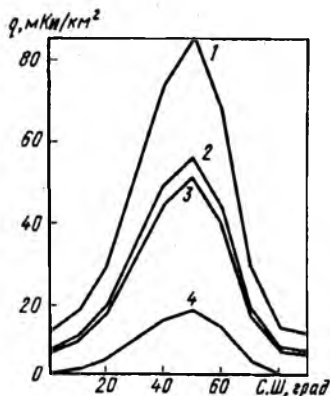


Р и с. 5. Широтное распределение плотности загрязнения в результате всех (1 — ^{137}Cs , 2 — ^{90}Sr) и советских испытаний (3 — ^{137}Cs , 4 — ^{90}Sr)

По интегральным характеристикам глобального выпадения на поверхность земли ^{90}Sr и ^{137}Cs , образовавшихся в результате советских взрывов, и экспериментальным данным о профиле распределения отдельных радиоактивных продуктов в атмосфере было построено широтное распределение плотности загрязнения (рис. 5). Достоверность распределения подтверждается удовлетворительной сходимостью экспериментальной и расчетной зависимостей, полученных для ^{90}Sr .



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1982. Report to the General Assembly, with Annexes. UN, New York, 1982.
2. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiation, 1993. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. UN, New York, 1993.
3. Глобальные выпадения продуктов ядерных взрывов как фактор облучения человека. Под ред. А.И. Марся. М.: Энергоатомиздат, 1980. 188 с.
4. Северный испытательный полигон: ядерные взрывы, радиология, радиационная безопасность. Вып. 1 (Справ. инфор.). Под ред. В.И. Михайлова, Г.Е. Золотухина, А.М. Матущенко. С.-Петербург, ИППО «Радиcвий институт им. В.Г. Хлюпина», 1992.
5. Горин В.В., Красилов Г.А., Куркин А.И. и др. Семипалатинский испытательный полигон: хронология подземных ядерных взрывов и их первичные радиационные эффекты (1961—1989 гг.). — Бюллетень Центра общественной информации по атомной энергии, 1993, № 9.
6. Дубасов Ю.В., Келровский О.Л., Касаткин В.В. и др. Подземные взрывы ядерных устройств в промышленных целях, проведенные на территории СССР в 1965—1988 гг.: хронология и их радиационные последствия. — Там же, 1994, № 1.
7. Дубасов Ю.В., Думик В.П., Зеленцов С.А. и др. Хронология ядерных испытаний, проведенных СССР в атмосфере, космическом пространстве и под водой (1949—1962 гг.). — Там же, 1994, № 2.
8. Бочаров М.В., Лоборев В.М., Пиджаков В.А. и др. Свидетельствуют специалисты: оценивая радиационные последствия атомного взрыва на Тоцком учении... — Там же, 1993, № 9.

Поступила в Редакцию 24.08.94

УДК 621.039.7.1

ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ ВСЛЕДСТВИЕ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ

Бочаров М.В., Габбасов М.Н., Зеленев В.И., Лоборев В.М., Судаков В.В.
(Центральный физико-технический институт МО РФ)

