

В.И. ЛЯШЕНКО

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА¹

Исследовано повышение экологической безопасности в зоне уранового производства на основе научного обоснования, разработки и внедрения реабилитационных мероприятий по минимизации отрицательных последствий на окружающую природную среду и здоровье человека от воздействия радиационных факторов.

Радиоэкологические исследования включали: измерение мощности экспозиционной дозы (МЭД) -излучения по сетке 100 100 м и 20 10 м (пешеходная -съёмка) площадью 40 км²), анализ почвы на содержание радионуклидов; отбор проб воды на содержание радия и урана; определение суммарной - и -активности почвы; определение концентрации радона в жилых помещениях. Рекомендована система радиационного мониторинг урановых объектов на базе приборов и автоматизированных систем нового поколения

Ключевые слова: радиоэкология; урановое производство; загрязнение; природоохранные мероприятия; население; радиационная и социальная защита.

Урановая промышленность на Украине получила своё развитие с началом подземной разработки Желтореченского уранового месторождения (1951 г.), расположенного в г. Желтые Воды Днепропетровской области [1]. На Желтоводской площадке размещены шахты «Ольховская», «Северная-Дренажная», «Капитальная», «Новая», «Новая-Глубокая», «Южная-Вентиляционная», завод по переработке уранового сырья (ГМЗ), завод по производству серной кислоты (СКЗ) и ряд вспомогательных подразделений. С начала эксплуатации Желтореченского железорудного и уранового месторождений образовались два карьера: «Габаевский» и «Веселовановский», четыре хвостохранилища: отработанный карьер бурых железняков (КБЖ); балки «Щербаковская» («Щ»); «Разбери» («Р») и «Терновская» («Т»), а также воронка обрушения — как следствие подземной разработки железорудного месторождения системами с принудительным обрушением руд и вмещающих пород. Добыча руд на шахтах и карьерах привела к образованию отвалов пустых пород и забалансовых руд и нарушению плодородных земель, которые на сегодня частично рекультивированы [13]. Поэтому повышение экологической безопасности в зоне влияния уранового производства — задачи, имеющие научное, практическое и социальное значение и требующие безотлагательного решения [2, 7, 14]. Автором приведен пока еще редкий опыт разработки и внедрения инженерно-технических решений и мероприятий по радиационной и социальной защите населения г. Желтые Воды.

Цель исследования — повышение экологической безопасности в зоне влияния уранового производства на основе разработки и внедрения комплекса

мероприятий по радиационной и социальной защите населения в регионах уранодобывающих и перерабатывающих производств с учётом снижения его влияния на окружающую природную среду и здоровье человека от воздействия радиационных факторов.

Задачи исследования:

1) *выполнить* работы по радиационному обследованию территории и жилых помещений г. Желтые Воды;

2) *разработать и внедрить* комплекс мероприятий по экологической реабилитации территории, жилых зданий, объектов социальной сферы и населения, которое проживает в условиях влияния радиационного фактора;

3) *создать и обеспечить* мониторинг территории города, в том числе состояния окружающей естественной среды, экологического, радиационного и медико-биологического;

4) *обеспечить* социальную защиту населения, проживающего на территориях с повышенным радиационным фоном.

Методы исследования. Использованы комплексные радиометрические методы (измерения: экспозиционной дозы и интенсивности -излучений, радиоактивности - и -излучения, мощности экспозиционной дозы -излучения, определение мощности поглощенной дозы -излучения в воздухе, анализ естественных радионуклидов (ЕРН); статистический и математический методы исследований с использованием комплексного системного подхода. Радиоэкологические исследования включали: измерение мощности экспозиционной дозы (МЭД) -излучения по сетке 100 100 м и 20 10 м (пешеходная -съёмка) в объёме 40 км²; анализ

¹ Работа выполнена при содействии специалистов ведущих научных институтов и центров Украины, общественности города, органов местного самоуправления.

почвы на содержание радионуклидов; отбор проб воды на содержание радия и урана; определение суммарной α - и β -активности почвы; определение концентрации радона в жилых помещениях [6].

Приборное обеспечение. Для выполнения работ по радиационному обследованию территории и жилых помещений г. Желтые Воды использовались поверенные в государственных органах метрологии и стандартизации Украины следующие приборы и оборудование: дозиметр ДБГ-06Т, радиометры СРП-88Н и ИРМ, гамма-спектрометр СГС (LP-4900В), радон-монитор AlphaGUARDPQ2000, комплект средств измерений КСИРА-2010Z и др.,

изготавливаемых на фирмах «Позитрон GmbH» и «Тетра» и др. [10].

Изучение уровня радиационного фона вокруг урановых объектов

Особую проблему представляет радиационная обстановка в г. Желтые Воды. В начальный период эксплуатации Желтореченского уранового месторождения из-за недостатка знаний, отсутствия надежного радиометрического оборудования, эффективных приборов и систем радиационного контроля, законодательной базы обращения с радиоак-

