

УДК 338.24
DOI: 10.32686/1812-5220-2018-15-48-61

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Возможные пути смягчения долговременных последствий крупномасштабных аварий и катастроф

В. П. Малышев,
ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России,
г. Москва

Аннотация

Крупномасштабные аварии и катастрофы, как правило, оставляют тяжелые негативные последствия и требуют для их ликвидации огромных финансовых и материально-технических ресурсов. В настоящей статье на основании обобщения опыта ликвидации подобных аварий предложены возможные направления оптимизации состава мероприятий и ресурсов, необходимых для их финансирования, включая расходы на социальную защиту граждан, пострадавших в результате катастроф. Рассмотрены также особенности прогнозирования длительности долговременного загрязнения территорий, пострадавших в результате аварий, с учетом процессов самоочищения различных природных сред от стойких загрязнителей.

Ключевые слова: крупномасштабная авария, естественные процессы распада и миграции опасных веществ, экологическая реабилитация, социально-экономическая поддержка населения и территорий, правовые нормы обеспечения социальной защиты граждан, пострадавших в результате аварии.

Possible ways to mitigate the long-term consequences of large- scale accidents and disasters

V. P. Malyshev,
Center for Strategic Research in
Civil Defence of the Emercom
of Russia, Moscow

Annotation

Large-scale accidents and disasters, as a rule, leave serious negative consequences and require huge financial and material-technical resources for their liquidation. In this article, based on the generalization of the experience in the elimination of such accidents, possible directions for optimizing the composition of activities and resources necessary for their financing, including the costs of social protection of citizens affected by disasters, are suggested. Features of forecasting the duration of long-term contamination of territories affected by accidents, taking into account the processes of self-cleaning of various natural environments from persistent pollutants, are also considered.

Keywords: large-scale accident, natural processes of disintegration and migration of hazardous substances, ecological rehabilitation, social and economic support of the population and territories, legal norms for ensuring social protection of citizens affected by the accident.

Содержание

Введение

1. Основные характеристики долговременных последствий крупномасштабных аварий
2. Особенности прогнозирования длительности долговременного загрязнения территорий, пострадавших в результате аварий
3. Возможные направления совершенствования нормативной правовой базы в части социальной защиты граждан, пострадавших в результате аварий и катастроф
4. Возможные направления оптимизации состава мероприятий по ликвидации последствий аварии и реабилитации загрязненных территорий

Заключение
Литература

Введение

К числу крупномасштабных катастроф с долговременными последствиями могут быть отнесены аварии на производстве по изготовлению ядерного топлива на Южном Урале, на Чернобыльской АЭС, на АЭС «Фукусима-1» и авария на химическом предприятии в городе Севезо в Италии. В целом эти катастрофы обусловили комплекс серьезных экологических, медицинских, демографических и социально-экономических последствий, которые оказали существенное долговременное негативное воздействие на политику, экономику и социальную жизнь в тех странах, где они произошли. Их влияние можно разделить на несколько основных факторов:

- длительное поражающее воздействие на человека и окружающую среду;
- психологическое воздействие на население, сформированное неадекватной информацией о последствиях аварии, а также реализуемыми контрмерами, социальными льготами и компенсациями;
- социально-экономическое воздействие на территории, которые в течение длительного периода ограничены в хозяйственной деятельности.

Масштабное переселение жителей с загрязненных территорий и, кроме того, добровольный отток населения, в первую очередь интеллигенции, высококвалифицированных рабочих и молодежи способствуют ухудшению демографической и экономической ситуации на пострадавших территориях.

На основе обобщения литературных данных и собственных работ по изучению опыта преодоления тяжелых последствий чернобыльской катастрофы в данной статье предлагаются:

- новые подходы к прогнозированию длительности долговременных загрязнений территорий с учетом процессов самоочищения различных природных сред от стойких загрязнителей;
- возможные направления оптимизации работ в ходе ликвидации последствий аварий и последующей экологической реабилитации территорий, включая социальную поддержку пострадавшего населения.

1. Основные характеристики долговременных последствий крупномасштабных аварий

В 1957 г. на Южном Урале произошла крупная авария на производстве по изготовлению ядерного топлива, приведшая к значительному радиоактивному загрязнению территорий. Взрыв произо-

шел в хранилище, где помещалось около 80 т высокоактивных отходов радиохимического производства в виде нитратов и ацетатных соединений активностью порядка 20 млн кюри. В результате взрыва свыше 10% этой активности было выброшено в окружающую среду. Образовалось радиоактивное облако, состоявшее в основном из бета-излучателей: изотопов стронция-90, рутения-106 и церия-144. Облако поднялось на высоту до одного километра, и радиоактивное загрязнение распространилось на территории Челябинской, Свердловской и Тюменской областей. Площадь радиоактивного загрязнения составила 23 тыс. км², в том числе с уровнем загрязнения почв 2 Ки/км² по стронцию-90 — около 1000 км². Загрязнению подверглись лесные массивы и целинная почва, 217 населенных пунктов, 30 озер и четыре реки. Изотоп стронция-90, имеющий большой период полураспада, представляет угрозу для окружающей среды региона и населения в течение многих (порядка 300) лет.

Авария на Чернобыльской АЭС по совокупности последствий является самой крупной техногенной катастрофой в истории человечества. В результате взрыва и последующего пожара на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС с 26 апреля по 10 мая 1986 г. из разрушенного реактора было выброшено примерно 7,5 т ядерного топлива и продуктов деления. Авария привела к выбросу из разрушенного реактора в атмосферу значительного количества главным образом летучих радиоактивных веществ, которые разносились воздушными потоками на сотни и тысячи километров, приводя к радиоактивному загрязнению территорий, оказывая негативное воздействие на окружающую среду и здоровье проживающего на них населения.

