
ПРОЕКТЫ БИОМОНИТОРИНГА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ И ТЕРРИТОРИИ

Д.А. Маркелов, О.Е. Плынова

ГУП МосНПО «Радон»

7-й Ростовский пер., 2/14, Москва, Россия, 119121

Концепция биомониторинга построена на основополагающем постулате экологии, что состояние биообъекта и его адаптационные параметры отражают состояние окружающей среды. Каждый тип биомониторинга имеет многоцелевое назначение, основным из которых является оценка состояния биоты, и на этой информационной базе — оценка качества среды; в зависимости от биообъекта выделены различные типы биомониторинга. Разработаны и опробованы типовые схемы биомониторинга, позволяющие контролировать радиоэкологическое состояние геотехнических систем. Рассмотрены проекты биомониторинга: фитоаккумулятивный, сукцессионный, дендрометрический, тератологический, биоиндикационный типы режимов факторов (БТРФ), оценки биоразнообразия, зооаккумулятивный, фитотестовый, зоотестовый, гидробионтный популяционный, гидробионтный аккумулятивный, картографический (топологии геосистем), геоморфологический. Разработаны типовые схемы биомониторинга, проведена оптимизация конкретных типовых схем биомониторинга по заданным критериям. Методика и результаты представляют интерес для широкого круга специалистов в области охраны окружающей среды, экологического мониторинга, экологической безопасности, инженерных и специальных служб, осуществляющих экологический контроль вредных производств, может служить методическим руководством для обучения и подготовки студентов и персонала.

Актуальность радиоэкологического мониторинга определяется значимостью радиационного фактора для функционирования современной биосферы с связи с непрерывным ростом радиационной нагрузки на различных уровнях: глобальном, региональном и локальном [1].

Целесообразность биомониторинга радиационного воздействия, загрязнения и радиоэкологического состояния становится объективно значимым и надежным средством контроля окружающей среды, т.к. именно биологический компонент экосистем показательно реагирует на радиационный фактор, с одной стороны, а с другой — является объектом поражения под его воздействием.

К настоящему времени предложен ряд схем общего радиоэкологического мониторинга, мониторинга отдельных компонентов природной среды и др. [2—8 и др.].

Схемы мониторинга территорий, прилегающих к АЭС, охватывают наблюдениями одновременно несколько компонентов окружающей среды. Концепция критических компонентов среды [9], а также схема «радиобиологического» мониторинга в зонах повышенного радиоактивного загрязнения предусматривают длительные стационарные (с элементами автоматизации) комплексные радиологические и биоэкологические исследования [10].

Концепция радиоэкологического мониторинга [3] касается в первую очередь контроля радиоэкологической обстановки и радиационной безопасности.

Региональный мониторинг для радиационно загрязненных территорий предполагает создание представительной сети стационарных контрольных площадок на основных почвенных разностях и элементах рельефа [7].

В работах [6; 8] рассмотрена концепция радиоэкологического мониторинга лесов.

На основе ценотического и популяционного подходов разработан радиационный мониторинг животных [11].

Предложена также концепция комплексного радиационного мониторинга с использованием биоиндикаторов, включающего экологическое районирование земель, контроль за состоянием критических ландшафтов, биогеоценозов, сообществ растений и животных [12].

Разрабатываемая в Центре эколого-географических разработок ГУП МосНПО «Радон» при участии авторов концепция биомониторинга построена на основополагающем постулате экологии, что состояние биообъекта и его адаптационные параметры отражают состояние окружающей среды. Каждый тип биомониторинга имеет многоцелевое назначение, основным из которых является оценка состояния биоты, и на этой информационной базе — оценка качества среды; в зависимости от биообъекта выделены различные типы биомониторинга [13—20]. Разработаны и опробованы типовые схемы биомониторинга, позволяющие контролировать радиоэкологическое состояние геотехнических систем. Характеристики типовых схем приведены в таблице 1.

