

РЕАБИЛИТИРУЕМ ГОРОД

CLEANING UP THE CITY

В.А. САЛИКОВ,
В.Г. САФРОНОВ, к.т.н.,
(ГУП МосНПО «Радон»)



■ Реабилитация радиоактивно загрязненных территорий — это целый комплекс организационных, технических, социальных и радиэкологических мероприятий, направленных на восстановление среды обитания и нормальных условий проживания людей. Этот процесс предусматривает радиационное обследование, дезактивацию объектов, локализацию, изоляцию и стабилизацию радиоактивных веществ, а также рекультивацию нарушенных земель.

Хорошо известно, что наиболее обширные загрязнения городских территорий произошли с 1940 по 1960 годы, когда отходы от переработки сырья, содержащего повышенное количество естественных радионуклидов, использовали для засыпки оврагов и неровностей местности. Тогда это допускалось существовавшими нормативами.

Главные «виновники» радиоактивного загрязнения территорий крупных городов — предприятия и организации, использующие радиоактивные вещества, источники ионизирующих излучений и сырье с повышенным содержанием естественных радионуклидов. К ним относятся также работающие на каменном угле ТЭЦ.

За последнее время многие из этих предприятий реорганизовались, передав свои загрязненные помещения, оборудование и территории собственникам, ранее не работавшим с радиоактивными веществами. Это привело к бесконтрольному использованию и последующему распространению загрязнения в окружающей среде.

Кроме того, через крупные города, являющиеся транспортными узлами, осуществляются перевозки (в том числе, неконтролируемые) радиоактивных веществ и содержащего их сырья, а также радиоактивных отходов, которые из-за негерметичности упаковок в процессе погрузочно-разгрузочных работ могут рассеиваться в атмосфере и загрязнять грунт.

V.A.SALIKOV,
V.G. SAFRONOV, Candidate of Technical sciences
(SUE SIA Radon)



■ Cleanup of contaminated territories is a whole set of organizational, technical, social and radioecological measures aimed at rehabilitating the environment and conditions of human habitation. This procedure includes radiation surveying, decontamination, localization, isolation and stabilization of radioactive materials, and recultivation of contaminated lands.

It is well known that urban territories were most seriously contaminated in 1940—60s, when waste from recycling raw materials with high natural radionuclide content was used to fill gullies and surface imperfections — the norms of that period allowed it.

The main responsibility for radioactive contamination of urban territories lies with companies and organizations that use ionizing radiation sources, radioactive materials and raw materials with high natural radionuclide content. This also concerns heat stations that use coal.

Besides, some of these companies have recently been restructured, handing their contaminated premises, equipment and territories over to owners that have never worked with radioactivity. This leads to uncontrolled use and consequent contamination of the environment.



Еще одним источником радиоактивного загрязнения является вторичное использование в строительстве «отработанных» в нефтегазовом комплексе труб, как правило, с повышенным содержанием естественных радионуклидов.

СЛОЖНЫЙ ПРОЦЕСС ПОИСКА И КОНТРОЛЯ

Выявить на обширных городских территориях участки радиоактивного загрязнения (УРЗ) — как точечные (менее 1 м²), так и площадь в несколько сотен квадратных метров, — достаточно трудно. Для этого требуется серьезный радиационный контроль по сетке, не превышающей минимальные поперечные размеры участка. В целом же, работы по выявлению участков загрязнения включают строгое, поэтапное проведение радиационного обследования территорий города, систематическое, подробное ведение их реестра с детальным описанием, учета всех выявленных и дезактивированных УРЗ, а также предварительный выбор местности для радиационного контроля.



◁ ▷ Специалисты ГУП МосНПО «Радон» ликвидируют радиоактивное загрязнение на строительной площадке и в одной из парковых зон Москвы

Specialists from SUE SIA Radon cleaning up radioactive contamination in one of Moscow parks

▷ Измерение загрязнения радиоактивного грунта

Measuring vehicle radioactivity

□ Наиболее обширные загрязнения городских территорий произошли с 1940 по 1960 годы, когда отходы от переработки сырья, содержащего повышенное количество естественных радионуклидов, использовали для засыпки оврагов и неровностей местности. Тогда это допускалось существовавшими нормативами.

