

УДК 621.039.76+614.876

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

*Чайковская Э.Л. (ПУГМС), Высоцкий В.Л. (ВМФ), Гичев Д.В.
(Комитет по природным ресурсам администрации Приморского края)*

При использовании атомной энергии в мирных и военных целях существенно возросло воздействие техногенного ионизирующего излучения на население и окружающую природную среду. Для Приморского края это имеет особое значение в связи с тем, что на его территории находится большое число ядерно и радиационно опасных объектов ВМФ. Край подвергается глобальным выпадениям, образовавшимся в результате испытаний ядерного оружия и аварии на Чернобыльской АЭС. Кроме того, на его территории несколько сот организаций используют в производственных и научных целях около 60 тыс. источников ионизирующего излучения.

Ядерные и радиационные объекты ВМФ сосредоточены на южном побережье Японского моря, которое является наиболее населенным, через порты которого проводится регулярное воздушное и морское сообщение с зарубежными странами. Пункты временного хранения атомных подводных лодок, выведенных из боевого состава Тихоокеанского флота, судоремонтные заводы и береговая техническая база существуют в интересах утилизации подводных лодок, хранения, переработки радиоактивных отходов, транспортировки ядерного топлива морским и железнодорожным транспортом.

В течение 16 лет на п-ове Дунай сохраняются локальные участки радиоактивного загрязнения лесного массива, территории судоремонтного завода и морской акватории бухты Чажмы, а также заливов Стрелок и Уссурийский продуктами аварии, произошедшей 10 августа 1985 г. на атомной подводной лодке. В северо-западной части Японского моря располагаются районы захоронения радиоактивных отходов Тихоокеанского флота, в юго-западной и южной — ядерной энергетики Южной Кореи и Японии. Несмотря на это, радиационно-гигиеническая паспортизация показала, что радиационная обстановка на всех объектах края, использующих источники ионизирующего излучения, остается нормальной. Не обнаружено превышения предела дозы для персонала (группы А) и ограниченной части населения (группы Б). За последние 16 лет не было радиационных аварий, происшествий и не отмечены лучевые патологии (табл. 1). Облучение персонала группы А не превышает 20% среднегодовой допустимой дозы (20 мЗв/год), ограниченной части населения — 2—25% (5 мЗв/год). Наибольшую дозу получают специалисты в медицинских учреждениях и на промышленных предприятиях. Для населения общая доза на 60—80% определяется природными источниками ионизирующего излучения, на 20—40% — медицинскими процедурами, 0,9% — облучением за счет глобальных выпадений и 0,1% — источниками техногенного излучения (эксплуатация кораблей) [4]. Доза космического излучения и природных радионуклидов соответствует 1—10 мЗв/год (вклад радона 0,6—8,6 мЗв/год) [1, 2]. Несмотря на столь разительное отличие в дозе, получаемой населением от природных и техногенных источников ионизирующего излучения, общественное мнение продолжает основное внимание уделять последствиям аварии на атомной подводной лодке в б. Чажме, игнорируя объективные данные контроля за состоянием радиационной обстановки в крае.

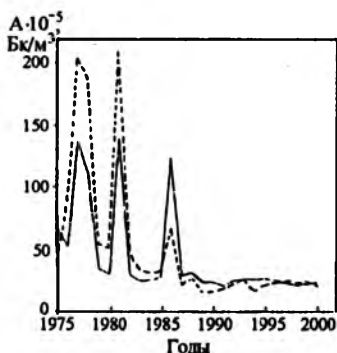
Систематические наблюдения на территории страны за радиоактивным загрязнением окружающей природной среды начали проводиться Гидрометеослужбой СССР с 1961 г. В Приморском крае эти функции возложены на Приморское территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ПУГМС), в обязанности которого входит ежедневное измерение мощности экспозиционной дозы на 32 станциях, отбор атмосферных выпадений на 10 метеостанциях и непрерывный отбор аэрозолей на одной станции во Владивостоке. Эпизодически проводят отбор проб

и радионуклидный анализ пресной воды из оз. Ханка, морской воды и донных отложений в заливе Петра Великого, Японском море, в районе аварии на подводной лодке в б. Чажме. На объектах флота радиоэкологическим контролем занимаются специалисты Тихоокеанского флота [3, 4], однако ПУГМС осуществляет независимую государственную экспертизу.

Т а б л и ц а 1. Доза облучения персонала и ограниченной части населения Приморского края в 1999—2000 гг. техногенными источниками ионизирующего излучения на разных объектах [1]

Предприятия, организации		Персонал, чел.		Годовая доза, мЗв	
Вид	Число	Группа А	Группа Б	Группа А	Группа Б
Медицинские	165	722	128	$3,3 \pm 1,1$	$1,2 \pm 0,4$
Промышленные	34	820	4212	$3,4 \pm 1,1$	$0,3 \pm 0,1$
Научные	11	48	11	$1,0 \pm 0,3$	$0,01 \pm 0,005$
Таможенные	11	136	12	$0,4 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$
Прочие*	19	39	0	$0,1 \pm 0,05$	$< 0,01$

*Организации, имеющие контрольные источники ионизирующего излучения и радиоизотопные извещатели дыма. Тихоокеанский флот имеет 145 объектов, использующих источники ионизирующего излучения, на которых среднегодовая доза облучения группы А не превышает 20 мЗв, группы Б — 5 мЗв.



Р и с. 1. Изменение объемной активности аэрозолей в приземном слое атмосферы Дальневосточного региона (—) и Приморского края (---) в разные годы

Непрерывные наблюдения, проводимые ПУГМС за радиоактивностью окружающей среды в течение многих лет, дают представление о процессах, проходящих в приземном слое атмосферы на территории края (рис. 1). К примеру, максимум 1976—1978 гг. обусловлен ядерными испытаниями в СССР и КНР. Увеличение объемной активности аэрозолей в 1981 г. вызвано последним испытанием в КНР ядерного оружия в атмосфере 16 октября 1980 г. в районе оз. Лобнор, в 1986 г. — аварией на Чернобыльской АЭС. Их последствия через 1—3 месяца с момента проведения испытаний наблюдали в течение 6—10 месяцев на территории всего Дальневосточного региона: в 10—30 раз повышалась объемная активность аэрозолей, в 2—5 раз — плотность атмосферных выпадений (табл. 2).

Последствия ядерных испытаний в октябре 1980 г. в КНР проявились в Приморском крае через месяц появлением в воздухе Владивостока искусственных радионуклидов ^{90}Sr , $^{95}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$, ^{137}Cs , ^{140}Ba и др. Наибольшее их количество отмечено в апреле 1981 г., что характерно для мощных взрывов с поступлением радионуклидов в стратосферу. В этот период суммарная концентрация аэрозолей возросла до $770 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ и оказалась в 10 раз выше предыдущего года, плотность атмосферных выпадений увеличилась в 2 раза.