Таблица 1

Типовые схемы биомониторинга

Название проекта	Индикатор	Показатель	Размещение по территории	Периодичность	Область действия
Фитоаккумулятивный	Фитоиндикаторы (доминанты, массовые виды)	Коэффициент накопления (Кн)	Любой вариант сети	1 раз в сезон	Ареал вида
Сукцессионный	Парцеллы, экогенетические и демулационные комплексы растительности; экогенетические фазы	Число и структура, руководящие виды	Ядра типичности, ландшафтные профили	1 раз в 10 лет	Ареал сукцессионной системы (ботанико-географический район)
Дендрометрический	Древесные породы; подрост ели (возобновление по таблицам хода роста)	Число, высота, состояние	Ядра типичности	1 раз в 10 лет	Ареал вида
Тератологический	Тератообразующие виды (нивяник, иванчай, вербейник и др.)	Морфометрические характеристики, аномалии развития	Локальный	В течение сезона (морфометрия — 1 раз)	Оптимум ареала вида
Биоиндикационный тип режимов факторов (БТРФ)	Региональная флора	Число и обилие видов	Регулярная сеть, ландшафтно-зональные профили	1 раз в сезон	Неограниченная

Окончание таблицы 1

Название проекта	Индикатор	Показатель	Размещение по территории	Периодичность	Область действия
Оценки биоразнообразия	Все виды	α - и β -разнообразии	Любой вариант сети	1 раз в сезон	—
Зоо-аккумулятивный	Мышевидные грызуны, охотничье-промысловые, беспозвоночные животные	Кн	Любой вариант сети	1 раз в сезон	Ареал вида
Фитотестовый	Сфагновые мхи	Кн	—	Дважды в год	Неограниченная
Зоотестовый	Мухоловка-пеструшка, моллюск-прудовик	Кн	Локальный	В течение сезона	Ареал вида
Гидробионтный популяционный	Коловратки, дафнии, моллюски	Численность, функциональные и морфометрические показатели	—	В течение сезона	—
Гидробионтный аккумулятивный	Элодея и другие виды макрофитов, виды животных гидробионтов	Кн	—	1 раз в сезон	—
Картографический (топологии геосистем)	Пространственная структура объекта	Мозаичность, дифференцированность	Любой вариант сети	В зависимости от задач исследования	В зависимости от масштаба и содержания карт
Геоморфологический	Четвертичные отложения	Морфометрические характеристики	Любой вариант сети	В зависимости от задач исследования	Неограниченная

Модели и режимы работы отражают характер размещения точек (сеть), периодичность наблюдений и область действия схем мониторинга.

Использование любого варианта сети подразумевают схемы мониторинга — фитоаккумулятивного, оценки биоразнообразия, зооаккумулятивного, фитотестового и картографического; сети по ядрам типичности — сукцессионного, дендрометрического и геоморфологического; локальной сети — тератологического, зоотестового, гидробионтных популяционного и аккумулятивного. Наблюдения с периодичностью 1 раз в сезон (год) применимы для схем мониторинга: фитоаккумулятивного, тератологического, БТРФ, оценки биоразнообразия, зооаккумулятивного и гидробионтного аккумулятивного; в течение сезона активности — для зоотестового и гидробионтного популяционного; дважды в период вегетационного сезона — для фитотестового мониторинга; 1 раз в 10 лет — для схем мониторинга — сукцессионного и дендрометрического.

Области действия схем мониторинга: ареал вида индикатора — используется для схем фитоаккумулятивного, дендрометрического, зооаккумулятивного, зоотестового, гидробионтных популяционного и аккумулятивного мониторинга; ареал сукцессионной системы — для сукцессионного; оптимум ареала ви-

да — для тератологического мониторинга; неограниченная область действия характерна для фитотестового мониторинга и мониторинга БТРФ.

