

УДК 621.039.76+614.876

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ БЕРЕГОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ БАЗ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

Данилян В.А. (ИБРАЭ), Высоцкий В.Л., Максимов А.А. (ВМФ)

Многолетняя деятельность береговых технических баз Тихоокеанского флота в сфере обращения с радиоактивными отходами, интенсивность эксплуатации спецобъектов, хранилищ с твердыми и жидкими радиоактивными отходами оказали радиационное воздействие на техническую территорию [1]. В то же время радиоэкологическая обстановка вблизи этих объектов, характеризуемая с помощью стандартных методов [2], почти не отличается от фоновой. Из приведенных в табл. 1 данных видно, что в отличие от окружающей среды радиоактивному загрязнению подверглась акватория и территория зоны режима радиационной безопасности береговых технических баз в бухте Сысоева (Приморский край). В настоящее время почти вся техническая территория этой базы загрязнена искусственными радионуклидами. На 80% ее площади мощность экспозиционной дозы составляет 0,15—2,4 мкГр/ч при фоне 0,1—0,15 мкГр/ч, на остальной — 2,4—600 мкГр/ч [2, 3]. На этой базе есть следующие постоянные источники радиоактивного загрязнения:

с 1985 г. хранилище № 7 высокоактивных твердых отходов, фактически оказавшее интенсивное радиационное воздействие на территорию базы, и хранилище № 5 отработавших ТВС, потенциально опасное для территории;

с 1986 г. хранилища № 1—5 низкоактивных твердых отходов;

с 1987 г. хранилища № 2, 3 жидких отходов;

с 1990 г. хранилище № 29 среднеактивных твердых отходов.

Первые признаки течи хранилища № 7 проявились весной 1986 г.: удельная активность почвы возросла в 2—3 раза, морских водорослей в 1,5 раза, хотя концентрация радионуклидов в морской воде в прибрежной полосе осталась на уровне фона. Летом радиационная обстановка ухудшилась (табл. 2).

Радиоактивные загрязнения подступили к береговой черте и частично попали в западный проход залива Стрелок, загрязнив его на расстояние до 50—100 м (табл. 3). Многолетние наблюдения показали, что этот источник остается действующим и по настоящее время (табл. 4).

Удельная активность поверхностных вод возле хранилища изменяется в диапазоне от 2 до 10 МБк/м³, почвы — от 0,4 до 1,6 МБк/кг. До 90% загрязнения определяется ¹³⁷Cs, остальное ⁹⁰Sr и другими радионуклидами. Коэффициент накопления ¹³⁷Cs почвой (отношение концентрации радионуклида в почве к его содержанию в воде) составляет 10 ± 5 . α -Излучающие радионуклиды не обнаружены. По пути движения радиоактивные вещества проникают в почву на глубину до 170 см, максимум их концентрации находится в верхнем 10—30-см слое.

В 1985 г. из хранилища отработавших ТВС № 5 в результате разгерметизации одной из ванн в почву поступило $\sim 1,5 \pm 0,1$ ТБк радиоактивных веществ. Только в 1991 г. первые признаки их выхода были обнаружены в овраге у хранилища № 6 на расстоянии более 100 м. Мониторинг глубинных слоев почвы выявил максимум загрязнения на горизонте 3 м, хотя в отдельных местах радионуклиды проникли до 10—15 м. Такое интенсивное их распространение связано с наличием микротрещин в скальных породах, на которых построены хранилища (в глинистой почве распространение не превышает единиц метров по вертикали и десятков метров в горизонтальной плоскости в течение нескольких десятков лет).

Более обширное загрязнение образовалось со стороны бухты Сысоева, что связано с близким расположением низкоактивных хранилищ твердых № 1—5 и жидких отходов № 2, 3 (рис. 1). Вся прилегающая к ним территория оказалась загрязнена ¹³⁷Cs концентрацией 100—6000 Бк/кг (максимальное значение 370 кБк/кг), наполовину ⁶⁰Co (20—3700 Бк/кг) и частично ⁵⁴Mn (5—3000 Бк/кг). В последующие годы содержание последнего существенно понизилось, и в настоящее время он не обнаруживается.