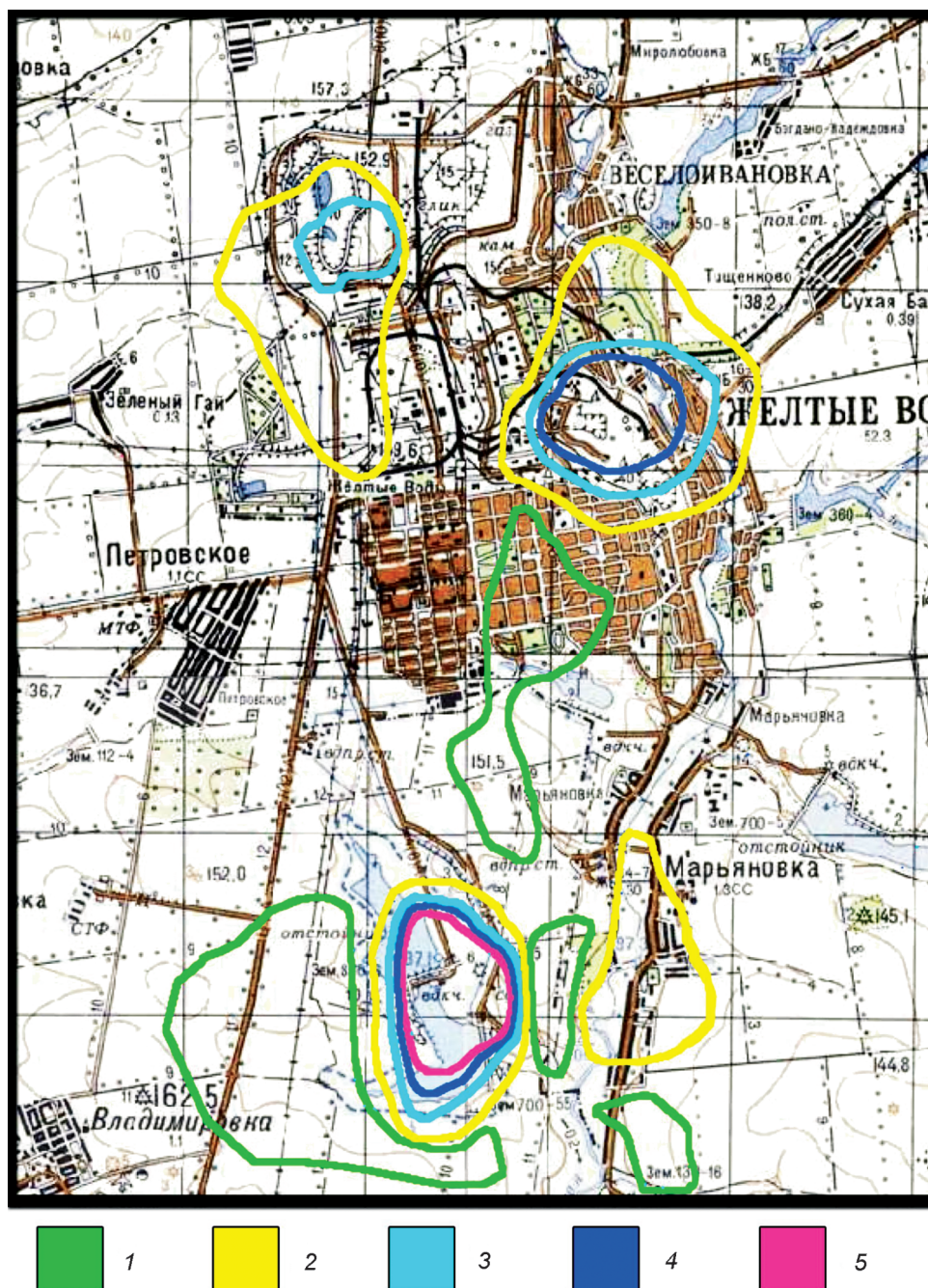


Рис. 1. Карта радиационного фона (мкЗв/ч) на территории г. Желтые Воды: 1 – 0,10; 2 – 0,15; 3 – 0,30; 4 – 0,45; 5 – 0,60

тивными отходами, часть горных пород, содержащих радиоактивные материалы несанкционированно использовалась при строительстве дорог, тротуаров, жилых домов и других помещений социальной инфраструктуры (детские дошкольные учреждения, общеобразовательные школы, Желтоводский промышленный техникум и др.). Такие радиоактивные материалы обнаружены в большинстве обследованных жилых домов и дворах частного сектора города в виде пятен (в фундаментах, подсыпке внутри и снаружи помещений). Более того, при строительстве во многих случаях использовались бывшие в употреблении на шахтах и ГМЗ материалы; лес, металл и пр. Уровни радиационного фона вокруг урановых объектов показаны на рис. 1. Так, вокруг первого района проведены четыре изолинии со значением мощности дозы гамма-излучения, равной 0,15, 0,30, 0,45 и 0,60 мкЗв/ч. А в самом центре хвостохранилища максимальное измеренное значение мощности дозы равно 0,8 мкЗв/ч. Некоторая асимметрия для уровня 0,15 мкЗв/ч обусловлена близко расположенным к югу от хвостохранилища КБЖ гидрометаллургическим заводом. На территории КБЖ уровни мощности дозы находятся в интервале 0,3—4,6 мкЗв/ч.

Второй район (отвалы шахты «Ольховская» и шахта «Новая») отмечен четырьмя изолиниями с уровнем мощности дозы 0,15, 0,30, 0,45 и 0,60 мкЗв/ч. Максимальное значение, зарегистрированное в этом районе, равно 0,78 мкЗв/ч. На территории отвалов шахты «Ольховская» и района шахты «Новая» уровни мощности дозы находятся в интервале 0,14—1,5 мкЗв/ч.

Третий район, балка «Щ», хорошо выделяется по изолиниям с уровнем мощности дозы гамма-излучения: 0,15, 0,3, 0,45 и 0,6 мкЗв/ч. Максимальное значение мощности дозы в этом районе, зарегистрированное в ходе контрольных измерений, равно 1,45 мкЗв/ч. Эта точка измерений расположена в нижней половине хвостохранилища, вблизи выхода пульпопровода. На территории санитарно-защитной зоны балки «Щ» уровни мощности дозы находятся в интервале 0,28—4,5 мкЗв/ч.