Одной из главных особенностей аварии являлось то, что из активной зоны реактора ЧАЭС было выброшено примерно 45 различных радиоизотопов с суммарной активностью до 50 млн кюри. В отличие от ядерного взрыва и других радиационных аварий данная катастрофа сопровождалась не только мгновенным выбросом радиоактивных веществ, но и последующим длительным поступлением радионуклидов в атмосферу за счет горения графита в активной зоне реактора. Больше всего повлияли на радиационную обстановку йод-131 (в краткосрочном плане), цезий-137, стронций-90, плутоний-239, -240 (в долгосрочном плане), а также

другие высокоактивные частицы топлива, так называемые горячие, которые образовались в результате возгонки ядерного горючего, в первую очередь цезия, стронция и рутения. Главная опасность этих частиц — их высокая активность. Если активность обычного радиоактивного аэрозоля не превышала 10^{-14} Ки, то активность «горячих» частиц была на 8—10 порядков выше. По этой причине концентрация радиоактивных веществ в облаке в первые дни катастрофы на территории ЧАЭС могла составить 10^{-7} — 10^{-8} Ки/л. Ингаляционный путь воздействия радионуклидов в начальный период ликвидации катастрофы представлял первостепенную опасность, так как в воздухе находились аэрозольные частицы с высокой активностью. По химическому составу «горячие» частицы представляли собой оксиды и карбиды редкоземельных радиоактивных металлов, которые, обладая столь высокой активностью, плохо растворялись в воде и практически не смывались при обработке дезактивирующими растворами.

Обобщенные данные по особенностям радиоактивного загрязнения в районе Чернобыльской АЭС представлены в табл. 1 [1].

Радиоактивному загрязнению после аварии в России подверглись 2 млн 955 тыс. га сельхозугодий, в том числе 171 тыс. га с плотностью 15 Ки/км² и выше. Около 3600 км² с уровнями загрязнений, превышающих 40 Ки/км², были полностью выведены из хозяйственного использования, а население, проживающее в этой зоне, было отселено.

Таким образом, чернобыльская катастрофа явилась мощным деструктивным фактором, замедляющим развитие пострадавших регионов, обусловила рост социально-психологической напряженности на радиоактивно загрязненных территориях. Следствием аварии явилось значительное ухудшение состояния здоровья населения, проживающего на загрязненных территориях, и участников ликвидации последствий аварии, вызванное комплексом факторов радиационной и нерадиационной природы, включая экономические, психологические и социальные.

Особенности радиоактивного загрязнения в районе ЧАЭС

Таблица 1

Параметры	Особенности радиоактивного фактора
Источник первичного загрязнения	Наряду с мгновенным выбросом длительное неравномерное поступление радионуклидов в атмосферу за счет горения графита
Источник вторичного загрязнения	Сильно зараженные местность, водоемы, здания, сооружения, оборудование, транспорт и другая техника; личные вещи населения, оказавшегося в зоне заражения
Загрязняющие агенты	45 различных радиоизотопов, содержащих альфа-, бета- и гамма-излучатели с широким спектром энергетических характеристик. Основными из них являются короткоживущий гамма-излучатель йод-131, долгоживущие — цезий-137 (гамма-излучатель), стронций-90 (бета-излучатель), плутоний-239 (альфа-излучатель)
Фазовый состав радиоактивных выбросов	Радиоактивные газы, пары и тонкодисперсные аэрозоли, крупные частицы, элементы конструкций
Химический состав радиоактивных выбросов	Карбиды и оксиды редкоземельных металлов, молекулярный йод и его соединения
Специфика радиоактивного заражения	Высокое содержание «горячих» частиц топливного происхождения с высокой степенью активности
Характер радиоактивного излучения	Объемное излучение радиоактивного облака, особенно в первые месяцы после аварии, когда концентрация могла составить 10^{-3} — 10^{-6} Ки/м ³ , что представляло высокую опасность ингаляционного поражения. В период прохождения радиоактивного облака скачкообразное увеличение концентрации радиоактивных аэрозолей (до 2–3 порядков) с последующим их быстрым спадом. Площадное излучение радиоактивно загрязненной местности
Динамика распространения загрязнений	Вторичный перенос в целом невелик. Переход в водную фазу не более 1–2%, вертикальный переход на глубину до 5 см, ветровой перенос незначителен

Материальный ущерб от радиационного воздействия для Российской Федерации, включающий стоимость выведенных из хозяйственного пользования основных и оборотных производственных фондов, объектов социальной инфраструктуры, жилья и природных ресурсов, в том числе недополученную выгоду, оценивается в 180 млрд долларов США.

По существу в центральной части Европы образовалась территория общей площадью около 150 000 км², которая до сих пор остается загрязненной опасными изотопами цезия-137 и стронция-90, имеющими большой период полураспада и представляющими угрозу для окружающей среды региона в течение многих лет. Эта территория включает в себя крупные лесные массивы и пахотные земли.

Примером аварии с долговременными последствиями может служить тяжелая радиационная авария на японской атомной станции «Фукусима-1». 11 марта 2011 г. у берегов Японии в Тихом океане произошло одно из мощнейших землетрясений в мировой истории магнитудой 9,0. Стихийное бедствие в Японии переросло в серьезную техногенную катастрофу. После землетрясения нарушилось штатное энергоснабжение, и реакторы АЭС были остановлены срабатыванием систем автоматической защиты. То есть самоподдерживающаяся цепная реакция деления урана внутри реакторов была прервана. А за этим должна была последовать процедура расхолаживания реактора, снятия остаточного тепловыделения активной зоны. С этой целью для прокачки охлаждающей воды включились резервные дизель-генераторные станции. Примерно через 50 мин после основного сейсмического толчка две волны цунами высотой около 14—15 м обрушились на площадку АЭС «Фукусима-1». Цунами повредило часть оборудования, важного для безопасности, в том числе были выведены из строя комплектные распределительные устройства и дизель-генераторы системы аварийного электроснабжения. Возникла ситуация полного обесточивания АЭС, и нарушился процесс охлаждения активной зоны. В дальнейшем произошло разрушение активной зоны четырех реакторов, и ядерное топливо стало поступать в атмосферу.

Персонал не смог обеспечить электроснабжение критических компонентов АЭС в сжатые сроки. В результате в течение десяти суток продолжались взрывы и пожары на четырех энергоблоках. При аварии на японской АЭС в воздух попали радиоактивные вещества (цезий-137 и йод-131), что, естественно, вызывало панические настроения в обществе.

В результате аварии на АЭС «Фукусима-1» порядка 300 км² территории Японии было загрязнено цезием-137 плотностью выше 40 Ки/км² (1,5 МБк/м²). Для сравнения: после аварии на ЧАЭС площадь территории с таким же уровнем загрязнения составила около 3600 км². В Японии на этой территории до аварии проживало около 25 тыс. человек.