После аварии на Чернобыльской АЭС изменение радиационной обстановки в крае отмечалось уже в начале мая. Суммарная объемная β -активность аэрозолей по сравнению с апрелем возросла в 16 раз. В воздухе появились ^{99}Mo , ^{131}I , ^{132}Te , ^{134}Cs , ^{137}Cs и ^{140}Ba . Среднемесячная концентрация ^{131}I составляла $433 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, ^{134}Cs — $70 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, ^{137}Cs — $116 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ и ^{140}Ba — $47 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Отметим, кстати, что в соответствии с НРБ-99 такое радиоактивное загрязнение атмосферы не превышало 0,02% допустимой для населения среднегодовой объемной активности в воздухе. В июне ситуация стабилизировалась. В незначительной концентрации продолжали регистрировать ^{134}Cs и ^{137}Cs , но их вклад в суммарную активность аэрозолей и атмосферных выпадений был мал.

Т а б л и ц а 2. Среднемесячная β -активность аэрозолей в приземном слое атмосферы и плотность радиоактивных выпадений в Дальневосточном регионе в периоды испытаний ядерного оружия, техногенных аварий [6] (верхняя цифра — объемная активность, 10^{-5} Бк/м³, нижняя — плотность выпадений, Бк/(м²·мес))

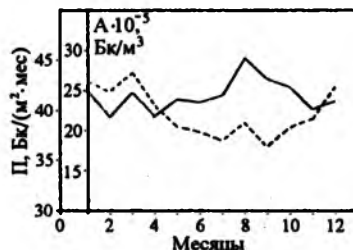
Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Ок- тябрь	Но- ябрь	Де- кабрь
1976*	20	27	30	35	24	18	18	16	16	160	144	62
	186	178	102	189	138	153	147	151	161	346	198	216
1977*	37	30	48	89	196	181	170	259	192	211	150	107
	146	119	158	141	241	311	347	252	669	269	172	132
1978*	106	114	184	240	224	160	83	58	40	30	24	27
	75	77	92	144	158	124	141	84	68	56	67	81
1980*	29	29	26	26	20	25	21	25	16	19	46	64
	57	56	45	48	49	51	50	42	50	55	56	66
1981*	91	111	213	379	391	210	115	46	28	26	30	29
	68	65	60	92	135	132	106	79	58	48	46	46
1985**	37	23	24	25	24	22	29	25	24	30	29	37
	68	57	52	51	51	51	49	49	47	55	51	62
1986***	30	33	28	34	1051	76	44	32	34	34	36	42
	59	51	58	57	302	67	57	67	59	55	53	61
Среднее 1990— 2000	26	25	27	23	20	20	19	21	18	20	21	25
	42	39	42	39	41	41	42	45	43	42	40	41

*Ядерные испытания.

,*Авария на подводной лодке в б. Чажме и Чернобыльской АЭС соответственно.

Начиная с 1987 г. радиационная обстановка в крае постоянно улучшается. Доля ^{137}Cs и ^{90}Sr в общей активности аэрозолей в период 1987—2000 гг. снизилась с 2% до 0,2%, радиоактивность атмосферы на 99,8% стала определяться природными элементами. Во Владивостоке она сопоставима с наблюдаемой в Хабаровске и в силу географических различий традиционно выше, чем в Южно-Сахалинске и Петропавловске-Камчатском (табл. 3).

В течение нескольких лет после аварии на Чернобыльской АЭС отношение концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr в атмосфере возвратилось к исходным значениям и стало равным $1,9 \pm 0,3$ против 87 ± 17 в 1986 г., что свидетельствует о наступлении ранее нарушенного радиационного равновесия. Однако это равновесие следует считать условным. Под воздействием метеорологических факторов содержание искусственных радионуклидов постоянно меняется от одного сезона года к другому и имеет свои особенности в отдельных районах Дальневосточного региона (табл. 4, 5). Из зависимостей, приведенных на рис. 2, видно, что в январе—апреле в атмосфере региона происходят перестроечные процессы. Суммарная объемная β -активность аэрозолей на 30—40% превышает аналогичные показатели для июля—августа и возвращается к исходному состоянию только в ноябре—декабре. В летний период атмосфера более интенсивно очищается от радиоактивных веществ, соответственно в июле—августе формируется максимум плотности радиоактивных выпадений.



Р и с. 2. Изменение объемной активности аэрозолей (— — —) и плотности радиоактивных выпадений (—) в течение года в Дальневосточном регионе (усредненные результаты 1990—2000 гг., погрешность 10%)

Т а б л и ц а 3. Среднегодовая концентрация искусственных радионуклидов в атмосфере краевых и областных городов Дальнего Востока, 10^{-5} Бк/м³ [6]

Год	Владивосток		Хабаровск		Южно-Сахалинск		Петропавловск-Камчатский	
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1984	0,13	0,08	0,24	0,12	0,13	0,07	0,05	0,03
1985	0,13	0,08	0,24	0,12	0,12	0,06	0,05	0,02
1986	10,5	0,18	39,5	0,32	17,0	0,20	6,60	0,08
1987	0,34	0,07	0,43	0,11	0,16	0,04	0,20	0,03
1988	0,15	0,05	0,24	0,06	0,09	0,03	0,04	0,01
1989	0,10	0,04	0,24	0,08	0,09	0,04	0,04	0,02
1990	0,06	0,02	0,12	0,04	0,06	0,02	0,04	0,01
1991	0,05	0,02	0,08	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01
1992	0,05	0,02	0,07	0,03	0,04	0,02	0,02	0,01
1993	0,04	0,02	0,06	0,03	0,04	0,02	0,02	0,01
1994	0,06	0,01	0,06	0,03	0,05	0,01	—	0,01
1995	0,04	0,02	0,05	0,03	—	—	0,01	0,005
1996	0,05	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,006
1997	0,06	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,004
1998	0,05	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	—	—
1999	0,04	0,02	0,03	0,02	0,01	0,006	—	—
2000	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,005	—	—

Т а б л и ц а 4. Отношение концентрации ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы в Приморском крае и Дальневосточном регионе в разные периоды года [6, 7]

Район	Квартал				В среднем
	I	II	III	IV	
Владивосток	1,7±0,3	2,5±0,4	2,1±0,3	2,6±0,3	2,3±0,3
Дальневосточный регион	1,5±0,3	1,9±0,3	2,1±0,3	2,2±0,3	1,9±0,3

Т а б л и ц а 5. Среднеквартальная концентрация ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы в различных городах Дальневосточного региона, 10^{-5} Бк/м³ [6, 7]

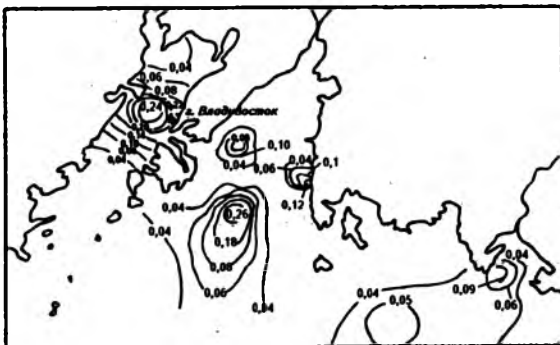
Город	Квартал				В среднем
	I	II	III	IV	
Владивосток	0,031±0,005	0,025±0,003	0,014±0,004	0,020±0,004	0,022±0,005
Хабаровск	0,018±0,003	0,025±0,004	0,023±0,003	0,018±0,005	0,021±0,005
Южно-Сахалинск	0,007±0,002	0,007±0,002	0,006±0,002	0,007±0,002	0,007±0,002
Петропавловск-Камчатский	0,004±0,002	0,006±0,003	0,005±0,002	0,003±0,002	0,004±0,003
Среднее по Дальневосточному региону	0,016±0,006	0,020±0,007	0,017±0,006	0,012±0,005	0,016±0,007

Примечание. Средняя по Дальневосточному региону концентрация оценена по данным, полученным в 1995—2000 гг. во Владивостоке, Хабаровске, Южно-Сахалинске, Петропавловске-Камчатском, Благовещенске, Сковородине, Чите, Магадане, Мирном, Якутске.