It is well known that urban territories were most seriously contaminated in 1940-60s, when waste from recycling raw materials with high natural radionuclide content was used to fill gullies and surface imperfections — the norms of that period allowed it.

Moreover, big cities are at the same time major traffic centers, and through them radioactive waste and raw materials are shipped (sometimes without proper control). If the impermeability of containers is breached in the process of loading and unloading, radioactive substances can escape into the atmosphere and contaminate the soil.

Another source of radioactive contamination is the reuse of pipes from the oil industry that have a high level of natural radionuclides.

RETRIEVAL AND CONTROL: LONG AND COMPLICATED

It is rather hard to discover areas of radioactive contamination, both point (less than 1 m²) and larger ones (several hundreds of m²). This requires serious radiation surveying with a grid that does not exceed minimum point parameters. On the whole, the process of search includes phased radiation surveying of the city territories, their systematic registering with detailed description of spotted and cleaned radioactive contamination areas, as well as site selection for radiation surveying.



After contaminated areas have been discovered, the corresponding regulatory bodies (the Federal Service for Consumer Protection and Human Welfare/Rospotrebnadzor, and the Ministry of Emergency Situations) are informed. These regulatory bodies give their sanction to start cleanup operations.

The volume of work is defined with the account of the Radiation Safety Norms (RSN-99) for the population and personnel, with the view of possible future use of the territory, location and area of contaminated sites and the possibility of conducting cleanup operations that can raise the radiation level. The gamma-radiation dose rate at different levels from the surface, as well as the levels of specific activity of different materials, soil and rubble are taken into account.

□ Главные «виновники» радиоактивного загрязнения территорий крупных городов — предприятия и организации, использующие радиоактивные вещества, источники ионизирующих излучений и сырье с повышенным содержанием естественных радионуклидов. К ним относятся также работающие на каменном угле ТЭЦ.

The main responsibility for radioactive contamination of urban territories lies with companies and organizations that use ionizing radiation sources, radioactive materials and raw materials with high natural radionuclide content. This also concerns heat stations that use coal.

После выявления загрязненных территорий об этом информируются соответствующие органы власти, Роспотребнадзора и МЧС РФ, по согласованию с которыми проводятся все реабилитационные мероприятия.

Объемы работ определяются с учетом норм радиационной безопасности населения и персонала (НРБ-99). При этом принимаются во внимание перспективы использования территорий, местонахождение и площади загрязненных участков, возможность проведения там работ, которые могут повлечь увеличение уровня радиационного воздействия. Безусловно, учитываются мощности дозы гамма-излучения, в том числе на различной глубине от поверхности почвы, и уровни удельных активностей загрязненных материалов, грунтов, строительного мусора и т. п.

Однако в нормативных документах отсутствуют сведения о том, каким образом должны учитываться все эти условия. Поэтому при оценке, планировании, выполнении дезактивационных работ и принятии решения об их окончании возникают определенные трудности.

Чтобы решить эту проблему, специалисты МЧС России совместно с сотрудниками кафедры экологии человека и окружающей среды Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова, ГУП МосНПО «Радон» и ГП «Московский завод полиметаллов», используя собственный опыт, в 2005 году разработали «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при проведении дезактивационных работ по ликвидации локального радиоактивного загрязнения (территорий, жилых, общественных зданий и производственных объектов)».

При разработке документа было учтено, что территории и объекты, согласно рекомендациям Международного комитета по радиологической защите и НРБ-99, подразделяются на две группы. К первой относятся жилые дома, подсобные строения, медицинские, детские дошкольные и школьные учебные учреждения, предприятия торговли и общественного питания, а также селитебные территории, прилегающие к жилым застройкам, приусадебные участки, парки и лесопарковые зоны, бульвары, скверы, стадионы, спортивные площадки и др. Ко второй — промышленные предприятия и их территории, железные и автодороги.

However, regulatory documents do not specify how all these data should be accounted for. Therefore, when assessment, planning and decontamination are carried out, and when the decision about their results is taken, it presents certain difficulties.

