

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ  
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЫПАДЕНИЙ  
БЕТА-РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ  
АТМОСФЕРЫ В ПРИЧЕРНОМОРСКИХ  
РАЙОНАХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО  
КРЫМА В 2002 – 2009 ГОДАХ**

*А.И. Рябинин, В.Ю. Еркушов,  
С.А. Шибаева, Г.Ф. Батраков\**

Морское отделение УкрНИГМИ  
НАН Украины,  
г. Севастополь, ул. Советская, 61  
Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: slaverk@ukr.net

*Представлены результаты радиэкологического мониторинга потоков суммарных бета-радионуклидов на территорию Севастополя, Керчи и Феодосии в 2002 – 2009 годах. Показано, что для суммарных ежесуточных, месячных и годовых потоков характерна высокая пространственно-временная изменчивость, носящая немонотонный характер. Приведены значения суммарных потоков за весь период наблюдений для всех районов мониторинга.*

**Введение.** По результатам натурального государственного радиэкологического мониторинга, включающего исследование потоков суммарной бета-активности из атмосферы на территорию Крыма, осуществляемого Государственной гидрометеорологической службой, впервые были представлены данные о временной изменчивости этих потоков в городах Севастополе [1, 2] и Керчи [3] соответственно с января 2002 по февраль 2009 года, и с января 2002 по декабрь 2007 года. Установлено, что в пределах указанных периодов для обоих районов ежесуточная изменчивость, и, соответственно, радиационное загрязнение достигали значительных величин, изменяясь от 0 до  $7,1 \text{ Бк/м}^2$ . Однако результаты мониторинга, осуществляемого в Феодосии, расположенной между Севастополем и Керчью, ранее не были проанализированы, закономерности изменчивости не были изучены.

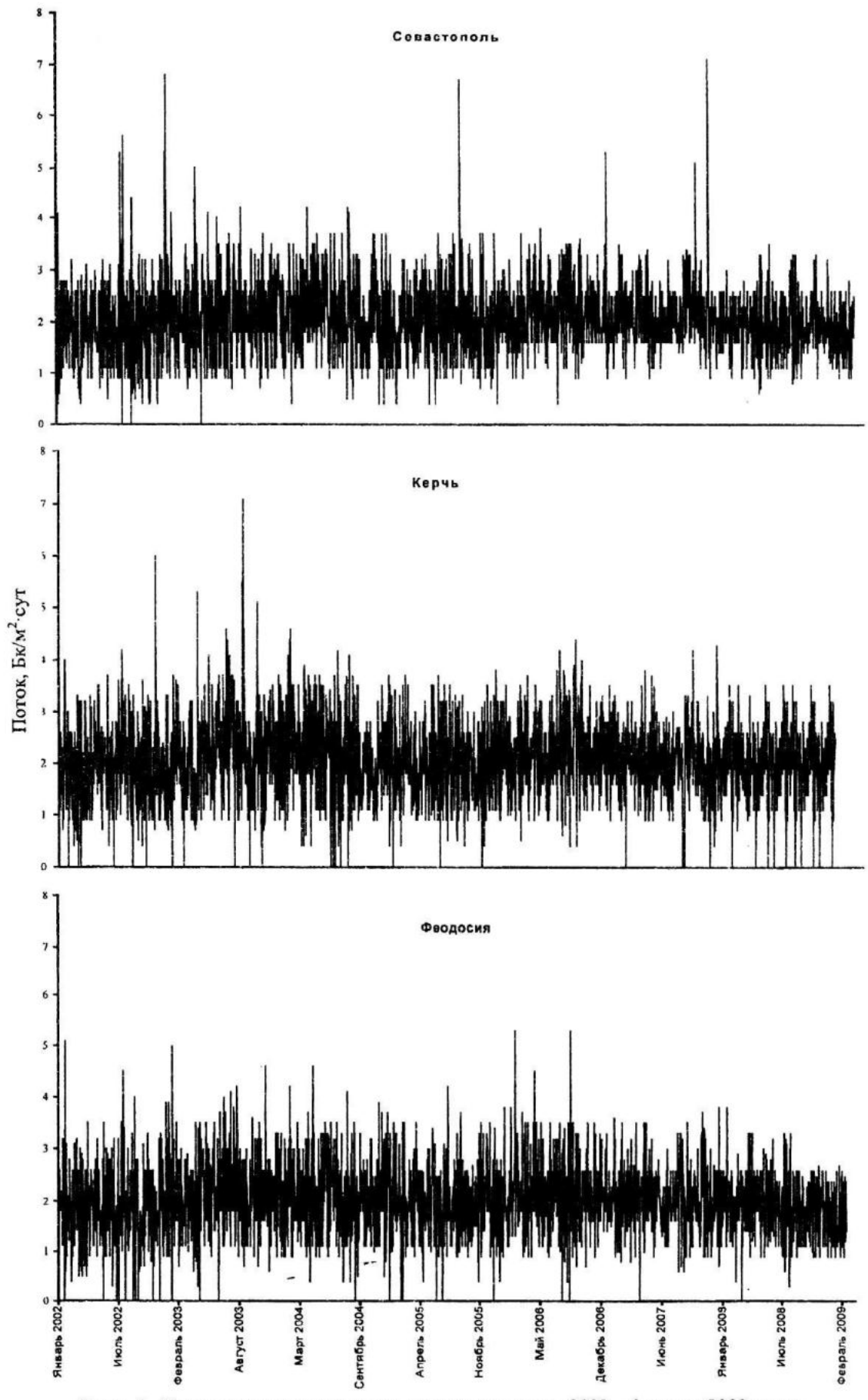
**Цели и задачи исследования.** Изучить закономерности пространственно-временной изменчивости потоков сум-

