

ВОПРОСЫ ДИНАМИКИ ПОВЕДЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ
В ПРИРОДНЫХ СРЕДАХ БЕЛАРУСИ

А. В. Башарин, С. А. Матвеев, Т. Л. Пушкарева, Г. А. Шароваров

Объединенный институт энергетических ядерных исследований "Сосны" НАН Беларуси, Минск

Рассматривается опыт использования различных методов для обследования объектов, загрязненных радионуклидами в результате Чернобыльской катастрофы. В результате анализа определяются методы, пригодные для различных видов объектов, включая детские дошкольные учреждения. Описаны методы наблюдения и контроля за поведением $^{134}, ^{137}\text{Cs}$, ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$ в различных природных средах. Дана оценка величины вторичного загрязнения воздуха при чрезвычайных ситуациях на загрязненных территориях и объекте "Укрытие". Обобщены данные по послечернобыльскому загрязнению рек и почвы радиоцезием и радиостронцием, а также по дезактивации социально важных объектов.

Динамика поведения радионуклидов в природных средах Беларуси изучалась с помощью экспериментальных и теоретических методов. Исследования проводились для нормальных условий и чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, паводками и смерчами. Была рассмотрена также потенциальная радиационная опасность для Беларуси от разрушенного 4-го энергоблока ЧАЭС.

Начиная с апреля 1986 г. Комитетом по гидрометеорологии, институтами НАН Беларуси, Минсельхозпродом и другими министерствами и ведомствами было проведено радиационное обследование всей территории Беларуси, включая территорию населенных пунктов, сельскохозяйственных и лесных угодий. В Беларуси радиоактивному загрязнению ^{137}Cs с содержанием в почве более 37 кБк/м² подверглись территории, площадь которых составляет 46,45 тыс. км².

На загрязненных территориях расположено 27 городов и более 3600 населенных пунктов с населением 2,2 млн человек, т.е. свыше 1/5 всего населения Беларуси. Наиболее загрязненными в результате катастрофы на ЧАЭС оказались Гомельская, Могилевская и Брестская области. При этом радиоактивное загрязнение носит неравномерный "пятнистый" характер. Имеют место случаи, когда на относительно небольших площадях в пределах одного населенного пункта соседствуют практически "чистые" участки и сильно загрязненные. В качестве примера может служить населенный пункт Колыбань Брагинского района Гомельской области, где величина загрязнения ^{137}Cs колеблется от 170 до 2400 кБк/м². Максимальные уровни ^{137}Cs в почве и в населенных пунктах ближней зоны обнаружены в Брагинском районе – 2600 кБк/м², а в дальней зоне на расстоянии 250 км – в населенном пункте Чудяны Чериковского района Могилевской области – 51000 кБк/м² [1]. В Брестской области радиоактивному загрязнению подверглась юго-восточная часть, где в шести районах содержание ^{137}Cs в почве в основном находится в пределах от 37 до 185 кБк/м², а максимальные уровни достигают 400 кБк/м². В Минской, Гродненской и четырех населенных пунктах Витебской области содержание ^{137}Cs в почве составляет около 37 кБк/м². На остальной территории Беларуси уровни загрязнения почвы ^{137}Cs выше доаварийных значений и лишь в северо-западных районах Витебской области сопоставимы с глобальными выпадениями. Загрязнение территории республики ^{90}Sr носит более локальный характер. Уровни загрязнения почвы ^{90}Sr более 5,5 кБк/м² обнаружены на площади 21,1 тыс. км², что составляет 10 % от общей площади республики. Загрязнение почвы изотопами плутония более 0,37 кБк/м² охватывает площадь около 4,0 тыс. км², что составляет около 2 % площади республики. Эти территории преимущественно находятся в Гомельской области и Чериковском районе Могилевской области. Содержание в почве плутония 3,7 кБк/м² характерно также для 30-километровой зоны ЧАЭС.

На загрязненной территории Беларуси действует 811 детских дошкольных учреждений, 911 общеобразовательных школ, 78 профессионально-технических училищ, 19 школ-интернатов [2]. В зоне радиоактивного загрязнения находится 1,8 млн га сельскохозяйственных угодий, более 2 млн га лесов.

Радиационный мониторинг за состоянием объектов окружающей среды, сформировавшимся в результате аварии на ЧАЭС, включает контроль за содержанием изотопов $^{134, 137}\text{Cs}$, ^{90}Sr и $^{238, 239, 240}\text{Pu}$ в почве, грунтовых и поверхностных водах, древесине, коммунально-бытовых отходах (зола, осадки сточных вод), пищевых продуктах и т.д. [3].

