

УДК 504.064.36

© Коллектив авторов

*И.Е. Титов, А.В. Панов, В.В. Кречетников, О.А. Шубина, Р.А. Микаилова*

## **ПРИКЛАДНЫЕ ГИС ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РЕГИОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ЯДЕРНО- И РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Одной из приоритетных задач повышения эффективности системы радиационно-экологического мониторинга атмосферного воздуха, наземных и водных экосистем в регионе размещения ядерно- и радиационно-опасных объектов (ЯРОО) является оптимизация информационных потоков данных, их обработки, хранения и представления для принятия управленческих решений и ситуационных прогнозов развития радиационной обстановки.

Появление новых информационных и компьютерных технологий позволяет автоматизировать многие процессы, в том числе в области организации и проведения радиационно-экологического мониторинга. Для оптимизации процессов сбора, обработки, анализа и визуализации радиологических и экологических данных целесообразно осуществлять внедрение в систему мониторинга геоинформационных систем, которые в настоящее время являются достаточно мощным и удобным инструментом для поддержки систем радиационно-экологического мониторинга. В последнее время ГИС используются при решении многих экологических и радиологических задач. Географические информационные системы (ГИС) – особые аппаратно-программные комплексы, обеспечивающие сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных и связанных с ними непространственных данных, а также получение на их основе информации и знаний об окружающем исследуемый объект пространстве.

Возможности пространственного представления и анализа информации дают стратегическое преимущество многим специалистам в области радиоэкологии, а также обеспечивают население и органы исполнительной власти конкретной и объективной информацией для обеспечения безопасного проживания населения и ведения хозяйственной деятельности в регионах эксплуатации ЯРОО.

К настоящему времени как зарубежными, так и российскими учеными разработан целый ряд

ГИС-проектов и систем поддержки принятия решений (СППР), использующих ГИС-технологии по оценке последствий радиоактивного загрязнения территорий и их реабилитации. Наиболее крупным международным проектом, в котором (1991-2001 гг.) принимали участие специалисты многих стран Европы и СНГ, является проект по созданию СППР RODOS [1]. Эта система предназначена для прогноза последствий аварий на АЭС и управления поставочной ситуацией как в острый, так и в долгосрочный периоды.

Система RECASS (НПО «Тайфун», Росгидромет) – это система информационной поддержки решения задач чрезвычайных ситуаций, связанных с аварийным загрязнением окружающей среды. Основными задачами системы являются сбор, обработка, систематизация и хранение данных мониторинга, представление результатов анализа состояния загрязнения на контролируемой территории, моделирование процессов распространения загрязняющих веществ в атмосфере, расчет индивидуальных и коллективных доз облучения населения. В системе используются возможности геоинформационных систем, реализованы модели, основанные на разных методиках и, как следствие, имеющих разную оперативность [2].

Прикладная геоинформационная система PRANA (ИАТЭ НИЯУ МИФИ) предназначена для поддержки принятия решений по реабилитации радиоактивно загрязненных территорий. Система представляет собой совокупность отдельных специализированных геоинформационных систем, применяемых для расчета коллективных доз облучения населения, рисков, оптимизации структуры защитных и реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве. Система включает векторные карты и базы данных атрибутивной информации [3].

Разработана единая система радиоэкологического мониторинга территории бывшего Семипалатинского полигона на основе ГИС-технологий.

Структура системы включает базы данных, содержащие экологическую и радиологическую информацию; совокупность радиоэкологических моделей; программные средства, обеспечивающие интеграцию информационных ресурсов и формирование электронных карт. Система радиоэкологического мониторинга бывшего Семипалатинского испытательного полигона используется для принятия управленческих решений по рациональному использованию земельных ресурсов и обеспечению безопасного ведения хозяйственной деятельности [4, 5].

