

**ТРИДЦАТИЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ
АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ
РАДИОАКТИВНЫХ ПРОДУКТОВ
В СИСТЕМЕ
ГИДРОМЕТЕОНАБЛЮДЕНИЙ
ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА**

Т.В. Чудиновских, А.С. Запелалов
*Л.В. Салтыкова, *А.И. Рябинин
Морской гидрофизический институт
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: ocean@alpha.mhi.iuf.net

*Морское отделение Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института
г. Севастополь, ул. Советская, 61

По данным Всемирной метеорологической организации атмосфера является одним из основных источников поступления загрязняющих веществ в воды Мирового океана. Расширение исследований в области трансграничного переноса позволило оценить долю атмосферных выпадений в общем объеме источников загрязнения морей [1]. Отмечено, что объем поступления токсикантов из атмосферы для внутренних морей типа Черного сопоставим с объемом, поступающим с речным стоком. Черное море, имеющее важное рекреационное и рыбохозяйственное значение, не входит в перечень регионов, для которых получена надежная информация об атмосферных потоках антропогенных загрязнителей: нефтяных и хлорированных углеводородов, детергентов, тяжелых металлов, радионуклидов и т.п. Имеются лишь эпизодические наблюдения за химическим составом атмосферных выпадений [2].

Исключением являются радиоактивные компоненты загрязняющих веществ, наблюдения за потоком которых из атмосферы осуществлялись в Азово-Черноморском регионе в течении длительного периода Севастопольским отделением ГОИНа (ныне МО УкрНИГМИ). Отбор проб проводился ежедневно в 10 пунктах, расположенных вдоль

северного побережья Черного моря, самый западный и самый восточный из которых разнесены по широте почти на 9° .

Характеристика результатов наблюдений. Анализ атмосферных выпадений производился по методике, принятой в Гидрометеослужбе СССР [3]. Для определения среднесуточной плотности выпадения использовались горизонтальные планшеты. Концентрация радиоактивных веществ в воздухе определялась с помощью вертикальных планшетов и фильтровентиляционных установок. Измерения β -активности проводились на торцевых β -счетчиках в первые сутки после съема отбора пробы и спустя 3, 5 и более суток. Это позволяло определять вклад долгоживущих антропогенных радионуклидов в суммарную β -активность пробы.

Погрешность радиометрических измерений для интервала величин от 0,3 до 3,5 Бк составляла от 5 до 90 % в зависимости от радиоактивности пробы. Среднестатистическая погрешность, рассчитанная на основе 500 проб, составляет 33 %.

Результаты измерений представляются в виде таблиц двух типов – КАР-2 (плотность выпадения радиоактивных продуктов) и КАР-3 (радиоактивность воздуха) [4]. Кроме данных радиоизотопных измерений в таблицы включены результаты метеонаблюдений: количество и продолжительность осадков, скорость и направление ветра, высота облачности.

Изотопный состав β -активных выпадений. Радиоактивность атмосферных аэрозолей обусловлена наличием в них трех групп радионуклидов, распад которых сопровождается испусканием β -частиц. К первой относятся продукты распада природных радиоактивных изотопов ^{220}Rn и ^{222}Rn , концентрация которых в нижних слоях атмосферы составляет порядка 3.7 Бк/м^3 [5]. Периоды по-

лураспада большинства дочерних продуктов изотопов радона составляют менее тридцати минут. Исключением является ^{210}Pb ($T_{1/2}=22$ года) и его дочерний изотоп ^{210}Bi ($T_{1/2}=5$ дней). Вторую группу составляют космогенные изотопы — ^{10}Be , ^{22}Na , ^{32}Si и некоторые другие. Их содержание в воздухе на несколько порядков ниже, чем продуктов распада радона. В третью группу входят продукты ядерных взрывов, суммарная β -активность которых спустя год после взрыва характеризуется лишь пятью радионуклидами: ^{144}Ce — ^{144}Pr (45 %), ^{90}Sr — ^{90}Y (15 %), ^{137}Cs (15 %), ^{147}Pm (18 %) и ^{106}Ru — ^{106}Rh . И, наконец, около 5 % от суммарной β -активности атмосферных выпадений приходится на долю ^{40}K , который поступает в приземный слой атмосферы с пылью и брызгами морской воды.

