

МИНИСТЕРСТВО УКРАИНЫ ПО ДЕЛАМ ЗАЩИТЫ
НАСЕЛЕНИЯ ОТ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ
НА ЧЕРНОВЫЛЬСКОЙ АЭС
ОТДЕЛ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НТЦ НПО «ПРИПЯТЬ»

МАЛЫШЕВА Л. Л., РОМАНЧУК С. П., ЩУР Ю. В.
РЫБАЛКО С. И., ПРОСКУРА Н. И., ЛЮРИ Д. И.

ЛАНДШАФТНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО
МОНИТОРИНГА В 30 км ЗОНЕ АЭС

Препринт НПО «Припять»

Дорожному
Валентину
от авторов
Антоновичу
в благодарности
за помощь



Чернобыль—1992

МИНИСТЕРСТВО УКРАИНЫ ПО ДЕЛАМ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ
ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОВЫЛЬСКОЙ АЭС

ОТДЕЛ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
НТЦ НПО "Припять"

Мальшева Л. Л., Романчук С. П., Щур Ю. В.
Рыбалко С. И., Проскура Н. И., Люри Д. И.

ЛАНДШАТНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА В 30-км
ЗОНЕ АЭС

Препринт НПО "Припять"

Чернобыль 1992

Малышева Л. Л., Романчук С. П., Шур Ю. В., Рыбалко С. И., Проскура Н. И., Люри Д. И. ЛАНДШАФТНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА В 30-КМ ЗОНЕ ЧАЭС/ НПО "Припять", г. Чернобыль, 1992 / Препринт. - 21с.

В работе сделан обзор опубликованных работ по проблеме создания ландшафтных основ комплексного мониторинга в 30-км зоне АЭС, рассмотрены цели, объекты и назначение системы мониторинга, а так же обоснованы сети мониторинга и организации систематических наблюдений. Детально рассмотрена структура радиационного мониторинга в зоне влияния АЭС.

Ответственный редактор проф. Е. В. Сенин

Malisheva L. L., Romanchuk S. P., Schur U. V., Rybalko S. I., Proskura N. I., Lury D. I. The landshaft base of the complex monitoring of the complex monitoring of 30-km zone A. E. S. / Pripyat RIA, Chernobyl, 1992. / Preprint. - 21 p.

Chief editor prof. E. V. Senin

ЛАНДШАФТНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА В 30-ТИ КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЕ АЭС

Развитие атомной энергетики, аварии на атомных электростанциях привели к возникновению множества экологических проблем, что обусловило необходимость обоснованного введения систем мониторинга для контроля состояния окружающей среды, прежде всего, - в зонах влияния АЭС.

Учитывая комплексный характер воздействия АЭС на окружающую среду, сложность пространственной организации геосистем и многогранность взаимодействий между их компонентами, организация комплексного мониторинга должна базироваться на ландшафтной основе. Отметим, что под комплексным мониторингом мы понимаем систему контроля состояния природно-антропогенных систем "ПО-П-Н" ("природные системы-природопользование-население"), которая предусматривает наблюдения, оценку и прогноз состояний геосистем, изменения которых происходят как в результате действия природных и социально-экономических факторов, так и в результате радиоактивного, теплового, гидроморфного и химического воздействий АЭС.

Ландшафтно-экологический подход к организации мониторинга в зонах влияния АЭС основывается на двух концепциях - геоэкологической и геосистемной. Концепция геосистемной организации территории базируется на философском принципе системности [13] и методологии системного подхода [11, 14] к исследованиям взаимодействия общества-техники природы [11, 16]. В соответствии с этой концепцией геостратификационная оболочка (окружающая среда) - иерархически внутренне организованное и упорядоченное множество тесно взаимосвязанных элементов-подсистем (структур более низкого таксономического ранга). Таким образом, какая угодно территория, которая изучается с позиций учения о геосистемах (ландшафтоведения), предстает как совокупность взаимосвязанных геосистем определенного таксономического ранга с собственной внутренней латеральной и радиальной организацией. Пространственная дифференциация территории отражается на ландшафтных и ландшафтно-геохимических картах, картах антропогенных геосистем, структурных природопользования и др.

Концепция геосистемной организации территории, взаимосвязи пространственно-временных структур и взаимосвязи состояний геосистем и других факторов подведения к геосистемам [16,

17] реализованы в ландшафтно-экологическом подходе обоснования мониторинга воздействий АЭС на природно-антропогенные геосистемы.

Геозоологическая концепция, так же как и геосистемная, базируется на философском принципе системности и методологии системного подхода. В геозоологической концепции отражается представление о зависимости функционирования организмов, популяций да и человека от абиотических факторов среды, представление о географической оболочке как об организованном множестве природно-антропогенных геосистем типа "ПС-П-Н".

Необходимо отметить, что увеличение внимания ученых к решению вопросов ландшафтно-экологического обоснования мониторинга в зонах влияния АЭС было вызвано аварией на Чернобыльской АЭС. До аварии отечественные ученые, практически, не занимались этой проблемой. Большинство публикаций и сейчас имеет косвенное отношение к проблемам организации мониторинга. Анализ публикаций, раскрывающих вопросы влияния АЭС на окружающую среду показал, что: 1 - 40% работ посвящено общим вопросам влияния АЭС на окружающую среду, вопросам радиационной безопасности при эксплуатации АЭС, переработки, транспортировки и захоронения радиоактивных отходов; 2 - в 7% публикаций раскрываются методы определения содержания радионуклидов в различных природных средах; 3 - в 8% публикаций освещаются вопросы миграции радионуклидов и прогнозирования зон их выноса и накопления; 4 - в 8% работ рассматриваются критерии выбора площадок для строительства АЭС и различные подходы к решению проблемы размещения АЭС; 5 - в 15% работ дается информация о состоянии природной среды до и после аварии на Чернобыльской АЭС. И только в 3% публикаций раскрываются проблемы мониторинга окружающей среды в зонах влияния атомных электростанций.