На большей части селитебной территории г. Желтые Воды (кроме окрестностей шахт «Ольховская» и «Новая») мощность дозы по выполненным измерениям имеет небольшие значения, лежащие в интервале 0,1—0,15 мкЗв/ч и ниже. В большей части с. Марьяновка мощность дозы гамма-излучения немного выше ($> 0,15$ мкЗв/ч). Измерения в с. Марьяновка необходимы для оценки влияния гамма-излучения хвостохранилища балки «Щ» на население — именно там проживает критическая группа населения, по облучению которой могут возникнуть ограничения на увеличение объемов «хвостов» в балке «Щ». На селитебной территории г. Желтые Воды уровни мощности дозы на-

ходятся в интервале 0,10—0,23 мкЗв/ч, и лишь в непосредственной близости от шахт «Ольховская» и «Новая» мощность дозы достигает величины 0,3 мкЗв/ч. Небольшие превышения находятся в пределах вариации естественного фона и представляют минимальную радиационную опасность для населения. В отмеченных районах с уровнем мощности выше фоновой работают профессионалы, которым разрешена работа даже при больших уровнях мощности дозы. В этих районах введены ограничения на пребывание населения [8].

Объемная активность радона-222

Отдельную проблему представляет радон — радиоактивный инертный газ без запаха и цвета, образующийся при распаде радия-226, входящего в семейство урана. Результаты расчетов объемной активности радона в воздухе в районе хвостохранилища КБЖ и данные измерений (точки на рисунке) приведены на рис. 2. Методом наименьших квадратов при согласовании расчетных и измеренных значений выявлено, что величина эксхалляции радона из хвостохранилища КБЖ равна $6,3 \cdot 10^{13}$ Бк/год. При анализе влияния данного и других источников из величин измеренных значений вычтена величина фоновой активности, равная 21 Бк/м³. Аналогичные расчеты и измерения проведены для хвостохранилища «Щ» и района шахт «Ольховская» и «Новая». В результате определены величины эксхалляции радона из указанных источников. Оказалось, что общее выделение радона из хвостохранилища «Щ» составляет примерно $6,3 \cdot 10^{14}$ Бк/год, а из района шахт «Ольховская» и «Новая» — $5,8 \cdot 10^{14}$ Бк/год, что примерно равно эксхалляции радона из хвостохранилища «Щ». Пло-

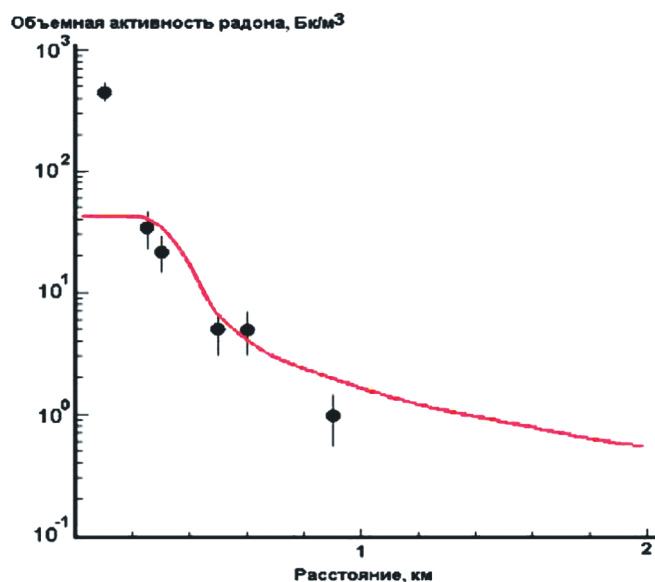


Рис. 2. Зависимость объемной активности радона-222 (Бк/м³) в воздухе от расстояния до хвостохранилища

щадь последнего источника примерно в 2,5 раза меньше, чем у хвостохранилища «Щ», и это означает, что средняя удельная эксхалляция радона с единицы площади в единицу времени в районе шахт «Новая» и «Ольховская» во столько же раз выше, чем в балке «Щ», большая часть которой залита водой. Карта уровней объёмной активности радона-222 на территории г. Желтые Воды приведена на рис. 3. В зависимости от природы его образования этот элемент имеет различный период полураспада: радон-222 — 3,8 сут., радон-220 (торон) — 55 с. Радон распространяется по порам (трещинам) почвы, горных пород или руд и может проникать в воздух жилых помещений либо в ат-

мосферу. Основным источником поступления радона в воздух помещений — почва под зданием и строительные материалы, добываемые на месторождениях (щебень, гравий, песок, бутовый и пиленный камень, цементное и кирпичное сырье), побочные продукты промышленности, а также отходы производства, используемые для изготовления подобных продуктов (золы, шлаки и пр.). Схема путей проникновения радона в помещение приведена на рис. 4, — а суммарная дозовая нагрузка на человека от источников ионизирующего излучения — на рис. 5. Специалисты подтверждают, что сегодня основной вклад в дозу облучения населения вносят естественные радионуклиды уранового и ториево-