Для получения достоверной прогнозной оценки функционирования геотехнических систем в пространстве—времени необходима реализация комплексного мониторинга экосистем, их компонентов и объектов воздействия.

Проведена оптимизация рабочих схем биоиндикации и биотестирования по функционально-диагностическим признакам и целевому регламенту. Оптимизация схем биомониторинга направлена на выявление показательных (эффективных) схем, репрезентативных во времени и пространстве, позволяющих получать достоверные данные (результаты) и проводить их последующую экстраполяцию, а также являющихся простыми и доступными для работы в природных условиях и обеспечивающих возможность повтора и проверки результатов.

Оптимизация предполагает поиск самых «активных» биомониторов и самых чувствительных «биотестов», которые позволяют с наименьшими трудовыми и временными затратами оценить радиоэкологическую обстановку, например, выявив самые «грязные» точки территории. Оптимизация предполагает также сокращение объемов работ с сохранением или улучшением качества итоговой продукции. Итоговой продукцией мониторинга являются данные об экологическом состоянии окружающей среды, о механизме изучаемого природного процесса и прогноз развития ситуации (с достаточной степенью истинности и достоверности).

Проведена оптимизация конкретных типовых схем биомониторинга по заданным критериям. Она может проводиться по пространственному размещению пунктов наблюдения сети мониторинга, их количеству, срокам наблюдения, по индикаторам.

Оптимальными для установления первых симптомов неблагополучия экологической обстановки являются схемы мониторинга с использованием терат растений, сукцессионных стадий развития и шкал толерантности видов растений.

Оптимальными для выявления распределения загрязнений в природной среде являются схемы с использованием биоиндикаторов-накопителей и схемы с использованием сорбционно-миграционных свойств литокомпонента геосистем.

При оптимизации биомониторинга прежде всего используются критерии, общие для всех проектов, такие как:

— соответствие основным методическим принципам биомониторинга, репрезентативности объекта в пространстве и во времени, достоверности результатов, возможности экстраполяции полученных данных и возможности повтора другими исследователями;

— эффективность проекта по соотношению трудозатрат и получаемой информации (итоговой продукции). В понятие трудозатрат включается количество занятых работников, необходимость их специального обучения, объем аналитических работ и т.д.;

— быстрота реакции в системе «доза — эффект» (активность биоиндикаторов и чувствительность биотестов как показатель универсальности биоинди-

кации) — оценивается информативность проекта при минимальном воздействии, информативность при максимальном воздействии, сезонность активности биоиндикаторов и т.д.;

— доступность и простота схем биомониторинга (включающая наблюдаемость объекта в природе, расположение сети мониторинга, число точек наблюдения и пробоотбора, сроки наблюдения, необходимость повторных наблюдений и т.д.).

Результаты оптимизации ряда типовых схем биомониторинга методом экспертной оценки приведены в таблице 2. Схемы ранжированы по каждому критерию. Подсчитана сумма баллов и доля от максимальной суммы баллов.

Таблица 2

Оптимизация типовых схем биомониторинга (экспертная оценка)

Название группы проектов биомониторинга	Критерии					
	информативность при максимальном воздействии	информативность при минимальном воздействии	универсальность индикации (активность биоиндикатора)	показательность индикации (доступность, простота)	эффективность (min затрат, max информации)	показатель оптимальности
Сукцессии РП	0,02	0,04	0,05	0,04	0,10	0,25
Дендрометрический (возобновление по таблицам хода роста)	0,04	0,05	0,04	0,05	0,13	0,31
С использованием террат растений	0,18	0,02	0,01	0,08	0,14	0,44
ТРФ	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0
Биоразнообразие	0,05	0,08	0,07	0,02	0,02	0,24
С использованием фитоиндикаторов-накопителей	0,16	0,18	0,18	0,18	0,19	0,89
С использованием растительных биотестов	0,14	0,17	0,16	0,17	0,16	0,8
С использованием биотестов животных	0,09	0,09	0,11	0,11	0,09	0,49
С использованием зооиндикаторов-накопителей	0,07	0,11	0,09	0,09	0,08	0,44
С использованием гидробионтов	0,13	0,14	0,13	0,14	0,06	0,60
С использованием гидробионтов-накопителей	0,11	0,13	0,14	0,12	0,12	0,54