Анализ результатов наблюдений.

Для анализа пространственной и временной изменчивости атмосферных выпадений β -активных радионуклидов были использованы результаты измерений, выполненных в 1965-1970 г.г. и 1990-1994 г.г. В течение первого периода уровень радиоактивных выпадений определялся главным образом поступлением из стратосферного резервуара, возникшего в результате атмосферных испытаний ядерного оружия, и "свежими" продуктами от взрывов, которые продолжали проводить в атмосфере Франция и Китай.

Второй период характеризуется отсутствием "свежих" продуктов в атмосфере и значительным уменьшением потока долгоживущих антропогенных радиоизотопов из стратосферы. Доля естественных радионуклидов становится более высокой. Это хорошо видно при анализе результатов измерений, выполненных через разные промежутки времени после отбора пробы. Если для проб, отобранных в шестидесятые годы, при измерении на третьи и пятые сутки

скорость счета уменьшалась незначительно, что свидетельствует о большой доле долгоживущих радионуклидов, то для периода девяностых годов в большинстве случаев уменьшение активности проб за счет распада короткоживущих дочерних изотопов радона существенно. Определенный вклад вносят и радионуклиды чернобыльского происхождения, попадающие в атмосферу в результате вторичного ветрового подъема и последующего трансграничного переноса.

В таблице 1 представлены суммарные за месяц выпадения β -активных радионуклидов, зарегистрированные в феврале и июле 1965-1970 г.г. Анализ результатов наблюдений показал, что, несмотря на прекращение атмосферных взрывов основными ядерными державами, уровень радиоактивных выпадений в Азово-Черноморском регионе за шесть лет практически не изменился. Обусловлено это было тем, что уменьшение потока антропогенных радионуклидов из стратосферного резервуара компенсировалось выпадением "свежих" продуктов от взрывов, проводимых Китаем и Францией. Так, после взрыва мощностью >20 кт, проведенного Китаем 14 мая 1965 г., уже во второй половине мая было зафиксировано повышение среднесуточной плотности выпадений в 2-5 раз. След этого радиоактивного облака отмечался практически во всех пунктах наблюдения не только в мае-июне, но и в июле 1965 г.

В то же время, после более мощного взрыва (3 Мт), произведенного 9 мая 1966 г., повышения радиоактивных выпадений в Черноморском регионе не наблюдалось. Следует также отметить, что пять французских ядерных взрывов, проведенных в этом же году в умеренных широтах южного полушария, никак не сказались на уровнях радиоактивного загрязнения атмосферы в районе Черного моря.