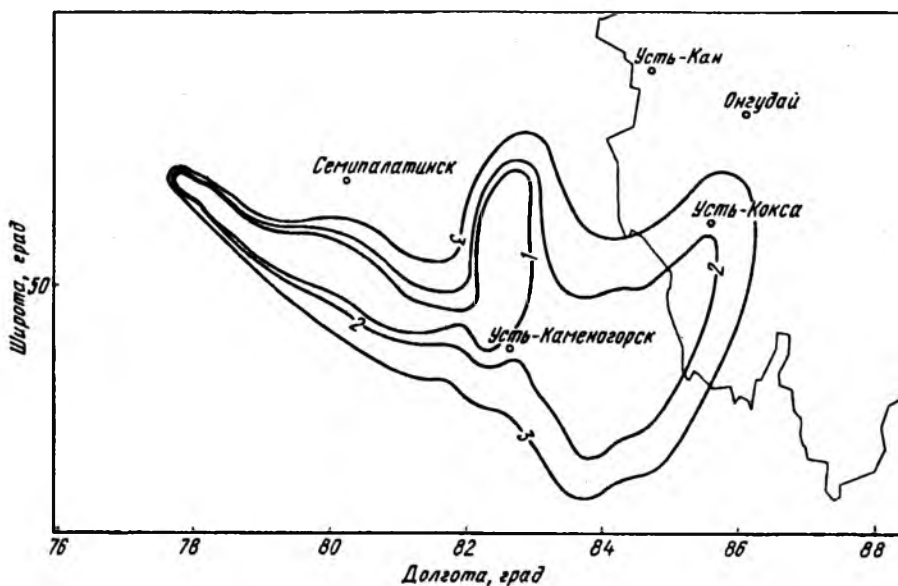
В период с 1949 по 1990 г. на Семипалатинском испытательном полигоне было проведено более 460 ядерных взрывов, в том числе свыше 120 в атмосфере. Это привело к радиоактивному загрязнению различной степени территории как самого полигона, так и некоторых районов, удаленных от него на сотни километров. В некоторых опытах воздушные массы из района испытания проходили над территорией Республики Алтай, что привело к радиационному воздействию взрывов на природную среду и население этого региона.

В настоящей статье представлена ретроспективная оценка радиационных последствий ядерных взрывов для территории и населения Республики Алтай, полученная на основе методов математического моделирования с широким привлечением архивных материалов о результатах проводившихся в периоды испытаний измерений характеристик радиоактивных выпадений.

Для выявления ядерных взрывов, оказавших радиационное воздействие на население и природную среду Республики Алтай, из общего числа атмосферных взрывов, проведенных на Семипалатинском полигоне, отбирались те, радиоактивные выпадения от которых в соответствии с архивными данными о распределении мощности дозы γ -излучения полностью или частично сформировались на территории рассматриваемого региона. Анализ архивных материалов позволил выделить 22 атмосферных взрыва, причем полные экспериментальные данные имеются лишь для одного испытания, проведенного 24 августа 1956 г. Указанные материалы содержат, во-первых, результаты измерения мощности дозы γ -излучения в некоторых населенных пунктах Усть-Коксинского района Республики Алтай в период с 1 по 22 октября 1956 г. (см. таблицу), и, во-вторых, конфигурации зон радиоактивного загрязнения местности, выраженного в единицах мощности дозы γ -излучения, приведенной на 3 ч после взрыва, на территории как Республики Алтай, так и прилегающей к ней с запада территории Казахстана (рис. 1).

Данные радиационной разведки, полученные в период 1—22 октября 1956 г.
в Усть-Коксинском районе

Населенный пункт	Измеренная мощность дозы, мкР/ч	Время измерения после взрыва, ч	Мощность дозы на 3 ч после взрыва, мР/ч
Абай	35	936	15
Нижний Уймон	55	936	34
Усть-Кокса	40	936	20
Саксабай	50	1440	50
Кайтанак	80	936	59



Р и с. 1. Реконструированное по фактическим данным распределение мощности дозы γ -излучения 0,1 (1), 0,05 (2), 0,01 Р/ч (3) на территории Республики Алтай от взрыва 24 августа 1956 г.