На острой фазе аварии (в первые дни) была проведена эвакуация из 20-километровой зоны вокруг АЭС (613 км²) около 81 тыс. человек. В последующем территория планируемой эвакуации населения расширилась за счет северо-западного «языка» по площади до 1184 км², а по населению до 132 тыс. человек [2]. Общие экономические потери за счет эвакуации и долгосрочного перемещения граждан из сложившейся расширенной зоны вокруг АЭС с приостановлением в ней экономической деятельности на длительный срок составили порядка 130 млрд долларов США.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) признало аварию на АЭС в Японии аварией четвертого уровня по шкале INES из семи. Японское Управление безопасности атомных объектов затем подняло с 4-го до 5-го уровень опасности, а французское Агентство по ядерной безопасности оценило аварию на японской атомной станции «Фукусима-1» в шесть баллов. Следует признать, что наличие защитных корпусов для ядерных реакторов «Фукусимы-1» существенно (на несколько порядков) сократило объемы выбросов радиоактивных веществ и, соответственно, уменьшило масштабы загрязнений. По характеру выбросов данная авария ближе всего относится к аварии на АЭС «Тримайл Айленд» в США.

Проектировщики японских реакторов учитывали угрозу землетрясений, однако слишком мало внимания при проектировании уделялось угрозе цунами. Именно цунами, а не подземные толчки,

привело к выходу из строя систем, обеспечивавших охлаждение реакторов этой АЭС. В то же время следует признать, что японские специалисты при организации работ учитывали опыт ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. Была организована экстренная эвакуация населения из зон заражения. Работы по ликвидации последствий аварии проводились только на территории станции. К участию в работах привлекался ограниченный контингент ликвидаторов: на начальном этапе аварии всего 180 человек из числа пожарных-добровольцев. Несмотря на протесты мирового экологического сообщества, избыток воды, загрязненной радионуклидами, сбрасывался в океан, что не привело к существенному загрязнению окружающей среды из-за способности водоемов к быстрому самоочищению, которое было выявлено в ходе ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС.

Еще одним примером аварии с долгосрочными последствиями может служить крупная авария в г. Севезо (Италия), которая произошла 10 июля 1976 г. В результате выброса диоксида — стойкого органического соединения — образовалась зона загрязнения площадью 17 км², непригодная для каких-либо форм деятельности человека, откуда было отселено 27,5 тыс. человек. Значительная часть населения (около 190 тыс. человек) была подвергнута медицинскому обследованию, в ходе которого было выявлено 477 пострадавших с заболеванием кожи. В ходе ликвидации последствий аварии было уничтожено 78 тыс. мелких домашних животных, в основном кур, и 700 голов крупного рогатого скота [3]. Общие экономические потери для Италии, включая стоимость выведенных из хозяйственного пользования основных и оборотных производственных фондов, а также природных ресурсов, включая недополученную выгоду, оценивается в 50 млрд долларов США.

Таким образом, наиболее значимыми последствиями подобных аварий являются долгосрочное загрязнение территорий, непригодных для каких-либо форм деятельности человека, и колоссальные финансовые затраты на ликвидацию последствий аварии и выплату компенсаций и льгот пострадавшим. В качестве веществ, создающих долгосрочное загрязнение территорий, следует рассматривать радионуклиды с длительным пери-

одом полураспада, стойкие органические и неорганические вещества типа диоксида и солей тяжелых металлов, а также споровые формы некоторых видов бактерий, например сибирской язвы.

2. Особенности прогнозирования длительности долговременного загрязнения территорий, пострадавших в результате аварий

Длительность долговременного загрязнения территорий в первую очередь зависит от скорости процессов разложения опасных веществ. Для радионуклидов достоверной характеристикой процесса разложения является величина периода полураспада. В случае если другие факторы практически не влияют на процессы самоочищения, то загрязненность территорий в 10 раз может уменьшиться после третьего периода полураспада, в 100 раз после шестого периода полураспада и в 1000 раз после десятого периода полураспада. По-видимому, этот подход может быть использован для ориентировочной оценки стойкости и других загрязнителей.

Изучение стойкости радиоактивного загрязнения территорий на примере изучения последствий чернобыльской аварии показало, что динамика изменения радиоактивного загрязнения различных природных сред существенно различается. Наибольшему радиоактивному загрязнению подверглись лесные массивы, так как они сыграли роль фильтров, поглощающих радиоактивные аэрозоли на поверхности земного ландшафта. Это наглядно подтверждено гибелью хвойного лесного массива, который был расположен вблизи Чернобыльской АЭС и впоследствии назван «рыжим лесом». За счет поглощения значительной части первоначального выброса радиоактивных веществ были существенно уменьшены уровни радиоактивного загрязнения на территориях Житомирской, Ровенской и других областей Западной Украины. Основная масса радионуклидов оседает на кронах деревьев. Осенью вместе с опавшими листьями радионуклиды уходят в почву, а затем за счет корневого поступления повторно загрязняют кроны деревьев. Поэтому самоочищение лесов происходит крайне медленно, в основном за счет естественного радиоактивного распада долгоживущих радионуклидов. В связи с этим на площади более чем 59 тыс. га лесов была прекра-

щена хозяйственная деятельность. Уход за лесом по специальной технологии проведен на 415 тыс. га, мероприятия по охране лесов от пожаров — на 1,4 млн га, специальные мероприятия по защите лесов от вредителей и болезней — на 865 тыс. га. Сохраняется необходимость проведения постоянного радиационного мониторинга лесной продукции. К настоящему времени общая площадь загрязненных лесов составляет 1 млн га. Наибольшее загрязнение лесного фонда наблюдается в Брянской (2285 тыс. га), Калужской (159 тыс. га), Тульской (107,6 тыс. га) и Орловской (93 тыс. га) областях, что составляет более 30% общей площади лесного фонда этих областей. Соблюдение принятых технологических условий и ограничений при заготовке позволяет в целом обеспечить нормативное содержание радионуклидов в пиломатериалах. В древесных ресурсах превышение нормативов начинает наблюдаться на территориях с плотностью загрязнения цезием-137 свыше 5 Ки/км². На этих же площадях

загрязнение пищевых продуктов леса, как правило, выше нормативного уровня.