Удельная активность радионуклидов цезия в пробах определяется гамма-спектрометрическим способом. Пробы измеряются в дентах или сосудах Маринелли. Содержание радиоцезия в пробах почвы, отобранных с помощью колец, определяется путем измерения кольца с двух сторон. Измерение проб может быть проведено с помощью полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов.

Основным методом определения содержания изотопов стронция и плутония в природных объектах является радиохимический анализ, который включает ряд последовательных этапов:

- минерализацию образца, которая состоит из последовательных операций высушивания, обугливания и озоления;
- химическое вскрытие пробы;
- отделение посторонних излучателей и инертных примесей;
- выделение интересующего радионуклида на счетную мишень и его радиометрирование.

Внешним признаком готовности пробы после ее минерализации является светлосерый цвет золы и отсутствие черных вкраплений при отжиге почвы. Иногда при подготовке проб пищевых продуктов к анализу используют метод полной минерализации пробы концентрированной азотной кислотой и перекисью водорода при нагревании.

Для перевода радионуклидов в раствор используются следующие методы химического вскрытия проб природных объектов [3]:

- сплавление пробы с фторидом аммония при температуре 320 - 340 °С в течение 30 - 40 мин с последующей обработкой сплава азотной и хлорной кислотами;
- обработка озоленной пробы смесью (1 : 1) серной и плавиковой кислот;
- выщелачивание озоленной пробы 6 Н раствором соляной кислоты (при определении ^{90}Sr) и 7,5 Н раствором азотной кислоты (при определении плутония).

Первые два способа применяют в том случае, если плутоний присутствует в радиоактивных выпадениях в виде высокотемпературных оксидов. К недостаткам этих способов следует отнести малую навеску пробы (не более 1 г), использование агрессивных к стеклу реагентов и длительность операций. Способ выщелачивания раствором соляной или азотной кислот получил наибольшее распространение и заключается в последовательном (три раза) кипячении проб в минеральной кислоте на песчаной бане (время обработки 1,5, 1,0 и 0,5 ч).

Метод радиохимического выделения плутония основан на сорбции Pu(IV) на сильноосновном винилпиридиновом анионите ВП-1Ап в NO_3 -форме из 7,5 моль/л азотной кислоты, хроматографической очистке Pu(III) , сосаждением с церием и выделении на мембранный фильтр. Контроль радиохимического выхода плутония проводится по изотопу $^{236, 242}\text{Pu}$, вносимому в анализируемую пробу на стадии химического вскрытия [4].

В практике радиозоологического обследования природных объектов метод электролитического нанесения плутония на подложку не получил распространения. Хорошие счетные мишени можно получить, если трансурановые элементы осаждаются в виде гидрооксида с носителем (церий), осадок формируется на мембранном фильтре с размерами пор 10 -

15 мкм. Стадия формирования мишени является более быстрой и надежной, но при этом предъявляются более высокие требования к радиохимической очистке счетного образца.

При радиоэкологическом обследовании объектов окружающей среды на содержание ^{90}Sr в основном применяются оксалатный метод (анализ пищевых продуктов) и метод выделения ^{90}Sr с изотопным носителем в виде карбоната и накопления дочернего изотопа ^{90}Y (анализ почвы, донных отложений, ОСВ и т.д.).

Для исследования динамики миграции радионуклидов при чрезвычайных ситуациях были разработаны физические и математические модели, верифицированные по имеющимся экспериментальным данным. Для этой цели сотрудниками ИРЭП НАНБ были проведены большие экспериментальные и теоретические работы по определению накопления радионуклидов в реакторе 4-го блока ЧАЭС с учетом особенностей изменения режимов его работы перед аварией [5 - 7]. Созданные методы позволили восстановить динамику аварийного процесса в начальный период, исследовать миграцию и дать радиационный прогноз.