To deal with this problem, in 2005 the specialists of the Center for Strategic Research and Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations, together with the researchers from the

Chair of Human and Environmental Ecology of the Sechenov Medical Academy, SUE SIA Radon and Moscow Poly-metal Plant developed “Radiation safety requirements for the personnel and the population during cleanup activities at local radioactive contamination areas (territories, public and residential quarters and industrial buildings)”.

When the document was being elaborated, it was taken into account that, according to the recommendations of the The International Commission on Radiological Protection and the RSN-99, the sites and territories can be divided into two categories. The first category includes apartment blocks, subsidiary premises, healthcare institutions, children’s facilities, educational institutions, shopping areas and public catering institutions, recreational zones neighbouring apartment blocks, homestead lands, parks and woods, boulevards, public gardens, stadiums, sports grounds, etc.

The indices denoting man-made radionuclide content are used as a supplement to the indices of the gamma-radiation dose rate for contamination with alpha, beta and transuranium radionuclides.

The indices of natural radionuclides given in RSN-99 for materials used in construction and reconstruction of living and public buildings ($A_{eff} = 370 \text{ Bq/kg}$) and for materials used in road construction within city limits and prospective construction zones, as well as industrial buildings ($A_{eff} = 740 \text{ Bq/kg}$) are not included into the table (instead, there are blanks). Since RSN-99 is a document of a higher standing, it is necessary to use these indices in practice, given that the indices of gamma-radiation dose rate from the table are not exceeded.

On the whole, methodological aids serve as a good practical help in conducting cleanup operations in large cities. Nevertheless, they do not offer solutions to a number of problems, such as rehabilitation of sites with deep radioactive contamination. Therefore, at present specialists of SUE SIA Radon, using theoretical research, international and own experience have developed a number of approaches to solving this problem, when complete removal of contaminated soil is not feasible for different reasons. In fact, we speak of long-term isolation of such contamination in situ. It is the depth of contaminated soil and industrial waste that determines the method of their isolation and the depth of deactivation.

WHICH ISOLATION METHOD TO CHOOSE?

Long-term isolation of radioactive waste requires thorough selection of the composition and construction of the walls and floors that must meet a whole number of requirements

**РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НОРМАЛИЗАЦИИ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ
НА СТАДИИ ВЫПОЛНЕНИЯ ДЕЗАКТИВАЦИОННЫХ РАБОТ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ
РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*THE RECOMMENDED INDICES FOR NORMALIZING RADIATION SITUATION AT THE STAGE
OF CLEANING UP LOCAL RADIOACTIVE CONTAMINATION OF DIFFERENT OBJECTS*

	Объекты контроля и значения критериев радиационного воздействия техногенных и природных источников излучения на население <i>Objects of monitoring and indices of criteria of man-made and natural radiation sources impact on the population</i>		
Критерии радиационного воздействия техногенных и природных источников излучения на население / <i>Criteria of man-made and natural radiation sources impact on the population</i>	1-я группа объектов <i>1st group</i>		2-я группа объектов <i>2nd group</i>
	Почва и дорожные покрытия селитебных территорий / <i>Soil and pavement of recreational areas</i>	Помещения жилых и общественных зданий <i>Residential and public buildings</i>	Почва и дорожные покрытия производственных территорий, производственные помещения / <i>Soil and pavement of industrial territories and production facilities</i>
Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД ГИ) за счет природных и техногенных радионуклидов, превышающая фоновые значения, присущие данной местности, мкЗв/ч* / <i>Equivalent gamma-radiation dose rate of natural and man-made radionuclides over the background level, mcZv/h*</i>	0,4	0,3	0,6
Содержание техногенных радионуклидов, Бк/кг <i>The man-made radionuclide content Bq/kg</i>	1/20 МЗУА** 1/20 MSSA**	1/20 МЗУА** 1/20 MSSA**	1/10 МЗУА** 1/10 MSSA**
Содержание природных радионуклидов, $A_{эфф}$, Бк/кг <i>Natural radionuclide content A_{eff}, Bq/kg</i>	–	–	1500

Показатели по содержанию техногенных радионуклидов используются как дополнительные к показателям по МЭД ГИ при загрязнениях альфа-, бета-излучающими и трансурановыми радионуклидами.