марной бета-активности, выпадающих на территорию причерноморских районов Крыма в городах Севастополь, Феодосия, Керчь за восьмилетний период с 2002 по 2009 годы.

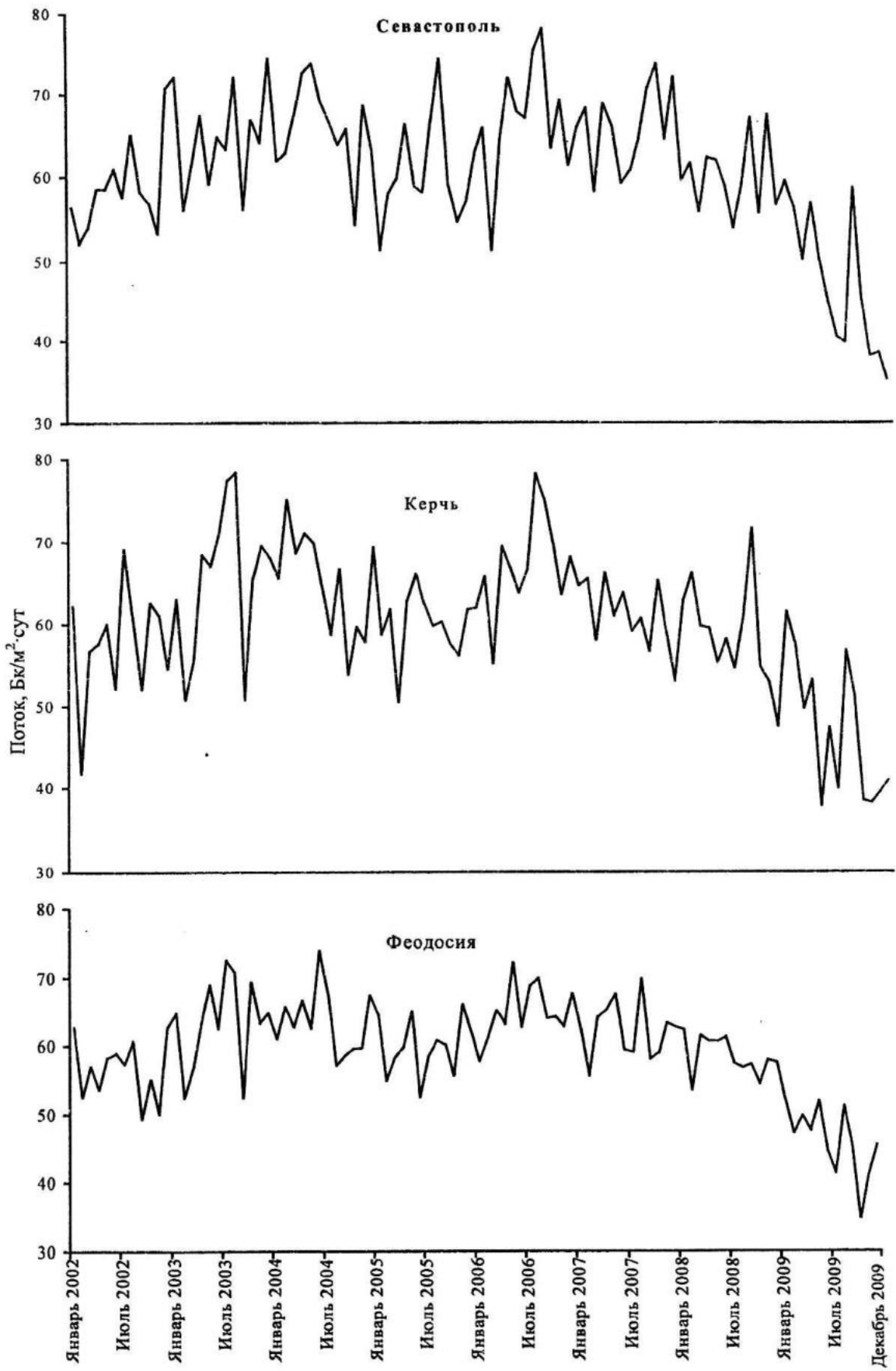
**Материалы исследований.** Отбор проб атмосферных выпадений осуществлялся Крымским Центром гидрометеорологии в городах Севастополь, Феодосия и Керчь (МГ Опасное). В период с 1 января 2002 года по 28 февраля 2009 года пробы отбирались ежесуточно, а в период с 1 марта по 31 декабря 2009 года – с экспозицией двое суток. Радиометрический анализ проб [4] выполнялся специалистами Центральной геофизической обсерватории.