Как в методическом, так и в отношении проблемы мониторинга в районах влияния АЭС недостаточно изучены, как и в теоретическом, отсутствует необходимая системность в решении этих вопросов. Несколько лучше изучены и детальнее рассмотрены методы контроля радиационной обстановки в районах размещения АЭС [6]. Все публикации, которые имеют отношение к проблемам организации и функционирования мониторинга в районах влияния АЭС можно разделить на четыре группы.

К первой группе относятся работы, в которых раскрываются методологические аспекты проблемы, формулируются цель и способы реализации задач мониторинга, предлагается его структура и сети наблюдений. Это - публикации И. С. Еремеева, В. С. Жернов

ва, В. А. Еременко (1985) о цели и оборудовании системы мониторинга; А. М. Скрыбина, Р. И. Погодина, М. В. Старцева (1988), Ф. Я. Ровинского (1987) о проектировании системы комплексного мониторинга для оперативного контроля состояния окружающей среды. В работах Rabiej S. (1987), В. Т. Зархи и И. А. Соболева (1986) рассматривается структура мониторинга. Проблемы организации мониторинга радиационного загрязнения окружающей среды изложены Ю. А. Егоровым (1987). Вопросам создания автоматизированной системы комплексного мониторинга посвящены публикации М. М. Ворончука (1983), работы V Международного конгресса по радиационной защите (1981) и V советско-американского симпозиума в Вашингтоне (1986).

Перспективным подходом к организации оперативного контроля и прогнозирования радиоактивного загрязнения среды со стороны АЭС И. С. Еремеев, В. А. Еременко, В. С. Жернов (1985) считают гибридный мониторинг радиоактивной обстановки, который состоит из измерительного и модельного мониторингов, и позволяет соединить в единое целое методы и цель моделирования распределения радиоактивного загрязнения и методы и способы контроля его фактического распределения в пространстве, методы выделения техногенных элементов из радиационного фона и обеспечения заданной степени вероятности результатов обработки информации.

Ко второй группе относятся публикации, посвященные проблемам влияния АЭС на окружающую среду, обеспечения радиационной безопасности и организации контроля радиационной обстановки в зонах влияния АЭС, методам полевой дозиметрии ионизирующих излучений, вопросам нормирования технологических выбросов и сбросов по экологическим и гигиеническим критериям. Л. И. Пискунов (1983), изучая вопросы выбора эффективных и репрезентативных биоиндикаторов радиоактивного загрязнения, обобщает радиозоологические критерии оптимизированного радиационного мониторинга. Методы оптимизации системы контроля загрязнения окружающей среды, методика - и - спектрометрии проб рассматриваются К. П. Махонько, А. Н. Силантьевым, И. Т. Шкуратовым (1985). Статистический анализ результатов многолетнего радиационного контроля в зоне влияния Белявской АЭС представлен А. И. Пискуновым и В. И. Гушиным (1978) и в районе размещения Кольской АЭС - М. С. Бабаевым, В. Д. Деминым, Л. А. Ильиной (1988).

К третьей группе отнесены публикации, которые раскрывают особенности миграции радионуклидов, обосновывают выделение зон их распространения [1, 3]. Р. И. Кренявичус и А. П. Белов

(1984) предлагают методику прогнозирования распределения газообразных радионуклидов в окрестностях АЭС. М. А. Никольский и Н. Т. Веседина (1985) анализируют возможности применения математического моделирования при оценке радиационной ситуации и прогнозирования ее изменения в районе АЭС.

К четвертой группе относятся публикации, в которых освещаются последствия аварии на Чернобыльской АЭС, анализируются проблемы, которые возникли в результате загрязнения природной среды, пути их решения государственными научно-исследовательскими и радиологическими службами, приводятся данные о загрязнении воды и почв.

В немногочисленных публикациях рассматриваются методы исследования миграции радиоактивных загрязнений и способы автоматизированного контроля состояния окружающей среды в зонах влияния АЭС [3, 4, 5 и др.].

Приведенный анализ публикаций позволяет констатировать увеличение интереса, особенно ученых западных стран, к проблемам организации и ведения мониторинга в районах влияния АЭС. Наблюдаются четыре основных направления в данных исследованиях: 1 - методологическое и методическое, ориентированные на разработку концепции комплексного мониторинга, обоснования его структуры и системы функционирования, сети режимного и ординационного контроля, вопросов автоматизации и математического моделирования; 2 - эмпирическое, к которому относятся исследования влияния АЭС на окружающую среду, разработка методов полевой дозиметрии, вопросов нормирования технологических выбросов и сбросов по экологическим и техническим критериям; 3 - эмпирически-модельное, направленное на изучение миграции радионуклидов в разных природных средах (компонентах геосистем) и в разнообразных потоках; моделирование процессов пространственного перераспределения радиоактивных загрязнений; 4 - аналитическое, которое представляет последствия аварии на Чернобыльской АЭС, прежде всего, - экологические, анализ которых предусматривает (наряду с достижением поставленной цели) поиск решений вопросов первых трех направлений путем их творческой переработки и реализации в 30-ти километровой зоне ЧАЭС.