Создан ГИС-проект для обоснования возвращения в хозяйственный оборот территорий, временно выведенных из землепользования после аварии на ЧАЭС. Геоинформационная система включает в себя библиотеку электронных карт для сельскохозяйственных угодий 22 хозяйств юго-западных районов Брянской области, выведенных из землепользования: типы землепользования, плотность загрязнения <sup>137</sup>Cs (по 5 туров обследования с 1988 по 2015 год), почвенные карты, содержание гумуса, основные агрохимические показатели (рН, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), карты с прогностическими оценками возможности производства продукции растениеводства, кормопроизводства, животноводства, удовлетворяющей СанПиН, при различных вариантах возделывания земель (без проведения специальных мероприятий, при условии применения реабилитационных мероприятий). Созданная библиотека электронных карт позволяет выполнить оценку радиоэкологической ситуации на территориях, временно выведенных из землепользования, и дать обоснование необходимости проведения реабилитационных мероприятий [6].

Для создания этих проектов были использованы различные программные средства. В настоящее время на рынке существует широкий спектр программ для картографирования, анализа пространственных данных, создания производственных ГИС-проектов. Наиболее распространенными в России являются ArcGis Desktop, MapInfo Professional, ГИС «Панорама», WinGIS, GeoDraw, Topol. Программные продукты Topol, GeoDraw, WinGIS и ГИС «Панорама» менее функциональны чем ArcGis Desktop и MapInfo Professional. Таким образом, при разработке ГИС-систем радиационно-экологического мониторинга наиболее оптимальным является использование программных продуктов ArcGIS или MapInfo.

ArcGIS Desktop – это группа настольных продуктов семейства ArcGIS, предоставляющая весь необходимый инструментарий для полноценной работы с географической информацией: создание и редактирование данных, оформление и публикация карт, построение запросов и анализ информации.

ArcGIS Desktop обладает наибольшим функциональным уровнем среди конкурентов и представляет набор программ с единым интерфейсом и общими принципами работы. Данный программный продукт позволяет проводить пространственный анализ (расчет плотности и расстояния, выполнение статистического анализа, анализ наложения (оверлей) и близости и т.д.), управлять данными (поиск географической информации, создание, просмотр и управление метаданными, оптимизация схем баз геоданных), картографирование и визуализацию, геокодирование. Основным недостатком ArcGIS в России является ее достаточно высокая стоимость.

Mapinfo Professional также является высокоэффективным средством для визуализации и анализа пространственных данных, но имеет более ограниченный функционал, чем ArcGIS. Сферы применения Mapinfo: наука, экология, землепользование и кадастр, образование, управление и др. В Mapinfo имеется множество способов создания тематических карт: картограммы, круговые и столбчатые гистограммы, градуированные символы, плотность точек, отдельные значения, карты изолиний и т.д. Mapinfo может выполнять функции картографического клиента для всех современных СУБД. Имеется возможность хранения и обработки пространственных объектов в базе данных Oracle без использования дополнительного программного обеспечения. Преимуществом Mapinfo является оптимальное сочетание функциональности и стоимости.

Современные ГИС способны оперативно обрабатывать огромные массивы информации и визуализировать данные радиационно-экологического мониторинга. Основанием для разработки ГИС-проекта являются результаты, полученные в ходе радиационно-экологического мониторинга атмосферного воздуха, наземных и водных экосистем в районе размещения ЯРОО.

Разработка и внедрение единой системы радиационно-экологического мониторинга, создание электронных баз данных с применением ГИС-технологий дают возможность на основе наблюдений и исследований оценить современное состояние и дать прогнозную оценку радиационной обстановки в районе размещения ЯРОО. Для формирования ГИС-проекта в рамках системы радиационно-экологического мониторинга в районе размещения ЯРОО (рис. 1) необходимы следующие источники данных:

- картографические материалы (топографические и общегеографические карты, карты административно-территориального деления, кадастровые планы и др.);