**Результаты исследований.** Результаты мониторинга потоков бета-радионуклидов с 1 января 2002 года по 28 февраля 2009 года для каждого из исследованных районов представлены на рис. 1, а в период с 1 марта по 31 декабря 2009 года – в табл. 1.

Данные рис. 1 показывают, что в районе Севастополя ежесуточные потоки бета-радионуклидов немонотонно изменяются в интервале от 0 до  $7,1 \text{ Бк/м}^2$ . Максимальные потоки ( $5,0 - 7,1 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{сут}$ ) наблюдались в 2002 году (29 июля, 8 августа, 25 и 28 декабря), в 2003 году (2 апреля), в 2005 году (18 августа), в 2006 году (7 декабря), в 2007 году (23 сентября, 2 и 4 ноября). В то же время в 2002 году (4 августа, 3 сентября) и в 2003 году (21 апреля) суммарная бета-активность отсутствовала. Ежемесячные потоки в этот период колебались в пределах от  $35,2$  до  $78 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{мес}$ . Максимальное загрязнение наблюдалось в августе 2006 года, а минимальное – в декабре 2009 года. В то же время годовые потоки лежат в пределах от  $553,6 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$  (2009 год) до  $799,7 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$  (2006 год). За весь период мониторинга суммарный поток составил  $58,5 \cdot 10^8 \text{ Бк/км}^2$ . Графики изменчивости сумм месячных потоков исследуемых радионуклидов для всего периода представлены на рис. 2. Как следует из этого рисунка, изменчивость суммарных месячных величин потоков немонотонна и в каждом конкретном году характер немонотонности различен.



Р и с. 1. Ежесуточная изменчивость потоков за январь 2002 – февраль 2009 годов



Р и с. 2. Изменчивость ежемесячных потоков бета-радионуклидов за январь 2002 – декабрь 2009 годов

Экстремальные ( $\text{Бк}/\text{м}^2 \cdot 2 \text{ сут}$ ) и суммарные за месяц ( $\text{Бк}/\text{м}^2$ ) потоки бета-радионуклидов в марте – декабре 2009 года

Месяц	Севастополь			Керчь			Феодосия		
	min	max	$\Sigma$ за месяц	min	max	$\Sigma$ за месяц	min	max	$\Sigma$ за месяц
Март	0,0	6,2	56,7	1,3	6,6	53,2	1,3	5,2	49,8
Апрель	1,3	5,9	50,1	0,9	4,2	37,8	1,9	5,1	47,7
Май	1,6	4,9	44,7	1,9	4,3	47,4	1,6	4,9	51,9
Июнь	1,3	3,7	40,5	1,3	4,5	39,9	0,0	5,8	44,6
Июль	1,3	3,3	39,8	1,7	6,9	56,8	1,5	3,7	41,4
Август	1,3	6,1	58,6	1,3	5,3	51,5	0,9	6,9	51,2
Сентябрь	1,6	5,2	45,0	1,3	3,9	38,5	1,3	7,5	45,5
Октябрь	1,3	4,5	38,1	1,3	3,7	38,2	1,3	3,7	34,9
Ноябрь	1,3	4,3	38,5	1,3	4,5	39,4	1,5	4,2	41,2
Декабрь	1,0	4,5	35,2	1,3	5,2	40,9	1,9	3,9	45,6

