

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Evropin S.V., Kisselev V.A., Abramov V.J. e.a. Investigation of subcritical cracks growth in channel reactor tubes from zirconium alloy. — In: Proc. Third Intern. At. En. Agency Specialists Meet. on Subcritical Crack Growth. May 14—17 1990, v. 1, 20, p. 223—230.
2. Овчинников А.В. Приближенная формула определения коэффициентов интенсивности напряжений K_I для тел с поверхностными трещинами. — Проблемы прочности, 1986, № 11, с. 41—44.

Поступило в Редакцию 13.07.93

УДК 614.876

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ НА АТОМНОЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКЕ В БУХТЕ ЧАЖМА

*Сивинцев Ю.В. (Ин-т ядерных реакторов РНЦ «Курчатовский ин-т»),
Высоцкий В.Л., Данилян В.А. (ВМФ, г. Владивосток)*

Настоящая статья базируется на материалах расчетно-экспериментальных работ и натурных экспедиционных исследований, выполненных в 1985—1992 гг. сотрудниками РНЦ «Курчатовский институт», химической и медицинской служб Тихоокеанского флота и некоторых других институтов и организаций Приморья. Эти данные послужили основой для соответствующего раздела «Белой книги» — доклада комиссии А.В. Яблокова об удалении радиоактивных отходов в моря, омывающие Россию*. Ядерное общество планирует опубликовать монографию, содержащую основные материалы упомянутых работ.

Реактивная авария и ее последствия. 10 августа 1985 г. на атомной подводной лодке, находившейся у пирса судоремонтного завода в бухте Чажма (Приморье, пос. Шкотово-22), произошла тяжелая радиационная авария: при завершении работ по перегрузке реакторов вследствие нарушения требований ядерной безопасности и технологии подрыва крышки реактора возникла самопроизвольная цепная реакция в реакторе левого борта. В результате теплового взрыва были разрушены носовая и кормовая аппаратные выгородки, часть свежего топлива выброшена из корпуса реактора, разрушен перегрузочный домик (его крыша была отброшена взрывом на 70—80 м и упала в воду в 30 м от берега), подводная лодка получила повреждения прочного корпуса в кормовой части реакторного отсека. Сразу же после взрыва в реакторном отсеке возник пожар, который был локализован через 4 ч, после чего началось радиационное обследование территории завода и автомобильных дорог.

Установлено, что образовавшиеся продукты горения вместе с продуктами деления и активации и частицами непрореагировавшей топливной композиции (в виде крупнодисперсных частиц и шлака) выпали вокруг аварийной подводной лодки в зоне радиусом 50—100 м. Через 7,5 ч после аварии мощность экспозиционной дозы излучения в районе аварии достигала 250—500 мР/ч, поверхностная плотность радиоактивных загрязнений излучающими нуклидами — $(0,5-4)10^6$ расп./ $(\text{мин} \cdot \text{см}^2)$.

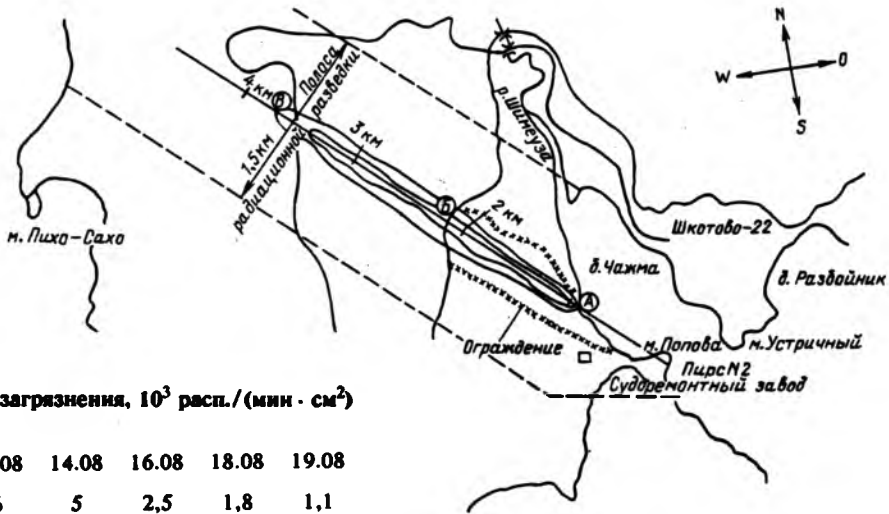
Возникшее при аварии облако газообразных радиоактивных веществ пересекло п-ов Дунай в северо-западном направлении и вышло к морю на побережье Уссурийского залива. Результаты натурных исследований морской воды и донных отложений позволили обосновать вывод, что при дальнейшем перемещении радиоактивного облака над акваторией Уссурийского залива (шириной 28—30 км) плотность выпадений снизилась до фоновой и не повлияла на радиационную обстановку в г. Владивостоке и его пляжной зоне. По данным 1989—1991 гг. мощность экспозиционной дозы γ -излучения у береговой черты бухты Шамора составляла 6—8 мкР/ч.