Были изучены основные физические аварийные процессы, определен радионуклидный состав и величина выброса, проведен детальный топливный и нуклидный баланс [8, 9]. Проведенные исследования позволили получить ряд важных результатов:

1) аварийный выброс превышает официально заявленную цифру в 40 раз и составляет около $3,7 \cdot 10^{19}$ Бк (10^9 Ки);

2) образовавшиеся топливосодержащие материалы (ТСМ) представляют ядерную опасность и при заливе водой могут привести к локальным самопроизвольным цепным реакциям с дополнительным выбросом активности [10, 11]. Реальность таких процессов подтверждается неоднократным ростом нейтронного потока при дождях;

3) большое количество мелкодисперсного топлива в объекте «Укрытие» представляет реальную радиационную опасность для близлежащих территорий за счет его негерметичности (общая площадь негерметичности около 1000 м^2) и возможной разгерметизации строительных конструкций при сильных ветрах или смерчах [12]. Следует добавить, что количество радиоактивной пыли будет увеличиваться за счет радиационного охрупчивания ТСМ.

При чрезвычайных ситуациях на объекте «Укрытие», при неблагоприятных метеорологических условиях на Беларусь может обрушиться радиационный удар силой в $7,4 \cdot 10^{16}$ Бк ($2 \cdot 10^6$ Ки) мелкодисперсной пыли долгоживущих радионуклидов.

Динамика загрязнения природных сред изучается на базе радиационно-экологического мониторинга по трем средам: почва, поверхностные воды, атмосферный воздух.

Начиная с 1963 г. в республике проводятся наблюдения за радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха. В настоящее время на 55 станциях ежедневно измеряется мощность экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения. Измерение МЭД в 100-километровой зоне влияния АЭС проводится через каждые три часа. На 25 станциях, расположенных на всей территории Беларуси, контролируется уровень радиоактивных выпадений из приземного слоя атмосферы (горизонтальные планшеты). В шести городах (Минск, Могилев, Гомель, Брест, Мозырь, Пинск) с использованием фильтровентиляционных установок ежедневно измеряется содержание радиоактивных аэрозолей в воздухе.

По наблюдениям, проведенным в течение 1989 - 1995 гг., были сделаны выводы о том, что происходят кратковременные (сезонные) увеличения радиоактивности атмосферного воздуха. Кроме того, отмечены повышения радиоактивности в воздухе за счет подъема пыли при полевых работах [1].

Ежемесячно проводятся измерения гамма-излучающих радионуклидов ^{90}Sr и плутония в пробах выпадений из атмосферы и аэрозолей.

По результатам наблюдений можно отметить, что концентрации радионуклидов цезия в приземном слое атмосферы в значительной степени определяются содержанием пыли в воздухе, т.е. процессами вторичного ветрового подъема и переноса радиоактивности.

В ИРЭП НАНБ проведены комплексные исследования по динамике миграции радионуклидов при пожарах в лесных системах Беларуси. Получены прогнозные данные для радиационной обстановки. Полученные результаты показывают, что объемная концентрация существенно превышает допустимые значения. По данным работы [13], объемная концентрация по цезию превышает нормы радиационной безопасности в 19 раз, по стронцию в 37 раз, по плутонию в 1370 раз. Данные приведены для приземного слоя воздуха на расстоянии 25 км от места пожара.

Проведенные в ИРЭП НАНБ исследования динамики поведения радионуклидов при чрезвычайных ситуациях, связанных с пылевыми бурями, смерчами, падением летательных аппаратов, разрывом газопроводов, показывают серьезную радиационную опасность для населения и территорий.

Начиная с 1986 г. проводится систематический контроль за радиоактивным загрязнением поверхностных вод пяти основных рек республики, протекающих по загрязненной территории: Днепр (створ г. Речица), Сож (створ г. Гомель), Ипуть (створ г. Добруш), Беседь (створ д. Светиловичи).

На этих реках осуществляется ежемесячный контроль за содержанием радионуклидов в поверхностных водах:

отбираются пробы воды с одновременным измерением расходов;

проводится анализ проб поверхностных вод на содержание суммарной бета-активности ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Система контроля за содержанием радионуклидов в поверхностных водах основных рек Беларуси показала, что сразу после аварии на ЧАЭС концентрация ^{90}Sr в низовьях р. Припять превышала допустимую концентрацию этого радионуклида в воде (ДК = 14,8 Бк/л для ^{90}Sr , согласно нормам радиационной безопасности НРБ-76/87), но уже в мае 1986 г. его концентрация в воде снизилась до 3,7 Бк/л, а в 1990 - 1994 гг. составила 0,037 Бк/л [14].