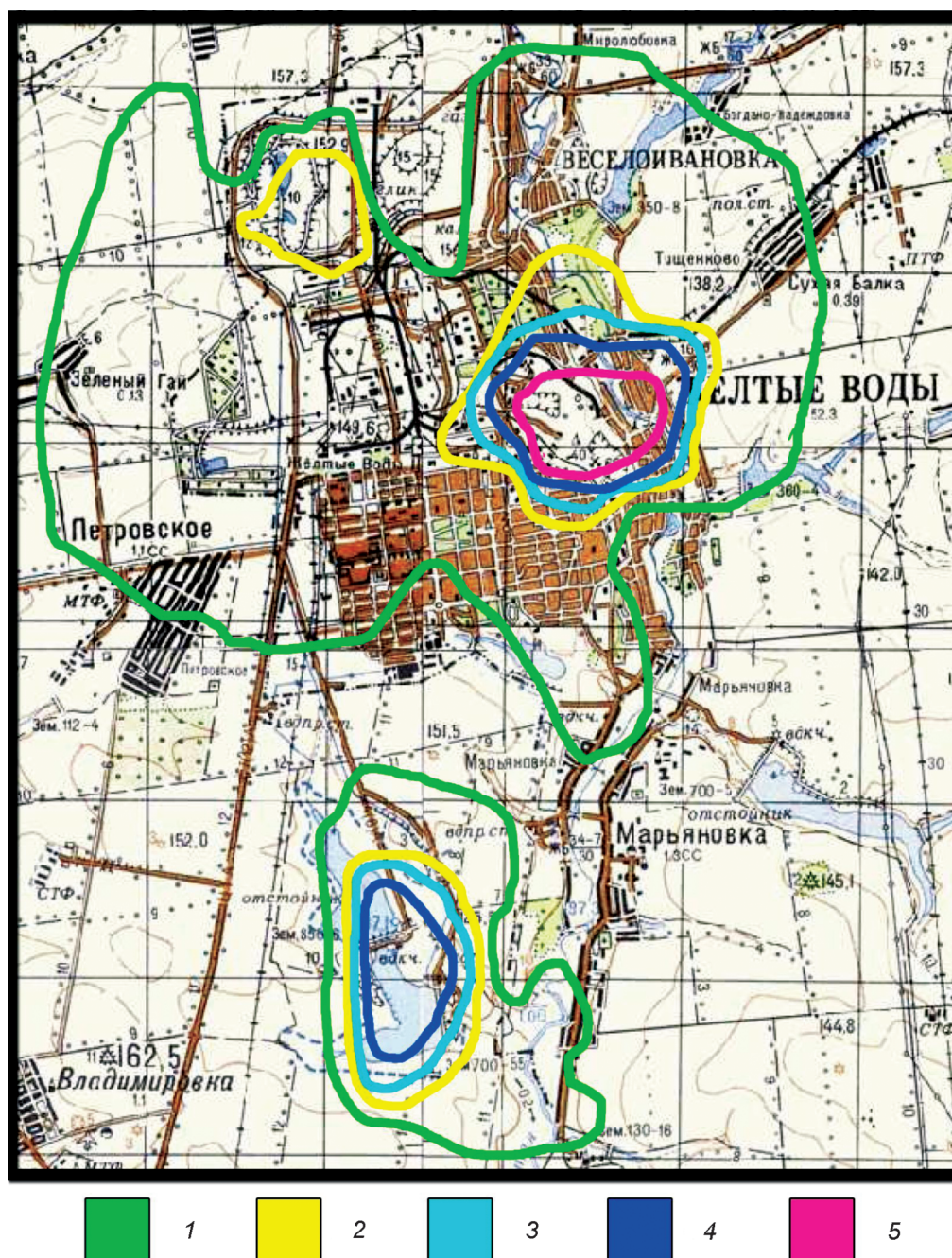


Рис. 3. Карта уровней объёмной активности $Rn-222$ (Бк/м³) на территории г. Желтые Воды: 1 — 20; 2 — 40; 3 — 60; 4 — 100; 5 — 200

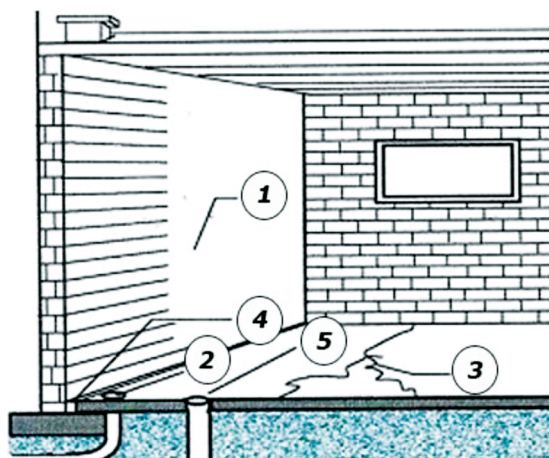


Рис. 4. Схема путей проникновения радона в помещение: 1 – блочные стены; 2 – канализационная труба; 3 – трещины в полу; 4 – место стыка стен с полом; 5 – сточный колодец; 6 – система водоснабжения

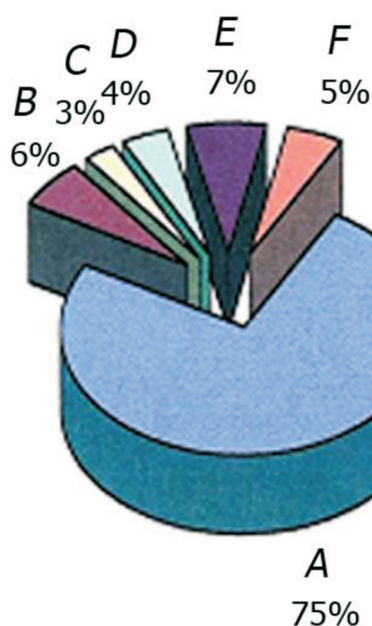


Рис. 5. Суммарная дозовая нагрузка на человека от источников ионизирующего излучения: А – радон в воздухе; В – радиоактивность строительных материалов; С – естественный гамма-фон; D – уран-238; радий-226 и радон-222 в воде; E – космическое излучение; F – внешнее бета-загрязнение

го рядов, причем решающую роль при оказании вредного влияния играют радон и дочерние продукты его распада, наличие которого можно обнаружить только с помощью специальных приборов. Радон может скапливаться в помещениях жилых домов, школ, офисов и прочих строений, а также в горных выработках. Он свободно проходит сквозь слой почвы, проникает в здания и сооружения через трещины и полости в полах и нижних частях стен. В герметичных непрветриваемых сооружениях концентрация радона может достигать значительных величин и представлять потенциальную

опасность для здоровья человека. Следовательно, точно измеренная концентрация радона в жилых и производственных помещениях, проведение комплекса работ по реабилитации загрязненных территорий, рекультивации (деактивации) приусадебных участков и внедрение противорадоновых мероприятий – первый шаг к улучшению состояния здоровья населения в зоне повышенной радиоактивности [9].