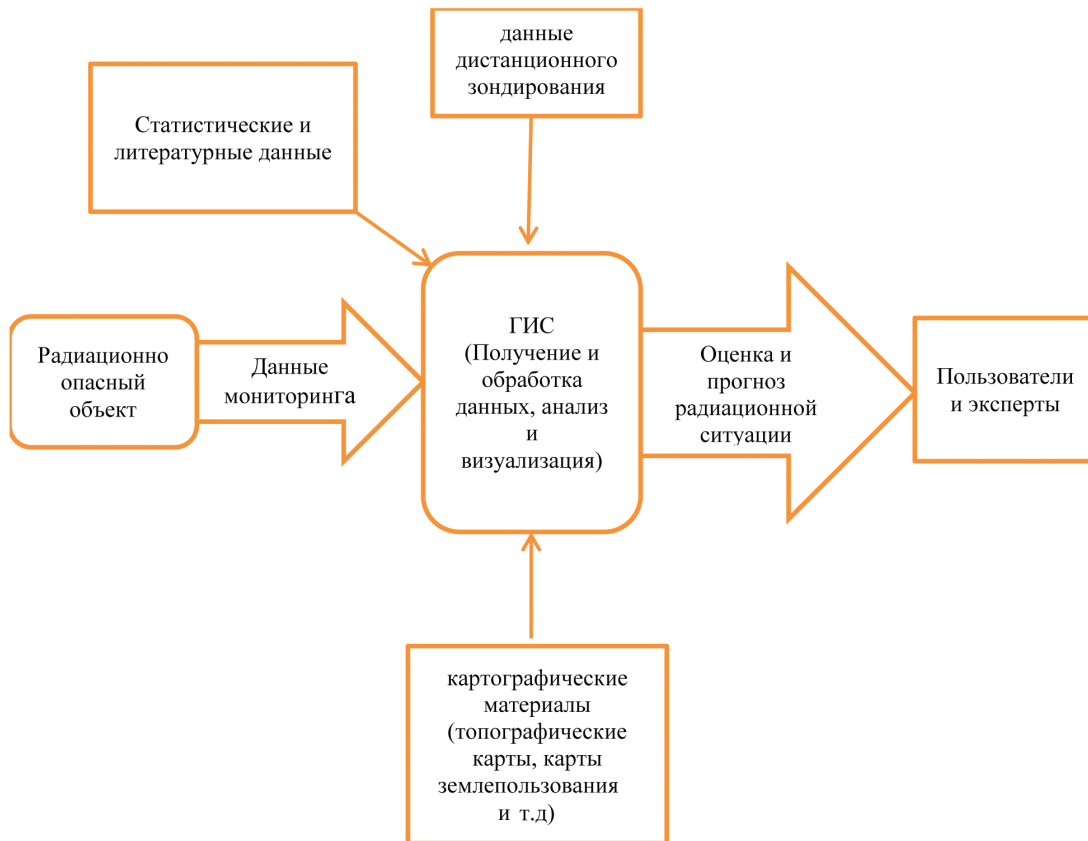


Рис. 1. Общая схема функционирования системы радиационно-экологического мониторинга в регионе размещения ЯРОО с применением ГИС-технологий

Fig. 1. The General scheme of radioecological monitoring in the vicinity of nuclear and radiation hazardous facilities

- данные дистанционного зондирования (аэро- и наземные съемки местности, гидроакустические съемки рельефа дна водных объектов и др.);
- данные радиационно-экологического мониторинга атмосферного воздуха, наземных и водных экосистем;
- статистические данные (гидрологические и метеорологические данные, сведения о загрязнении окружающей среды и т.д.);
- литературные данные (справочные издания, книги, монографии и статьи, содержащие сведения по отдельным типам географических объектов).

Рассматриваемая система радиационно-экологического мониторинга с применением ГИС-технологий будет являться многоуровневой. Верхний уровень должен быть представлен в виде объединенного центра радиационно-экологического мониторинга, нижний уровень – в виде государственных служб, осуществляющих мониторинг ЯРОО. Такая структура мониторинга позволит системе быть гибкой и динамичной. Структура ГИС-проекта

радиационно-экологического мониторинга в регионе размещения ЯРОО (рис. 2) представлена базовыми, информационными и расчетными слоями.