В таблицу не внесены показатели по содержанию природных радионуклидов (места прочерков), приведенные в НРБ-99 для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях ($A_{эфф} = 370$ Бк/кг), в дорожном строительстве, в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений ($A_{эфф} = 740$ Бк/кг). Поскольку НРБ-99 является документом более высокого уровня, эти показатели в практической деятельности необходимо использовать при условии неперевышения показателей по МЭД ГИ, приведенных в таблице.

В целом, методические пособия являются хорошим практическим подспорьем при проведении дезактивационных работ в крупных городах. Однако и там нет предложений по решению целого ряда проблем — прежде всего, реабилитации территорий с глубинным расположением радиоактивных загрязнителей. Поэтому в настоящее время специалисты ГУП МосНПО «Радон» на основе теоретических исследований, международного и собственного опыта разработали ряд подходов к решению этой проблемы

*Примечание: * Все измерения МЭД ГИ проводятся на расстоянии 0,1 м от поверхности измеряемого объекта после извлечения закрытых точечных источников.*

*** МЗУА — минимально значимая удельная активность, приведенная в приложении П-4 НРБ-99.*

*Note: * All the measurements of the equivalent gamma-radiation dose rate are conducted at the distance of 0.1 m from the surface of the measured object after the extraction of closed point sources.*

*** MSSA — minimum significant specific activity stated in the Appendix P-4 of the RSN-99.*

to ensure radiation safety, i.e. they must prevent contaminants from seeping into the environment, serve as a radioactive barrier, limiting the radon flow from its surface, impeding erosion in the fill-up soil, as well as plant roots and burrowing animals from getting into it, resist the negative impact of freezing and defreezing processes on isolation effectiveness. Finally, the constructions should drain rainwater and water from melting snow.

Natural (clay, sand, soil, stone, gravel and crushed stone, separately or in combination) and artificial materials (asphalt and concrete) are used in construction. Quite often different polymers are used, but practice has showed their low efficiency because they are short-lived and low-resistant to climatic factors. Besides, the long-term impact of artificial materials on the environment has not been properly studied.

The most effective are multilayer covers with surface soil layer and vegetation that can serve as landscape zones.

в условиях, когда полное удаление загрязненных грунтов нецелесообразно по тем или иным соображениям. Речь идет о длительной изоляции таких загрязнений непосредственно в местах их обнаружения. А именно глубина залегания загрязненных грунтов или промышленных отходов определяет выбор способа их изоляции и глубины дезактивации.

КАКОЙ СПОСОБ ИЗОЛЯЦИИ ВЫБРАТЬ?

Длительная изоляция радиоактивных загрязнений требует тщательного выбора состава и конструкции покрытий, которые должны соответствовать целому ряду требований, обеспечивающих радиационную безопасность. А именно: предотвращать рассеяние загрязнителей в окружающую среду, служить радиоактивным барьером, т.е. ограничивать поток радона со своей поверхности, препятствовать эрозионным процессам в насыпных грунтах, проникновению туда корневой системы растений и роющих животных, противодействовать негативному влиянию процессов замораживания-оттаивания на эффективность изоляции. И, наконец, конструкция покрытия должна обеспечивать отвод дождевых и талых вод и не допускать их просачивания в грунт.

Для сооружения покрытий применяют природные и искусственные материалы. Из природных чаще всего используют глину, песок, почву, камни, гравий, щебенку — по отдельности или в комбинации. Среди искусственных наиболее эффективны и рациональны асфальтобетонные покрытия. Нередко пользуются и различного рода полимерными материалами, однако, практика показала их низкую эффективность из-за недолговечности и плохой устойчивости к воздействию климатических факторов. К тому же влияние веществ неприродного происхождения на окружающую среду мало изучено в плане долгосрочной перспективы.

Самые же эффективные — многослойные покрытия с поверхностным плодородным слоем грунта и высаженной растительностью, являющиеся ландшафтными зонами благоустройства территории.