Однако не во всех районах Дальневосточного региона сезонные вариации ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr следуют отмеченной закономерности. В отдельных местах наблюдается совпадение с общей зависимостью (Владивосток), в других они носят противоположный характер (Хабаровск, Петропавловск-Камчатский) или постоянны (Южно-Сахалинск). В целом же межсезонные отклонения составляют ±30—60%.

Подобным изменениям подвержены и вариации природных радионуклидов, однако с ними несколько раз в году связаны крайне резкие отклонения, которые достигают двух—десяти крат и обусловлены тайфунной и циклонической активностью над территориями Дальневосточного региона и Приморского края. В результате подъема и переноса почвы образуются локальные области повышенного содержания естественных радионуклидов, формирующие аномальные зоны радиусом несколько десятков километров, которые хорошо наблюдаются на поверхности морской воды (рис. 3).

Радиоактивное загрязнение атмосферы является определяющим источником радиоактивных выпадений, что приводит к увеличению удельной активности почвы, растительности, воды, гидробионтов и донных отложений. На территории края в настоящее время концентрация ^{137}Cs и ^{90}Sr в пахотном слое составляет 2—13 и 1—6 Бк/кг, на некультивируемых участках (лесных массивах) — 30—65 и 10—30 Бк/кг соответственно. Из данных табл. 6 видно, что радиоактивность почвы в среднем на 99% определяется излучением природных радионуклидов и на 1% глобальными выпадениями (пространственные вариации достигают 0,5—2%). Соответственно мощность экспозиционной дозы в течение многих лет остается постоянной и определяется естественным состоянием γ -поля. Из анализа данных, приведенных в табл. 7, следует, что на 90% территории края мощность экспозиционной дозы сравнима со среднестатистическими показателями, характерными для основных регионов России, на остальной части она имеет повышенные значения — до 20—30 мкР/ч. Пространственная неоднородность дополняется временной изменчивостью в пределах 0,3—0,6 мкР/ч, обусловленной вариациями космического излучения и метеорологическими факторами. Наблюдаются два максимума, соответствующие весеннему и осеннему периодам года (рис. 4).



Р и с. 3. Поле концентрации ^{214}Bi в поверхностном слое морской воды в з. Петра Великого после тайфуна [9]

Т а б л и ц а 6. Содержание природных и искусственных радионуклидов в пахотном слое почвы на территории Приморского края, Бк/кг [6, 7]

Район	Населенный пункт	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{137}Cs
1	2	3	4	5	6
Уссурийский	Уссурийск	450 ± 50	—	—	$4,1 \pm 0,7$
	Тереховка	620 ± 60	30 ± 6	48 ± 5	$5,0 \pm 0,9$
Спасский	Спасск-Дальний	570 ± 50	—	—	$3,3 \pm 0,8$
	Новосельское	480 ± 40	—	—	$8,6 \pm 1,2$
Октябрьский	Карсаковка	380 ± 20	14 ± 2	22 ± 2	$5,0 \pm 0,7$
Ханкайский	Астраханка	640 ± 40	—	—	$9,1 \pm 1,3$
	Новоселище	600 ± 30	—	—	$9,3 \pm 1,6$
	Владими́ро-Петровка	540 ± 50	—	—	$7,1 \pm 2,5$
Черниговский	Халкидон	490 ± 30	24 ± 4	50 ± 5	$7,8 \pm 1,6$
Хорольский	Хороль	510 ± 60	33 ± 5	40 ± 9	$11,2 \pm 2,7$

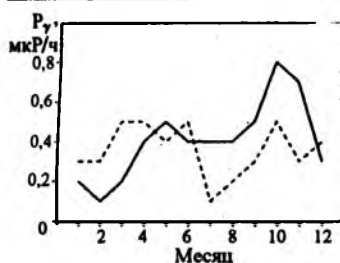
Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6
Пограничный	Пограничный	620±20	—		8,4±2,9
Яковлевский	Яковлевка	600±30	—	—	5,3±1,1
Среднее		540±70	25±6	40±9	7,0±2,5

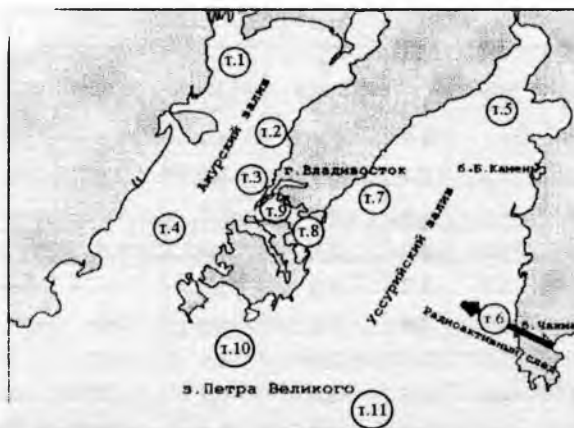
Примечание. В лесном массиве в районе Артема концентрация составляет, Бк/кг: возле водохранилища — ^{40}K 510±60, ^{137}Cs 29,2±3,3, в совхозе — ^{40}K 470±50, ^{137}Cs 65±4.

Т а б л и ц а 7. Изменение мощности экспозиционной дозы γ -излучения на территории Приморского края, мкР/ч [6]

Населенный пункт	Период наблюдений, год							Средняя	Интервал
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000		
Владивосток	12	12	12	12	12	12	11	11,9	8—16
Артем	12	12	13	13	13	13	13	12,7	10—19
Находка	12	12	13	12	13	12	12	12,3	8—19
Дальнереченск	12	10	11	11	11	11	11	11,0	7—16
Лесозаводск	13	13	13	12	12	12	12	12,4	9—18
Партизанск	12	11	12	12	11	11	11	11,4	8—16
Арсеньев	—	—	13	13	13	13	13	13,0	9—20
Анучино	13	—	—	13	13	—	13	13,0	9—19
Астраханка	13	13	13	13	14	13	12	13,0	8—20
Барабаш	11	12	12	12	12	11	11	11,6	8—18
Глубинное	13	15	—	—	—	—	—	14,0	10—22
Ковалерово	—	13	13	13	13	13	13	13,0	10—21
Малиново	10	12	11	11	11	11	10	10,9	7—19
Лазо	12	11	12	12	12	12	13	12,0	8—22
Ольга	12	12	13	13	14	14	13	13,0	8—18
Полтавка	12	12	12	12	12	12	12	12,0	8—17
Посыет	11	11	12	10	11	11	10	10,9	7—16
Преображение	12	13	12	12	12	12	12	12,1	8—17
Пограничный	—	—	13	13	12	13	12	12,6	9—16
Рудная Пристань	15	14	13	14	14	14	14	14,0	10—26
Свиячино	11	10	11	12	12	11	11	11,1	7—15
Тимирязевка	—	12	12	12	—	12	11	11,9	9—20
Турий Рог	12	12	12	12	12	12	10	11,7	8—16
Хороль	12	12	12	13	—	13	12	12,3	9—23
Халкидон	12	12	12	12	12	12	12	12,0	9—20
Чугуевка	12	12	11	11	11	12	11	11,4	8—18
Кировский	—	—	13	13	13	13	13	13,0	9—20
Маргаритово	—	—	20	20	20	—	—	20,0	13—25
Каменушка	—	—	11	11	11	11	10	10,8	7—17
Рощино	—	—	20	20	21	21	21	20,6	15—29