На Украине необходимость измерения радона регламентируется Нормами радиационной безопасности Украины (НРБУ–97), согласно которым допустимая концентрация радона в воздухе не должна превышать 50 Бк/м³. В процессе радиационного обследования реконструируемого здания детского дошкольного учреждения г. Желтые Воды под жилой дом были выполнены следующие работы:

- 1) прослушивание радиометром СРП-88Н асфальтных отмосток вокруг дома;
- 2) измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения дозиметром ДБГ–06Т вокруг здания;
- 3) отбор проб грунта, подсыпок и строительных материалов;
- 4) радиометрический анализ проб грунтов, подсыпок и строительных материалов для определения естественных радионуклидов (ЕРН) радия-226, тория-232 и калия-40;
- 5) измерение объемной активности радия-226 методом сорбции на активированный уголь;
- 6) контрольные измерения объемной активности радона профессиональным радон-монитором Alpha GUARD PQ 2000.

Объемная активности радона-222 в помещениях здания измерялась методом пассивной сорбции на активированный уголь. В обследуемых помещениях, дверные проёмы которых были предварительно закрыты полиэтиленовой пленкой, на расстоянии не менее 1 м от возможных источников поступления радона (стены, пол, потолок, грунт и т. п.) в различных точках устанавливались по 2–3 капсулы с активированным углем. Предварительно был произведен отжиг капсул и измерение фоновых значений на радиометре ИРМ–1. Время экспозиции капсул в помещениях составляло не менее 2 сут. По истечении этого срока капсулы изымались, герметизировались и после выдержки в течение 3 ч для достижения радиоактивного равновесия проводились измерения объемной активности радона-222 на радиометре ИРМ–1, имеющем сцинтиляционный блок детектирования с кристаллом размером 80 × 80 мм, помещенном в свинцовую защиту с толщиной стенок 5–7 см [3].

Основным источником поступления радона в помещения является канал ввода внешней тепловой сети в здание. Повышенное содержание радона в помещениях второго этажа обуславливается его распространением с первого этажа по вентиля-

ционными каналам. Вторым локальным источником поступления радона является колодец (приямок) ввода в здание водопроводной сети. Мероприятия по снижению содержания радона и дочерних продуктов его распада в воздухе жилых помещений включают полную герметизацию пола полиэтиленовой пленкой или другими материалами, либо изоляцию отдельных щелей и мест подвода коммуникаций, а также изоляцию поверхности почвы бетонным покрытием совместно с полиэтиленовой пленкой или одним бетоном, создание повышенного давления в здании, которое позволяет уменьшить либо исключить поступление радона в воздух помещения из подстилающей почвы, увеличение вентиляционного потока под полом, который может быть любой конструкции (цементный, деревянный и т. д.), уменьшение подпольного давления и др. [5].

Таким образом, при выборе защитных мероприятий в существующих зданиях должны учитываться два фактора. *Во-первых*, возможность уменьшения активности радона в воздухе здания до нормируемых величин. *Во-вторых*, затраты на проведение противорадоновых мероприятий должны быть одноразовыми. В качестве примера можно рассмотреть противорадоновые мероприятия, выполненные в одном из служебных помещений, где величина объемной активности радона, измеренная в течение 2 сут. в выходные дни составляла от 650 до 700 Бк/м³. Источником поступления радона в помещение являлся канал тепловой сети (приямок размерами 1,5 1,5 1,5 м). Противорадоновые мероприятия заключались в следующем: засыпка дна канала тепловой сети с наружной стороны здания слоем глины на глубину около 1 м и его уплотнение; герметизация ввода тепловой сети через фундамент здания; бетонирование дна приямка. В результате выполнения указанных мероприятий величина объемной активности радона в помещении была снижена в 5–6 раз и составила 110–120 Бк/м³.

Учитывая общегосударственное значение производства уранового сырья, правительство Украины приняло ряд специальных постановлений, направленных на радиационную и социальную защиту населения города, в частности, базовая «Программа мероприятий по радиационной и социальной защите населения г. Желтые Воды Днепропетровской области» (в дальнейшем Программа: постановления Кабинета министров Украины от 8 июня 1995 г. № 400 и от 5 мая 2003 г. № 656)². Программа состоит из двух разделов. Первый — радиационная защита населения, предусматривает мероприятия, имеющие продолжительный характер. В частности, создание территориального диагностико-реабилитационного центра (ТДРЦ), оздоровление жителей города, приобретение необ-

ходимого медицинского оборудования и медикаментов, строительство нового жилья для переселенцев из радиационно загрязненных районов и выполнение противорадиационных мероприятий, озеленение территории, расчистка устья р. Желтой в пределах города, оценка влияния загрязнения на здоровье жителей с учетом отдаленных во времени следствий, создание и внедрение системы экологического, в том числе и радиационного, мониторинга г. Желтые Воды. Второй — социальная защита населения, предусматривает мероприятия по социальной защите населения, предоставление компенсаций и льгот отдельным категориям граждан города, включая детей [4].

Общие направления экологической реабилитации территории, жилых зданий, объектов социальной сферы и населения города

В первую очередь выполняются работы по изъятию (локализации) радиоактивных источников, которые находятся в местах постоянного или временного пребывания людей. Предполагаются также работы, связанные с противорадоновыми мероприятиями. Комплекс возобновляемых работ проводится с соблюдением основного международного принципа радиационной защиты — принципа ALARA — «Снижение доз к минимально низким уровням, который только можно разумно достичь с учетом экономических и социальных факторов» (АЛАРА — один из основных критериев, сформулированный в 1954 г. Международной Комиссией с целью минимизации вредного воздействия ионизирующей радиации и предусматривает поддержание на возможно низком и достижимом уровне как индивидуальных, так и коллективных, с учетом социальных и экономических факторов [11]. В условиях нормальной оптимизация должна осуществляться при уровнях облучения в диапазоне от принятых на данном объекте пределов доз до достижения пренебрежимо малого уровня — 10 в год индивидуальной дозы). Этот принцип предусматривает проведение на стадии проектирования анализа затрат и эффективности снижения дозовых нагрузок. Предыдущие исследования показали, что основной вклад в общую дозу для населения приходится на радон в жилье (70 %) и гамма-излучение от исторически сложившегося загрязнения территории города и фундаментов домов частного сектора. Действие этих факторов сосредоточено в основном в старой части города в домах частного сектора, поэтому именно здесь начались реабилитационные работы. Первоочередные работы проводятся в местах, где население получает наибольшую суммарную дозу от радона, и внешнего гамма-излучения. Одновременно в наиболее загряз-

² Автор руководил разработкой указанных Программ и осуществлял координацию работ по их реализации.