По степени оптимальности выделены четыре группы типовых схем биомониторинга:

— универсальные (показатель оптимальности > 0,8) — биоиндикация типов режимов факторов (БТРФ), с использованием фитоиндикаторов-накопителей, с использованием фитотестов;

— специализированные (0,5—0,8) — с использованием гидробионтов-накопителей, с использованием гидробионтов-биотестов;

— специализированные и трудоемкие (0,3—0,5) — с использованием зооиндикаторов-накопителей, с использованием зоотестов, с использованием терат растений;

— длительного периода наблюдения ($< 0,3$) — по растительным сукцессиям, дендрометрический, биоразнообразия.

Особенности оптимизации проектов биомониторинга ставят задачу выбора и разработки таких проектов, которые охватывали бы наблюдениями все компоненты экосистем, при этом были бы достаточно оперативными и не слишком трудозатратными, т.е. оптимальные проекты биомониторинга должны совмещать в себе многокомпонентность, оперативность и экономичность. Сложная структура экосистем предоставляет широкий набор биоиндикаторов и ставит проблему выбора наиболее показательных и эффективных.

Оптимизация проектов биомониторинга проведена на основании разработанных критериев: репрезентативность объекта в пространстве и во времени, достоверность результатов, возможность экстраполяции полученных данных, возможности повтора другими исследователями; универсальность и информативность биоиндикации (активность биоиндикаторов и чувствительность биотестов в зависимости от уровня воздействия и сезона наблюдений); трудозатраты (число занятых работников, время занятости), объем аналитических работ.

Для каждой группы проектов биомониторинга разработаны рабочие режимы. Установлены: целевое назначение и область применения конкретного проекта, индикатор (или группа индикаторов) и значимые показатели, размещение пунктов мониторинга по территории, число точек наблюдения и пробоотбора, сроки и периодичность наблюдения. Для каждого проекта составлен «паспорт» — характеристика с конкретной схемой рабочего режима.

В качестве примера приводится схема оптимизации проекта биомониторинга по ТРФ и «паспорт» этого проекта.

Проект включает направления как по отдельным видам, так и по их сообществам.

Оценка по критериям оптимальности:

— репрезентативность объекта в пространстве — легко решается методическими приемами заложения площадей с применением ГИС/GPS-технологий;

— репрезентативность объекта во времени — легко решается визуально по состоянию биоиндикаторов;

— достоверность результатов — высокая;

— экстраполяция — легко решается методическими приемами ИЛА в области ареала биоиндикатора;

— повтор другими исследователями — легко решается с применением ГИС/GPS-технологий в системе истинных географических координат;

— доступность и простота — объект легко распознается на местности, необходима профессиональная подготовка исследователя;

— характеристика методического обеспечения проекта — создана база данных, СУБД имеет штатный и специальный набор программ, система интегрирована в единый аппаратно-программный комплекс;

— наблюдаемость — высокая;

— быстрота реакции в системе доза—эффект: на среднестатистическом уровне соответствует характерным временам индицируемых явлений и процессов; одному вегетационному периоду при индикации хронических явлений и процессов; моментально (часы—дни) — при индикации залповых или катастрофических явлений и процессов;

— эффективность — очень высокая.

Структура биомониторинга представлена в табл. 3.