Последовательность залегания различных слоев может быть разной, но чаще всего самый нижний насыпается гидроизолирующим материалом, в качестве которого обычно используются природные глины. Глина существенно уменьшает выход радона и одновременно препятствует инфильтрации воды. Толщина слоя — 0,1—0,4 м. Как правило, его уплотняют, используя соответствующие механизмы. А геометрия засыпки должна быть такой, чтобы задерживаемая вода под действием силы тяжести перемещалась от центра к краю участка и, либо выходила за его пределы на расстояние 2—3 метра, либо выводилась вовсе.

Второй слой является дренажным и служит для пропуска дождевой или талой вод. Он обычно состоит из песка толщиной 0,2—0,3 м. Третий чаще всего выполняется из камней горных пород, гравия или щебня. Четвертый — самый верхний — из почвенного грунта. Толщина его обычно колеблется от 0,1 до 0,2 м.

The layers can follow each other in any order, but more often the lowest layer is made of waterproof material (usually — natural clay). The clay reduces radon emitting from the surface and at the same time prevents water infiltration. The layer is 0.1-0.4 m thick. As a rule, it is compacted with the help of special mechanisms. The geometry of the filling must guarantee that the water should flow from the center to the borders of the site, exiting it by 2-3 meters or leaving it completely.

The second layer serves for draining and filters rainwater and water from melting snow. It usually is composed of sand 0.2-0.3 m thick. The third one is usually made of rock, gravel or crushed stone. The forth top layer consists of soil, usually from 0.1 to 0.2 m thick.

■ Если глубина выработки при дезактивации

находится в пределах 0,1—1 м и мощность экспозиционной дозы на дне выработки при ее глубине 1 м не превышает 450 мкР/ч, оптимальна рекультивация с засыпкой выработки слоем чистого грунта (желательно глиной) до отметки – 0,2 м, а последующий слой засыпается растительным слоем до отметки 0,0.

Если же глубина выработки составляет 1 м, а мощность дозы на дне выработки превышает 450 мкР/ч, целесообразна многослойная изоляция природными материалами: слой глины — 0,3 м, песка — 0,3 м, гравия — 0,2 м, растительный — 0,2 м.

Такая рекультивация при отсутствии перемещения грунтов и размывания поверхностного растительного слоя обеспечит необходимую изоляцию промышленных отходов III категории на срок до 100 лет и более. Когда же удельная активность загрязненных грунтов не превышает пределов для II категории отходов, а глубина их залегания больше одного метра и на участке хорошо организован отвод поверхностных вод, устройство дополнительного покрытия вообще нецелесообразно.

■ *If the depth of the excavation is within 0.1—1 m and the exposition dose rate at the bottom does not exceed 450 mcR/h, it is recommended to fill the cavity with a layer of clean soil (preferably clay) up to the level of – 0.2 m, and then — with fertile earth up to the surface level.*

If the depth of the excavation is 1 m and the exposition dose rate exceeds 450 mcR/h, it is feasible to use multi-layer isolation with natural materials: a clay layer 0.3 m thick, sand — 0.3 m thick, gravel — 0.2 m thick and fertile earth — 0.2 m thick.

Such remediation, if the soil is not shifted and the upper vegetative layer does not erode, will create necessary isolation of the industrial wastes belonging to Category III up to 100 years and over. When the specific activity of the contaminated soil is within Category II specifications and its depth is over 1 m with good draining, the construction of an additional cover is not feasible.

Очень важно, чтобы покрытие всегда находилось несколько выше уровня окружающей местности (за счет первого слоя), чтобы обеспечить отвод поверхностных и грунтовых вод, образующихся над местным водоупором.

Оптимальная толщина слоев определяется в каждом конкретном случае. Иногда вместо четырех используются два: водоупорный и дренажный из щебня или гравия. Однако даже в условиях промышленной застройки такая поверхность покрытия имеет неэстетичный вид.