Необходимо отметить, что методологическое и методическое обоснование сети, структуры и системы функционирования комплексного мониторинга в районах влияния АЭС теснейшим образом связано с разработкой ландшафтно-экологических основ радиомониторинга.

С ландшафтно-экологической точки зрения объектом контроля в системе мониторинга являются природно-антропогенные системы "население-природопользование-природные системы" и техногенные потоки (рис.1). Учитывая возможность возникновения синергических эффектов должны исследоваться не только загрязнения АЭС и их трансформация в процессе вовлечения в естественные круговороты вещества и энергии в геосистемах, но и все антропогенные загрязнения, поступающие в геосистемы 30-ти километровой зоны влияния АЭС. При формировании программы комплексных исследований, помимо специальных наблюдений за состоянием каждой из подсистем "ПС-П-Н", необходимо предусмотреть исследования, учитывающие взаимосвязи и взаимодействия между подсистемами. Так, программа должна включать медико-биологические, медико-географические и демографические исследования подсистемы "население", радиационно-сельскохозяйственные - подсистемы "природопользование", ландшафтные, ландшафтно-геохимические, ландшафтно-геофизические и компонентные (метеорологические, гидрологические и гидрохимические, геологические и гидрогеологические, почвенные, биологические) исследования структуры и состояний природных систем, а также межсистемные исследования - радиоэкологические, экономико-географические и др.

Цель создания мониторинга АЭС - контроль состояния среды существования человека в зоне ее влияния. Реализация контроля предусматривает организацию постоянных наблюдений и измерений, принятие решений (через нормирование воздействий или перепрофилирование природопользования), организацию и проведение специальных экспериментов, направленных, в первую очередь, на изучение процессов переноса загрязнений в различных геосистемах, процессов межкомпонентного и межсистемного обмена и т.п.

Назначение системы мониторинга, прежде всего, - в оперативной информации о загрязнении природно-антропогенных систем "ПС-П-Н", об отклонениях этих состояний от принятых стандартов и прогнозировании изменений с оценкой возможных последствий прогнозируемых изменений, т.е. информация о "воздействии-изменении-последствии" с оценкой и прогнозом состояний геосистем. На основе этой информации разрабатывается система природоохранных мероприятий и мероприятий по уменьшению последствий воздействия АЭС на окружающую среду. В первую очередь, это касается ограничения рассеивания загрязнений, т.е. их локализация и удаление, а также эффективного удержания от

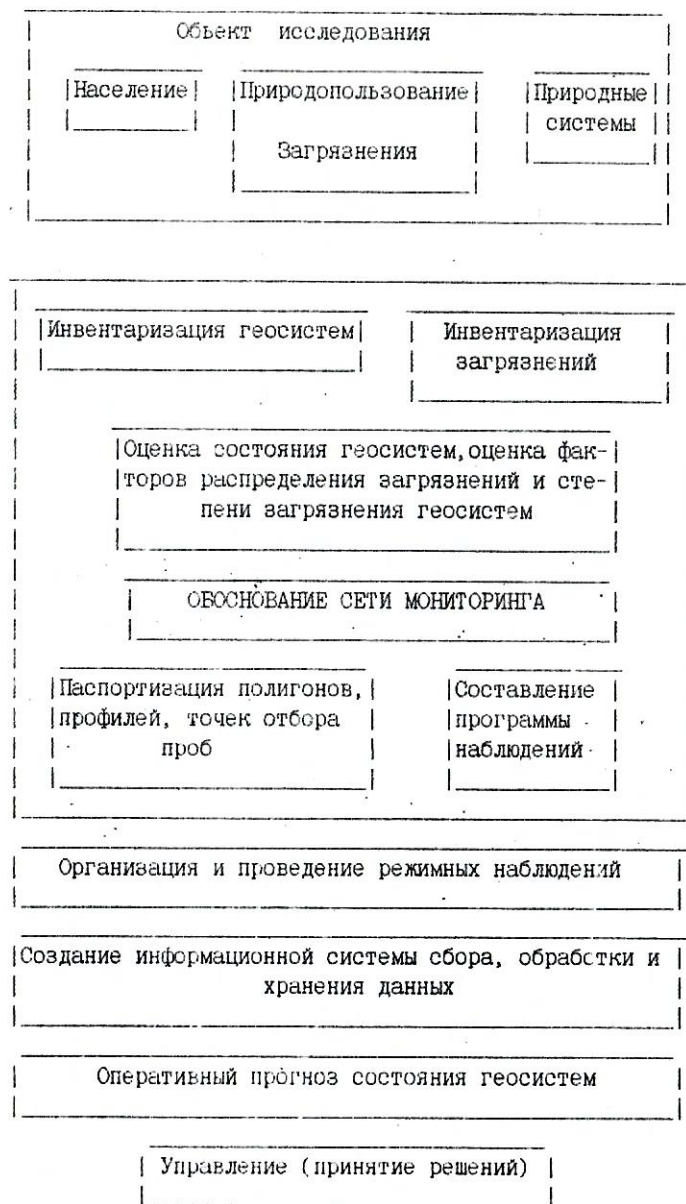


рис. 1. Схема комплексного мониторинга

попадания в питьевую воду и сельскохозяйственную продукцию, в конечном итоге - минимизации техногенных воздействий на организм человека.