ненных местах осуществляются исследования по уточнению среднегодовой эффективной равновесной концентрации радона в домах с показателями от 100 до 300 Бк/м³, что позволяет определить число домов, где зафиксировано повышение норм.

Инженерно-технические мероприятия по снижению гамма-излучения и концентрации радона в помещениях. Согласно действующим «Санитарным правилам ликвидации, консервации и перепрофилирование предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд» (СПЛКП-91), мощность дозы внешнего гамма-излучения на высоте 1 м над поверхностью рекультивируемого (деактивируемого) участка не должна превышать 20 мкР/ч по отношению к уровню естественного фона [2]. При принятом для расчётов уровне фона 20 мкР/ч мощность экспозиционной дозы (МЭД) дезактивированных участков территории не должна превышать 40, а на путях, более чем 60 мкР/ч. Загрязненный грунт, который находится в жилых застройках, выбирается на глубину 0,2 м. Участки автомобильных проездов с повышенным фоном изымаются до подстилающих грунтов и вывозятся (асфальтобетонное покрытие и основания). Точечные локальные аномалии изымаются и вывозятся на место захоронения (хвостохранилища). Все работы ведутся с обязательным дозиметрическим контролем специальной строительной организацией, которая обладает средствами малой механизации. Затронутые территории восстанавливают методом замены грунта и дорожных покрытий и озеленяют.

Для снижения гамма-излучения в жилых домах и помещениях предусматривается изъятие точечных локальных аномалий из строительных сооружений или их локализацию при малой активности. Жилые дома с неудовлетворительным техническим состоянием, что не позволяют безопасно проводить удаление аномальных включений из строительных конструкций, относят к «критической группе домов», которые подлежат сносу при условии соблюдения оговорочных мероприятий по радиационной и технической безопасности. Жители домов этой группы будут отселены в дома, которые принадлежат к специальному жилищному фонду. Работы по изъятию точечных локальных аномалий из строительных конструкций ведут посредством выбуривания таких включений, с дозиметрическим контролем и дальнейшим вывозом отходов, восстановлением затронутых участков. При проведении подобных работ на всех этапах необходимо обеспечить общую стойкость зданий и несущую способность строительных конструкций. Общий объём радиоактивно-загрязнённого грунта и строительного мусора ориентировочно 2000 тыс. м³ со средней мощностью дозы на расстоянии 0,1 м — 0,86 мкЗв/ч.

Для снижения концентрации радона в воздухе помещений разрабатываются для каждого жилого

дома, исходя из его объёмно-планировочных и конструктивных решений и концентрации радона и проводят после изъятия аномальных включений из конструктивных элементов. Такие работы подразделяются на три вида: вентиляционные, изоляционные, комбинированные. Вентиляционные мероприятия включают вентилирование помещений, половое пространство и подвала при их наличии. Тип вентиляции, кратность воздушного обмена и воздухопроводов определяется расчётом. Изоляционные мероприятия включают образование пласта между грунтом основы и конструкцией пола, без уменьшения строительного объёма жилого дома. Эти работы выполняются с обязательным отселением жителей помещения или дома в целом. Изоляционный пласт в полах жилых домов проводится со снятием существующего пола, углублением половое пространство, образованием герметизирующего пласта с заведением его в тело фундамента, восстановлением конструкций пола и упорядочением помещений. Комбинированное средство предусматривает объединение мероприятий по вентиляции помещений с оборудованием изолирующего пласта. Противорадоновые мероприятия выполнены в отдельных помещениях Желтоводского промышленного техникума, Научно-технического центра по дезактивации и комплексному обращению с радиоактивными отходами и источниками ионизирующего излучения (НТЦ «КОРО»), реконструированного под жилье дома по улице Парковая, 18 и отдельных детских дошкольных заведений города.

Территориальный диагностико-реабилитационный центр (ТДРЦ). Это лечебно-оздоровительное заведение, которое осуществляет диагностику, медицинскую реабилитацию и оздоровление населения и работников, которые живут и работают в условиях повышенного ионизирующего излучения. В ТДРЦ предполагается проведение диагностики и лечение на ранних этапах заболеваний, которые вызваны влиянием ионизирующих излучений, а также проведение реабилитации и оздоровление населения путем восстановления утраченных и ослабленных способностей, развития компенсационных механизмов, применение в комплексе медицинского, физиотерапевтического и других видов лечения. Предполагается проведение научно-исследовательских работ ведущими научными заведениями по выявлению причин, вызывающих нарушение здоровья и определения патологии у жителей города. Лица с определенным нарушением здоровья проходят лечение в СМСЧ-9 или в специализированных медицинских центрах по профилю заболевания, в том числе, за пределами города и области. На первом этапе вышеупомянутый центр функционирует на базе существующего санатория-профилактория, что позволяет ежедневно оздоравливать по 100—125 лиц, включая детей

в летний период года. Население города получает путевки бесплатно за счет бюджетных средств Программы.

Социально-бытовые направления реабилитации территории города. Озеленение территории города предполагается проводить путем насаждения деревьев и кустов стойких к повышенной загазованности и запыленности, которые являются естественными сорбентами радионуклидов (каштан, клен, тополь пирамидальный, липа крупнолистная, дуб, береза бородавчатая и кусты — сирень обычная, скумпия, спирея Бумальда, жимолость, и декоративные растения — роза, ель и пр.). Одновременно с озеленением территории города предполагается создание защитных лесных полос в санитарно-защитных зонах экологически опасных промышленных объектов. Для реализации Программы запланировано расширить участок зеленого хозяйства города путём создания нового питомника. Расчистка р. Желтой предполагается вести на участке на протяжении 1 км с выемом русловых отложений по трассе существующего русла и раскрытием водонесных горизонтов. Донные отложения разравнивают, русло закрепляется каменной наброской, пойменная зона подлежит озеленению многолетними травами, посадке деревьев и кустов. Упорядоченную территорию предполагается использовать как зону отдыха.