Базовые слои должны содержать в себе следующую информацию:

- расположение радиационно-опасного объекта;
- границы санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения;
- сеть радиационно-экологического мониторинга (точки пробоотбора);
- топографическая информация (населенные пункты, дороги, гидрографическая сеть, леса, поля, земли сельскохозяйственного назначения и т.д.).

В состав информационного блока должны входить:

- поверхностная активность основных дозообразующих радионуклидов в почве;
- содержание основных дозообразующих радионуклидов в лесной и луговой растительности;
- содержание основных дозообразующих радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и продуктах питания населения;

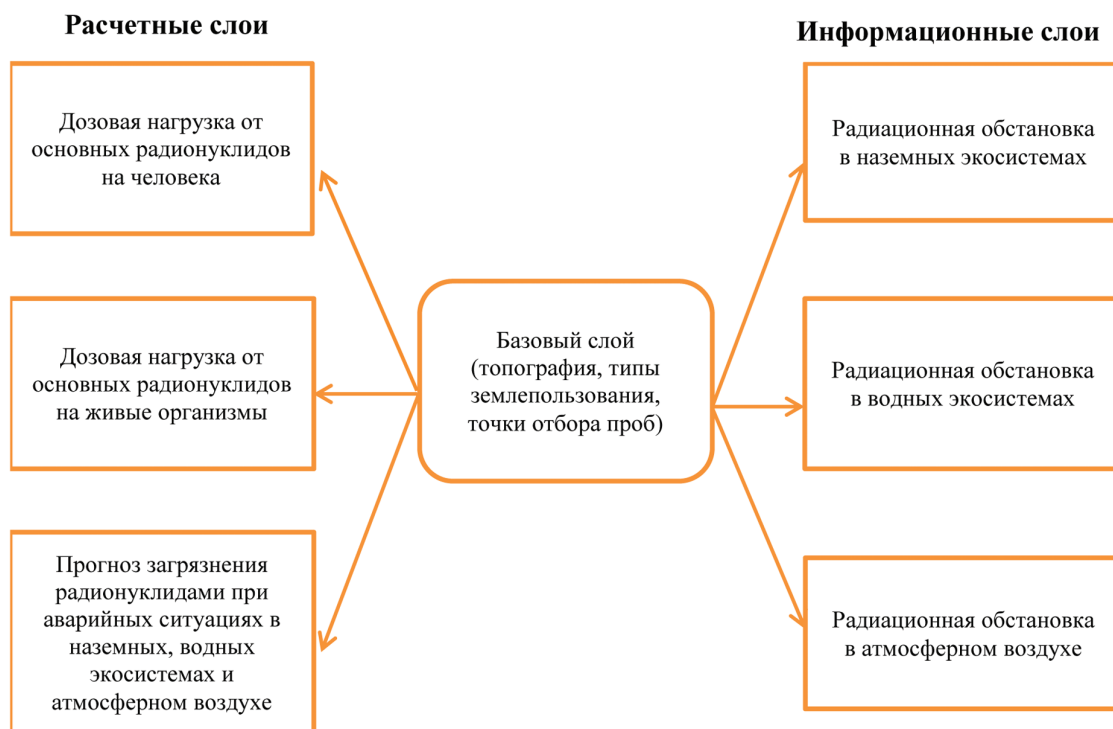


Рис. 2. Структура ГИС-проекта радиационно-экологического мониторинга в районе размещения ЯРОО

Fig. 2. The structure of the GIS-project of radioecological monitoring in the vicinity of nuclear and radiation hazardous facilities

- содержание основных дозообразующих радионуклидов в поверхностных и подземных водах;
- содержание основных дозообразующих радионуклидов в донных отложениях водоемов;
- содержание основных дозообразующих радионуклидов в питьевой воде;
- содержание основных дозообразующих радионуклидов в атмосферном воздухе.