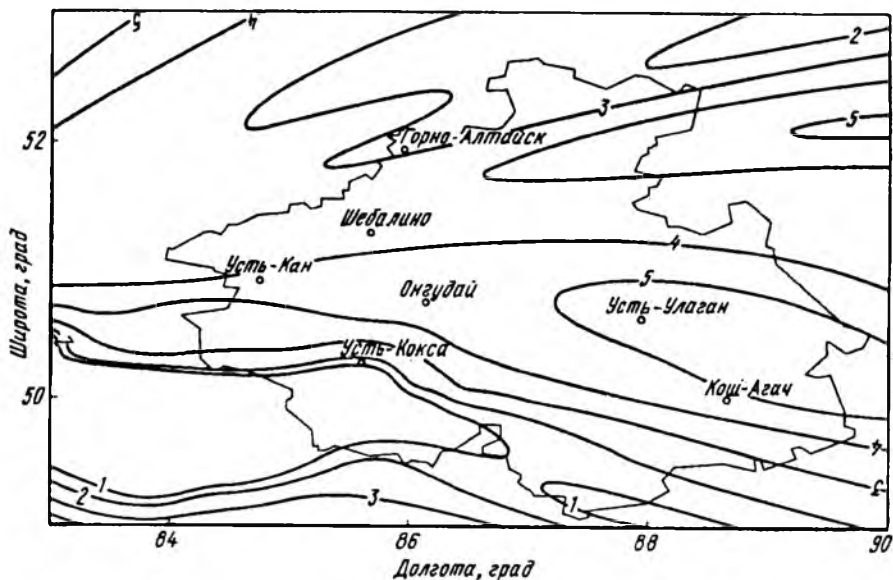
Таким образом, для взрыва 24 августа 1956 г. оказалось принципиально возможным восстановить все поля загрязнений, необходимые для расчета эффективной дозы облучения населения. Для остальных опытов реставрация радиоактивных следов в настоящее время может быть реализована только на основе методов прямого математического моделирования радиационных эффектов взрывов.

В результате реконструкции следа радиоактивных выпадений от взрыва 24 августа 1956 г. было получено, что максимальная доза внешнего γ -облучения, накопленная от момента выпадения радиоактивных продуктов до их полного распада на территории Республики Алтай, не превышает $\sim 0,4$ рад (1 рад = 0,01 Гр). Максимальные уровни загрязнения, наблюдавшиеся на территории Усть-Коксинского района, к моменту окончания радиоактивных выпадений составили ~ 6 мКи/км² (1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк) по ^{137}Cs , ~ 3 мКи/км² по ^{90}Sr и $\sim 0,15$ мКи/км² по ^{239}Pu , что существенно ниже уровней глобального выпадения этих радионуклидов, характерных для рассматриваемых широт (~ 70 мКи/км² по ^{137}Cs , ~ 40 мКи/км² по ^{90}Sr и 1—2 мКи/км² по ^{239}Pu). Вследствие радиоактивного распада ядер за период от момента взрыва до настоящего времени указанные максимальные уровни загрязнения снизились до $\sim 2,5$ мКи/км² по ^{137}Cs и $\sim 1,5$ мКи/км² по ^{90}Sr , почти не обнаружимых на фоне глобальных выпадений.

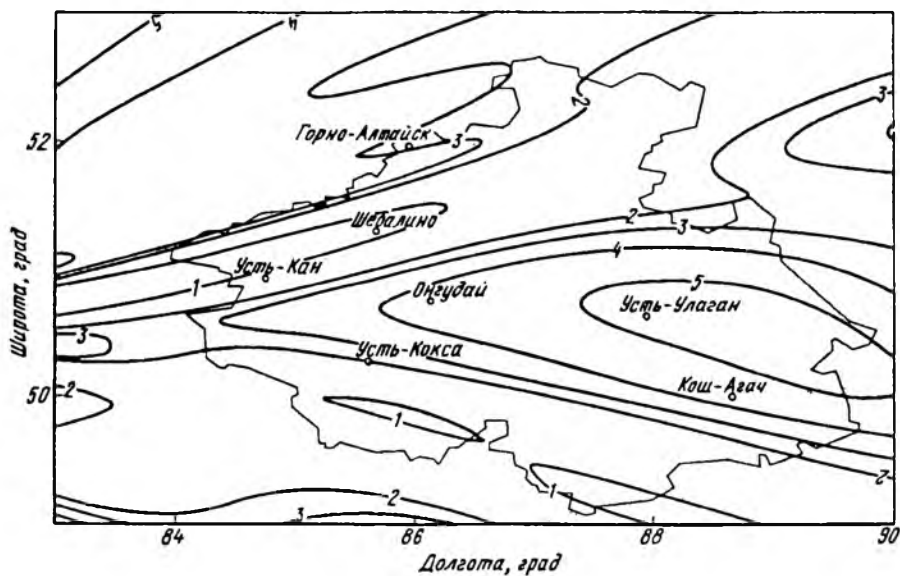
Радиационная обстановка, сложившаяся на территории Республики Алтай в результате проведения остальных ядерных взрывов (из числа выделенных), оценивалась следующим образом. На первом этапе по исходным данным о барических полях в атмосфере восстанавливалось распределение скоростей движения воздушных масс в атмосфере на моменты взрывов и в течение последующих двух суток после проведения. На втором этапе, используя восстановленное распределение скоростей движения воздушных масс, а также данные о характеристиках каждого взрыва (полная мощность взрыва, мощность по делению, координаты, время и высота взрыва, состав делящихся материалов), рассчитывались доза внешнего γ -облучения, накопленная от момента выпадения радиоактивных продуктов до их полного распада, и плотность загрязнения местности ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{239}Pu на моменты окончания радиоактивных выпадений. На третьем этапе расчетные уровни загрязнения на моменты окончания выпадений переводились на 1993 г., после чего суммировались однотипные физические поля от каждого взрыва. Суммарное распределение дозы внешнего γ -облучения от всех взрывов, а также суммарный вклад этих взрывов в современные уровни радиоактивного загрязнения территории Республики Алтай ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{239}Pu показаны на рис. 2—5.