К основным задачам и направлениям работы по созданию системы мониторинга АЭС можно отнести: 1 - изучение и картографирование природно-антропогенных геосистем и их компонентов, инвентаризация геосистем; инвентаризация загрязнений; 2 - выбор репрезентативной сети наблюдений и измерений; паспортизация пикетов, полигонов, створов, профилей, пунктов отбора проб; 3 - разработка программы режимных наблюдений за состоянием геосистем; 4 - разработка программы режимных наблюдений за динамикой содержания и миграцией радиоактивных элементов (веществ) и их соединений в различных природных средах; 5 - формирование геоинформационной системы анализа оперативной информации о миграции радионуклидов и факторах ее определяющих, о других видах загрязнений и их перераспределении (рис. 1).

Развертывание системы комплексного мониторинга осуществляется после инвентаризации геосистем. Инвентаризация геосистем базируется на ландшафтном и ландшафтно-геохимическом картографировании, картографировании структуры природопользования.

Ландшафтное и ландшафтно-геохимическое картографирование - процесс создания модели ландшафта в форме нескольких карт, которые составляются на основе крупномасштабных ландшафтных и ландшафтно-геохимических съемок. В процессе ландшафтного картографирования исследуется морфологическая структура ландшафтов.

Составление карты восстановленных (природных) ландшафтов вызвано необходимостью иметь основу для картографирования современных ландшафтов, которые в большинстве случаев являются антропогенными модификациями природных или результатом их техногенного разрушения. Кроме того, восстановленная природно-ландшафтная ситуация является эталонной для оценки антропогенной преобразованности современных ландшафтов и основой для оценки их геохимических свойств и процессов в прошлом и настоящем.

В данном случае речь идет не о картографировании ландшафтной ситуации на определенный момент времени, а о восстановлении (картографическом) природных компонентов ландшафтов на момент их взаимосубординированности, что зависит от возраста ландшафтов и начала их хозяйственного освоения.

Под ландшафтом подразумевается совокупность взаимосвязанных или

геосистемой) понимается система взаимосвязанных компонентов, взаимообусловленных своим размещением и развитием как единое целое. Из тесной взаимообусловленности компонентов следует важный практический вывод: существует возможность выведения или предсказания неизвестного компонента по известным, входящим в определенный комплекс. В природно-территориальном комплексе особенно важное индикационное значение имеют почвы и растительность, так как они формируются в результате определенного гидрологического и климатического режима, орографических особенностей и физико-химических свойств пород. Поэтому типология ландшафтов основана на исследованиях почвенного и растительного покровов и их характеристика является необходимым элементом описания ландшафтов и содержания легенд ландшафтных карт. Однако в результате хозяйственной деятельности нарушается структура и свойства многих компонентов ландшафта. Наиболее уязвимым является растительный покров, сохранившийся в естественном состоянии только на ограниченных участках. Поэтому основную индикационную роль при ландшафтном картографировании играет почвенный покров. В связи с этим, на первом этапе ландшафтных исследований необходимо составить карту восстановленных ландшафтов, используя в качестве компонента-индикатора почвы.

Отметим, что ландшафты (геосистемы) любого ранга - полиструктурные образования. Выделяются два типа структур геосистем: вертикальная (состав и взаимодействие компонентов природы внутри геосистем - горных пород, почв, поверхностных и грунтовых вод, приземного слоя атмосферы, растительного и животного мира; и горизонтальная (латеральная) - геохимическое сопряжение геосистем более низкого ранга, взаимосвязанных между собой в пределах геосистемы более высокого ранга в результате обмена веществ.

Сеть наблюдений и измерений должна быть выбрана в репрезентативных для зоны влияния АЭС геосистемах и охватывать все многообразие природных условий территории, которые являются факторами первичного и вторичного распределения и миграции радионуклидов в окружающей среде. С этой целью необходимо обеспечить их представительство по форме рельефа, литолого-стратиграфическому строению рельефообразующих и водовмещающих пород, условиям питания, транзита и разгрузки основных водоносных горизонтов, взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Они должны включать наиболее типичные для исследуемой территории естественные и культурные ценозы на типичных поч-

вах, в пределах геохимически сопряженных геосистем.

Пикеты, створы, пункты измерений и отбора проб должны быть размещены таким образом, чтобы контролировать распределение и перераспределение техногенных элементов в пределах водосборных бассейнов разного ранга и в замыкающих створах.

Программа исследований в системе мониторинга предусматривает инвентаризацию геосистем зоны влияния АЭС, паспортизацию каждого объекта сети наблюдений и режимные наблюдения. Программа режимных наблюдений должна разрабатываться специалистами-отраслевиками и в данной работе не рассматривается. Паспортизация пикетов, створов, профилей, точек отбора проб и измерений проводится на основе инвентаризации природно-антропогенных геосистем и их компонентов по результатам крупномасштабного ландшафтного картографирования и профилирования в масштабе не менее 1:25000.