По оценкам специалистов, загрязнение леса продолжает нарастать за счет корневого поступления. По прогнозам, в ближайшие 10 лет надземная фитомасса 30-летних сосняков накопит 10% от общего запаса цезия, а затем начнет очищаться с периодом полувыведения около 30 лет [4]. Общие данные прогноза изменения площади земель лесного фонда в субъектах Российской Федерации на территориях с загрязнением почв цезием-137 свыше 1 Ки/км² приведены в табл. 2.

На степных и иных равнинных участках местности из-за того, что выброс радионуклидов происходил более 10 суток при меняющихся метеоусловиях, зона основного загрязнения имеет веерный, пятнистый характер. На увеличение радиоактивного загрязнения местности существенное влияние оказывало выпадение дождевых осадков в период прохождения аэрозольных облаков радионуклидов.

Прогноз изменения площади земель лесного фонда в субъектах Российской Федерации с загрязнением почв цезием-137 свыше 1 Ки/км²

Таблица 2

Субъект Российской Федерации	Загрязнено земель лесного фонда РФ (тыс. га)			
	2006 г.	2016 г.	2046 г.	2056 г.
Белгородская обл.	13,82	11,86	5,59	1,26
Брянская обл.	292,13	270,18	181,53	175,80
Воронежская обл.	10,85	8,11	0,98	0,56
Калужская обл.	223,59	157,04	76,99	64,51
Курская обл.	22,58	20,42	3,23	2,34
Ленинградская обл.	85,70	85,70	30,18	30,18
Липецкая обл.	8,21	6,90	0,05	—
Республика Мордовия	1,25	—	—	—
Орловская обл.	110,16	108,82	43,66	0,64
Пензенская обл.	132,16	111,39	15,17	—
Рязанская обл.	46,52	23,01	1,75	0,72
Смоленская обл.	5,00	—	—	—
Тамбовская обл.	1,7	—	—	—
Тульская обл.	84,22	71,72	34,48	25,34
Ульяновская обл.	41,16	25,22	—	—
Всего	1079,05	900,37	393,61	301,35

Именно поэтому наиболее сильному загрязнению подверглись территории Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей.

Многолетние наблюдения за сельхозугодиями показывают, что изменение уровней загрязнения территорий происходит под влиянием следующих основных факторов:

- естественного распада радионуклидов;
- заглупления радионуклидов под действием природно-климатических процессов;
- перераспределения радионуклидов в почвенном слое за счет антропогенного воздействия.

Долгосрочный прогноз изменения загрязнения местности цезием-137 от аварии на Чернобыльской АЭС имеет практическое значение в России для 19 субъектов, где наблюдались значительные уровни загрязнения. По данным Атласа радиоактивного загрязнения европейской части России, Белоруссии и Украины, приведенным в табл. 3, прогнозируемые площади с различными уровнями загрязнения цезием-137 на даты, кратные 10 годам после аварии, существенно уменьшаются [5]. При прогнозе учитывался физический распад цезия-137, а также эрозийные и русловые процессы, приводящие к горизонтальной миграции почвенной массы в долинах крупных рек. Следует учитывать, что выведение цезия-137 из корнедоступного слоя в результате вертикальной миграции в почве, снижение его проникновения в биоту с течением времени (а следовательно-

но, и в пищевые цепочки) приведет к уменьшению опасности проживания и пребывания в каждой из зон радиоактивного загрязнения.

Из результатов прогноза следует, что уровни загрязнения более 15 Ки/км², наблюдавшиеся в настоящее время на территории Брянской области, окончательно исчезнут примерно через 100 лет после аварии. При этом отсутствует измеряемый перенос радионуклидов между ландшафтными комплексами. В настоящее время темпы снижения уровней радиоактивного загрязнения почв стабилизировались и составляют не более 3—5% в год.

Наиболее быстрое снижение уровней загрязнения наблюдается в акваториях рек и водоемов. Это обусловлено высокими скоростями перемещения и процессами диспергирования радионуклидов и других опасных веществ в водной среде. Водорастворимая фракция радионуклидов за счет перемещения быстро распределяется во всей толще воды и во всех случаях не превышает допустимых значений. Нерастворимая фракция, которая тяжелее воды, оседает и сорбируется донными отложениями. Нерастворимая фракция, которая легче воды, в течение месяца за счет набегающей волны поглощается в почвенном слое вдоль берегов рек и водоемов. Воды и многие донные отложения практически во всех реках и водоемах, подвергшихся загрязнению в результате чернобыльской аварии, в настоящее время не представляют опасности для водопользования. Исключение составляют сильнозагрязненные донные отложения нескольких озер, в том числе озера Кожановское (запасы цезия-137 около 100 Ки при площади зеркала 6,5 км²). Содержание цезия-137 в образцах донных рыб из данного водоема превосходит допустимые уровни.

Последствия облучения для растительного и животного мира были наиболее заметными в зонах отчуждения (уровни загрязнения свыше 40 Ки/км²). При высоких дозах облучения наблюдался повышенный уровень гибели деревьев хвойных пород, обитающих в почве млекопитающих и беспозвоночных животных, снижалась репродуктивная функция у растений и животных. Вместе с тем с течением времени процессы естественного распада радионуклидов и заглупление их в почву позволили живым организмам оправиться от тяже-

Прогноз изменения площадей с различными уровнями радиоактивного загрязнения местности цезием-137 от аварии на Чернобыльской АЭС по России в целом, км² Таблица 3

Год	Площади (км ²) с различными уровнями загрязнения местности цезием-137, Ки/км ²			
	> 40	15—40	5—15	1—5
1986	580	2070	5780	56 260
1996	310	1900	5330	48 980
2006	40	1280	3540	26 260
2016	0	850	2780	18 920
2026	0	625	2700	15 040
2036	0	190	2340	12 500
2046	0	100	1500	10 930

лых радиационных последствий. В настоящее время произошло восстановление жизнеспособности биоты в зоне отчуждения. Более того, в условиях отсутствия активной хозяйственной деятельности в этих зонах численность популяций многих видов животных и растений выросла.