«БЕЛЫЕ» ПЯТНА

До настоящего времени не решен вопрос о возможности реабилитации поверхностно (до 25 см) загрязненных территорий с МЭД ГИ — от 0,4 мкЗв/ч и более — методом глубокой вспашки с перемещением верхнего загрязненного грунта на дно выемки и с засыпкой грунтом из нижних слоев. Теоретически такое возможно, но возникает вопрос: какими механизмами это делать?

Вспашка в ряде случаев — практичный метод очистки загрязненной почвы на больших территориях. Уже при обычной вспашке на глубину 20—30 см возможно подавить выделение радионуклидов в окружающую среду и уменьшить их усвоение корнями растений. Еще более эффективна глубокая отвальная вспашка (до глубины 1 м), однако она требует специальных почвообрабатывающих орудий. Их использование в отечественной практике нам не известно, хотя подобные разработки проводятся в Великобритании, США и Швеции.

Еще одна проблема — сбор и вывоз радиационных материалов, образующихся в процессе реабилитации. Если обращение с производственными отходами с повышенным содержанием природных радионуклидов строго нормируется СП 2.6.1.1292-2003, то с безхозными, находящимися на территории города в виде свалок или использованными для подсыпки оврагов, — вызывает организационные и технические трудности. Например, отходы III категории подлежат сбору, вывозу и длительному хранению на полигонах специализированных предприятий «Радон». А вот то, какие организации и каким образом должны обращаться с отходами II категории, в настоящее время не ясно. Как непонятно и то, кто должен разрабатывать соответствующую проектную документацию на места их захоронения и представлять ее на санитарно-эпидемиологическое заключение.

Нет определенности и с захоронением производственных отходов I категории на свалках общепромышленных отходов без ограничений по радиационному фактору.

Таким образом, несмотря на определенные достижения в решении проблем реабилитации радиоактивно загрязненных территорий в крупных городах, необходима разработка дополнительных нормативных и методических документов, регламентирующих работы в этой области.

□ Работы по выявлению участков загрязнения включают строгое, поэтапное проведение радиационного обследования территорий города, систематическое, подробное ведение их реестра с детальным описанием, учета всех выявленных и дезактивированных УРЗ, а также предварительный выбор местности для радиационного контроля.

The process of search includes phased radiation surveying of the city territories, their systematic registering with detailed description of spotted and cleaned radioactive contamination areas, as well as site selection for radiation surveying.

It is important that the cover should always be somewhat higher than the surrounding ground level (due to the first layer), so that the surface and groundwater are drained.

The optimum thickness of the layers is determined in every separate case. Sometimes, instead of four layers two are used: the water resistant one and the draining one made of crushed rock and gravel. However, even in industrial areas, such surface looks unattractive.

UNSOLVED PROBLEMS

Up to now, it has not been decided if it is possible to rehabilitate surface contamination (up to 25 cm) with gamma-radiation dose rate over 0.4 мкЗв/ч by means of deep plowing, when the upper layer of soil is shifted to the bottom of the excavation and covered with soil from the lower layers. In theory it is possible, but it is still unclear which mechanisms to use.

In a number of cases, plowing is a feasible method of cleaning contaminated soil over vast territories. It is possible to suppress radionuclide emission into the environment and reduce their absorption by plants' roots even by usual 20–30 cm deep plowing. It is even more effective to use moldboard plowing up to 1 m deep, but this method requires special tillage machines. There is no information whether such equipment has ever been used in Russia; similar projects are known to run in the UK, United States and Sweden.

Another problem is collecting and shipping radiation materials from rehabilitation. The management of waste with high natural radionuclide content is strictly regulated by SP 2.6.1.1292-2003, whereas ownerless radioactive waste that has been used to fill gullies or piled at city dumps present management and technical problems. For example, Category III waste is to be collected, shipped and stored at special Radon facilities. On the other hand it is unclear, who is to manage Category II waste, elaborate the design documentation for the storage facilities and apply for a sanitary and epidemiological license.

The question whether Category I industrial waste can be disposed of at industrial waste dumps without radiation restrictions is far from being answered as well.

Therefore, notwithstanding certain progress made in rehabilitating contaminated urban territories, additional regulatory and methodical documents in this sphere are required.