Инвентаризация природно-антропогенных геосистем (рис.1) предусматривает проведение: 1 - ландшафтного картографирования и анализа ландшафтно-морфологической структуры территории и компонентной структуры геосистем, определение ландшафтных факторов миграции радионуклидов; 2 - ландшафтно-геохимических исследований (картографирования и лабораторных анализов физикохимических свойств почв - определений гранулометрического состава, емкости катионного обмена, кислотности, содержания гумуса, валового химического состава, водно-физических свойств), анализа ландшафтно-геохимических факторов миграции радионуклидов и определения участков их возможной аккумуляции; 3 - картографирования элементарных бассейнов для расчета перераспределения загрязнений с поверхностным стоком; 4 - специальных исследований (на ландшафтной основе) компонентов геосистем: а) геоботанических исследований (картографирования, определения видовой структуры, биомассы и продуктивности ценозов, растений-индикаторов радиоактивного загрязнения); б) изучения зооценозов, в том числе почвенной микро- и мезофауны; в) геологического и гидрогеологического описания и картографирования; г) гидролого-гидрохимических исследований; д) метеорологических и гидрологических исследований, в том числе, - воднорadiологических исследований рек, озер, других водоемов в зоне влияния АЭС; е) картографирования элементарных водосборов и их классификация по факторам формирования и трансформации стока; ж) выявление источников загрязнения и определение содержания радионуклидов в природных компонентах до и после ввода в эксплуатацию АЭС - изотопного состава, хи-

мической формы, способности к миграции в природных условиях, характерных для зон влияния атомных электростанций; а) картографирование и анализ структуры природопользования, обобщение данных о продуктивности сельскохозяйственных угодий, урожае и урожайности основных возделываемых культур, продукции животноводства; и) картографирование и анализ структуры расселения, численности и поло-возрастной структуры населения, основных демографических особенностей в регионе, обобщение данных о структуре питания, структуре и направлениях поставок продовольствия, производимого в зоне влияния АЭС и т.п.

На основе инвентаризации геосистем, в результате типологического анализа исходной информации и, базируясь на ландшафтных принципах, проводится выбор местоположения пунктов режимных и и ординационных наблюдений и точек отбора проб и их паспортизация. По-существу, инвентаризация геосистем, выбор местоположения сети мониторинга и паспортизация точек относятся к исследованиям "О"-цикла, которые являются подготовительным и обязательным этапом развертывания системы мониторинга в зонах влияния АЭС.

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать основные ландшафтные принципы организации мониторинга в 30-километровой зоне влияния АЭС:

1. Системность исследований.
2. Обеспечение ландшафтно-экологической репрезентативности опорных пунктов наблюдения (полигонов, створов, профилей, точек отбора проб). Для этого должны быть учтены особенности территориальной и компонентной структуры, свойства компонентов геосистем, структуры природопользования и расселения населения. Обеспечение привязки системы мониторинга геосистем в зонах влияния АЭС к сети фоновых мониторинга.
3. Обеспечение ландшафтно-геохимической репрезентативности эталонных участков-аналогов (геосистем-аналогов) вне зоны и в 30-ти километровой зоне влияния АЭС, а также пар "естественные - антропогенные" геосистемы.
4. Организация режимных наблюдений за состоянием геосистем с учетом основных положений о закономерностях их функционирования и динамики.
5. Организация контроля за состоянием ни одного или нескольких компонентов, а всей геосистемы в целом, учитывая взаимосвязи между компонентами и геосистемами.
6. Необходимость регистрации всех видов загрязнений, поступающих в геосистемы и вовлекаемых в природные циклы мигра-

ции вещества и энергии, т.е. регистрация всех техногенных потоков, поступающих как при функционировании (или аварии) АЭС, так и в результате любых форм и видов хозяйственной деятельности, осуществляемой в зоне мониторинга АЭС.

7. Обязательность комплексного характера взаимосвязанных инвентаризационных и режимных исследований.

8. Обеспечение оптимального режима решения научных и научно-производственных задач (задач контроля и управления) в создаваемых системах мониторинга окружающей среды в зонах влияния атомных электростанций.

В данной работе мы рассматриваем мониторинг, в основном, только с точки зрения контроля за состоянием окружающей среды, оставляя в стороне две другие его составляющие - прогноз и управление.

Выделяются следующие основные типы воздействия АЭС на природную среду и население, контроль за которыми необходим для обеспечения безопасности и здоровья людей, ведения нормального хозяйства: 1 - загрязнение радиоактивными веществами разного периода полураспада, 2 - тепловое загрязнение, 3 - загрязнение различными химическими нерадиоактивными веществами, 4 - изменение ландшафтной структуры при строительстве и эксплуатации АЭС, 5 - изменение социально-экономической обстановки, трансформация демографической структуры и структуры расселения.

Наиболее опасным из вышеперечисленных является радиационное воздействие АЭС. Оно реализуется не только в случае аварийной ситуации, но и в процессе нормальной работы станции. При этом происходит, хотя и мизерное, непосредственное облучение живых организмов и опосредованное воздействие, связанное с передвижением радиоактивных веществ по трофическим цепям.

Основная опасность радиации, в том числе малых доз, заключается в деформации генофонда популяции. Поэтому мониторинговые наблюдения должны быть ориентированы в первую очередь на человека и, несмотря на очевидную сложность задачи, нацелены на расчет и постоянное уточнение коллективной дозы населения в зоне влияния АЭС. При этом необходим учет как неоднородности распределения радионуклидов по территории в результате неравномерности первичного разноса загрязнений и активности процессов их вторичного распределения (перераспределения), так и разнообразия типов землепользования, т.е. пространственная локализация различных трофических цепей, замыкающихся на человека.

Радиационный мониторинг в зоне влияния АЭС ориентирован на две основные цели: 1 - оперативный постоянный контроль за радиоактивным загрязнением природной среды, т.е. контроль за непревышением определенного минимального уровня содержания радионуклидов в окружающей среде (территориях, компонентах, трофических цепях и т.д.); 2 - получение необходимых данных для прогноза поведения радионуклидов в ландшафте и поступления их в человеческую популяцию.