Ежесуточные потоки бета-радионуклидов в районе Керчи (рис. 1) колеблются в диапазоне  $0 - 7,1 \text{ Бк}/\text{м}^2$ . Максимальные потоки ( $5,1 - 7,1 \text{ Бк}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$ ) наблюдались в 2002 году (17 ноября) и в 2003 году (3 апреля, 26 и 29 августа, 13 октября). В течение всего периода наблюдений суммарная бета-активность отсутствовала в 34 пробах. Ежемесячные потоки в этот период колебались от  $37,8$  до  $78,4 \text{ Бк}/\text{м}^2 \cdot \text{месяц}$ .

Максимальное загрязнение наблюдалось в августе 2003 года, а минимальное – в апреле 2009 года. Годовые потоки изменялись в диапазоне от  $550,8 \text{ Бк}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$  (2009 год) до  $807,3 \text{ Бк}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$  (2006 год). За весь период мониторинга суммарный поток бета-радионуклидов составил  $57,7 \cdot 10^8 \text{ Бк}/\text{км}^2$ .

В районе Феодосии (рис. 1) ежесуточные потоки исследуемых радионуклидов изменялись от 0 до  $5,3 \text{ Бк}/\text{м}^2$ . Максимальные потоки ( $5,0 - 5,3 \text{ Бк}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$ ) наблюдались в 2002 году (24 января), в 2003 году (16 января), в 2006 году (26 февраля и 25 августа). В течение всего периода наблюдений суммарная бета-активность отсутствовала в 25 пробах. Ежемесячные потоки в этот период колебались в пределах от  $34,9$  до  $73,8 \text{ Бк}/\text{м}^2 \cdot \text{месяц}$ . Максимальное загрязнение наблюдалось в июне 2004 года, а минимальное – в октябре 2009 года. Годовые потоки суммарной бета-активности лежали в пределах от  $553,2 \text{ Бк}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$

(2009 год) до  $779,4 \text{ Бк}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$  (2006 год). Суммарный поток за весь период наблюдений в районе Феодосии составил  $57,0 \cdot 10^8 \text{ Бк}/\text{км}^2$ .

Несомненно, что выявленное выше существование такого рода сложной немонотонной пространственно-временной изменчивости величин потоков суммы бета-радионуклидов на поверхность юго-восточного района Крыма зависит от многих факторов, состав и влияние которых в настоящее время еще полностью не оценены. Это показано в работе [5] на примере поступления  $^7\text{Be}$  во взаимосвязи с некоторыми атмосферными процессами, как подтверждения существенного влияния радиационно-химического состава суммы радионуклидов на характер пространственно-временной изменчивости. Например, в [2] показано, что в составе выпадений на территорию Керчи содержались до 10% суммы радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , а также естественные радионуклиды (U, Th,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{147}\text{Sm}$ ,  $^{14}\text{C}$ ). В частности, в районе Севастополя в 2009 году потоки атмосферных выпадений с июля по декабрь содержали: Th ( $1,46 - 5,21 \text{ мкг}/\text{г}$  и  $<0,001 - 0,13 \text{ мкг}/\text{л}$ );  $^{87}\text{Rb}$  ( $0,25 - 46,2 \text{ мкг}/\text{г}$  и  $0,87 - 9,0 \text{ мкг}/\text{л}$ );  $^{40}\text{K}$  ( $106 - 16900 \text{ мкг}/\text{г}$  и  $83,5 - 25800 \text{ мкг}/\text{л}$ );  $^{147}\text{Sm}$  ( $0,58 - 1,8 \text{ мкг}/\text{г}$  и  $<0,001 - 0,0023 \text{ мкг}/\text{л}$ ); U ( $0,47 - 1,3 \text{ мкг}/\text{г}$ ). Ранее, в 2004 году [6], нерастворимые атмосферные выпадения на территорию города содержали в июне-июле ( $\text{мкг}/\text{м}^2$ ):

K – 25000; Rb – 10,6; Ca – 37090; Sm – 0,725; Th – 1,34; U – 0,53.