В целом следует отметить, что благодаря естественным процессам распада и миграции радионуклидов в почву и выполненным работам произошло существенное улучшение радиационной обстановки на всех территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению. На слабозагрязненных землях Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Ленинградской, Пензенской, Рязанской, Тамбовской, Ульяновской областей и Республики Мордовия радиационная обстановка полностью нормализовалась. Дальнейшее улучшение радиационной обстановки будет протекать крайне медленно с учетом длительности периода полураспада цезия-137.

3. Возможные направления совершенствования нормативной правовой базы в части социальной защиты граждан, пострадавших в результате аварий и катастроф

Формирование нормативной правовой базы по решению проблем, связанных с радиоактивным загрязнением территорий и социальной защитой населения, пострадавшего в результате радиационного воздействия, по существу началось только после чернойбыльской катастрофы. Нормативные акты России в своих подходах к решению проблемы социальной защиты граждан, пострадавших в результате катастроф, существенно отличаются от законодательства постиндустриальных стран, столкнувшихся ранее с аналогичными проблемами. Это обусловлено как историческими причинами, так и различной степенью развития элементов рыночных отношений. Участникам работ по ликвидации последствий аварии и населению, проживающему на радиоактивно загрязненных территориях, а также переселенному (переселившемуся) были предоставлены многочисленные льготы и компенсации (бесплатное приобретение лекарств, уменьшение возраста выхода на пенсию, ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск, налоговые льготы и т.д.), дифференцированные

по зонам загрязнения. Упрощенно был решен вопрос и о социальных гарантиях участникам работ по ликвидации последствий аварии. Статус ликвидатора получал каждый, кто провел в 30-километровой зоне вокруг Чернобыльской АЭС хотя бы один день до 1990 г. Около 600 тыс. человек (гражданских и военных) получили специальное удостоверение, подтверждающее их статус «ликвидатора» (участника ликвидации последствий аварии). Из них примерно 240 тыс. военнослужащие. Очевидное упрощение критерия вылилось в значительные финансовые затраты государства и привело к развитию целого ряда негативных социальных процессов среди ликвидаторов.

Указанные выплаты и льготы рассматривались как компенсация некоторых ограничений, связанных с проживанием и ведением хозяйственной деятельности на территориях, загрязненных радиоактивными веществами, и за возможный вред, наносимый радиационным воздействием.

Масштабные денежные выплаты населению, проживающему на загрязненных территориях нескольких областей, за счет средств федерального бюджета сыграли важную роль в поддержании уровня жизни населения в условиях экономического кризиса и некоторых ограничений на потребление продуктов местного производства. Вместе с тем анализ направленности и объемов таких затрат показал, что они в действительности были слабо связаны с масштабами возможного ущерба и не могут быть полностью возмещены за счет средств федерального бюджета. Это вызвало необходимость корректировки части льгот и компенсаций, перехода от натуральных льгот к денежным выплатам. Принятие Государственной Думой в 2004 г. непопулярного Федерального закона № 122 при всех сложностях его реализации позволило сформировать более экономичную систему льгот и компенсаций, которая может быть обеспечена бюджетом государства в полном объеме.

В мировой практике развитых стран мира выплаты компенсаций в первую очередь зависят от полученной дозы и предоставляются только в денежной форме, преимущественно единовременно. Правовые акты зарубежных стран по выплате компенсаций, например законодательства США и Японии, базируются на следующих принципах:

- основанием для предоставления компенсации является наличие конкретного вреда здоровью, при этом устанавливается жесткий порядок определения участия гражданина в событиях, которые могли нанести соответствующий вред (законом определены время, место и перечень работ или событий);

- вред здоровью определяется путем установления жесткой связи заболевания с конкретным влиянием на пострадавшего условий события, в котором он принимал участие; перечень заболеваний по каждой группе воздействий указывается в законе;

- при наличии вреда здоровью компенсации могут не назначаться в случае, если гражданин своими действиями мог вызвать у себя эти заболевания (например, злоупотребление алкоголем, курением и т.п.); законодательством устанавливаются соответствующие нормативы для таких действий; кроме этого, компенсации не назначаются, если вред здоровью наступил вследствие предыдущей профессиональной деятельности пострадавшего;

- компенсации предоставляются только в денежной форме; не предоставляются налоговые льготы, льготы по оплате жилья, транспорта и т.п.;

- не пострадавшим участникам событий, в результате которых было возможно возникновение вреда, законом предусматривается обеспечение регулярного медицинского контроля за состоянием здоровья.

Таким образом, объективным количественным показателем реального радиационного ущерба, наносимого участникам ликвидации и жителям радиоактивно загрязненных территорий, является доза облучения. В связи с этим дальнейшее совершенствование нормативной правовой базы в части социальной защиты граждан, пострадавших в результате аварий и катастроф, должно основываться на введении дозовых критериев при определении мер социальной поддержки. Согласно Концепции радиационной, медицинской, социальной защиты и реабилитации населения Российской Федерации, подвергшегося аварийному облучению, участники ликвидации и жители могут быть признаны облученными, если накопленная эффективная доза хронического облучения превышает 70 мЗв. Критериями для выбора тех или иных уровней вмешательства с целью защиты

населения является численное значение годовой дозы по отношению к установленным Концепцией величинам 1, 5 и 20 мЗв в год.

Очевидно, что построенная на таких принципах законодательная база социально будет более справедлива и обеспечит экономически обоснованную систему льгот и компенсаций, не лежащую чрезмерным бременем на бюджете страны.

4. Возможные направления оптимизации состава мероприятий по ликвидации последствий аварии и реабилитации загрязненных территорий

На основе анализа выполненных работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и реабилитации территорий следует признать, что наиболее успешными были следующие мероприятия:

- локализация источников горения на крыше машинного зала атомной станции;
- организация массовой эвакуации жителей г. Припяти и других населенных пунктов из 30-километровой зоны;
- тампонирующее разрушение реактора с воздуха набором веществ, обеспечивающих снижение температуры активной зоны реактора;
- ликвидация радиоактивных загрязнений на территории атомной станции;
- строительство саркофага для укрытия разрушенного четвертого блока атомной станции;
- снижение дозовых нагрузок на население, попавшее в зону радиационных катастроф;
- социально-экономическая реабилитация пострадавших людей и территорий.