Р и с. 4. Изменение приращения мощности экспозиционной дозы γ -излучения в течение года на побережье (—) и в континентальных районах (---) Приморского края



Р и с. 5. Места отбора проб дождевых осадков в з. Петра Великого

Радиоактивное загрязнение озер и рек зависит от площадей водосбора, особенностей рельефа местности и почвенного покрова. В результате ответная реакция на начало ядерных взрывов, как правило, размыта и проявляется преимущественно в плавном увеличении концентрации искусственных радионуклидов в течение нескольких лет. Исследования показали, что закрытые водоемы в равных условиях формирования радиоактивного загрязнения земли интенсивнее накапливают радионуклиды, чем открытые. Концентрация ^{90}Sr в воде оз. Ханка в течение многих лет остается в 5—20 раз выше, чем в реках Дальневосточного региона, Японском море и северо-западной части Тихого океана (табл. 8). По мере удаления от источника радиоактивного загрязнения наибольшее содержание радионуклидов отмечается в районах, прилегающих к географическим параллелям, на которых проводили ядерные испытания или наблюдали радиационные катастрофы (см. табл. 3, 8, Хабаровск, р. Амур). Это согласуется с известным представлением о путях тропосферного переноса радиоактивных веществ и образования полосы повышенных радиоактивных выпадений на широте взрывов. Вынос радиоактивных веществ реками на побережье приводит к загрязнению заливов. Наибольшая концентрация наблюдается в их верховьях, наименьшая — в открытом море (рис. 5, табл. 9).

Т а б л и ц а 8. Изменение удельной активности ^{90}Sr в пресноводных и морских водоемах Дальневосточного региона и Приморского края, Бк/м³ [6—9]

Год	Дальневосточный регион, река							Приморский край		
	Амур	Селенга	Яна	Индигирка	Колыма	Камчатка	Тихий океан	оз. Ханка	з. Петра Великого	Японское море
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1979*	15,5	12,6	5,9	11,5	13,7	—	3,6	107	—	6,0
1980*	13,3	7,1	8,1	3,1	11,2	—	3,9	100	—	5,5
1981*	21,4	4,6	6,9	5,7	3,7	—	3,8	56,8	—	—
1982	16,4	8,9	10,8	7,8	3,8	—	2,8	89,3	—	—
1983	11,9	8,4	5,1	2,8	7,6	7,9	2,8	68,6	—	—
1984	14,3	8,5	4,6	5,9	5,5	5,5	3,1	53,5	—	3,2
1985	6,7	7,2	5,9	7,7	5,4	4,4	3,3	47,6	2,8	2,7
1986	8,0	5,3	8,1	3,8	4,2	3,0	3,2	44,1	5,9	3,5
1987	11,7	7,9	7,1	7,3	4,6	4,0	2,0	53,1	10,4	2,8
1988	12,5	5,7	4,3	3,3	5,0	2,8	1,8	60,8	4,1	—
1989	8,0	4,4	2,1	3,7	4,3	4,4	2,0	40,9	7,0	2,4
1990	9,3	3,4	—	3,5	4,2	3,4	2,0	36,7	6,3	2,2

Окончание табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1991	11,5	5,8	3,9	4,6	4,0	5,0	2,1	45,1	3,7	—
1992	8,3	4,1	3,3	3,7	3,9	2,5	2,0	37,0	—	—
1993	5,8	4,6	2,4	3,7	3,6	2,9	1,9	29,8	—	1,9
1994	5,8	6,4	2,8	3,4	2,5	1,3	1,2	30,1	2,2	2,2
1995	6,6	4,0	3,0	5,1	4,3	1,4	—	26,8	—	2,0
1996	6,1	3,3	3,2	4,5	3,1	—	—	23,7	—	—
1997	4,8	3,4	2,4	2,6	4,6	3,0	—	26,6	2,1	—
1998	6,3	4,6	3,3	2,8	3,6	3,4	—	19,4	—	—
1999	7,1	4,0	2,3	2,9	2,5	1,7	—	26,9	—	1,4
2000	5,8	—	2,9	3,2	3,0	1,8	—	21,8	1,9	1,6
Среднее	9,9	5,9	4,7	4,7	4,9	3,4	2,6	47,5	4,6	2,9

*Ядерные испытания. В мелководных водоемах и поверхностном слое воды отношение концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr постоянно и равно $1,6 \pm 0,1$ [8, 10]. Концентрация ^{137}Cs в донных отложениях оз. Ханка составляет 12 ± 4 Бк/кг, устьях рек з. Петра Великого — $12\text{—}17$ Бк/кг, в центральной и открытой частях — $6\text{—}10$ и $2\text{—}4$ Бк/кг соответственно, Японском море — $1\text{—}3$ Бк/кг [12].

Т а б л и ц а 9. Содержание природных и искусственных радионуклидов в донных отложениях з. Петра Великого, Бк/кг [7, 8]

Точка отбора пробы	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{137}Cs	^{60}Co
1*	540 ± 30	$13,2 \pm 3,2$	$39,2 \pm 6,1$	$11,3 \pm 3,2$	$< 2,9$
2*	590 ± 40	$10,2 \pm 1,8$	$28,8 \pm 4,1$	$12,7 \pm 3,5$	$< 1,9$
3*	560 ± 50	$12,5 \pm 1,4$	$34,9 \pm 4,2$	$7,6 \pm 3,1$	$< 1,0$
4*	680 ± 40	$13,2 \pm 5,1$	$20,0 \pm 4,0$	$5,0 \pm 2,2$	$< 1,8$
5**	610 ± 30	$16,4 \pm 5,9$	$28,1 \pm 9,2$	$12,7 \pm 2,2$	$< 1,4$
6**	470 ± 350	$10,2 \pm 5,3$	$12,6 \pm 3,2$	$6,5 \pm 2,3$	$3,8 \pm 0,9^{***}$
7**	620 ± 70	$19,8 \pm 7,3$	$29,4 \pm 6,4$	$3,7 \pm 1,2$	$< 2,2$
8**	560 ± 50	$15,6 \pm 8,5$	$30,9 \pm 9,2$	$3,9 \pm 1,6$	$< 0,9$
9****	520 ± 40	$11,3 \pm 5,0$	$26,1 \pm 6,7$	$6,2 \pm 1,9$	$< 1,4$
10****	620 ± 20	—	—	$1,8 \pm 0,5$	$< 0,7$
11****	730 ± 30	—	—	$< 0,9$	$< 1,6$

*Амурский залив.