Таблица 3

Структура биомониторинга типов режимов факторов

Название проекта	Объект-индикатор	Параметр наблюдений (признак индикатора)	Объект-индикат (среда, условия, состояние)	Причины состояния, явления	Сценарии принятия решений
БТРФ	Виды растений	Наличие вида, обилие вида	1. Температурный режим климата 1.1. Похолодание 1.2. Потепление 2. Влажность климата 2.1. Увеличение сухости 2.2. Увеличение влажности Континентальность Смягчение климата и преобладание морских ионов Морозность Смягчение климата	Общеклиматические флуктуации Общеклиматические флуктуации Воздействие предприятий (выбросы в атмосферу загрязняющих веществ) Общеклиматические флуктуации Общеклиматические флуктуации Воздействие предприятий: выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, сбросы в гидросферу ЗВ Общеклиматические флуктуации Воздействие предприятий (выбросы в атмосферу загрязняющих веществ) Общеклиматические флуктуации Воздействие предприятий (выбросы в атмосферу загрязняющих веществ)	Ограничение выбросов Нейтрализация выбросов: А) химическими реагентами, Б) созданием биогенотических барьеров (биофильтров) Ограничение выбросов Нейтрализация выбросов: А) химическими реагентами, Б) созданием биогенотических барьеров (биофильтров) Ограничение выбросов Нейтрализация выбросов: А) химическими реагентами, Б) созданием биогенотических барьеров (биофильтров) Ограничение выбросов Нейтрализация выбросов: А) химическими реагентами, Б) созданием биогенотических барьеров (биофильтров)

Название проекта	Объект-индикатор	Параметр наблюдений (признак индикатора)	Объект-индикат (среда, условия, состояние)	Причины состояния, явления	Сценарии принятия решений
БТРФ	Виды растений	Наличие вида, обилие вида	Увлажнение почв Солевой режим почв Кислотность почв Богатство почв азотом Переменность увлажнения Затенение — освещенность	Воздействие предприятий: выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, сбросы в гидросферу ЗВ Воздействие предприятий: выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, сбросы в гидросферу ЗВ Воздействие предприятий: выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, сбросы в гидросферу ЗВ Воздействие предприятий: выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, сбросы в гидросферу ЗВ Воздействие предприятий: выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, сбросы в гидросферу ЗВ	Ограничение выбросов Нейтрализация выбросов: А) химическими реагентами, Б) созданием биогеоценологических барьеров (биофильтров) Ограничение выбросов Нейтрализация выбросов: А) химическими реагентами, Б) созданием биогеоценологических барьеров (биофильтров) Ограничение выбросов Нейтрализация выбросов: А) химическими реагентами, Б) созданием биогеоценологических барьеров (биофильтров) Ограничение выбросов Нейтрализация выбросов: А) химическими реагентами, Б) созданием биогеоценологических барьеров (биофильтров)

Оценка по целевой направленности:

- мониторинг — высокая эффективность;
- экологический контроль (любых типов воздействий) — высокая эффективность;
- радиационный контроль — высокая эффективность.

Проект биомониторинга на основе биоиндикации типов режимов факторов (БТРФ) представляет уникальный механизм выявления и диагностики экологического состояния любой территории с одним требованием: на территории должны произрастать растения. Впервые создана система, позволяющая определять содержание и накопление радионуклидов в почве и растениях без отбора проб и выполнения аналитических измерений — только по визуальному определению числа и обилия видов растений.

Составлен паспорт проекта, который содержит все характеристики, регламентирующие применение в природопользовании (табл. 4).

Таблица 4

Паспорт проекта биомониторинга «Биоиндикация типов режимов факторов» (БТРФ)