Локализация источников горения на крыше машинного зала атомной станции предотвратила распространение пожара на три остальных энергоблока Чернобыльской АЭС. В результате взрыва реактора и выброса разогретых до высокой температуры фрагментов его активной зоны на крыши некоторых помещений реакторного и машинного залов возникло свыше 30 очагов пожара. Оперативными действиями дежурных отделений военизированной пожарной части АЭС, пожарных подразделений г. Припяти в 2 ч 15 мин были полностью локализованы очаги горения на крыше машинного

зала. Еще через 20 мин был ликвидирован пожар на всех этажах реакторного отделения. Благодаря этому был перекрыт путь огню к третьему энергоблоку. К 5 ч пожар был окончательно локализован, а к 6 ч 35 мин полностью ликвидирован. Это обеспечило существенное снижение объемов выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду и тем самым значительно уменьшило последствия данной аварии. Следует отметить, что крыша Чернобыльской АЭС состояла из тех же пожароопасных материалов, которые использовались при строительстве цеха сборки «КАМАЗов». Через несколько лет этот цех из-за возникновения пожара на крыше сгорел полностью.

Своевременная организация массовой эвакуации жителей г. Припяти и других населенных пунктов из 30-километровой зоны существенно снизила дозовые нагрузки на население, проживающее в данных районах. 27 апреля с 14 до 17 ч была проведена эвакуация населения г. Припяти численностью 50 тыс. человек, которые были расселены в 53 населенных пунктах Киевской области. Для эвакуации было использовано 1200 автобусов и три специальных поезда. По мере уточнения радиационной обстановки на загрязненных территориях принимались дальнейшие решения о переселении людей. В целом до конца 1986 г. из 118 населенных пунктов, включая г. Припять, было отселено 116 тыс. человек.

Тампонирующее разрушенного реактора с воздуха набором препятствующих выбросу веществ существенно уменьшило поступление радиоактивных веществ в атмосферу и позволило к 6 мая уменьшить выброс радиоактивности до нескольких сотен, а к концу мая — до нескольких десятков кюри в сутки. С целью сокращения выхода радиоактивных газов и аэрозолей из развала реактора была предложена засыпка поврежденного реактора песком, борной кислотой, доломитовыми глинами, свинцом и другими материалами. Практическое выполнение столь сложных и масштабных задач по засыпке реактора легло на плечи летчиков вертолетных частей под руководством Героя Советского Союза генерала Н. Т. Антошкина. Для транспортировки мешков с песком и другими материалами использовались списанные тормозные парашюты, прикрепленные к внешней подвеске вертолетов.

С 27 апреля по 10 мая на реактор было сброшено около 5 тыс. т материалов, в результате чего шахта реактора покрылась слоем сыпучей массы, интенсивно сорбирующей радионуклиды. Благодаря этому было обеспечено устойчивое охлаждение оставшихся в реакторе топливных композиций.

Ликвидация радиоактивных загрязнений на территории атомной станции обеспечила развертывание работ по строительству укрытия для разрушенного блока и ввод в эксплуатацию остальных трех энергоблоков. Личный состав частей химических войск в течение двух месяцев смог удалить основные радиоактивные загрязнения на территории станции и создал условия для выполнения строительных работ.

Строительство саркофага для укрытия разрушенного четвертого блока атомной станции позволило надежно укрыть многотонные остатки ядерного топлива и завершить работы по ликвидации режима чрезвычайной ситуации на атомной станции. Для обеспечения безопасности строительства применялась техника, позволяющая проводить работы на значительном удалении. Проектирование шло параллельно строительству, которое с середины июля велось полным ходом. Строительство осуществлялось круглосуточно, вахтовым способом. Для монтажа металлоконструкций использовали уникальные краны фирмы «Демаг», вылет стрелы которых составлял 78 м. На подаче бетона работали насосы западногерманских фирм, которые имели стрелы для подачи бетона до 52 м. Всего было уложено 360 тыс. кубометров бетона и смонтировано около 6 тыс. т металлоконструкций. В ноябре 1986 г. строительство было завершено, в этот же период были введены в эксплуатацию первый и второй энергоблоки.

Для снижения дозовых нагрузок на население проводились следующие мероприятия:

- осуществление мониторинга радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- радиометрический контроль за загрязнением продовольственного сырья и пищевых продуктов;
- обеспечение соблюдения населением на загрязненных территориях норм и требований радиационной безопасности;
- создание и техническое перевооружение на пострадавших территориях предприятий по хра-

нению и переработке загрязненной сельскохозяйственной и лесной продукции, производству чистых продуктов, в том числе с лечебно-профилактическими свойствами;

- ведение сельскохозяйственного и лесного хозяйства на загрязненных территориях с учетом совокупности их радиационно-экологических характеристик путем проведения организационно-технических, технологических, ограничительных, информационных, социально-экономических и профилактических мероприятий, в том числе в целях снижения загрязненности сельскохозяйственной продукции;

- предотвращение деградации земель с высокими плотностями загрязнения за счет увеличения содержания гумуса, внесения калийных удобрений и известкования кислых почв с целью их последующего возвращения в сельскохозяйственное производство;

- предотвращение распространения радионуклидов из мест захоронения радиоактивных отходов.

Кроме того, осуществлялся ряд мер запретительного, ограничительного и рекомендательного характера. На загрязненных территориях были запрещены лов рыбы, сбор грибов и ягод, охота, ограничено использование молока, рекомендованы к выращиванию определенные сельскохозяйственные культуры, установлены правила ведения приусадебных участков, способы переработки продукции, грибов и ягод, правила содержания домашних животных, порядок откорма. В загрязненные районы завозились «чистые» продукты питания. Предлагаемые мероприятия позволили уменьшить как внутреннее, так и внешнее облучение населения, проживающего на загрязненных территориях.