Организация проведения дезактивационных и строительных работ. Согласно проекту и рабочей документации проведения комплекса работ по реабилитации загрязненной территории города, рекультивации приусадебных территорий частного сектора и внедрения противорадионовых мероприятий в помещениях домов и сооружений, разработанных специалистами ГП «УкрНИПИИпромтехнологии» и НТЦ «КОРО» выполнение мероприятий по дезактивации (рекультивации) осуществляется ремонтно-строительным участком. Работы предусматривают следующее: срезание, вывоз загрязненного грунта с дальнейшим восстановлением территории; изъятие радиоактивных аномалий методом частичного разрушения конструкций с их дальнейшим восстановлением; выполнение вентиляции подвалов, подпола, устройство изолирующего пласта в конструкциях пола, выполнение комбинированных мероприятий при проведении противорадионовой защиты.

Дополнительные исследовательские и экспериментальные работы по оценке загрязнения и его последствий для жителей города

Работы предусматривают:

1) обследование помещений и подвалов домов государственного сектора старой части города и объектов социальной сферы на содержание в них радона;

2) уточнение содержимого радона в домах частного сектора, где раньше был выявлен радон с эк-

вивалентной равновесной концентрацией (ЭРК) > 100 Бк/м³; особое внимание будет уделено домам, которые расположены возле вентиляционных стволов горного предприятия;

3) определение МЕД строительных конструкций в помещениях домов частного сектора, в помещениях домов госсектора и объектах социально-бытовой сферы, построенных до введения норм на содержание радионуклидов, в строительных конструкциях;

4) исследование по изучению распределения содержимого радионуклидов и тяжелых металлов по глубине и в разных грунтах: огородах, лесных полосах, парках, скверах, местной территории, накрытой или не накрытой материалом из камня и щебня или асфальтом;

5) выполнение комплекса работ по уточнению индивидуальной годовой дозы после проведения реабилитационных мероприятий;

6) оценку влияния окружающей среды на здоровье населения с учетом отдаленных во времени следствий, в условиях повышенного радиационного фона;

7) разработку критериев относительно установления качества окружающей среды с учетом суммарного влияния вредных веществ разной природы;

8) создание независимой специализированной лаборатории для осуществления контроля за состоянием окружающей среды в городе и доведение этой информации до жителей;

9) создание и внедрение системы радиоэкологического мониторинга для контроля за состоянием окружающей среды.

Мероприятия по радиационной защите населения города предусматривают:

1) создание, внедрение и функционирование мониторинга территории города, в том числе состояния окружающей естественной среды, радиационной и медико-биологического контроля на базе пяти постов стационарного контроля, оборудованных новыми приборами и эффективными автоматизированными системами и датчиками, передвижной радиологической лаборатории (типа «Поиск» на базе автомобилей УАЗ-3962, Газель, Нива и др.), а также лаборатории по анализу проб компонентов окружающей среды;

2) обследование, разработку и внедрение противорадионовых мероприятий в 11 детских дошкольных заведениях, детском приюте, 9 общеобразовательных школах, 4200 домах частного сектора и первых этажах 585 домов;

3) комплекс работ по нейтрализации 5368 аномалий с МЕД выше 50 мкР/ч, выполнение противорадионовых мероприятий в домах и сооружениях с приведением концентрации радона к нормам (50 Бк/м³), изъятие 1100 радиоактивных аномалий из строительных конструкций жилых домов и объ-

ектов социальной сферы, проведение рекультивационных работ на территории города общей площадью 22,85 га, вывоз загрязненного грунта объемом 48700 м³, озеленение городской застройки на общей площади 15,6 га, создание защитной лесной полосы рядом с экологически опасными объектами на площади 30 га, воспроизведение водного режима р. Желтая и других водохранилищ в пределах города;

4) введение в эксплуатацию жилого дома на 60 квартир для переселенцев из радиационно загрязненной территории города.

Выполнение работ по радиационной защите. Улучшена радиационная ситуация в городе, а также обеспечены жильем жители города, проживающие в радиационно опасных квартирах и домах. Завершено строительство дома на 79 квартир для переселенцев из радиационно загрязненных районов города. Изъяты с территории города все источники (3973 единицы) ионизирующего излучения общей активностью более 15 тыс. кюри. Реабилитированы наиболее загрязненные участки города площадью более 6 га. Проведены противорадиационные мероприятия в девяти школах (100 %), одном детском доме (100 %) и в 11 дошкольных учреждениях (100 %) на общей площадью почти 3000 м². Озеленены три микрорайона города общей площадью почти 85 га. Расчищен водоём в детском парке, удалены 24 тыс. м³ радиоактивно загрязненного грунта. Построен и введен в эксплуатацию новый современный полигон твердых бытовых отходов и выполнены другие мероприятия.

Выполнение работ по социальной защите. Ежегодно почти 3 тыс. детей получают улучшенное питание в школах и дошкольных учреждениях и 150 детей оздоравливаются за пределами города и в пригородных лагерях. Обеспечены дополнительным питанием больные, находившиеся на стационарном лечении в СМСЧ-9. Возмещается часть стоимости медикаментов по более чем 9 тыс. обращений тяжелобольных. Обеспечено зубопротезирование 1,8 тыс. человек, которые имеют стаж работы более 10 лет на предприятиях по добыче уранового сырья, инвалидов, ветеранов труда и других льготных категорий. Оказана материальная помощь на лечение 8,5 тыс. жителей города. В территориальном лечебно-реабилитационном центре оздоравливаются и проходят реабилитацию после болезней (в среднем в год) около 800 жителей. Приобретены 123 единицы сложного медицинского оборудования и увеличено финансирование на обеспечение лекарствами СМСЧ-9 на общую сумму почти 5 млн. гривен. Разработан проект и начата реконструкция его здания под современное диагностическое отделение и отделение восстановительного лечения и выполнены другие мероприятия.