**Уссурийский залив.

**Последствия аварии на подводной лодке в б. Чажме.

****Бухта Золотой Рог — открытая часть з. Петра Великого.

Концентрация ^{137}Cs усреднена за 1994—1998 гг.

Для з. Петра Великого характерно уменьшение средней концентрации ^{137}Cs в донных отложениях по мере отдаления от континента с запада на восток: Амурский залив — 10 ± 4 Бк/кг, Уссурийский залив — 7 ± 3 Бк/кг, з. Стрелок — 4 ± 2 Бк/кг, з. Находка — 3 ± 2 Бк/кг. В верховьях заливов в донных отложениях ^{137}Cs равномерно распределен в 10—15-см слое. По мере удаления в море слои уменьшаются до 5—10 см, в открытых районах не превышают 3—5 см.

В северо-западной части Японского моря наблюдается линейное изменение концентрации ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в поверхностном слое донных отложений с глубиной моря (H) в направлении побережье—районы захоронения радиоактивных отходов Тихоокеанского флота:

$$C = C_0 - kH, \quad (1)$$

где C_0 — средняя концентрация радионуклида у побережья на глубине 20 м (по ^{137}Cs составляет 5 ± 1 Бк/кг, $^{239,240}\text{Pu}$ — $1 \pm 0,2$ Бк/г); $k = (1,1 \pm 0,3) 10^{-6}$ Бк/(кг·м) для ^{137}Cs и $(0,2 \pm 0,1) 10^{-3}$ Бк/(кг·м) для $^{239,240}\text{Pu}$. Соотношение (1) справедливо при удалении от берега до глубины 3000 м. В этих условиях ^{90}Sr распределяется по экспоненциальной зависимости и на глубине 1000—3000 м его концентрация становится постоянной — $0,2 \pm 0,1$ Бк/кг.

В результате выноса реками почвы в придонных и промежуточных слоях морской воды формируются области с повышенной мощностью экспозиционной дозы, достигающей 3—5 мкР/ч при фоне $1 \pm 0,5$ мкР/ч. Мощность экспозиционной дозы повышается до 2—3 мкР/ч также в местах, где отмечаются восходящие потоки водной массы и течения размывают песчано-илистые породы донных отложений. Эоловые выносы формируют в поверхностном слое воды радиоактивные аномалии природного происхождения различных размеров и конфигураций на удалении до 50 км от берега (см. рис. 3).

Несмотря на многолетнее поступление глобальных выпадений в пресноводные и морские водоемы, концентрация искусственных радионуклидов остается незначительной, их содержание в гидробионтах в сотни и тысячи раз ниже норм, допустимых для населения при потреблении последних в пищу. Это положение относится ко всем морям Дальневосточного региона, включая и районы захоронения радиоактивных отходов. При этом не наблюдается особых отличий между ними в местах интенсивного захоронения (Японское море) или чистыми районами моря (Охотское море, табл. 10).

Т а б л и ц а 10. Состояние радиозоологической обстановки в районах захоронения радиоактивных отходов Тихоокеанского флота в Дальневосточном регионе (концентрация нуклидов в пробах выражена в долях ПДК) [11, 12]

Район	Захоронено, Ки	Радионуклид	Морская вода	Грунт	Рыба
Японское море	1493 жидкие, 3824 твердые отходы	^{137}Cs	0,001—0,002	0,0004—0,003	< 0,0001
		^{90}Sr	0,001—0,004	< 0,0001	< 0,0001
		$^{239,240}\text{Pu}$	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Охотское море	Захоронений нет	^{137}Cs	0,0008—0,001	0,0002—0,002	< 0,0001
		^{90}Sr	0,001—0,002	< 0,0001	< 0,0001
		$^{239,240}\text{Pu}$	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Северо-западная часть Тихого океана	361 жидкие, 2993 твердые отходы	^{137}Cs	0,0008—0,001	0,0002—0,002	< 0,0001
		^{90}Sr	0,001—0,002	< 0,0001	< 0,0001
		$^{239,240}\text{Pu}$	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Детальные исследования также были проведены во всех населенных пунктах, прилегающих к ядерным и радиационным объектам Тихоокеанского флота. Кроме стандартных наблюдений за состоянием радиационной обстановки, выполняемых ПУГМС и санэпидслужбой, в 1992—1998 гг. специалисты Тихоокеанского флота впервые провели их полное радиационное картографирование. Анализ картограмм показал, что γ -поле имеет неравномерный характер распределения. В каждом населенном пункте отмечаются аномалии, обусловленные излучением природных радионуклидов, расположение которых соотносится, как правило, с выходом горных пород (рис. 6, табл. 11).

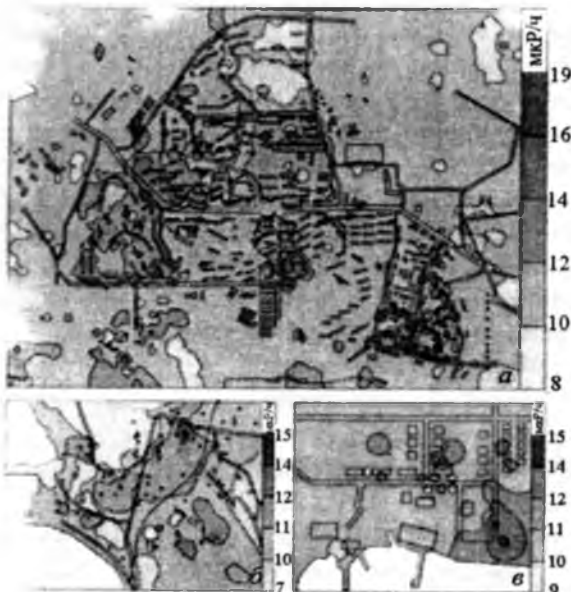
Т а б л и ц а 11. Содержание природных и искусственных радионуклидов в почве на территории п-ва Дунай, Бк/кг

Мощность экспозиционной дозы, мкР/ч	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{137}Cs	^{60}Co
12	650 ± 40	44 ± 4	22 ± 4	$< 1,5$	$18 \pm 3^*$
13	720 ± 50	41 ± 4	18 ± 4	4 ± 2	< 2
14	690 ± 50	52 ± 6	33 ± 6	11 ± 4	< 2
15	770 ± 50	52 ± 6	26 ± 5	12 ± 4	< 2
26**	880 ± 60	81 ± 8	28 ± 5	$< 1,5$	< 2
40***	1230 ± 70	96 ± 11	63 ± 7	$< 1,5$	< 2

*Обнаружен в щебне, который привезен из карьера, расположенного в районе аварии на атомной подводной лодке в б. Чажме.