Анализируя данные, можно отметить, что радиоактивное загрязнение сформировалось, главным образом, в результате воздушных ядерных взрывов. При взрывах указанного класса образуются радиоактивные частицы двух типов. К первому относятся частицы, которые сформировались в результате осаждения радиоактивных продуктов на грунтовую пыль, вовлеченную в облако взрыва с подстилающей поверхности. Дисперсный состав частиц характеризуется средним размером (по массе) 200 мкм. К второму типу относятся мелкодисперсные радиоактивные аэрозоли, максимальный диаметр которых не превышает 20—25 мкм, образовавшиеся вследствие процессов конденсации и последующей коагуляции испаренных конструкционных материалов боеприпаса, неразделившейся части ядерного топлива и продуктов деления.

Наличие в облаке взрыва к моменту его стабилизации в атмосфере двух типов радиоактивных частиц с существенно различающимся дисперсным составом приводит к образованию на радиоактивном следе двух максимумов загрязнения. Первый из них, сформированный грунтовыми радиоактивными частицами, обычно располагается на небольшом удалении от эпицентра взрыва, второй формируется на расстоянии, составляющем сотни километров от полигона. В расчетах дальний максимум загрязнения подтверждается почти для всех воздушных взрывов.

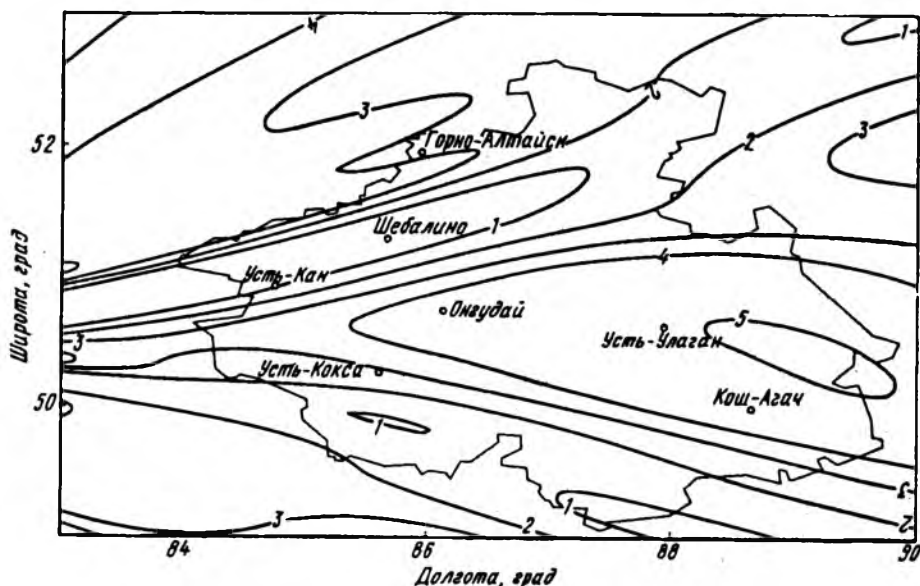


Р и с. 2. Суммарное распределение на территории Республики Алтай дозы внешнего облучения населения 0,63 (1), 0,5 (2), 0,34 (3), 0,22 (4), 0,15 рад (5)