**Т а б л и ц а 1. Радиозкологическая обстановка на территории
и акватории береговых технических баз Тихоокеанского флота**

Параметр	Акватория				Территория				Жилой массив
	Зона режима радиационной безопасности			Санитарно-защитная зона	Зона режима радиационной безопасности			Санитарно-защитная зона	Зона наблюдений
	Мощность экспозиционной дозы, мкГр/ч								
	Фон+0,1	0,6	2,4	Фон+0,1	Фон + 0,1	0,6	2,4	Фон+0,1	Фон+0,1
Приморье, б. Сысоева									
Площадь загрязнения, %	35	25	15	Нет	45	25	7	Нет	Нет
Удельная активность почвы, доля ПДК:									
¹³⁷ Cs	0,01—0,1	0,1—1,0	1—35	0,005	0,01—0,1	0,1—1,0	10—100	<0,005	<0,005
⁹⁰ Sr	<0,001	<0,01	0,1—5,0	<0,003	<0,01	0,01—0,1	1—10	<0,003	<0,003
⁶⁰ Co	0,1—1,0	1—5	5—360	0,07	0,01—0,1	0,1—10,0	10—2000	<0,001	<0,001
фауны, флоры	0,01—0,05	0,05—0,1	0,1—0,5	<0,01	0,01—0,1	0,1—1,0	1—5	<0,001	<0,001
Камчатка, б. Крашенинникова									
Площадь загрязнения, %	<1	<0,1	<0,01	Нет	<0,1	Нет	Нет	Нет	Нет
Удельная активность почвы, доля ПДК:									
¹³⁷ Cs	<0,005	< 0,01	0,01—0,1	<0,005	0,0—0,1			<0,01	<0,005
⁹⁰ Sr	<0,003	<0,005	<0,01	<0,003	<0,01			<0,01	<0—003
⁶⁰ Co	0,01—0,1	0,1—1,0	1—20	<0,001	0,1—0,5			<0,01	<0—001
фауны, флоры	<0,001	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01			<0,001	<0,001

Т а б л и ц а 2. Радиоактивные загрязнения оврага на разном расстоянии от хранилища № 7

Расстояние, м	Мощность дозы, мкГр/ч	Плотность β -активных загрязнений, распад/(мин·см ²)
1	800	8000
3	20	6000
6	15	6000
10	20	7000
15	20	8000
20	60	8000
27	22	6000
32	12	6000
45	15	8000
55	7	6000
63	6	2000
72	8	1000
78	3	600
82	2	300

Примечание. Удельная активность растительного покрова увеличилась в 100—300 раз и достигла 20 кБк/кг.

Т а б л и ц а 3. Удельная активность морской воды за хранилищем № 7 на разном расстоянии от берега в июне 1986 г., 37 Бк/м³

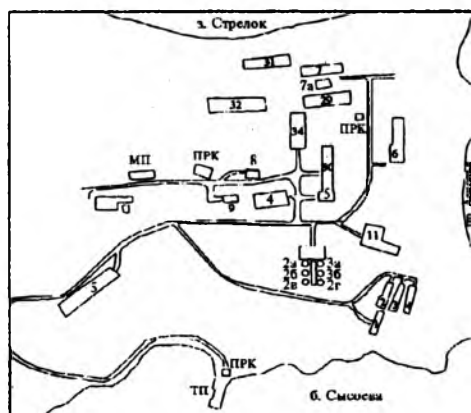
Расстояние, м	10 июня	11 июня	12 июня	13 июня	17 июня	19 июня	25 июня
2	14	12,6	9,1	19	31	360	360
20	—	8	—	1,8	19	16	11
500	4	—	5	3	4	6	—

Примечание. Фоновая удельная осколочная активность морской воды составляет 180 ± 50 Бк/м³, суммарная с естественными радионуклидами — 11 ± 1 кБк/м³.

Т а б л и ц а 4. Мощность дозы γ -излучения вблизи аварийного хранилища № 7 в разные годы, мкГр/ч

Контрольная точка	1986 г.	1987 г.	1989 г.	1991 г.	1992 г.	1994 г.	1996 г.
1	800	200	90	3	2	150	45
2	20	18	15	10	8	30	17
3	3	3	2	2	1	2	1

Примечание. Расположение контрольных точек: 1 — начало течи, 2 — средняя часть, 3 — береговая черта.



Р и с. 1. Расположение спецобъектов на территории береговой технической базы: 5, 11, 30 — хранилища отработавших, 6, 34 — свежих ТВС; 7, 7а, 31 — хранилища высокоактивных твердых, 29 — среднеактивных, 1—5, 32 — низкоактивных твердых, 2а, 2б, 2в, 2г, 3а, 3б — жидких радиоактивных отходов; 4 — спецпрачечная, спецлаборатории; 8 — пункт дезактивации автотранспорта; МП — медицинский пункт; ПРК — пункт радиационного контроля; ТП — технический пирс

Наибольшие вариации содержания радиоактивных веществ в окружающей среде отмечены у емкостей с жидкими отходами. Анализ результатов многолетних наблюдений показывает, что с периодичностью 1—2 года происходят залповые выбросы жидких отходов на территорию. Они, как правило, совпадают с периодом интенсивных атмосферных выпадений и обусловлены вторичным вымыванием радионуклидов из загрязненных дренажных и канализационных систем. В эти периоды удельная активность почвы возрастает в 200—300 раз по сравнению с предшествующим состоянием и достигает 0,3 МБк/кг. Подобное наблюдается и в районе хранилища отработавших ТВС № 5. Во всех местах загрязнение происходит преимущественно ^{137}Cs (табл. 5, 6).