**Отсыпки песка, привезенного из Ольгинского района.

***Выход скальных пород.



Р и с. 6. Состояние у-поля за пределами Дальневосточного завода «Звезда», в прилегающих к нему г. Большой Камень (а), пос. Андреевке (б) и пос. Чайкине (в)

Исследованиями установлено, что на территории всех жилых массивов, прилегающих к спецобъектам флота, радиоэкологическая обстановка соответствует фоновой. Однако в отдельных местах обнаруживаются радионуклиды техногенного происхождения, появление которых имеет индивидуальный характер (г. Большой Камень [5], п-ов Дунай — последствия аварии в б. Чажме), но измеряемая концентрация всегда в десятки и сотни раз остается ниже допустимых норм (табл. 12).

Из данных, приведенных в табл. 11, 12, можно сделать заключение, что авария на атомной подводной лодке в 1985 г. в б. Чажме не привела к радиоактивному загрязнению населенных пунктов, прилегающих к судоремонтному заводу, равно как и не

Т а б л и ц а 12. Фоновое состояние радиоэкологической обстановки на территориях, прилегающих к административным границам спецобъектов Тихоокеанского флота

Населенный пункт	Объекты Тихоокеанского флота	Мощность экспозиционной дозы, мкР/ч
Владивосток	Удален на 30—45 км от баз подводных лодок	12
Большой Камень*	Завод «Звезда», утилизация подводных лодок	11
Андреево*	Прилегает с юга к заводу «Звезда»	11
Чайкино*	Прилегает с севера к заводу «Звезда»	10
Павловский**	Отстой подводных лодок перед утилизацией	14
Темп***	Прилегает с юга к судоремонтному заводу	12
Разбойник***	То же с севера, отстой подводных лодок	12
Дунай***	Прилегает с юга к судоремонтному заводу	12
Ракушка	До 1998 г. отстой подводных лодок	16

*Отстоят на 0,5, 3 и 1 км соответственно от завода «Звезда».

**Основной пункт отстоя подводных лодок, в настоящее время там находятся три лодки с аварийными ЯЭУ.

***Удалены на 1,5, 1 и 3 км соответственно от места аварии подводной лодки в б. Чажме.

отразилась на обстановке во Владивостоке, в направлении которого развивался радиоактивный след (см. рис. 5). Локальный характер этой аварии подтверждается результатами радиационного контроля на территории Дальневосточного региона (см. табл. 2, 3) и Приморского края (см. табл. 6—9). Кроме того, в течение первых суток и в последующие месяцы после аварии в населенных пунктах, расположенных в 50-км зоне, не наблюдалось отличий объемной активности аэрозолей и плотности радиоактивных выпадений от фоновых значений (табл. 13, 14).

Т а б л и ц а 13. Объемная активность аэрозолей и плотность радиоактивных выпадений в августе 1985 г. в районе аварии атомной подводной лодки и 50-км зоне

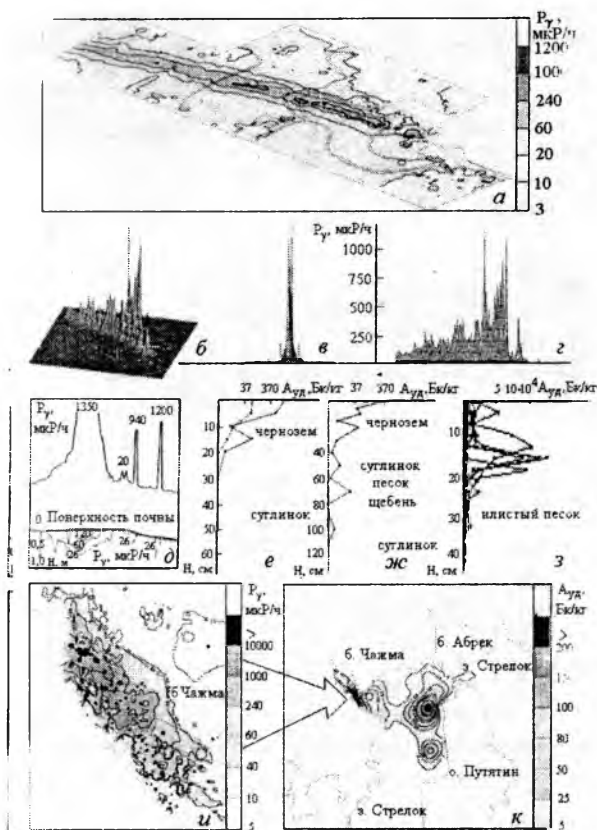
Дата	Судоремонтный завод		Владивосток		Большой Камень	Находка	Рудная Пристань
	10^{-5} Бк/ м^3	Бк/ $(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$	10^{-5} Бк/ м^3	Бк/ $(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$	Бк/ $(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$	Бк/ $(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$	Бк/ $(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$
01	20,6	1,4	2,4	0,5	0,8	2,8	1,5
02	13,6	0,8	7,2	0,6	0,6	1,1	1,9
03	22,1	1,5	12,9	0,6	1,1	0,9	0,3
04	35,4	1,9	45,2	1,7	2,3	2,0	1,4
05	26,7	1,6	19,5	1,0	2,6	2,2	2,0
06	16,6	1,1	7,0	1,9	2,2	1,8	1,2
07	14,2	0,9	14,2	1,5	2,5	3,2	1,2
08	18,5	1,3	5,5	1,3	1,6	2,0	0,1
09	24,3	1,7	6,5	1,5	1,1	1,9	0,9
10	410 000	9400	12,7	1,3	1,9	1,4	0,9
11	36 000	2700	16,3	1,3	1,9	1,5	1,7
12	3800	300	14,9	2,8	2,2	3,0	0,8
13	3600	200	7,1	1,9	1,1	0,1	1,0
14	3700	18	6,6	1,3	1,7	0,5	0,7
15	2600	90	7,1	1,6	2,1	0,8	2,2
16	3500	280	12,0	2,8	2,4	1,9	1,8
17	2500	20	31,1	2,9	3,3	1,1	2,4
18	1100	20	21,0	1,6	2,6	3,4	0,7
19	2300	7	9,8	3,2	3,9	1,3	0,8
20	700	5	13,1	5,5	4,5	1,1	2,9
21	400	15	8,9	3,4	4,4	0,4	1,0
22	550	7	3,5	2,9	2,1	0,7	0,9
23	370	7	9,5	2,1	2,0	1,7	0,9
24	350	6	5,7	1,4	1,9	1,0	2,2
25	360	5	15,2	3,5	3,8	1,6	4,6
26	350	4	21,9	2,7	2,3	1,9	1,5
27	400	7	31,1	1,4	2,4	1,2	3,2
28	620	4	35,3	2,7	2,7	0,4	3,3
29	550	11	23,2	2,4	2,0	0,9	0,6
30	300	8	11,5	1,3	2,5	1,9	0,7
31	300	7	42,1	3,7	2,7	0,5	0,9
Среднее	—	—	$15,5 \pm 6,9$	$2,1 \pm 0,8$	$2,3 \pm 1,0$	$1,5 \pm 0,7$	$1,6 \pm 0,7$

Примечание. Авария произошла в 11 ч 55 мин, Владивосток отстоит от места аварии на 42 км, Б. Камень — на 24 км, Находка — на 45 км, Рудная Пристань — на 280 км (фоновый район). В Дальневосточном регионе в августе 1985 г. объемная активность аэрозолей составляла $(25 \pm 6) 10^{-5}$ Бк/ м^3 , плотность радиоактивных выпадений — $1,6 \pm 0,9$ Бк/ $(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ [6, 7].