Мероприятия по социально-экономической реабилитации пострадавших и загрязненных территорий должны быть направлены на экономическое развитие территорий, улучшение бытового обустройства населения и ликвидаторов, вовлечение людей в социально значимую, престижную с точки зрения населения пострадавших территорий и экономически эффективную деятельность, повышающую их жизненный уровень, а также на социально-психологическую поддержку пострадавших. Одним из наиболее серьезных послед-

ствий радиационных катастроф является ухудшение психического здоровья пострадавших, которое характерно как для ликвидаторов, так и для населения, проживающего на загрязненных территориях. Социально-психологические последствия катастроф представляют собой отклик на коллективную психическую травму, каковой была авария, а также на последовавшие за ней социально-экономические изменения.

Потеря экономической стабильности в обществе и ожидание неблагоприятных последствий для своего здоровья на фоне возможных временных ухудшений самочувствия приводят к нарушению физического и эмоционального баланса человека. В связи с этим показатели нарушения психического здоровья у ликвидаторов в 5 раз выше, а среди населения загрязненных территорий — в 2 раза выше по сравнению с аналогичными показателями в целом по России.

В целях социально-экономической реабилитации территорий представляется целесообразным осуществлять следующие мероприятия:

- строительство объектов социальной сферы и коммунального хозяйства на территориях, пострадавших вследствие катастрофы;

- строительство жилья для переселенцев с территорий, пострадавших вследствие катастрофы, и ликвидаторов;

- создание новых рабочих мест на территориях, пострадавших вследствие аварии.

В то же время следует признать, что многие крупномасштабные работы по ликвидации последствий аварии с привлечением значительных людских ресурсов оказались малорезультативными. Крупномасштабные работы по дезактивации населенных пунктов и территорий в 30-километровой зоне не привели к существенному снижению уровня радиации. Не следовало проводить работы по пылеподавлению местности, строительству плотин и других инженерных сооружений в районе аварии, так как отсутствовал существенный перенос радионуклидов между ландшафтными комплексами. Привлечение значительной группировки ликвидаторов численностью более 600 тыс. человек к работам, которые оказались малорезультативными, обернулось впоследствии колоссальными затратами на выплату компенсаций и льгот.

Таким образом, для смягчения последствий аварий с длительным периодом загрязнения и оптимизации состава мероприятий основные усилия необходимо направить на:

- максимальное снижение выбросов в окружающую среду стойких загрязнителей;
- выявление местонахождения территорий с высокими уровнями заражений (загрязнений);
- организацию экстренной эвакуации жителей из зон опасного заражения (загрязнения) и обеспечение максимальной защиты населения с учетом имеющихся возможностей.

Для проведения аварийных и спасательных работ в зоне аварии должен привлекаться ограниченный контингент лиц, в первую очередь члены специализированных аварийных бригад, предназначенных для выполнения этих работ. Желательно мужчины старше 30 лет, при их добровольном письменном согласии, после информирования о возможных рисках для здоровья.

С целью уменьшения масштабов загрязнения окружающей среды целесообразно вблизи АЭС разместить лесозащитные полосы. Планирование мероприятий по ликвидации аварий с долговременными последствиями должно проводиться с учетом прогнозных характеристик процессов самоочищения различных природных сред от стойких опасных веществ.

Заключение

Социально-экономические последствия аварий с длительным периодом загрязнения являются мощным деструктивным фактором, замедляющим развитие пострадавших регионов, обуславливают рост социально-психологической напряженности на загрязненных территориях и требуют колоссальных финансовых затрат на ликвидацию последствий аварии и выплату компенсаций и льгот пострадавшим.

Материальный ущерб от радиационного воздействия в результате аварии на Чернобыльской АЭС для Российской Федерации, включающий стоимость выведенных из хозяйственного пользования основных и оборотных производственных фондов, объектов социальной инфраструктуры, жилья и природных ресурсов, включая недополученную выгоду, оценивается в 180 млрд долларов

США. В настоящее время около 90% всех средств, выделяемых для реализации мероприятий по чернобыльским программам, расходовались и расходуются по двум основным разделам: «Охрана здоровья и медицинская реабилитация граждан, подвергшихся радиационному воздействию» (свыше 50% всего объема финансирования) и «Социально-экономическая реабилитация населения и территорий» (около 40% всего объема финансирования). По оценкам специалистов, экономический ущерб для Белоруссии в расчете на 30-летний период преодоления последствий катастрофы составляет 235 млрд долларов США. Суммарный экономический ущерб Украины оценен в 201 млрд долларов США.

Масштабы экологических и экономических последствий чернобыльской катастрофы значительно превзошли урон, нанесенный ядерными бомбардировками Хиросимы и Нагасаки. В этих городах в настоящее время полностью восстановлены безопасные условия проживания, в то время как значительная часть территории вокруг Чернобыльской АЭС на долгие годы выведена из хозяйственного использования. Работы по преодолению последствий этой аварии до сих пор продолжаются.

Общие экономические потери для Японии в результате аварии на японской атомной станции «Фукусима-1», включая эвакуацию и долгосрочное перемещение граждан из сложившейся зоны вокруг АЭС, а также приостановление в ней экономической деятельности на длительный срок составят порядка 130 млрд долларов США. Общие экономические потери для Италии в результате выброса диоксида на предприятии, расположенном в городе Севезо, включая стоимость выведенных из хозяйственного пользования основных и оборотных производственных фондов, составили около 50 млрд долларов США.

При прогнозировании длительности долговременных загрязнений территорий необходимо учитывать специфику процессов самоочищения различных природных сред. Наибольшему загрязнению подвергаются лесные массивы, так как они выполняют роль фильтров, поглощающих опасные вещества на поверхности земного ландшафта. Самоочищение лесов происходит только за счет естественного распада основного долгоживущего

загрязнителя. Это обусловлено тем, что основная масса опасных веществ оседает на кронах деревьев. Осенью вместе с опавшими листьями эти вещества уходят в почву, а затем за счет корневого поступления повторно загрязняют лесные массивы. Таким образом, самоочищение лесов происходит только за счет естественного распада основного долгоживущего загрязнителя.

Многолетние наблюдения за сельхозугодиями показывают, что изменение уровней загрязнения на степных и иных равнинных участках местности происходит под влиянием следующих основных факторов:

- естественного распада стойких загрязнителей;
- заглупления стойких загрязнителей под действием природно-климатических процессов;
- перераспределения стойких загрязнителей в почвенном слое за счет антропогенного воздействия.