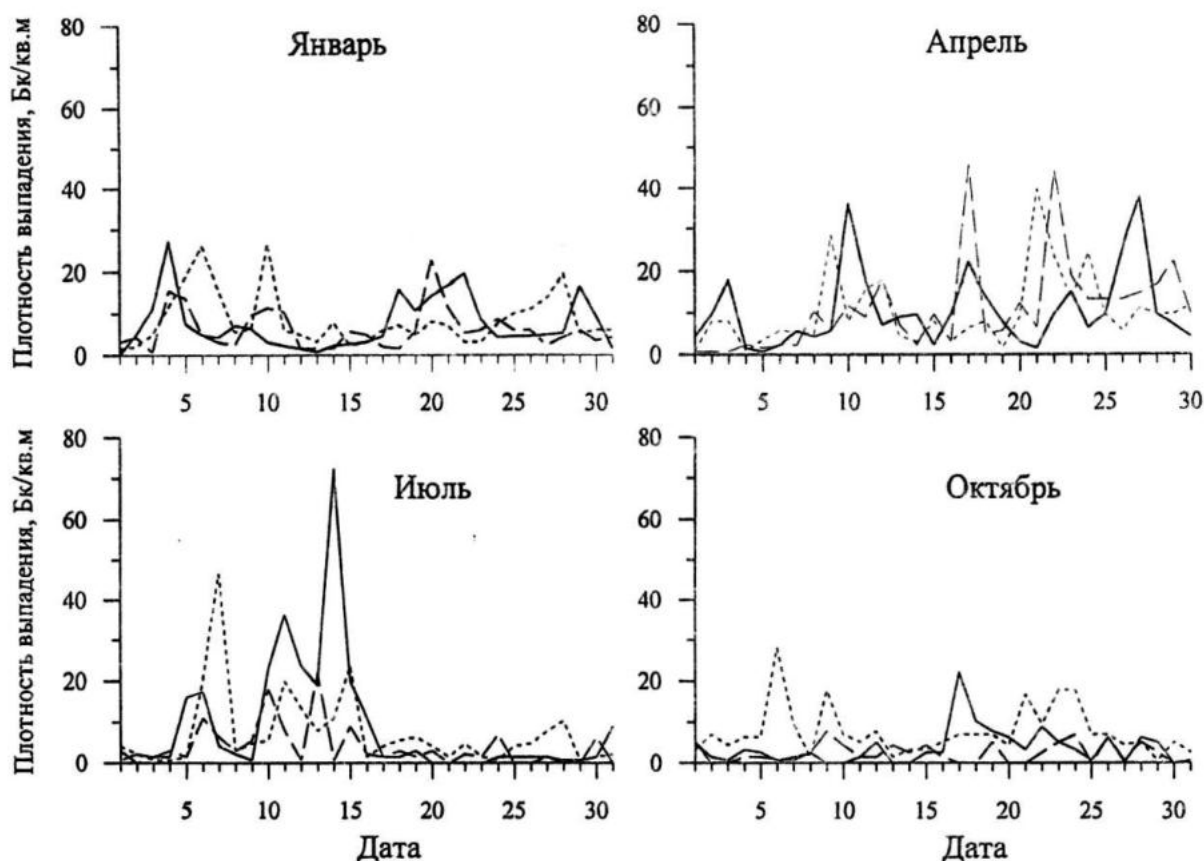


Рис. 1. Среднесуточные выпадения радиоактивных продуктов в Измаиле (сплошная линия), Севастополе (пунктирная линия) и Керчи (штриховая линия) в отдельные месяцы 1965 г.

Неравномерность плотности выпадений радиоактивных продуктов особенно ярко проявлялась в отдельные дни, когда по территории региона перемещались высокие циклоны, охватывающие своей циркуляцией пограничные слои между тропосферой и стратосферой (рис. 1). В системе таких циклонов при развитии мощной облачности и осадках наблюдалось повышение плотности выпадений в несколько раз. Так, 29-30 марта 1965 г. при прохождении циклона зарегистрировано резкое увеличение выпадений: в Одессе – до 56 Бк/м²сут., Севастополе – до 40 Бк/м²сут., тогда как в предшествующие сутки величина выпадений составляла 6-7.5 Бк/м²сут. Резкое повышение выпадений в западной части региона в конце мая - июле 1965 г. также связано с про-

хождением средиземноморских циклонов.

Даже поверхностный анализ результатов наблюдений позволяет установить тесную связь между плотностью выпадений и наличием осадков (табл. 1). Проведенные расчеты показали, что около 70 % всех выпадений радиоактивных продуктов приходится на дни с атмосферными осадками. В зимние месяцы эта величина может превышать 90 %, тогда как в аномально сухие летние месяцы понижается до 15-20 %. Не выявлено прямой зависимости между среднесуточным количеством осадков и плотностью выпадений. В то же время просматривается связь плотности выпадений с высотой и интенсивностью дождевых облаков, что вполне согласуется с опубликованными результатами исследований [6].