Существенная доля ^{137}Cs поступала и поступает в р. Сож с водами р. Ипуть с Брянского цезиевого пятна [15]. Вынос цезия через створ г. Гомель (р. Сож) в 1987 г. составлял $1 \cdot 10^{13}$ Бк/год, а в 1994 г. – $5 \cdot 10^{11}$ Бк/год. Среднегодовые концентрации ^{137}Cs в р. Сож в 1987 г. составляли 15,54 Бк/м³, а в 1994 г. – 7 Бк/м³.

В 1994 г. среднегодовое содержание ^{137}Cs в р. Ипуть составляло 106 Бк/м³, в р. Сож – 67 Бк/м³, в р. Беседь – 60 Бк/м³, в реках Днепр и Припять – 47 и 40 Бк/м³ соответственно [16 - 18]. Если в первые дни после аварии на ЧАЭС увеличение концентрации радионуклидов в воде было обусловлено непосредственным выпадением радионуклидов на водную поверхность, то в настоящее время уровни загрязнения водных систем определяются вторичными процессами:

- 1 обменом с донными отложениями;
- 2 смывом радионуклидов с поверхности водосбора реки;
- 3 за счет талых и паводковых вод.

Перераспределение радионуклидов по руслу рек происходит также за счет транспорта радионуклидов водным потоком.

Анализ процессов накопления радионуклидов в донных отложениях показывает, что в настоящее время максимальные концентрации радионуклидов в донных наносах обусловлены смывом радионуклидов с водосбора на взвешенных частицах и их транспортом по руслу реки со взвешенными и влекомыми наносами [19]. По данным мониторинговых наблюдений содержание ^{137}Cs в донных отложениях по руслу р. Ипуть в 1992 г. составляло 83 600 Бк/кг; в 1993 г. – 9 480 Бк/кг; в 1994 г. – 5 250 Бк/кг; в 1995 г. – 12 840 Бк/кг.

Необходимо отметить серьезную радиационную опасность при смыве радионуклидов с водозаборов при паводках и ливневых дождях.

С 1992 г. Комитет по гидрометеорологии проводит радиоэкологический мониторинг почвы на реперной сети, которая включает в себя 18 ландшафтно-геохимических полигонов и 181 реперную площадку. Изучение и прогноз вертикальной и горизонтальной миграции радионуклидов проводится на ландшафтно-геохимических полигонах с различными типами и разновидностями почв в различных радиоэкологических и физико-географических условиях. На полигонах изучаются процессы миграции радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , плутония и америция.

Наблюдения показали, что интенсивность миграции радионуклидов по вертикальному профилю тесно связана с генетическими особенностями почвы. Анализ полученных данных показал, что на дерново-подзолистых, супесчаных и суглинистых почвах при отсутствии переувлажнения, а также на песчаных не заболоченных (автоморфных) почвах основное содержание ^{137}Cs находится в слое 0 – 5 см почвы. В песчаных не заболоченных почвах с признаками избыточного увлажнения глубина проникновения ^{137}Cs составляет около 10 см. В силу менее прочной связи с почвенным поглощающим комплексом ^{90}Sr мигрирует быстрее ^{137}Cs .

Линейная скорость миграции ^{137}Cs для автоморфных почв соответственно находится в пределах от 0,2 до 0,7 см/год [20].

Центр радиационного контроля и мониторинга природной среды Комитета по гидрометеорологии располагает большим массивом информации по измерениям радиоактивности в объектах природной среды (вода, воздух, почва). Имеющаяся информация хранится в автоматизированной базе данных радиоактивного загрязнения (система RECASS).

Система RECASS предназначена для хранения и обработки данных о радиоактивном загрязнении местности. В банке данных, созданном в Комитете по гидрометеорологии, накапливается информация:

- о МЭД гамма-излучения на 55 пунктах радиационного мониторинга (ежедневно);
- о содержании ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{238, 239, 240}\text{Pu}$ и америция в пробах почв по всей территории Беларуси;
- о содержании короткоживущих радионуклидов, а также ^{99}Zr , ^{95}Nb , $^{141, 144}\text{Ce}$, $^{103, 106}\text{Ru}$ в пробах почвы за период 1986 - 1988 гг.

Данные по радиоактивному загрязнению обрабатываются статистическими методами. Система RECASS позволяет привести данные по содержанию радионуклидов в пробах почвы на любую заданную дату с учетом естественного распада.

В Республике Беларусь концептуально организация дезактивационных работ в настоящее время не предусматривает их глобального характера в силу причин, связанных с масштабностью радиоактивного загрязнения и недостатком средств.