В связи с этим радиационный мониторинг предполагает постоянный контроль за: 1 - поступлением радиоактивных загрязнений в геосистемы зоны влияния АЭС с учетом ее ландшафтной неоднородности, 2 - выходом радионуклидов за пределы наблюдаемой территории, 3 - накоплением радионуклидов в различных участках геосистем, в первую очередь, - в наиболее активных аккумулятивных зонах, и перераспределением радионуклидов в различных ландшафтно-геохимических сопряжениях, 4 - передвижением радиоактивных элементов по трофическим цепям, замыкающимся на человеке.

Эти задачи определяют структуру системы мониторинга, которая состоит из сети мониторинговых точек разного типа:

- фоновых,
- гидрологических,
- локального контроля,
- мониторинговых площадей (полигонов),

поставляющих информацию о локальной концентрации радионуклидов в наиболее репрезентативных позициях, и банка ландшафтно-экологической информации:

- материалов гидрометеослужбы,
- ландшафтных и ландшафтно-геохимических карт,
- сведений об использовании и продуктивности земель,
- структуре населения и расселения,

позволяющего осуществлять пространственную экстраполяцию точечных данных на всю контролируемую территорию, прогнозировать поведение радионуклидов в геосистемах зоны влияния АЭС и оценивать их влияние на человека.

Фоновые точки (II) мониторинга первичного загрязнения служат для контроля за поступлением в ландшафты радиоактивных загрязнений в результате процессов первичного распределения воздушными потоками и накоплением их в многолетнем режиме. На них контролируется вход в зону влияния АЭС радионуклидов, которые в дальнейшем включаются в миграционные потоки вторичного распределения.

Оперативный контроль за первичным поступлением радионуклидов на территорию зоны должен обеспечивать постоянную фиксацию выпадений радионуклидов, раскрыть этот процесс во времени и в пространстве. Для обеспечения равномерного уровня детальности поля загрязнения, построенного по данным пунктов наблюдения путем изолинейной интерполяции, должна быть использована уже существующая сеть реперов (конкретно для системы мониторинга Чернобыльской АЭС), при условии ее оптимизации путем прекращения наблюдений на некоторых из них и, возможно, установки дополнительных. Пункты наблюдения должны равномерно распределяться по территории зоны приблизительно на одинаковом расстоянии один от другого.

Выпадения должны фиксироваться постоянно с помощью пылеуловителей и периодически отбираться и анализироваться. Частота отбора должна быть различной в зависимости от режима работы станции и задач исследования. В первую очередь необходимо разработать, как минимум, две программы для двух типов точек оперативного контроля. Первый тип: автоматизированные пункты с непрерывной выдачей оперативно анализируемых данных. Эти точки предназначены для фиксации аварийных выбросов. Такие точки (немногочисленные) должны располагаться вблизи станций в пределах 5-ти километровой зоны. Второй тип фоновых точек работает по двум программам. Первая программа реализуется при нормальном функционировании станции. Отбор накопителей осуществляется один раз в год или по сезонно. По второй программе, предназначенной для аварийной ситуации, отбор накопителей осуществляется не менее одного раза в сутки.

Фоновые точки располагаются:

- во всех секторах АЭС в 3-10, 10-15, 15-20, 20-30 30-ти километровой зоны с учетом форм рельефа (поймы - террасы - водоразделы), влияющих на воздушные потоки;
- на ровных плакорных участках автономных геосистем (где отсутствует водный сток, выносящий или приносящий радионуклиды с соседних территорий) с травянистой растительностью, не используемых в сельскохозяйственном производстве.

В качестве опорных лучей для размещения ФТ выбрано 8 основных направлений - С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ; и радиусы - 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30 км от АЭС.

На фоновых мониторинговых точках необходимо отбирать пробы почвы для определения содержания в них радионуклидов (с учетом распределения радионуклидов по глубине до 15-20 см, минимум по 3-5 пробам, минимум 2 раза в год - весной (после

снеготаяния, фиксирующего зимнее воздушное перераспределение радионуклидов) и осенью (после активного летнего воздушного переноса и окончания цикла биогенной миграции). Кроме проб почв, как основного компонента-накопителя загрязнений целесообразно анализировать содержание их в подстилке и растительности, если она есть в момент наблюдений. Наблюдения на ФТ должны быть связаны с данными метеостанции, расположенной возле АЭС.

Тренд концентрации радиоактивных загрязнений на каждой точке в течение ряда лет будет отражать интенсивность их поступления и накопления в геосистемах разных секторов и зон (осуществление оперативного контроля). Отклонения этого тренда в любую сторону укажет на изменение процессов первичного распределения радионуклидов (или некоторые другие явления - просачивание их до грунтовых вод на пойме, вторичный ветровой перенос на водоразделах). Наличие соответствующих метеоданных и ландшафтных карт позволит экстраполировать эти точечные материалы на всю зону влияния АЭС, оценить с учетом пространственных неоднородностей суммарное поступление радионуклидов и объем загрязнений, выносимых за ее пределы воздушными потоками. Эти данные могут лечь в основу прогноза поведения радионуклидов, анализа информации, полученной на других типах мониторинговых точек.

Гидрологические точки (ГТ) служат для наблюдения за выносом радиоактивных загрязнений за пределы контролируемой территории, которая может повлечь заражение удаленных ландшафтов и популяций. Наиболее опасны в этом плане водные потоки, которые способны переносить радионуклиды на большие расстояния в значительной концентрации.