Метеоусловия в момент аварии благоприятствовали тому, что пос. Шкотово-22, расположенный в 1,5 км от места стоянки подводной лодки, также не пострадал от радиоактивных выпадений — они пришлось в основном на территорию завода, прилегающую к акватории бухты Чажма, и необитаемую часть п-ва Дунай.

По оценкам, выброс короткоживущих радиоактивных благородных газов составил приблизительно 2 МКи, других летучих продуктов деления (в основном изотопов йода) и активации (преимущественно ^{60}Co и ^{54}Mn) — около 5 МКи.

В результате радиационного мониторинга местности установлено, что наибольшая плотность выпадений оказалась сосредоточенной в лесном массиве на узком участке длиной 3,5 км и шириной 200—650 м общей площадью 2 км² (рис. 1).

*Факты и проблемы, связанные с захоронением радиоактивных отходов в морях, омывающих территорию Российской Федерации (материалы доклада Правительственной комиссии). Администрация Президента Российской Федерации. М, 1993 (разд. 3. 4, с. 59—61).



Плотность загрязнения, 10^3 расп./ (мин · см²)

	11.08	12.08	14.08	16.08	18.08	19.08
Ⓐ	20	6	5	2,5	1,8	1,1
Ⓑ	4,5	3,2	2,1	1,2	0,6	0,35
Ⓒ	0,6	0,5	0,32	0,2	0,1	0,05

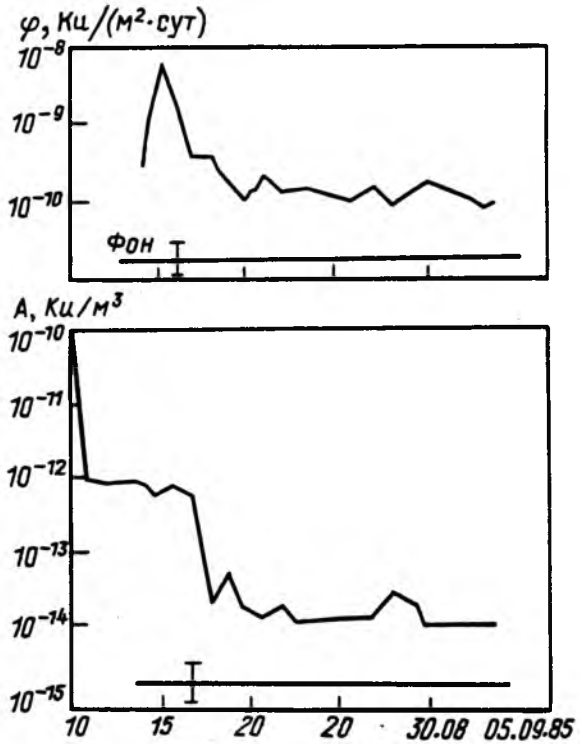
Р и с. 1. Радиоактивный след аварии

Радиоактивно загрязненной оказалась также часть акватории бухты Чажма (особенно вблизи аварийной подводной лодки) за счет выброса летучих веществ и в результате поступления радиоактивной воды из аварийного отсека в акваторию через образовавшуюся проболну в прочном корпусе. Через 1 ч после аварии концентрация короткоживущих радионуклидов в морской воде составляла 2 мкКи/л.

Сразу после взрыва силами служб радиационной безопасности завода и ВМФ были начаты работы по радиационной разведке местности, локализации источников высокой активности и ликвидации последствий аварии. В качестве экстренных были выполнены следующие мероприятия: эвакуация военнослужащих из эпицентра аварии, сбор и вывоз высокоактивных отходов во временные хранилища, срез и захоронение загрязненного грунта, дезактивация дорог и зданий. В первые сутки выявлена общая картина радиоактивного загрязнения, приняты меры по медицинскому обеспечению пострадавших, разработан план и создано управление по ликвидации последствий аварии.

Реактивный характер аварии проявился, в частности, в быстром спаде удельной активности воздуха и плотности выпадений на местность (рис. 2). Этот фактор в сочетании с комплексом принятых энергичных мер привели к тому, что уже на четвертые сутки отдельные цеха завода смогли приступить к работе. Через 5—7 мес радиационная обстановка была нормализована на всей территории завода. Через 2 мес после аварии содержание радионуклидов в морской воде снизилось до исходных фоновых значений.

Всего в ликвидации последствий аварии участвовали около 2 тыс. чел. Индивидуальная доза облучения в основном не превышала 5 бэр. Наряду с этим в ходе аварии и при ликвидации ее последствий повышенному облучению подверглось 290 чел. В момент аварии от травм погибли 8 офицеров и 2 военнослужащих срочной службы. Острая лучевая болезнь развилась у 10 чел., лучевая реакция отмечена у 39 чел. Наибольшие дозовые нагрузки (до 220 рад внешнего облучения и до 400 бэр облучения щитовидной железы) получили работники, тушившие пожар на подводной лодке.