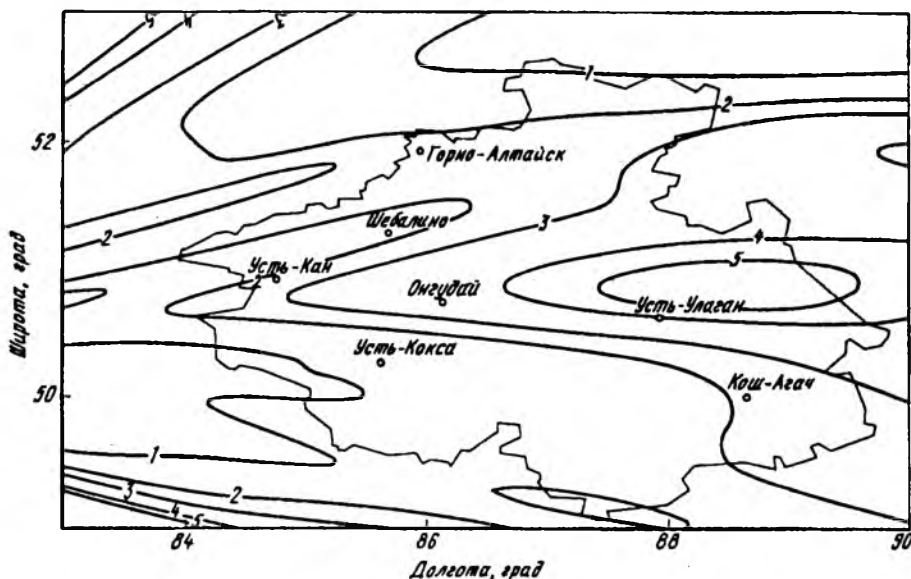


Р и с. 3. Распределение плотности загрязнения территории Республики Алтай ^{90}Sr по состоянию на 1993 г., мКи/км²: 1 — 3,4; 2 — 1,6; 3 — 1,3; 4 — 1; 5 — 0,7

Анализ суммарной картины загрязнения территории Республики Алтай радиоактивными продуктами всех 22 взрывов показал, что накопленная доза внешнего γ -излучения для большинства взрывов невелика и находится на уровне не более 0,05 рад. Исключения составляют взрывы, проведенные 23 августа 1953 г., 23 октября 1954 г., 24 августа 1956 г., 18 августа 1962 г., 9 октября 1962 г. и 14 ноября 1962 г. — их максимальная доза превысила 0,1 рад. Наибольшая доза сформировалась при взрывах 23 октября 1954 г. (~ 0,8 рад), 24 августа 1956 г. (~ 0,4 рад) и 9 октября 1962 г. (~ 0,25 рад). Именно эти три взрыва сформировали сплошную зону загрязнения с дозовой нагрузкой по внешнему γ -облучению, превышающую 0,5 рад и проходящую вдоль южных границ Усть-Коксинского и Кош-Агачского районов Республики Алтай.



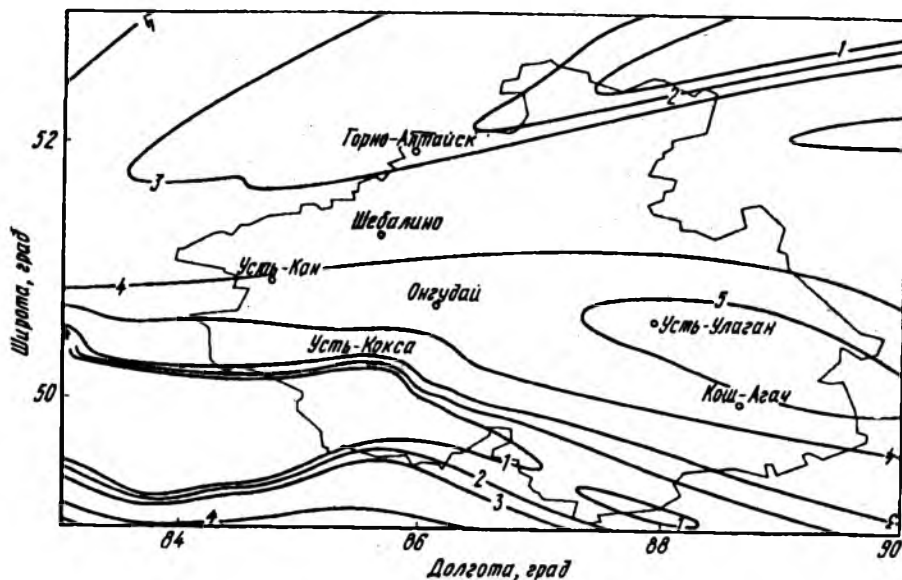
Р и с. 4. То же, что на рис. 3, для ^{137}Cs , мКи/км²: 1 — 4,8; 2 — 3,2; 3 — 2,2; 4 — 1,7; 5 — 0,95