В связи с недостаточным бюджетным финансированием, Кабинетом министров Украины (КМУ)

принята 3-я *Государственная целевая программа радиационной и социальной защиты населения г. Желтые Воды на 2013–2022 годы* (постановление КМУ от 25 июня 2012 г. № 579). Усиление радиационной и социальной защиты населения предусматривает решение вышеперечисленных основных задач с общим бюджетным финансированием Украины, более 200 млн. гривен [14].

Выводы

1. Показано что предприятия атомной промышленности оказывают радиоэкологическое воздействие на окружающую природную среду и население. Рассмотрены организационные, специальные технологические и инженерно-технические мероприятия, направленные на снижение указанного воздействия. Выполнена оценка влияния загрязнения на здоровье человека с учетом отдаленных последствий, разработаны и внедрены системы экологического и медицинского мониторингов, включая радиационный. Для профилактики вредного воздействия на организм человека радиационного загрязнения необходимо установление систематического санитарного надзора за содержанием ЕРН и тяжелых металлов в пищевом сырье и продуктах питания.

2. Установлено, что превышение нормативного уровня эквивалентной равновесной объемной активности радона 50 Бк/м³ в отдельных помещениях обусловлено его выделением из подпольного пространства и канала ввода внешней тепловой и водопроводной сети, внутренних каналов распределения теплосети. Засыпка канала тепловой сети с наружной стороны здания слоем глины на глубину 1 м и его уплотнение, герметизация ввода тепловой и водопроводной сетей через фундамент здания и бетонирование приямка снижают объемную активность радона в помещении в 5–6 раз. Полная герметизация пола полиэтиленовой плёнкой или другими материалами, либо изоляция отдельных щелей и мест подвода коммуникаций, а также изоляция поверхности почвы бетонным покрытием совместно с полиэтиленовой пленкой или одним бетоном уменьшает активность радона в воздухе до двух раз.

3. *Рекомендована* система радиационного мониторинга урановых объектов на базе приборов и автоматизированных систем нового поколения: радиометр РКС-02 «Кордон»; радиометр РУГ-2001; многоканальная установка «Пульс-1м»; радиометр РЗБА-06; радон-монитор AlphaGUARD; комплекс КСИРА-2010Z; автономная система SkyLINK; гамма-монитор GammaTRACER и др. Это позволяет контролировать влияние шахт, ГМЗ и хвостохранилищ на природную среду региона. Система радиационного контроля включает четыре наблюдательных поста на реках Желтая и Зеленая, наблюдательные скважины на территории ГМЗ, что позволяет уточнять площадь загрязнения подземных вод и распространения водоносных горизонтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добыча и переработка урановых руд. Монография / Под общей редакцией А.П. Чернова. Киев: «Адеф-Украина», 2001. 238 с.
2. Ляшенко В.И. Охрана окружающей природной среды и защита населения в уранодобывающих регионах // Экологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2005. № 4. С. 82–92.
3. Ляшенко В.И. Радиационная и социальная защита населения в регионах уранодобывающих и перерабатывающих производств Украины // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 2. С. 55–62.
4. Ляшенко В.И. Экологическая безопасность уранового производства в Украине // Горный журнал. 2014. № 4. С. 113–116.
5. Ляшенко В.И., Коваленко Г.Д., Чекушина Е.В. Охрана окружающей среды при добыче и переработке урановых руд в Украине // Тез. докл. XII междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» (Занджан, Иран, 16–22 сент. 2013 г.). М.: РУДН, 2013. Т. 1. С. 610–612.
6. Ляшенко В.И., Коваленко Г.Д. Охрана окружающей природной среды при добыче и переработке урановых руд в Украине // Экология и промышленность. 2011. № 4. С. 29–35.
7. Ляшенко В.И., Люлько О.В., Стусь В.П. Охрана окружающей среды и человека в уранодобывающих регионах: монография. Днепропетровск: Пороги, 2003. 642 с.
8. Ляшенко В.И., Стусь В.П. Охрана окружающей среды в зоне влияния уранового производства // Маркшейдерский вестник. 2012. № 3. С. 55–60.
9. Ляшенко В.И., Стусь В.П., Чекушина Е.В. Охрана окружающей среды и населения в зоне влияния урановых объектов Украины // Тез. докл. XI междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» (Усть-Каменогорск, Казахстан. 18–21 сент. 2012 г.). М.: РУДН, 2013. С. 196–198.
10. Ляшенко В.И., Топольный Ф.Ф., Лисова Т.С. Экологическая безопасность уранового производства // Маркшейдерский вестник. 2012. № 2. С. 56–63.
11. Сердюк А.М., Стусь В.П., Ляшенко В.И. Экология окружающей среды и безопасность жизнедеятельности населения в промышленных регионах Украины. Монография. Днепропетровск: Изд. «Пороги», 2011. 486 с.
12. Стусь В.П., Ляшенко В.И. Экология окружающей среды и безопасность жизнедеятельности населения в промышленном регионе // Экология и промышленность. 2011. № 2. С. 23–31.
13. Экологическая безопасность уранового производства: монография / В.И. Ляшенко, Ф.Ф. Топольный М.И. Мостипан и др. Кировоград: Издательство «КОД». 2011. 240 с.
14. «Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 года», утверждена распоряжением КМУ от 15.03.2006 г. № 145–р./<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/145-2006-%D1%80>.

ГП «УкрНИПИИпромтехнологии» Украина
(e-mail: vi_lyashenko@mail.ru)

Рецензент — С.Д. Ганова