Р и с. 2. Радиоактивное загрязнение воздуха на территории судоремонтного завода в первые дни после аварии

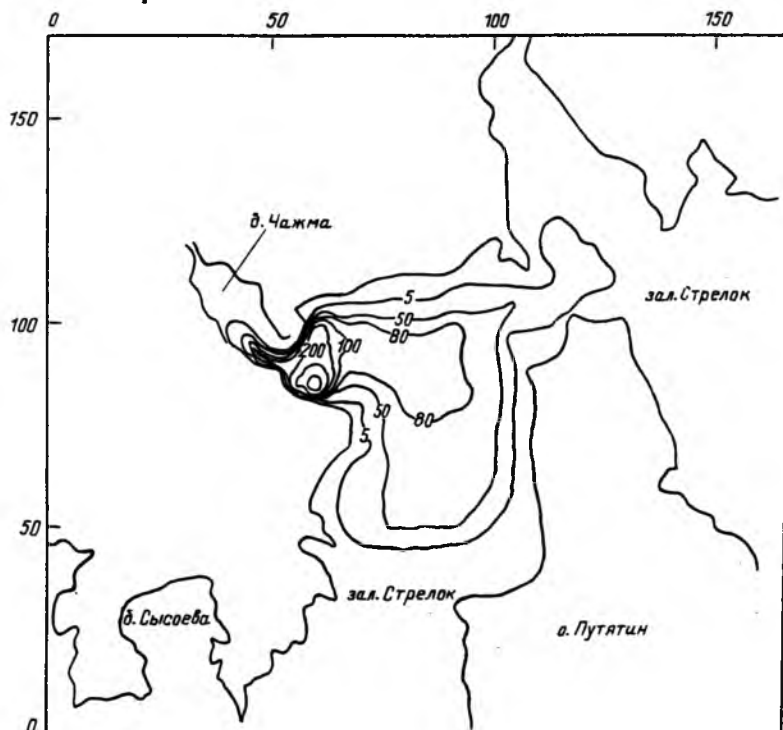
Остаточное радиоактивное загрязнение. Радиоактивный след на п-ве Дунай обусловлен на 95—99% активностью ^{60}Co (с периодом полураспада 5,3 года), в значительно меньшей степени активностью ^{137}Cs . Этот след имеет пятнистый характер. На одном из участков следа было сооружено временное приземное хранилище для загрязненного заводского оборудования. Хранилище и основная часть следа, находящиеся на необитаемой территории, были ограждены кольцевой проволокой.

Многолетний анализ динамики изменений радиоактивного загрязнения местности показал, что радионуклиды в основном прочно связаны с грунтом. Общий их вынос с поверхностными водами в бухту Чажма оценен равным 0,05—2 Ки/год. После ликвидации временного хранилища активность выноса снизится.

В результате аварии сформировался очаг долгоживущего радиоактивного загрязнения донных отложений бухты Чажма в основном за счет ^{60}Co (96—99%) и частично ^{137}Cs . Область радиоактивного загрязнения сосредоточена в районе аварии и в пределах мощности экспозиционной дозы >240 мкР/ч занимает площадь около 0,1 км². В центральной части очага мощность экспозиционной дозы достигает 20—40 мР/ч (максимум 117 мР/ч по состоянию на 1992 г.).

Максимальная удельная активность ^{60}Co в донных отложениях в месте аварии составляет 2,1 мкКи/кг, в морских гидробионтах — до 18 мкКи/кг. Наблюдается перемещение загрязненных донных отложений из бухты Чажма к западному проходу залива Стрелок (рис. 3). Загрязнение акватории восточной части Уссурийского залива радиусом 3—5 км от места выхода берегового радиоактивного следа обуславливает превышение мощности экспозиционной дозы γ -излучения над фоном в пределах 1—8 мкР/ч.

Концентрация радионуклидов в морской воде бухты Чажма, западного прохода залива Стрелок и восточной части Уссурийского залива находится на уровне фоновых значений, характерных для других районов Тихоокеанского побережья.



Р и с. 3. Концентрация ^{60}Co (Бк/кг) в донных отложениях бухты Чажма и западного прохода бухты Стрелок в августе 1990 г.

Наблюдаемая тенденция к перемещению радиоактивного загрязнения в придонном слое и его дисперсия по бухте Чажма к серьезным экологическим последствиям не приведет, так как общая активность ^{60}Co в донных отложениях сравнительно невелика (около 5 Ки).

Постоянный контроль за радиоэкологической обстановкой в районе аварии и на радиоактивном следе проводит служба радиационной безопасности завода, периодические измерения содержания радионуклидов в объектах окружающей среды — подразделения химической и медицинской служб Тихоокеанского флота, приморских флотилий, краевой СЭС и управления гидрометеорологии.

Выводы. Результаты натурных наблюдений и многочисленных радиоэкологических обследований свидетельствуют, что авария на подводной лодке в бухте Чажма в 1985 г. не оказала измеримого радиационного воздействия на Владивосток, его пляжную зону и пос. Шкотово-22. Остаточное долгоживущее радиоактивное загрязнение местности и донных отложений в районе бухты Чажма прочно локализовано и не приведет к серьезным радиоэкологическим последствиям. В дальнейшем необходимо продолжить изучение радиоэкологических последствий аварии, в том числе для уточнения границ радиоактивных отложений в морской среде и скорости их дисперсии по дну бухты и залива.