Критерий	Содержание
Общая характеристика	<p>БТРФ — это система биоиндикации условий среды по числу и обилию видов растений. Схема функционирования включает: заложение пробной площади, составление описания, ввод информации в компьютерную БД, выполнение расчетов и получение выходной информации по ТРФ и комфортапам.</p> <p>Проект реализован в интегрированном аппаратно-программном комплексе (компьютере с предустановленными штатными и специальными программными продуктами). Ввод и накопление данных организованы в базе данных, являющейся составным блоком системы управления базами данных СУБД. Система ввода и хранения информации содержит обязательные структурные элементы: программный комплекс, где находятся программные модули, основные таблицы-справочники, экранные формы и запросы; базы данных; база шаблонов для данных, состоящая из таблиц для ввода и хранения данных и отдельных, заполняемых для конкретного проекта, справочников.</p> <p>Создана база данных, включающая список 21 000 видов высших растений, для 2130 из которых указаны пределы толерантности к 10 прямодействующим факторам. Технология реализована в среде Microsoft Access 97 и имеет экспорт в геоинформационные системы SPANS GIS, SPANS MAP, MapInfo, ArcInfo и др.</p>
Индикатор	Совокупность видов растений на пробной площади
Показатель	Число и обилие видов растений
Индикат (характеристики состояния территории или объекта)	<p>1) Типы режимов 10 прямодействующих факторов и экологических свит растений: терморезим климата, континентальность климата, влажность климата, морозность климата, увлажнение почв, солевой режим почв, кислотность почв, богатство почв азотом, переменность увлажнения, режим затенения; 2) коэффициенты удовлетворительности среды для каждого вида; 3) коэффициенты комфортности режимов 10 прямодействующим факторам; 4) коэффициенты комфортности климатопа (терморезима и влажности климата); 5) коэффициенты комфортности эдафотопы (увлажнение и солевого режима почв); 6) коэффициенты комфортности хоротопа (климатопа и эдафотопы); 7) коэффициенты комфортности ценотопа (хоротпа и режима затенения); 8) коэффициенты удовлетворительности среды для каждого вида по климатопу; 9) коэффициенты удовлетворительности среды для каждого вида по эдафотопу; 10) коэффициенты удовлетворительности среды для каждого вида по хоротопу; 11) коэффициенты удовлетворительности среды для каждого вида по ценотопу</p>
Интеграция в единый аппаратно-программный комплекс	<p>Технология БТРФ представляет интегрированный аппаратно-программный комплекс. Платформа для оптимального функционирования аппаратно-программного комплекса имеет следующую конфигурацию: ПК + Notebook IBM-compatible Pentium II Processor 350 Mhz/BX100/RAM 64 Mb DIMM/6,4 Gb/Matrox G-series 8 Mb WRAM/Monitor 21'-family, с предустановленными пакетами Microsoft Windows 95/98, Microsoft Office 97/98. Реализован экспорт данных в систему SPANS GIS, предусмотрен интерфейс с системами ArcInfo, ArcView, MapInfo. Интеграция заключается в том, что комплекс на единой управляющей платформе содержит цифровые карты-основы (ЦКО), базы данных, системы ввода как в режиме реального времени, так и в камеральных условиях, СУБД, обеспечивающую хранение, поддержку, ведение и обработку информации</p>
Регламентация использования	<p>Интегрированный аппаратно-программный комплекс предоставляет пользователю работать с БТРФ и реализовать следующие возможности и задачи: 1) создавать и использовать созданные ЦКО и БД. Система содержит ЦКО и атрибутивные базы данных, позволяющие проводить полевые работы, экспериментальные исследования, имитационное моделирование. Система позволяет создавать новые ЦКО; 2) проводить полевые работы в режиме реального времени; 3) осуществлять ввод в БД в режиме реального времени непосредственно на пробной площади, а также с бланка в камеральных условиях; 4) осуществлять хранение, поддержку, обработку информации в СУБД; 5) осуществлять выдачу результатов с вариантами принятия решений. Созданные базы данных позволяют обрабатывать информацию на всех стадиях природопользования, корректировать, давать рекомендации для контроля и регулирования природопользования</p>

В результате исследования доказана целесообразность биомониторинга радиационного воздействия как средства контроля окружающей среды, что определяется его значимостью и надежностью, т.к. именно биота показательно реагирует на радиационный фактор, с одной стороны, а с другой — является объектом поражения под его воздействием.