Т а б л и ц а 14. Среднемесячная объемная активность аэрозолей и плотность радиоактивных выпадений в 50-км зоне и фоновом районе в 1985 г. (верхняя цифра — объемная активность, 10^{-5} Бк/м³, нижняя — плотность выпадений, Бк/(м²·мес)

Населенный пункт	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август*	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Владивосток	27 128	16 116	20 78	55 104	43 71	16 91	21 48	12 64	20 58	22 98	28 96	67 106
Большой Камень	26 137	21 114	27 92	61 97	47 89	34 73	29 56	27 71	32 81	27 96	36 102	52 118
Находка	— 114	— 96	— 79	— 54	— 41	— 48	— 53	— 46	— 57	— 85	— 69	— 58
Рудная Пристань	— 134	— 107	— 85	— 67	— 46	— 47	— 52	— 48	— 61	— 78	— 62	— 64
Хабаровск**	33 180	24 126	38 130	55 106	50 126	43 95	65 66	45 81	74 87	92 152	48 205	64 234

*Авария на атомной подводной лодке.
**Хабаровск отстоит от места аварии на север на 640 км.



Р и с. 7. Радиоактивное загрязнение окружающей среды продуктами аварии атомной подводной лодки в б. Чажме: а, б, в, г — береговой радиоактивный след; д — распределение радиоактивных веществ в поперечном сечении следа; е, ж — загрязнение поверхностного слоя почвы и з — донных отложений; и, к — загрязнение донных отложений в б. Чажме и з. Стрелок в 1991 г. (через 6 лет после аварии)

Начальная стадия аварии на подводной лодке в б. Чажме описана в работе [13]. В дальнейшем ее последствия проявились в загрязнении окружающей среды ^{60}Co (98—99%) и ^{137}Cs , ^{90}Sr (1—2%). Радиоактивный след пересек п-ов Дунай с востока на запад от б. Чажмы до Уссурийского залива (углубился на 5—7 км). Техногенные радионуклиды проникли в почву, донные отложения и в незначительном количестве выносятся придонным течением из б. Чажмы в прилегающий западный проход з. Стрелок (рис. 7).

В первые 10 сут после аварии спад интенсивности излучения на местности происходил по закону

$$A = A_1 \exp(-\gamma t),$$

где A , A_1 — активность продуктов аварии на время t и $t = 1$ сут; $\gamma = 1,9 \pm \pm 0,1 \text{ сут}^{-1}$.

В последующие годы этот процесс определяется законом радиоактивного распада ^{60}Co . Вдоль следа и в поперечном сечении средняя мощность экспозиционной дозы изменяется так:

$$P = P_0 \exp(-\eta L);$$

$$P = P_0 \exp[-1/2(\eta/\sigma_y)^2],$$

где P_0 , P — мощность экспозиционной дозы на оси следа и на расстояниях L и y от него; $\eta = 0,5 \pm 0,02 \text{ км}^{-1}$; σ_y — среднеквадратичное отклонение.

В почве лесного массива ^{60}Co сосредоточен в основном в поверхностном 10—30-см слое. С глубиной его концентрация меняется как

$$C_n = C_0 \exp(-\eta H),$$

где C_0 — концентрация на поверхности; $\eta = 0,22 \pm 0,08 \text{ см}^{-1}$ на глубине до 30 см и $0,01 \pm 0,003 \text{ см}^{-1}$ на глубине 30—110 см.

В морской воде только в первый месяц после аварии концентрация радиоактивных веществ существенно превышала фон. В последующем содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr соответствовал уровню глобальных выпадений. Концентрация ^{60}Co в придонном слое воды в эпицентре аварии в результате загрязнения им донных отложений остается до настоящего времени повышенной и изменяется в пространстве в соответствии с зависимостью

$$C_d = C_0 \exp(-\eta_d B),$$

где C_0 — концентрация ^{60}Co в эпицентре в придонном слое, $C(C_H)$ — на глубине ($B = H$), $C(C_L)$ — на расстоянии $B = L$; $\eta_H = 0,02 \pm 0,01 \text{ м}^{-1}$; $\eta_L = (3,7 \pm 0,3) 10^{-3} \text{ м}^{-1}$.

На вертикальное распределение ^{60}Co в донных отложениях оказывают влияние процессы заиливания и диффузии. Функция изменения концентрации с глубиной имеет вид

$$C_i = C_0 \exp(\eta_i H),$$

где C_0 , C_i — концентрация на поверхности и глубине H ; $\eta_1 = 1,9 \pm 0,3 \text{ см}^{-1}$ (заиливание); $\eta_2 = -1,6 \pm 0,2 \text{ см}^{-1}$ и $\eta_3 = -0,7 \pm 0,1 \text{ см}^{-1}$ (диффузия).

В настоящее время общая площадь радиоактивного загрязнения (по критерию средний уровень фона 10 мкР/ч [14] на удалении до 800 м от судоремонтного завода составляет 0,25 км², на территории завода — 0,04 км², в озере-котловане и б. Чажме — 0,007 и 0,22 км² соответственно. Однако к радиоактивным отходам (по критерию $\geq 60 \text{ мкР/ч}$, предложенному в НРБ-99) относятся участки, имеющие в 3—6 раз меньшие размеры, чем к радиоактивному загрязнению.

В зонах максимальных значений мощности экспозиционной дозы концентрация ^{60}Co составляет 10^3 — 10^5 Бк/кг, ^{137}Cs — 10—200 Бк/кг, ^{90}Sr — 3—30 Бк/кг. После аварии дезактивации подвергались только территория судоремонтного завода и транспортные магистрали. Поэтому в донных отложениях б. Чажмы сохранились в рассеянном состоянии элементы топливной композиции, которые находятся в заиленном состоянии в межпирсовом пространстве, в связи с чем в отдельных пробах грунта продолжает обнаруживаться ^{235}U (табл. 15).

Оценивая степень влияния Тихоокеанского флота на радиоэкологическую обстановку в крае, следует учитывать особенности распределения продуктов глобальных выпадений за пределами пунктов базирования и обеспечения кораблей флота. К ним следует отнести следующие:

в лесных массивах содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в 2—5 раз больше, чем на пахотных, приусадебных участках и незагрязненных территориях спецобъектов;
радионуклиды сосредоточены в верхнем 3—5-см слое;

Т а б л и ц а 15. Удельная активность техногенных радионуклидов в окружающей среде на территории радиоактивного следа аварии атомной подводной лодки в б. Чажме, Бк/кг (сухой массы), Бк/м³