Р и с. 5. То же, что на рис. 3, для ^{239}Pu , мКи/км²: 1 — 0,62; 2 — 0,4; 3 — 0,3; 4 — 0,2; 5 — 0,17

Вклад в современные уровни загрязнения территории в указанной зоне варьирует в пределах от 3 до 5 мКи/км² по ^{137}Cs , от 2 до 4 мКи/км² по ^{90}Sr , от 0,4 до 0,6 мКи/км² по ^{239}Pu . Эти уровни загрязнения значительно ниже фоновых значений, характерных для рассматриваемых широт.

Таким образом, современная радиационная обстановка на территории Республики Алтай формируется под воздействием естественных природных факторов и не испытывает каких-либо отклонений, связанных с деятельностью Семипалатинского полигона. Установлено (рис. 6), что на территории региона сформировались две локальные зоны с эффективной дозой более 1,2 бэр (1 бэр = 0,01 Зв). Максимальная доза в этих зонах составляет 2,07 бэр — в первой, большая часть которой лежит на территории Усть-Коксинского района, и 1,21 бэр — во второй, расположенной в Кош-Агачском районе. Суммарная эффективная доза в столице — г. Горно-Алтайске оценивается ~ 0,92 бэр.



Р и с. 6. Суммарное распределение эффективной дозы на территории Республики Алтай, бэр: 1 — 1,2; 2 — 1; 3 — 0,8; 4 — 0,4; 5 — 0,25

Эффект воздействия радиоактивных выпадений ядерных взрывов на популяцию людей, проживающих в Республике Алтай, не высок. Интегральная коллективная доза облучения населения региона составляет 922,6 чел·Зв. При этом основной вклад в популяционную дозу внесли два высоких воздушных взрыва, проведенных 18 августа 1962 г. (28,7 и 14,6%), и взрыв 14 ноября 1962 г. (14,4%).

Оценка отдаленных последствий облучения населения Республики Алтай показала, что повышение индуцированных радиацией патологий незначительно и не может быть обнаружено на фоне естественной годовой изменчивости частоты заболеваемости и смертности, вызываемых различными причинами. Так, превышение смертельных исходов при онкозаболеваниях за счет воздействия радиоактивных выпадений ядерных взрывов над среднестатистическим уровнем составляет 0,2%, появление лейкозов примерно в 40 раз меньше среднестатистического уровня.

Поступила в Редакцию 24.08.94

УДК 621.039.7.1

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА

Габбасов М.Н., Зеленев В.И., Лоборев В.М., Марковцев А.С., Судakov В.В.
(Центральный физико-технический институт МО РФ)

При проведении каждого ядерного взрыва средствами наземной и воздушной радиационной разведки полигона измеряли мощность эквивалентной дозы γ -излучения на сформированном радиоактивном следе. Зоны обследования, как правило, охватывали эпицентральный район взрыва и ближний радиоактивный след в пределах территории полигона. Результаты разведки радиационного поля вблизи поверхности земли обычно отображали на картах в виде системы изолиний мощности дозы γ -излучения, приведенной на 3 ч после взрыва. Распределение аналогичных характеристик радиационного поля давалось и вдоль оси следа.