Разработаны типовые схемы биомониторинга, проведена оптимизация конкретных типовых схем биомониторинга по заданным критериям. По степени оптимальности выделен наиболее универсальный проект биомониторинга — БТРФ, который является доступным, репрезентативным и универсальным проектом для оценки общих условий среды и удовлетворительности их для растений — биоиндикаторов, позволяющий в режиме реального времени (непосредственно на местности) осуществлять мониторинг состояния растительного покрова и по нему оценивать и диагностировать условия местообитания или окружающей среды.

Технология биомониторинга основана на интеграции значительных массивов информации в едином аппаратно-программном комплексе и представляет собой компьютеризированный процесс сбора, ввода, хранения и обработки информации. Технология включает следующие блоки: наблюдения; оценки состояния биообъектов; оценки отклика и реакции биообъектов на антропогенное воздействие; определения функций состояния и их отклонений от нормального; прогноз экологических последствий антропогенного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Алексахин Р.М.* Радиоэкология: уроки прошлого, современное состояние, задачи и горизонты // I Всесоюзный радиобиологический съезд. Ч. 1. — Пушино, 1983. — С. 154—157.
- [2] *Бадяев В.В., Егоров Ю.А., Казаков С.В.* Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС. — М., 1990; *Ветров В.А.* Концепция радиоэкологического мониторинга: определения, цели, задачи, структура // Урал атомный, Урал промышленный. Тез. докл. IV междунар. симп. — Екатеринбург, 1996. — С. 12—14.
- [3] *Ветров В.А.* Концепция радиоэкологического мониторинга: определения, цели, задачи, структура // Урал атомный, Урал промышленный. Тез. докл. IV междунар. симп. — Екатеринбург, 1996. — С. 18—23.
- [4] *Егоров Ю.А., Казаков С.В.* Радиационный экологический мониторинг в регионе АЭС // Радиационная безопасность и защита АЭС. — Вып. 9. — М., 1984. — С. 87—95.
- [5] *Егоров Ю.А.* Радиационный экологический мониторинг в регионе АЭС — цели и задачи // Радиационная безопасность и защита АЭС. — Вып. 10. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — С. 56—70.
- [6] Единые рекомендации по организации и ведению экологического мониторинга радиоактивного загрязнения лесов России, Украины и Белоруссии. — Брянск, 1996.
- [7] *Качан И.Г., Шуктомова И.И.* Система радиоэкологического мониторинга почвенно-растительного покрова территорий, прилегающих к Новоземельскому полигону // Радиобиологический съезд. — Ч. 1. — Пушино, 1993. — С. 514—515.
- [8] *Тихомиров Ф.А., Щеглов А.И. и др.* Радиационный мониторинг леса // I Всесоюзный радиобиологический съезд. — Ч. 2. — Пушино, 1989. — С. 538—539.