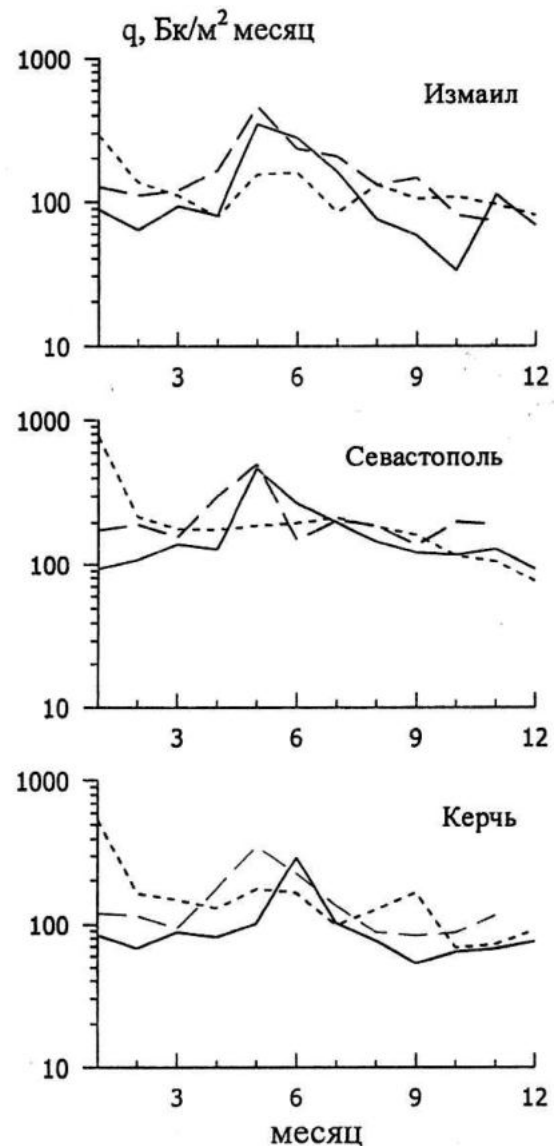
Плотность выпадений из атмосферы долгоживущих бета-активных радионуклидов, Бк/(м²·год)

№	Пункты наблюдения	Периоды наблюдения					
		1966	1968	1970	1990	1992	1994
1	Измаил	1469	1715	1730	816	693	696
2	Одесса	—	—	—	1207	1080	1050
3	Николаев	1265	3266	1595	887	719	697
4	Херсон	1308	—	—	—	—	—
5	Черноморское	1309	—	—	—	—	—
6	Севастополь	2022	2618	2251	—	—	—
7	Феодосия	955	1538	927	822	719	707
8	Керчь	1157	1950	1471	824	743	753
9	Геническ	1195	1694	1272	—	—	—
10	Мариуполь	1734	2343	1932	—	—	—

Попытки обнаружить годовой ход в рассматриваемый период не привели к желаемому результату, поскольку на сезонное распределение накладывалось влияние “свежих” продуктов ядерных взрывов. Отмеченный в литературе весенний максимум радиоактивных выпадений [7] почти ежегодно “перекрывался” новыми испытаниями.

Анализируя данные наблюдений, относящиеся ко второму периоду (1990-1994 г.г.), следует отметить аномально высокий уровень выпадений в Одессе (табл.2). Он в полтора раза превышает выпадения в других пунктах наблюдений, разброс которых составляет менее 10 %. Большая однородность выпадений, наблюдаемая в регионе в этот период по сравнению с 1966-1970 г.г., обусловлена, очевидно, тем, что относительный вклад природных радионуклидов в общий поток значительно повысился за счет уменьшения выпадений искусственных радиоизотопов.

Рис. 2. Внутригодовой ход суммарных за месяц выпадений радиоактивных продуктов в трех пунктах наблюдения: сплошная линия – 1966 г.; пунктирная – 1968 г.; штриховая – 1970 г.



В настоящей работе приведены результаты предварительного анализа данных, полученных в течение тридцатилетнего радиоэкологического мониторинга. Более детальный анализ позволит выявить возможную связь радиоактивных выпадений с метеорологическими процессами.

Работа выполнена при поддержке Украинского научно-технологического центра (проект № 1547).

ЛИТЕРАТУРА

1. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды.-М.: Гидрометеиздат.-1984.-560 с.

2. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 4. Черное море. Вып. 3. Современное состояние загрязнения вод Черного моря. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика.-1996.- 230 с.

3. Сборник методик по определению радиоактивности окружающей среды / Под. ред. А.И. Силантьева.-М.: Гидрометеиздат.-1968.-40 с.

4. Сборник таблиц КАР-2. Гидрометефонд Черного и Азовского морей Морского отделения УкрНИГМИ. Севастополь. 2000 г.

5. Израэль Х., Хорверт М., Израэль Г.В. Результаты непрерывных измерений радона и продуктов его распада в нижней атмосфере / В кн. Исследования по ядерной метеорологии и химии атмосферы.-Л.: Гидрометеиздат.-1969.- С. 145-148.

6. Кошельков Ю.П. К вопросу об обмене воздухом между стратосферной и тропосферой в зоне разрыва тропопаузы // Труды ЦАО.-1968.- Вып. 85.- С.91-105