усеченное распределение характеризуется двумя параметрами исходного нормального распределения и двумя точками усечения:

$$F(f, f_0, \sigma_H) = \frac{A}{\sigma_H \sqrt{2\pi}} e^{\frac{f-f_0}{2\sigma_H^2}} \text{ при } f \geq 0,$$

где $A = \frac{1}{0,5 + \Phi_0(f_0/\sigma_H)}$; Φ — интеграл вероятностей;

$\Phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt$. Величина f_0 соответствует

моду гистограммы плотности вероятности распределения, для всех станций она равна 0,02 мкюри/км² (рис. 2). Параметр σ_H близок к значению среднеквадратического отклонения, подсчитанному по исходному ряду. Математическое ожидание F и среднеквадратическое отклонение σ^* для усеченного нормального распределения вычисляли по формулам:

$$\bar{f} = f_0 + B\sigma_H;$$

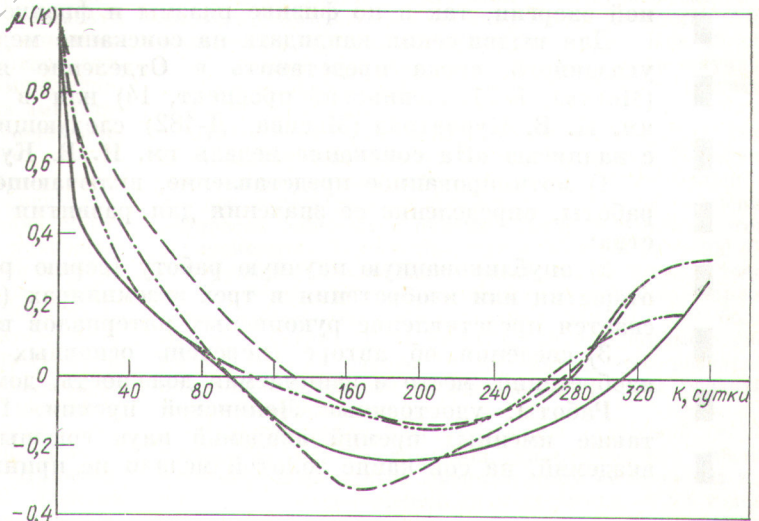
$$\sigma^{*2} = \sigma_H^2 \left[1 - B^2 - \frac{f_0}{\sigma_H} A\varphi\left(\frac{f_0}{\sigma_H}\right) \right],$$

$$\text{где } B = \frac{\varphi\left(\frac{f_0}{\sigma_H}\right)}{0,5 + \Phi_0\left(\frac{f_0}{\sigma_H}\right)}; \varphi(f) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times$$

$\times e^{-f^2/2}$ — нормированная плотность нормального распределения. Вычисленные

значения параметров приведены в таблице, из которой видно, что средние значения, полученные при обработке рядов, хорошо согласуются с \bar{f} для всех станций. Среднеквадратические отклонения согласуются несколько хуже, но находятся, по-видимому, в пределах допустимой ошибки.

Так как имеющиеся данные по плотности выпадений получены в различные периоды наблюдений, то при расчете корреляционных функций предполагали, что в пределах одного временного интервала плотность выпадений сохранялась на среднем уровне. По данным приведенных рядов были рассчитаны корреляционные



Р и с. 3. Нормированные автокорреляционные функции плотности выпадений Sr⁹⁰:

— — — станция № 1; — — — № 2; — — — № 3; ····· № 4.

зависимости выпадений по формуле

$$\mu_f, f_k = \frac{\sum f_r f_{r+k}}{\sqrt{\sum f_r^2 \sum f_{r+k}^2}}$$

На рис. 3 показаны нормированные автокорреляционные функции для указанных станций. Корреляционные функции для всех четырех рядов имеют сходный вид затухающих гармонических колебаний. Нетрудно видеть, что период основной гармоника приблизительно равен одному году. Таким образом, над океаном, как и над сушей, наблюдается характерное чередование летних максимумов и зимних минимумов выпадений искусственных радиоизотопов. Увеличение числа станций наблюдений за выпадениями позволит проводить

более глубокий статистический анализ, включая выявление корреляционной взаимной связи.

Поступило в Редакцию 5/III 1973 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лавренчик В. Н. Глобальное выпадение продуктов ядерных взрывов. М., Атомиздат, 1965.
2. Нелепо Б. А. Ядерная гидрофизика. М., Атомиздат, 1970.
3. Кароль И. Л. Радиоактивные изотопы и глобальный перенос в атмосфере. М., Гидрометеиздат, 1972.
4. Fallout Program HASL-245, 1971.

Сообщение экспертной комиссии по присуждению золотой медали им. И. В. Курчатова

Экспертная комиссия по присуждению золотой медали им. И. В. Курчатова при Отделении ядерной физики АН СССР сообщает, что срок представления научных и технических работ по ядерной физике на конкурс на соискание медали (с денежной премией в 2000 руб.), объявленный в «Вестнике АН СССР» № 7 за 1973 г., истекает 12 октября с. г. Могут представляться работы как по физике ядра в собственном смысле и атомной энергии, так и по физике плазмы и физике частиц высокой энергии.

Для выдвижения кандидата на соискание медали необходимо не позднее указанного срока представить в Отделение ядерной физики АН СССР (Москва, В-71, Ленинский проспект, 14) или в Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова (Москва, Д-182) следующие документы и материалы с надписью «На соискание медали им. И. В. Курчатова»:

1) мотивированное представление, включающее научную характеристику работы, определение ее значения для развития науки и народного хозяйства;

2) опубликованную научную работу (серию работ), материалы научного открытия или изобретения в трех экземплярах (в отдельных случаях допускается представление рукописных материалов в одном экземпляре);

3) сведения об авторе (перечень основных научных работ, открытий, изобретений, место и занимаемая должность, домашний адрес).

Работы, удостоенные Ленинской премии, Государственной премии, а также именных премий академий наук союзных республик и отраслевых академий, на соискание золотой медали не принимаются.