Место отбора проб	Вид пробы	Горизонт отбора, см	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Береговой радиоактивный след	Почва	0—3	(4,9±0,08)10 ⁵	47±11	19,0±3,6
	>>	0—3	(1,6±0,04)10 ⁴	76±33	30,2±4,5
	>>	0—3	(4,1±0,03)10 ⁴	41±13	30,1±3,5
	>>	0—5	(1,0±0,01)10 ⁴	18±11	—
		5—10	480±20	< 2	—
		10—20	167±11	< 2	—
		20—30	75±13	< 2	—
		30—40	33±8	< 2	—
		40—50	12±3	< 2	—
		50—60	13±2	< 2	—
		0—5	(2,4±0,02)10 ⁴	130±30	—
		5—10	(3,1±0,06)10 ³	37±13	—
		10—20	(1,4±0,04)10 ³	12±5	—
		20—30	28±4	< 2	—
		30—40	17±4	< 2	—
		40—50	9±2	2±1	—
Котлован—озеро	Грунт	0—3*	(2,5±0,04)10 ⁴	< 2	2,9±3,2
	>>	0—3*	(4,2±0,04)10 ⁴	< 2	1,4±3,6
б. Чажма (эпицентр, R = 50 м)	Грунт	0—3*	(1,6±0,09)10 ³	260±30	2,8±3,1
	>>	0—3*	(5,3±0,05)10 ⁴	130±55	3,4±3,7
	>>	0—3*	(3,0±0,12)10 ³	9800±200**	21,3±4,3**
	>>	0—3*	(4,3±0,40)10 ³	95±20	3,3±3,1
	>>	0—3***	(7,4±0,05)10 ⁴	230±40	3,7±3,5
	Поверхностная вода	0	9,5±1,7	6,4±1,3	2,4±0,5
	>>	0	5,1±0,6	5,1±0,5	3,0±0,6
	Придонная вода	1 м от дна	110—190	5,0±1,5	—
Завод	Придонная взвесь	1 м от дна	20—90	—	—
	Аэрозоли	3 м от почвы	0,24·10 ⁻⁵	0,88·10 ⁻⁵	0,47·10 ⁻⁵

*Концентрация ²³⁵U < 5 Бк/кг.
 **Не связано с аварией, последствия предшествующих перегрузок активных зон реакторов других подводных лодок.
 ***Концентрация ²³⁵U (5,3±0,08)10³ Бк/кг.

поверхностные стоки способствуют концентрированию радионуклидов в ложбинах и закрытых водоемах (в 5—10 раз выше среднего уровня фона);

реки выносят радионуклиды в заливы, где на удалении до 20—30 км от берега формируются аномальные зоны (в 2—10 раз выше фона). Существуют выносы постоянные, прилегающие к континентальной части материка, и эпизодические, отдаленные от него.

В Японском, Охотском морях и северо-западной части Тихого океана присутствие ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в морской воде обусловлено глобальными выпадениями. Их содержание

соответствует 2—5 Бк/м³ и 1—3 Бк/м³. В верхнем 100—150-м слое концентрация постоянна, затем понижается и у дна не превышает 1—2 Бк/м³. В отдельных районах на глубине 200—1000 м существуют максимумы, на 5—10% превышающие концентрацию этих радионуклидов у поверхности. При переходе с северных в южные широты содержание ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr возрастает в 1,5—2 раза.

В заключение можно сделать вывод, что радиационная обстановка на территории Приморского края характеризуется как нормальная: на 99% она определяется природными источниками ионизирующего излучения, не более 1% — глобальными выпадениями и менее 0,1% — техногенными источниками. Радиоактивные загрязнения, образовавшиеся в результате длительной эксплуатации ядерных и радиационных объектов Тихоокеанского флота и превышающие допустимую концентрацию, не выходят за пределы административных границ спецобъектов флота, за исключением последствий аварии на атомной подводной лодке в б. Чажме, и не влияют на радиоэкологическую обстановку в крае в целом.

В то же время необходимо отметить, что действующая система контроля за радиационной обстановкой на территории края далека от совершенства. Основными недостатками являются ведомственная разобщенность, отсутствие единого центра обработки, анализа и принятия решений, несовместимость с создаваемым на Дальнем Востоке отделением международной информационной системы Nuc Net (Infowire) [14]. Ограниченные возможности прогнозирования, отсутствие автоматизированной системы наблюдений и реального управления радиоэкологическим состоянием ядерных и радиационных объектов свидетельствуют о неподготовленности к вхождению в Единую государственную автоматизированную систему контроля радиационной обстановки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиационно-гигиенический паспорт Приморского края. Владивосток, 1999. 7 с. 2000. 8 с.
2. Гичев Д.В., Высоцкий В.Л., Максимов А.А. и др. Дозы облучения, получаемые персоналом и населением Приморского края от техногенных и природных источников ионизирующего излучения. — Таможенная политика России на Дальнем Востоке, 2001, № 3, с. 16—23.
3. Данилян В.А., Высоцкий В.Л., Максимов А.А. Радиоэкологическая обстановка на территории береговых технических баз Дальневосточного региона. — Атомная энергия, 2000, т. 89, вып. 2, с. 160—166.
4. Данилян В.А., Высоцкий В.Л., Максимов А.А., Сивинцев Ю.В. Влияние утилизации атомных подводных лодок на радиоэкологическую обстановку в Дальневосточном регионе. — Там же, 2000, т. 89, вып. 6, с. 454—474.
5. Сивинцев Ю.В., Высоцкий В.Л., Данилян В.А. Радиационная обстановка в заливе Петра Великого при сливе жидких радиоактивных отходов в октябре 1993 г. — Там же, 1997, т. 82, вып. 4, с. 309—314.
6. Чайковская Э.Л. и др. Радиационная обстановка на территории Дальневосточного региона в 1999 г.: Отчет ПУГМС. Владивосток, 2000. 34 с.
7. Чайковская Э.Л., Высоцкий В.Л. и др. Радиационная обстановка на территории Дальневосточного региона в 1998 г.: Отчет ПУГМС. Владивосток, 1999. 42 с.
8. Волков Ю.Н., Высоцкий В.Л., Чайковская Э.Л. и др. Современное экологическое состояние и уровень радиоактивности морской среды залива Петра Великого. Научн.-техн. отчет о работах 31-го рейса НИС «Академик Шокальский» ДВНИГМИ. Владивосток, 1994, т. 1. 172 с.
9. Kang D.J. et al. Distribution of ¹³⁷Cs and ^{239,240}Pu in the surface waters of East Sea (Sea of Japan). — Marine Pollution Bulletin, 1997, v. 35, p. 7—12.
10. Высоцкий В.Л., Сивинцев Ю.В. Анализ точности определения концентрации долгоживущих радионуклидов в морской среде. — Атомная энергия, 1997, т. 83, вып. 4, с. 276—290.
11. Investigation of Environmental Radioactivity in Waste Dumping Areas in the North West Pacific Ocean. Joint Japanese—Korean—Russian. IAEA Expert Group. 1997. 57 p.
12. Danilyan V.A., Vysotsky V.L. Nuclear waste disposal practices in Russia's pacific ocean region. — In: Arctic Research of the United States, Biloxi, Missisipi, 1995, v. 9, p. 84—87.
13. Сивинцев Ю.В., Высоцкий В.Л., Данилян В.А. Радиоэкологические последствия радиационной аварии атомной подводной лодки в б. Чажме. — Атомная энергия, 1994, т. 76, вып. 2, с. 158—160.
14. Высоцкий В.Л., Чайковская Э.Л., Гичев Д.В. и др. Концептуальные основы создания автоматизированной системы контроля радиационной обстановки на территории Приморского края. — Таможенная политика России на Дальнем Востоке, 1998, № 2, с. 79—94.