В последние годы работы по дезактивации проводятся лишь в загрязненных зонах с проживанием населения и только на наиболее важных с точки зрения жизнеобеспечения людей объектах и их территориях. В первую очередь подлежат дезактивации такие социально важные объекты, как территории детских дошкольных учреждений, лечебных и оздоровительных учреждений, зоны отдыха и места массового пребывания людей, предприятия пищевой промышленности и другие промышленные объекты, локальные участки с аномально высоким загрязнением. В 1991 - 1995 гг. была проведена очистка более 150 социально значимых объектов (площадь очистки 450 тыс. км²); выявлено еще 480 объектов (включая территории промышленных предприятий), подлежащих дезактивации. Дезактивировано 390 вентиляционных систем на 21 предприятии с площадью очистки 57 тыс. м², не менее 1300 единиц промышленного оборудования еще подлежат дезактивации [21].

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. В Республике Беларусь организован достаточно объемный радиационный мониторинг окружающей среды и созданы физические и математические модели, позволяющие исследовать миграцию нуклидов в окружающей среде. Почва на значительной части территории по своей удельной активности является радиоактивными отходами, а загрязненная территория представляет собой могильник открытого типа.

2. Происходит миграция радионуклидов воздушным, водным и техногенным путями. Особую опасность представляют чрезвычайные ситуации, связанные с пожарами, пылевыми бурями, смерчами, паводками и ливневыми дождями.

3. Большую потенциальную радиационную опасность для Беларуси представляет объект "Укрытие". При неблагоприятных условиях масштабы поражения могут в несколько раз превысить аварию 1986 г.

4. Необходима срочная разработка специальных мер и регламентов по защите населения и территорий при чрезвычайных ситуациях на территориях, загрязненных радионуклидами, и объекте "Укрытие".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев С.Д. Обеспечение безопасной жизнедеятельности на территориях, загрязненных радионуклидами. - Минск: Бел. гос. ин-т упр., фин. и экон., 1997.
2. Нестеренко В.Б. Рекомендации по мерам радиационной защиты населения и их эффективность. - Минск: Ин-т радиац. безоп. "Белрад", 1998.
3. Инструкции и методические указания по оценке радиационной обстановки на загрязненной территории. Утв. Председателем Межведомственной комиссии по радиационному контролю природной среды Ю. А. Израэлем. - Минск, 1989. - 119 с.
4. Методические указания по определению удельной активности плутония в почве, растительности, воде, осадках, сточных водах и донных отложениях методом альфа-спектрометрии. Утв. Председателем Комитета по стандартизации, метрологии и сертификации В. Н. Корешковым. - Минск, 1997. - 13 с.
5. Методики и программы расчета накопления радионуклидов в реакторах / Н.В. Горбачева, Г.А. Шароваров. - Минск, 1995. - 22 с. - (Препр. / ИРЭП НАНБ; ИРЭП-14).
6. Метод расчета и создание банка данных по накоплению радионуклидов при различной глубине выгорания топлива реактора РБМК / Н.В. Горбачева, Г.А. Шароваров. - Минск, 1998. - 17 с. - (Препр. / ИРЭП НАНБ; ИРЭП-22).
7. Горбачева Н.В., Шароваров Г.А. Исследование накопления продуктов деления в топливе реактора 4-го блока ЧАЭС в предаварийном режиме // Весці НАНБ. Сер. фіз.-тэхн. навук. - 1997. - № 3. - С. 128 - 132.
8. Оценка состава и величины выброса радионуклидов во время аварии на ЧАЭС / Н.В. Горбачева, В.Г. Молодых, Ю.С. Панитков. - Минск, 1994. - 31 с. (Препр. / ИРЭП НАНБ; ИРЭП-7).
9. Математическое описание физических процессов в аварийном блоке Чернобыльской АЭС / Г.А. Шароваров, Т.Л. Пушкарева. - Минск, 1993. - 16 с. (Препр. / ИРЭП НАНБ; ИРЭП-5).
10. Gorbacheva N.V., Molodykh V.G., Skurat V.V. et al. Hypothetical Accident at the "Unit-4 Shelter". OECD Documents. "Sarcophagus Safety-94" / The State of the Chernobyl Nuclear Power Plant Unit-4: Proc. of an International Symposium, Zeleny Mys, Ukraine, 14 - 18 March, 1994. - Paris, 1995. - P. 8.
11. Горбачева Н.В., Молодых В.Г., Скурят В.В., Шароваров Г.А. Динамика аварийных процессов на объекте "Укрытие" // Весці НАНБ. Сер. фіз.-тэхн. навук. - 1995. - № 4. - С. 110 - 113.
12. Бескорвайный В.П., Котович В.В., Шароваров Г.А. Анализ безопасности объекта "Укрытие", прогнозные оценки развития ситуации // Материалы 2-й Междунар. конф., посвященной 10-й годовщине завершения работ по строительству объекта "Укрытие". - Славутич, 1997. - С. 79 - 88.
13. Молодых В.Г. Радиоэкологические последствия лесных пожаров. - Минск, 1993. - 17 с. (Препр. / ИРЭП НАНБ; ИРЭП-4).
14. Дацкевич П.И., Комиссаров Ф.Д., Хвалец О.Д. и др. // Весці АН Беларусі. Сер. біял. навук. - 1997. - № 4. - С. 73 - 85.