В среднем динамика изменения загрязнений в почвенном слое на равнинной местности будет протекать в 2—3 раза быстрее, чем в лесных массивах. Темпы снижения уровней радиоактивного загрязнения почв в зоне чернобыльской аварии в настоящее время стабилизировались и составляют от 3 до 5% в год. Это позволяет предположить, что через 100 лет опасные уровни радиоактивных загрязнений на степных и иных равнинных участках местности окончательно исчезнут.

Наиболее быстрое снижение уровня загрязнений наблюдается на акваториях рек и водоемов. Это обусловлено высокими скоростями перемещения и процессами диспергирования опасных загрязнителей в водной среде. Водорастворимая фракция опасных загрязнителей за счет перемещения быстро распределяется во всей толще воды и во всех случаях не превышает допустимых значений. Нерастворимая фракция, которая тяжелее воды, оседает и сорбируется донными отложениями. Нерастворимая фракция, которая легче воды, в течение месяца поглощается в почвенном слое вдоль берегов рек и водоемов. Вода практически во всех реках и водоемах, подвергшихся загрязнению в результате чернобыльской аварии, в настоящее время не представляет опасности для водопользования. С большой дозой уверенности можно предположить, что через год после аварии акватории крупных водо-

емов, находящихся в загрязненных зонах, за исключением донных отложений, не будут представлять опасности для населения. В пользу данного предположения свидетельствует тот факт, что крупномасштабные захоронения трофейного химического оружия фашистской Германии, осуществленные победителями во Второй мировой войне в Балтийском и Северном морях, не привели к существенному загрязнению акваторий этих водоемов, несмотря на прогнозы катастрофических последствий ряда экспертов международных экологических организаций, включая «Гринпис».

Совершенствование нормативной правовой базы в части социальной защиты граждан, пострадавших в результате аварий и катастроф, должно основываться на введении дозовых критериев при определении мер социальной поддержки. Основанием для предоставления компенсации является наличие конкретного вреда здоровью. Для этого устанавливается жесткий порядок определения участия гражданина в событиях, которые могли нанести соответствующий вред. Компенсации должны предоставляться путем перехода от натуральных льгот к денежным выплатам. Система льгот и компенсаций гражданам, пострадавшим в результате аварий и катастроф, должна быть обеспечена бюджетом государства в полном объеме.

В целях смягчения последствий аварий с длительным периодом загрязнения и оптимизации состава мероприятий основные усилия при планировании и организации работ целесообразно направить на:

- максимальное снижение в сжатые сроки выбросов стойких загрязнителей в окружающую среду путем локализации и тушения источников горения, а также тампонирувания источников выбросов стойких загрязнителей;
- выявление местонахождения территорий с высокими уровнями загрязнений и организацию экстренной массовой эвакуации жителей с этих территорий;
- строительство укрытий для захоронения стойких загрязнителей;
- осуществление мер по снижению дозовых нагрузок на население, попавшее в зону аварии;
- социально-экономическую реабилитацию пострадавших территорий и обеспечение максималь-

ной защиты населения с учетом имеющихся возможностей.

Для проведения аварийных и спасательных работ в зоне аварии должен привлекаться ограниченный контингент лиц, в первую очередь члены специализированных аварийных бригад, имеющих опыт выполнения этих работ. Желательно привлекать мужчин старше 30 лет, при их добровольном письменном согласии, после информирования о возможных рисках для здоровья. Не следует привлекать значительное количество участников ликвидации последствий аварии для выполнения крупномасштабных мероприятий по обеззараживанию территорий, так как эффективность этих работ незначительна.

Планируемые мероприятия по ликвидации аварий с долговременными последствиями должны проводиться с учетом прогнозируемых характеристик процессов самоочищения различных природных сред от стойких загрязнителей. С целью уменьшения масштабов загрязнения окружающей среды в случае возникновения аварии с выбросом радиоактивных веществ целесообразно вблизи АЭС разместить лесозащитные полосы.

Литература [References]

1. Малышев В.П. Научные проблемы, решаемые в ходе преодоления последствий чернобыльской катастрофы. Проблемы анализа риска. Т. 13. 2016. №3 [Malyshev V.P. Scientific problems solved in the course of overcoming the consequences of the Chernobyl disaster. Risk analysis problems. T. 13. 2016. No 3.]
2. Арутюнян Р.В., Большов Л.А., Арон Д.В., Панченко С.В., Токарчук Д.Н. Анализ влияния радиологических критериев эвакуации населения на социально-экономические последствия аварии на АЭС в префектуре Фукусима. М.: ИБРАЭ РАН. 2013. [Arutyunyan R.V., Bol'shov L.A., Aron D.V., Panchenko S.V., Tokarchuk D.N. Analysis of the impact of radiological criteria for the evacuation of the population on the socio-consequences of the accident at the gas station in Fukushima Prefecture. M.: IBRAE RAN. 2013.]
3. Маршалл В.К. Основные опасности химических производств. М.: Мир. 1989. [Marshall V.C. Major Chemical Hazards. E. Horwood. 1987.]
4. Марадудин И.И. и др. Радиоактивное загрязнение различных ландшафтов. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия — Беларусь) / Под редакцией Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. Москва — Минск: Фонд «Инфосфера» — НИИ Природа. 2009. С. 85—108. [Maraududin I.I. and other. Radioactive contamination of various landscapes. Atlas of modern and forecast aspects of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in the affected areas of Russia and Belarus (ASPA Russia and Belarus) / Edited by Yu.A. Izrael and I.M. Bogdevish. Moscow — Minsk: Fund «Infosfera» — NIA Nature. 2009. P. 85—108.]
5. Израэль Ю.А., Ильин Л.А., Владимиров В.А. и др. Чернобыль: 25 лет спустя. М.: МЧС России. 2011. [Izrael Yu.A., Ilyin L.A., Vladimirov V.A. and other. Chernobyl: 25 years later. M.: Russian Emergency Situations Ministry. 2011.]

Сведения об авторе

Малышев Владлен Платонович: доктор химических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России

Количество публикаций: более 300

Область научных интересов: научные и прикладные проблемы обеспечения радиационной, химической и биологической безопасности

Контактная информация:

Адрес: 121352, Москва ул. Давыдовская, д. 7

Тел.: +7 (495) 400-99-52

E-mail: csi430@mail.ru