Расчетный блок должен отображать следующую информацию:

- дозовая нагрузка на человека от основных дозообразующих радионуклидов (для различных групп населения);
- дозовая нагрузка от основных дозообразующих радионуклидов на референтные виды биоты;
- прогноз поверхностного загрязнения радионуклидами почвы при аварийных ситуациях на ЯРОО (проектные, запроектные аварии);
- прогноз содержания радионуклидов в лесной и луговой растительности;
- прогноз содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и продуктах питания при аварийных ситуациях на ЯРОО (проектные, запроектные аварии).

Таким образом, при выборе программного обеспечения для создания ГИС-проекта радиационно-экологического мониторинга следует руководствоваться функциональными возможностями для удовлетворения требований, предъявляемых системой радиационно-экологического мониторинга.

Для создания ГИС-проекта к исходной информации предъявляется ряд требований, которые в дальнейшем позволят избежать двойственности трактовки данных, а также их нехватки для принятия решений. Требования к информации включают: достоверность, достаточность для принятия решений, доступность, наличие данных за весь период наблюдений, достоверность. В состав ГИС-проекта радиационно-экологического мониторинга должна входить не только текущая, но и прогнозная информация о состоянии атмосферного воздуха, наземных и водных экосистем в районе расположения ЯРОО. Создание единой системы радиационно-экологического мониторинга с формированием актуальной базы данных и применением ГИС-технологий позволит существенно улучшить радиационный контроль и обеспечит оперативное реагирование в случае нештатных и аварийных ситуаций.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №18-19-00016).

**Ключевые слова:** ГИС-проекты, радиационно-экологический мониторинг, ядерно- и радиационно-опасные объекты (ЯРОО), радиационная обстановка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. RODOS: Decision support system for off-site nuclear emergency management in Europe : Final report of the RODOS project / J. Ehrhardt, A. Weis (eds). – European Commission, Brussels, 2000. – Report EUR 19144 EN.
2. АРМ анализа и прогноза радиационной обстановки : руководство пользователя. – Книга 2. – Обнинск : НПО «Тайфун», 1995.
3. Яцало Б.И., Алексахин Р.М., Мирзеабасов О.А. Оптимизация радиационной защиты в агросфере: методы и компьютерные системы поддержки принятия решений // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1997. – Т. 37, вып. 4. – С. 703-716.
4. Баранов С.А. Разработка системы радиоэкологического мониторинга на основе геоинформационных технологий : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.01 / Баранов Сергей Александрович. – Обнинск, 2009. – 150 с.
5. Баранов С.А., Мукушева М.К., Тлебаев М.Б. Применение ГИС-технологий для создания системы поддержки принятия решений // Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 2. – С. 126-138.
6. Шубина О.А., Титов И.Е., Кречетников В.В., Ряднов А.А. Геоинформационная система для обо-

снования возвращения в хозяйственный оборот территорий, временно выведенных из землепользования после аварии на ЧАЭС // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – №1-2 (55). – С. 130-133.

#### REFERENCES

1. RODOS: Decision support system for off-site nuclear emergency management in Europe. Ed. by J. Ehrhardt and A. Weis. Final project report. EUR 19144 EN. 2000.
2. ARM analysis and prediction of radiation situation. User manual. Book 2. Obninsk : RPA «Typhoon», 1995.
3. Yatsalo B., Alexakhin R., Mirzeabassov O. Optimisation of Radiation Protection in Agrosphere: Methods and Computerised Decision Support Systems // Radiation Biology. Radioecology. 1997. V. 37. No 4. P. 705-718).
4. Baranov S.A. The development of the system of radioecological monitoring based on geoinformation technologies : dissertation of candidate of Sciences. Obninsk, 2009. 150 p.
5. Baranov S.A., Mukusheva M.K., Tlebaev V.B. The application of GIS-technologies for creation of decision support system // Hydrometeorology and Ecology. 2006. No. 2. P. 126-138.
6. Shubina O., Titov I., Krechetnikov V., Ryadnov A.A. A geographic information system to support the return to economic use lands excluded after the Chernobyl accident // International Research Journal. 2017. No. 1-2 (55). P. 130-133.