- [9] *Егоров Ю.А., Рябов И.Н., Тихомиров Ф.Н.* Экологические концепции охраны окружающей среды от радиоактивного загрязнения // I Всесоюзный радиобиологический съезд. — Ч. 2. — Пущино, 1989. — С. 439—441.
- [10] *Голод Д.С., Мартинович Б.С.* Научные основы выделения и организации природоохранных объектов в зонах повышенного радиоактивного загрязнения // I Всесоюзный радиобиологический съезд. — Ч. 2. — Пущино, 1989.
- [11] *Гайченко В.А., Титар В.М.* Радиоэкологический мониторинг животных в 30-километровой зоне ЧАЭС // Радиобиологический съезд. — Ч. 1. — Пущино, 1993.
- [12] *Криволицкий Д.А.* Динамика биоразнообразия и экосистем в условиях радиоактивного загрязнения среды // Биоиндикация радиоактивных загрязнений среды. — М., 1999. — С. 5—14.
- [13] *Маркелов А.В., Минеева Н.Я., Соболев И.А., Дмитриев С.А.* Технология биомониторинга и диагностики радиоэкологического состояния окружающей среды и геотехнических объектов на основе биоиндикации и биотестирования // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга: Тезисы докладов XI Международного симпозиума по биоиндикаторам (Сыктывкар. Республика Коми, Россия, 11—21 сентября 2001 г.) — Сыктывкар, 2001. — С. 121.
- [14] *Маркелов Д.А.* Биоиндикация условий среды на основе шкал толерантности видов растений // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга: Тезисы докладов XI Международного симпозиума по биоиндикаторам (Сыктывкар. Республика Коми, Россия, 11—21 сентября 2001 г.) — Сыктывкар, 2001. — С. 121—122.
- [15] *Маркелов Д.А., Григорьева О.Е., Польшова О.Е., Маркелов А.В., Минеева Н.Я.* Радионуклиды в биосфере. — М.: Папирус ПРО, 2001.
- [16] *Markelov D.A.* Bioindication of Environmental Conditions Based on the Scales of Tolerance of Plants Species // Problems of Today in Bioindication and Biomonitoring. XI International Symposium on Bioindicators. 2001, September 17—21, Syktyvkar. — P. 309—310.
- [17] *Соболев И.А., Дмитриев С.А., Маркелов А.В., Маркелов Д.А., Польшова О.Е. и др.* Разработка биомониторинга радиоэкологического состояния окружающей среды и геотехнических систем при обращении с РАО // Охрана окружающей среды и обращение с радиоактивными отходами научно-промышленных центров: Итоги научной деятельности ГУП МосНПО «Радон» за 2001 г. — Вып. 9. — Т. 2. — М.: Радон-Пресс, 2002. — С. 19—23.
- [18] *Соболев И.А., Дмитриев С.А., Маркелов А.В., Маркелов Д.А., Польшова О.Е. и др.* Разработка биомониторинга природопользования при обращении с РАО в разных природных условиях // Охрана окружающей среды и обращение с радиоактивными отходами научно-промышленных центров: Итоги научной деятельности ГУП МосНПО «Радон» за 2003 г. — М.: РАДОН-ПРЕСС, 2002. — Вып. 11. — С. 99—101.
- [19] *Маркелов А.В., Минеева Н.Я., Крючкова Г.А., Маркелов Д.А., Польшова О.Е. и др.* Разработка биомониторинга природопользования при обращении с РАО в лесной зоне // Материалы международного симпозиума «Инженерная экология — 2003». Москва. 1—2 декабря 2003 г. — М., 2003. — С. 95—100.
- [20] *Маркелов А.В., Минеева Н.Я., Дмитриев С.А., Маркелов Д.А., Польшова О.Е. и др.* Разработка биомониторинга природопользования при обращении с РАО в разных природных условиях // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: Доклады III Международной научно-практической конференции. Семипалатинский государственный педагогический институт, 6—7 октября 2004 г. Том II. — Семипалатинск, 2004. — С. 262—272.

PROJECTS OF BIOMONITORING FOR THE PURPOSES OF OBJECTS' AND TERRITORIES' RADIOECOLOGICAL CONDITIONS DIAGNOSTICS

D.A. Markelov, O.E. Polynova

SIA «Radon»

7th Rostovskij str., 2/14, Moscow, Russia, 119124

The concept of biomonitoring is based on the on a basic postulate of ecology, that the condition of bioobject and its adaptable parameters reflects a condition of the environments. Each type of biomonitoring has a universal purpose, main of which is the estimation of a biota's condition, and on this information base — an estimation of quality of environment; depending on bioobject various types of biomonitoring are allocated. The typical schemes of biomonitoring allowing to control a radioecological condition of geotechnical systems are developed and tested. The technique and results are of interest for a wide range of experts in the field of preservation of the environment, ecological monitoring, ecological safety, the engineering and special services which are carrying out the ecological control of harmful manufactures, can serve as a methodical management for training of students and the personnel.