Т а б л и ц а 5. Содержание искусственных радионуклидов в хранилищах жидких отходов и почве на прилегающей к ним территории, 3,7 Бк/л(кг)

Место отбора	^{137}Cs	^{90}Sr	^{144}Ce	^{60}Co
Емкость				
2а	1400	256	780	0,016
2б	190	9	13	0,014
2в	740	5	150	0,013
2г	80	7	11	0,011
Почва, точка				
1	4900	7	54	0,13
2	58	5	57	0,02
3	20	<1	<1	0,03
4	5300	75	12	19,1
5	150	6	6	1,3
6	110	5	3	1,1

Т а б л и ц а 6. Содержание искусственных радионуклидов в почве в районе течи ванн для хранения отработавших ТВС (сооружение № 5), 3,7 Бк/кг

Проба	^{137}Cs	^{90}Sr	^{144}Ce	^{60}Co
1	550	0,8	37	3
2	180	3,6	70	5
3	190	2,3	4	4

Средние коэффициенты накопления радионуклидов почвой в районе расположения емкостей с жидкими отходами таковы: ^{137}Cs — 3 ± 2 , ^{144}Ce $0,1 \pm 0,1$, ^{90}Sr — $1,4 \pm 1,0$, ^{60}Co — 1500 ± 500 . По цепочке почва—трава радионуклиды частично поступают в растительный покров. Коэффициенты перехода ^{137}Cs не постоянны и по нашим данным составляют для одной разновидности трав $0,3 \pm 0,2$, для другой — $0,04—0,001$.

Наиболее полное представление о степени загрязнения технической территории дает анализ картограмм, полученных в разные годы (рис. 2). Видно, что наибольшая мощность экспозиционной дозы наблюдается в районе расположения хранилищ средне- и высокоактивных твердых № 7, 7а, 29 и жидких отходов № 2, 3. На 20—30% площади она превышает 0,6 мкГр/ч, на 3—8% — 2,4 мкГр/ч (табл. 7).

Из этих данных следует, что дезактивация территории привела к временному улучшению радиационной обстановки (в 1993—1994 гг. площади уменьшились в 1,5—2,5 раза), однако в последующем загрязнение вновь вернулось в исходное состояние. Одна из причин такого положения связана с тем, что верхний однометровый слой почвы вокруг хранилищ насыщен радиоактивными веществами и является вторичным источником загрязнения. Это подтверждается периодическим изменением внешних границ зоны с $P_y > 0,6$ мкГр/ч (см. рис. 2).

Сравнительный анализ картограмм показал, что площадь загрязнения почвы с мощностью экспозиционной дозы, измеренной на уровне 0,1 м, на 10—20% больше, чем на уровне 1 м. Различий мощности экспозиционной дозы для уровня 1 и 2 м нет, за исключением зон, прилегающих к хранилищам высокоактивных твердых отходов № 7, 7а, что свидетельствует о наличии в их защите радиационных неплотностей («прострелов»).

Комплексные исследования, проводившиеся более 10 лет, позволили получить общее представление о базе как источнике внутреннего и внешнего загрязнения. Из данных, приведенных в табл. 8, следует, что почти половина хранилищ является постоянным источником радиоактивного загрязнения территории береговой технической базы. Из этих хранилищ вытекло $1,6 \pm 0,1$ ТБк жидких отходов, что составляет 0,001% суммарной активности. Примерно 0,04—0,11 ТБк сосредоточено в поверхностном однометровом слое почвы. Около 1,5 ТБк находится на горизонте 3—10 м (на поверхность вышло до 0,1 Ки). За пределы береговой базы в западный проход залива Стрелок ежегодно поступает до 0,01 ТБк, в бухту Сысоева — около 37 МБк/год.

Т а б л и ц а 8. Содержание техногенных радионуклидов в хранилищах береговой базы и окружающей среде на технической территории, 37 ГБк

Номер хранилища	Вид отходов	Содержание	Поступило в окружающую среду
5	Отработавшие и свежие ТВС	—	
	Жидкие, твердые	53	41 ± 1
7	Твердые	100 000	2 ± 1
2, 3	Жидкие	7	До 0,1
29	Твердые	563	До 0,1
1—5	*	72	До 0,1
11	Отработавшие ТВС, твердые	220 000	Нет
30	Отработавшие ТВС	3 578 000	*
7а	Сборка 26	—	*
6	Свежие ТВС	6	*
31	Твердые	58 400	*
32	*	5	*
Итого		3 957 106	43 ± 2

Примечание. После течи одной из ванн сооружения № 5 для хранения отработавших ТВС последние перемещены в хранилище № 30.