Гидрологические точки располагаются на реках и ручьях, в первую очередь в тех местах, где они вступают в 30-ти километровую зону АЭС ("точки нуля") и выходят из нее ("точки контроля"). Для более подробного контроля в зоне АЭС целесообразно разместить большое количество гидрологических точек, которые контролировали бы все отдельные бассейны. Каждый бассейн должен анализироваться отдельно, с учетом наличия в каждом из них фоновых точек мониторинга.

На гидрологических точках должны отбираться пробы воды для определения содержания радионуклидов в растворе и твердом состоянии. Кроме анализа содержания радионуклидов целесообразно контролировать концентрации других загрязнений - нефтепродуктов, органики и т.п. Исследования необходимо проводить по край-

ней мере в два срока - в период весеннего половодья и в межень, а также в любое другое время с аномально высоким расходом воды.

Данные о содержании загрязнений в речной воде должны быть дополнены информацией о длительности, объеме, скорости и т.д. стока (т.е. должны быть организованы гидропосты). Долговременные наблюдения на гидрологических точках позволяют оценивать сколько и каких загрязнений поступает в речную сеть и выносятся ею за пределы контролируемой зоны.

Анализ данных о расположенных в бассейнах фоновых точках и гидрологических точках совместно с материалами гидропостов, метеостанции и ландшафтных карт дает возможность оценить соотношение поступления и выхода радионуклидов в бассейнах с различной ландшафтной структурой, в разных погодных условиях и т.д. Это уже имеет отношение к решению прогнозных задач.

Материалы, полученные на фоновых и гидрологических точках, позволяют рассматривать бассейн как "черный ящик" с контролируемым входом и выходом. Распределение загрязнений внутри системы отслеживается двумя другими типами мониторинговых точек.

Точки локального контроля радионуклидов (ТЛК) необходимы для контроля за теми участками ландшафта зоны влияния АЭС, в которых и в процессе нормальной работы станции в результате активности процессов вторичного распределения возможно значительное накопление радиоактивных продуктов. Постоянные наблюдения на них дадут возможность держать в поле зрения наиболее опасные ландшафтные позиции и, в случае достижения в них больших концентраций радионуклидов или даже увеличения скорости накопления, принять необходимые инженерные меры для ослабления негативных тенденций.

Число и расположение ТЛК зависит от конкретных ландшафтно-морфологических и геохимических характеристик территории и всегда сугубо индивидуально. Наблюдения на ТЛК заключаются в отборе проб почвы, растительности или донных отложений для анализа содержания в них радионуклидов. Работы целесообразно проводить по крайней мере один раз в год - после периода весеннего снеготаяния, после любых других случаев аномально активного водного переноса. На все ТЛК должны быть подробные ландшафтные карты бассейнов, которые необходимы для принятия решений в опасных ситуациях.

Точки мониторинговой площади (ТМП) зоны АЭС предназначены для контроля вторичного распределения радионуклидов в различ-

ных ландшафтно-геохимических сопряжениях, имеющих в зоне воздействия АЭС, и контроля поступления радионуклидов в трофические цепи, замыкающиеся на человека.

Для этой цели выбирается мониторинговая площадь (полигон), точнее мониторинговый бассейн с замыкающим створом, который по своим природным и хозяйственным характеристикам наиболее типичен для всей зоны АЭС. Это мониторинговая площадь должна иметь все основные типы ландшафтно-геохимических сопряжений, существующих в районе АЭС, быть достаточно репрезентативной для оценки основных природных процессов - стока, инфильтрации, снегонакопления, ветрового переноса и т.д.; нести типичную для данного региона хозяйственную нагрузку с характерным для всей территории распределением ее по ландшафтными выделам: располагаться недалеко от АЭС (в радиусе около 10 км) и сопрягаться с сетью точек типа ФТ, ГТ, ТЛК.

Выбор полигонов основывается на ландшафтном анализе зоны влияния АЭС. На этом полигоне на разных геохимических сопряжениях с учетом структуры землепользования закладываются трансекты мониторинговых точек для отбора проб почв и растительности.

Данные, полученные на трансектах позволят: контролировать интенсивность вторичного распределения радионуклидов в наиболее характерных для данной зоны ландшафтно-геохимических сопряжениях и накоплений радиоактивных загрязнений на ландшафтно-геохимических барьерах разных типов; вести наблюдения за попаданием радионуклидов в разнообразные трофические (антропогенные) цепи и сельскохозяйственные продукты в типичных для данной зоны ландшафтных условиях.

Сроки и объем наблюдений на мониторинговых точках устанавливаются в зависимости от зональных условий функционирования геосистем, при этом прежде всего учитываются: а) зимнего периода перераспределения веществ латеральными воздушно-метельными потоками; б) весеннего периода латерального и радиального перераспределения посредством водных потоков талых вод; в) летнего периода биогенной миграции в системе "почва-растение" и далее по трофическим цепям, со слабой активностью водных потоков (за исключением аномальных ситуаций).

Отбор проб на мониторинговых точках целесообразно проводить в определенные периоды в зависимости от задачи наблюдений. В прилагаемой ниже таблице предлагаются сроки взятия образцов в различных типах мониторинговых точек зоны влияния АЭС. Периодичность отбора проб определяется во многом техниче-

скими возможностями их анализа, но при этом, по-видимому, она не должна быть менее 3-5-ти кратной.