Анализ состава аэрозолей в городе Севастополе в 2010 году на высоте ~ 100 м над уровнем моря, полученных путем фильтрации ~ 160 м<sup>3</sup> атмосферного воздуха в течение 3 часов показал, что в них содержится: Th до 0,12 мкг/фильтр; <sup>40</sup>K 11,0 – 34,7 мкг/фильтр; <sup>147</sup>Sm до 0,0049 мкг/фильтр; U до 0,0044 мкг/фильтр; <sup>87</sup>Rb до 0,11 мкг/фильтр.

Колебания представленного бета-радиационно-химического состава атмосферных выпадений также должны составлять, наряду с физическими процессами, в том числе и антропогенного свойства, определенную долю выявленной пространственно-временной изменчивости изученных процессов. Поэтому продолжение текущего мониторинга и геохимическая и экологическая оценка его результатов являются важными научно-практическими задачами.

**Выводы.** 1. По данным радиэкологического мониторинга в причерноморских районах юго-восточного Крыма (Севастополь, Керчь, Феодосия) в 2002 – 2009 годах атмосферные выпадения суммарных бета-радионуклидов имеют внутригодовой немонотонный пространственно-временной характер.

2. Значения суточных потоков немонотонно изменялись в пределах 0 – 7,1 Бк/м<sup>2</sup> в Севастополе и Керчи, 0 – 5,3 Бк/м<sup>2</sup> в Феодосии.

3. Значения месячных потоков в Севастополе, Керчи и Феодосии в период мониторинга изменялись практически в два раза (от 34,9 – 37,8 до 73,8 – 78,4 Бк/м<sup>2</sup>·месяц). Максимальные значения наблюдались в Керчи.

4. Максимальные годовые потоки бета-радионуклидов наблюдались в 2006 году, а минимальные – в 2009 году для всех изученных территорий (779,4 – 807,3 Бк/м<sup>2</sup>·год).

5. За период наблюдений 2002 – 2009 годов в целом поток бета-радионуклидов (Бк/км<sup>2</sup>) на территорию Севастополя составил  $58,5 \cdot 10^8$ , Керчи –  $57,7 \cdot 10^8$ , Феодосии –  $57,0 \cdot 10^8$ .

6. В атмосферных выпадениях на территорию Севастополя в 2009 году

величина  $C_{\max}/C_{\min}$  для Th составляет 3,6; U – 2,8; Sm – 3,1; Rb – 185; K – 160 (нерастворимая форма) и 309 (растворимая форма).

7. Радиационно-химический состав суммарной бета-радиоактивности атмосферных выпадений является переменным и может влиять на характер ее пространственно-временной изменчивости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батраков Г.Ф., Чудиновских Т.В., Еркушов В.Ю., Рябинин А.И. Временная изменчивость выпадений бета-активных изотопов и <sup>7</sup>Be в Севастопольском регионе // Системы контроля окружающей среды / Средства, информационные технологии и мониторинг. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2005. – С. 258–261.
2. Рябинин А.И., Еркушов В.Ю., Шиббаева С.А. Мониторинг атмосферных потоков бета-радионуклидов в районе г. Севастополя. Тезисы докладов научной конференции «Ломоносовские чтения». – Севастополь: ЧФ МГУ, 2010. – С. 23–24.
3. Рябинин А.И., Шиббаева С.А., Еркушов В.Ю. Радиогидрохимия Азовского моря и мониторинг радиоактивности атмосферных выпадений // Системы контроля окружающей среды / Средства, информационные технологии и мониторинг. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2008. – С. 375–377.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) – Київ, 1997. – 112 с.
5. Батраков Г.Ф., Чудиновских Т.В. <sup>7</sup>Be и поступление стратосферных воздушных масс в приземную атмосферу // Системы контроля окружающей среды / Средства, информационные технологии и мониторинг. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2008. – С. 345–350.
6. Ильин Ю.П., Рябинин А.И., Мальченко Ю.А. и др. Состояние загрязнения атмосферных осадков г. Севастополя в 1997 – 2006 гг. // Труды Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. – № 255, 2006. – С. 165–183.