В августе—декабре 1998 г. были закончены основные работы по нормализации радиационно-экологической обстановки в районе сооружения № 7 — снята грунтовая обваловка хранилища, вскрыты загрузочные люки, проведена ревизия отсеков, из отсеков хранилища откачано 560 т жидких отходов, проведено экранирование отсеков с наиболее активными твердыми отходами, на побережье построена автомобильная дорога вдоль откоса, загрязненного радиоактивными веществами, оборудована защитно-охранная полоса от откоса до уреза воды шириной 20 м, загрязненный грунт с доступных для техники участков откоса и побережья собран, захоронен в штатные хранилища твердых отходов. Фактически ликвидирован этот источник загрязнения территории и акватории, предотвращено его дальнейшее загрязнение жидкими отходами.

На охранно-защитной полосе предусмотрена возможность оперативной дезактивации с помощью технических средств (автомобильной и крановой техники) загрязненных участков на побережье, которые могут появиться в результате смыва радиоактивных веществ с верхних уровней откоса, оставшихся загрязненными в связи с технической невозможностью их дезактивации.

В соответствии со специально разработанным проектом проведены работы по строительству бетонного покрытия сооружения и отсечного дренажа.

В настоящее время радиационная обстановка на территории береговой технической базы характеризуется как нормальная. Радиоэкологическая обстановка в зоне режима радиационной безопасности и санитарно-защитной зоне характеризуется как нарушенная в связи с наличием в течение последних 10—13 лет нескольких постоянно действующих источников радиоактивного загрязнения объектов внешней среды, приводящих к загрязнению территории и акватории техногенными радионуклидами в десятки—тысячи раз выше фоновых значений. За ограждение технической территории базы на побережье бухты Сысоева и западного прохода залива Стрелок выходят три локальных участка радиоактивного загрязнения местности с уровнем излучения, превышающим нормативное для санитарно-защитной зоны.

Проведенными в 1997—1999 гг. работами по нормализации радиационно-экологической обстановки в районе расположения хранилищ твердых отходов № 7 и 29 прекращено дальнейшее поступление радиоактивных веществ на склон и побережье, появилась возможность оперативно обнаруживать и убирать радиоактивные вещества, которые могут вымываться из грунта с верхних уровней откосов за сооружениями.

После нормализации радиационной обстановки в районе сооружения № 7 на первое место по радиоэкологической опасности для окружающей среды вышли загрязненные овраги, ведущие от траншейных хранилищ № 1—5 и емкостей для жидких отходов № 2—3 к побережью бухты Сысоева в районе пирса. Остается неизвестным расположение и количество радиоактивных веществ, находящихся в грунте в районе сооружения № 5 до места выхода радионуклидов на поверхность за сооружением № 6.

В период с 1985 г. по настоящее время на береговой технической базе проводят систематические организационные и технические мероприятия, направленные на выявление, локализацию и ликвидацию загрязнения объектов внешней среды радиоактивными веществами.

Для дальнейшей нормализации радиоэкологической обстановки первоочередными являются следующие мероприятия:

деактивация и реабилитация загрязненных земельных участков за сооружениями № 6, 7, в районе от сооружения № 2—3 до пирса, оврагов ниже траншейных хранилищ № 1—5;

деактивация и реабилитация дна бухты Сысоева в районе пирса;

переработка жидких отходов в связи с 100%-ным заполнением хранилищ;

проведение исследовательских работ по уточнению границ участка и определению количества техногенных радионуклидов в грунте на территории от сооружения № 5 до оврага за сооружением № 6 и принятие решения по локализации этого участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саркисов А.А. Анализ современного состояния и пути решения проблемы утилизации АПЛ. — В кн.: Проблемы вывода из эксплуатации и утилизации АПЛ. Материалы Межд. семинара, Москва, 19—22 июня 1995 г. М., 1999, с. 3—34.
2. Руководство по контролю за радиоактивным загрязнением внешней среды и внутренним облучением личного состава кораблей с АЭУ. М.: Воениздат, МО РФ, ВМФ, 1991. 96 с.
3. Высоцкий В.Л., Борисов А.В., Гичев Д.В. и др. Оценка состояния радиоэкологической обстановки в пунктах базирования и обеспечения кораблей с АЭУ ТОФ в Приморском крае. НИР «Мониторинг», Владивосток, 1997, 97 с.