15. Вакуловский С.М., Никитин А.И., Чумичев В.Б. и др. // Метеорология и гидрология. - 1991. - № 7. - С. 64 - 73.
16. Концептуальная модель радиоактивного загрязнения рек Беларуси в результате аварии на Чернобыльской АЭС / О.М. Жукова, И.И. Матвеев, Н.К. Мышкина и др. - Минск, 1994. - 36 с. (Препр. / ИРЭП НАНБ; ИРЭП-8).
17. Камерная модель миграции радионуклидов в речной системе при различных условиях поступления радиоактивного загрязнения (гидравлически стационарный, химически равновесный случай) / О.М. Жукова, Н.М. Ширяева, Н.К. Мышкина и др. - Минск, 1999. - 57 с. - (Препр. / ИРЭП НАНБ; ИРЭП-26).
18. Прогнозирование миграции ^{137}Cs в бассейне р. Ипуть / О.М. Жукова, Н.М. Ширяева, Н.К. Мышкина и др. - Минск, 2000. - 65 с. - (Препр. / ИРЭП НАНБ; ИРЭП-30).
19. Коноплев А.В., Борзилов В.А., Бобовникова И.И. и др. // Метеорология и гидрология. - 1998. - № 12. - С. 63 - 74.
20. Бондарь Ю.Н., Шманай Г.С., Ярмокович Т.А. // Почвоведение. - 1995. - № 6. - С. 714 - 717.
21. Последствия Чернобыльской катастрофы в Республике Беларусь: Национальный доклад / Под ред. акад. Е.Ф. Конопля, проф. И.В. Ролевича. - Минск: МЧС РБ, АН Беларуси, 1996. - С. 76 - 82.

ПИТАННЯ ДИНАМІКИ ПОВЕДІНКИ РАДІОНУКЛІДІВ У ПРИРОДНИХ СЕРЕДОВИЩАХ БІЛОРУСІ

А. В. Башарін, С. А. Матвєєв, Т. Л. Пушкарьова, Г. А. Шароваров

Розглядається досвід використання різноманітних методів для обстеження об'єктів, забруднених радіонуклідами в результаті Чорнобильської катастрофи. У результаті аналізу визначаються методи, придатні для різних видів об'єктів, включаючи дитячі дошкільні заклади. Описано методи спостереження та контролю за поведінкою $^{134, 137}\text{Cs}$, ^{90}Sr та $^{238-240}\text{Pu}$ в різних природних середовищах. Наведено оцінку величини вторинного забруднення повітря при надзвичайних ситуаціях на забруднених територіях та об'єкті "Укриття". Узагальнено дані по післячорнобильському забрудненню річок та ґрунту радіоцезієм та радіостронцієм, а також по дезактивації соціально важливих об'єктів.

PROBLEMS OF DYNAMICS RADIONUCLIDES BEHAVIOR IN ENVIRONMENT OF BELARUS

A. V. Basharin, S. A. Matveev, T. L. Pushkareva, G. A. Sharovarov

The experience of various methods application for radionuclide contaminated objects after the Chernobyl accident is considered. Methods useful to different objects, including kindergartens, are defined as a result of analysis. Methods of observation and control $^{134, 137}\text{Cs}$, ^{90}Sr and $^{238-240}\text{Pu}$ behavior in various environments are described. Value of the second air pollution after extraordinary situation at contaminated territories and object "Ukryttia" is given. Dates of post-Chernobyl contamination of rivers and soils with radiocesium and radiostrontium, as well as deactivation of social objects are generalized.

Поступила в редакцію 10.11.03,
после доработки – 23.12.03.