Сроки отбора проб на мониторинговых точках разных типов в зоне влияния АЭС

х) - при отсутствии аномальных ситуаций,

хх) - по "программе-максимум"

типы мониторинговых точек	какие образцы отбираются	что анализируется	периодичность	срок отбора проб
ФТ	почва+подстилка (0-5 см), почвы 0-5 см, 5-10 см, 10-15 см	содержание различных радиоактивных элементов	1 раз в год	осенью
ГТ	вода, твердый сток	др. нерадиоактив. загр.	1-2 раза в год	в половодье в межень хх
ТЛК	почвы, донные отложения	поэлементный анализ РН хх) или суммарная радиоактив.	1 раз в год	осенью
ТМП	почвы, растительность	поэлементный анализ РН	1 раз в несколько лет	в период максимума вегетации

Объем мониторинговых работ в зоне АЭС, проводимых по этой схеме, может изменяться. Так, если количество почвенных проб, взятых в течение одного года на точках типа ФТ, по "программе-максимум" (по 5 проб в 3-х горизонтах), то по "программе-минимум" (по 3 пробы только в верхнем активном горизонте), объем проб на объектах типа ГТ может быть уменьшен до 30%.

Один раз в несколько лет должен проводиться более подробный анализ территории по "максимальной" схеме, используя полученные данные уже не столько оперативного контроля, сколько для уточнения фактических и расчетных оценок.

Отметим, что здесь предложена предварительная принципиальная схема радиомониторинга зоны влияния АЭС, которая, несомненно, нуждается в улучшении и конкретизации. В то же время

изложенные подходы к ландшафтному обоснованию системы мониторинга были предложены Курекой (ИГ АН России) и Смоленской АЭС (КГУ). Учитывая, что в 30-ти километровой зоне влияния Чернобыльской АЭС уже несколько лет ведутся радиомониторинговые работы, возникла необходимость, с нашей точки зрения, их перевода на ландшафтную основу. С этой целью в 1991 г. по заданию отдела радиомониторинга нами начато составление ландшафтной карты масштаба 1:25000. В будущем предполагается создание ландшафтно-геохимической и бассейновой карты того же масштаба. После инвентаризации геосистем 30-ти километровой зоны влияния ЧАЭС будет выполнена паспортизация всех мониторинговых точек.

Л и т е р а т у р а . 1. Еадяев В. В., Егоров К. А., Иванов К. А. и др. Динамическая модель накопления трития на АЭС с реакторами РБМК и обмена его с окружающей средой // Рад. безопасность и защита АЭС. - М.: Энергоиздат, 1982. - Вып. 7. - с. 164. 2. Велов А. П., Кренявичус Р. И. и др. Прогноз распределения газообразных радионуклидов в окрестностях АЭС. - М., 1984. 3. Воронцов В. А. и др. Экспериментальные исследования смыва радионуклидов, рывавших на почву в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции // Метеорология и гидрология. - 1988. - № 11. - с. 43-53. 4. Ворончук М. М. К созданию автоматизированных систем комплексного мониторинга природной среды в районах расположения АЭС. - М., 1983. 5. Длинман Ф. Л., Кац В. И., Соколов А. М. Об автоматизации информационного обеспечения задач фоновой мониторинга окружающей среды // Труды Ин-та прикл. геофизики Гос. ком. СССР по гидрометеор. и контролю природной среды. - 1983. - № 52. - с. 41-44. 6. Егоров К. А. Контроль радиационной обстановки в окружающей АЭС среде, управление радиационным состоянием системы "АЭС-СС" // Рад. безопасность и защита АЭС. - 1987. - № 12. - с. 75-80. 7. Еременко И. С., Жернов В. С., Еременко В. А. и др. Гибридный мониторинг радиационной обстановки - перспективный подход к оперативному контролю и прогнозированию радиационного загрязнения среды обитания и обрессами АЭС // Атомная энергия. - 1986. - № 3. - с. 870-872. 8. Зарка В. Т., Соболев И. А. Автоматизация задач системы радиационного контроля окружающей среды // Гидрометеоизд. - 1986. - № 5. - с. 75-76. 9. Изюмов Л. А., Козин Л. Л., Гейстер С. И. Об оптимизации радиационного контроля в районе АЭС // Атомная энергия. - 1973. - т. 41. - Вып. 1. - с. 1-2. 10. Зенчук В. Л. И др. Рациональная

технология мониторинга в районах АЭС // Атомная электр. ст. - 1983. - № 5. - с. 202-209. 11. Проблемы методологии системного исследования. - М.: Мысль, 1970. - 455 с. 12. Ровинский Ф. Я., Бурцева Л. В. Методы мониторинга фоновой загрязненности. - М., 1987. 13. Садовский В. Н. Принцип системности, системный подход и общая теория систем // Системные исследования. - М.: Наука, 1973. - с. 7-25. 14. Системные исследования. - М.: Наука, 1971. - 279 с. 15. Скрябин А. М., Погодин Р. И., Старцев Н. В. Основные пути совершенствования радиационного контроля в районах размещения АЭС // Радиозкологические исследования в зоне АЭС. - Свердловск, 1988. - с. 27-30. 16. Солнцев В. Н. Системная организация ландшафтов. Проблемы методологии и теории. - М.: Мысль, 1981. - 239 с. 17. Сочава В. Е. Введение в учение о геосистемах. - Новосибирск: Наука, 1978. - 318 с. 18. Rabiej S. O pewnym modelu systemu kontroli skazen promieniotworezych. // Post. cybern. - 1987. - 10 - № 1 - p. 77-83.