

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В СИСТЕМЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Швебс Г. И., доктор географических наук,  
Лисецкий Ф. Н., доктор географических наук.

В системе современного природопользования важным элементом становится комплексный мониторинг, т. е. система наблюдений и слежения за состоянием природных, природно-хозяйственных и хозяйственных систем с целью анализа и оценки происходящих изменений, их прогноза и выработки рекомендаций для целей управления. При этом важна изначальная ориентация не только на природоохранную (3), но и на природопользовательскую деятельность, для чего необходима оценка состояния природно-хозяйственных территориальных систем (5).

Экологический мониторинг строится по трем основным уровням: общегосударственному (национальному), согласованному с возможностями интеграции и глобальную систему слежения, региональному и локальному. Помимо этого мониторинг охватывает и различные объекты: природные среды, источники антропогенного воздействия, качество жизни населения, природно-хозяйственные региональные системы. Типы, виды и объекты приложения мониторинга представлены в таблице 1.

В агроландшафтах и в сопряженных с ними территориальных системах проблемы экологического слежения стоят очень остро. Признается, что до 3/5 общего загрязнения окружающей среды обусловлено сельским хозяйством. Если в 1988 году в мире применяли 140,4 млн. т минеральных удобрений, то к 2000 году этот объем возрастет в 2,5 раза (4). Производство и применение пестицидов достигает двух миллионов тонн, а ежегодный их прирост — от 2 до 16% в отдельных странах мира (1).

Всестороннее обоснование агроэкологической надежности сельскохозяйственного производства возможно только при правильно организованном агроэкологическом мониторинге (АЭМ). Он существенно отличается от компонентно-экологического типа мониторингов (почвы, воды, атмосферного воздуха и т. п.) и общего экологического мониторинга. Отличие от первого в интегративном подходе, системном объединении компонентных мониторингов, а от общего — более

Таблица 1

## Типизация мониторингов

№№ п. п.	Тип и виды мониторинга	Область (объект) приложения
1	Компонентно-экологический	Геологической среды, воздуха, почв, поверхностных и подземных вод, озона, атмосферного электричества, магнитного поля, отдельных видов ресурсов, орнитологический, энтомологический мониторинги и др.
2	Комплексно-экологический	Водохозяйственный (водохранилищ, оросительных систем и др.), радиологический, городских территорий и др.
	2.1. Тематический вид	
	2.2. Ведомственный вид	Агроэкологический, лесохозяйственный, морей, недр и др.
3	Фоновый (ландшафтно-экологический)	Заповедных (в первую очередь биосферных) и других охраняемых территорий
4	Геоэкологический (геосферно-экологический)	Единая система экологического мониторинга
5	Социально-экологический	Мониторинг взаимодействия природы и общества

четким формулированием объекта, предмета, цели и методов исследования.

АЭМ — это информационно-управленческая система оценки состояния природно-хозяйственной среды сельскохозяйственного назначения, нормирования, прогнозирования и разработки управленческих решений для АПК. АЭМ опирается на распределенную в пространстве и времени систему сопряженных комплексных наблюдений.

Цель АЭМ заключается в повышении продуктивности агроценозов; в текущей оценке и контроле состояния агроэкосистем, выявлении экологических ниш и объектов, наиболее подверженных воздействию токсичных веществ; в оптимизации системы мелиораций, включая применение удобрений, агрохимикатов и в целом технологий выращивания и переработки сельскохозяйственной продукции; в прогнозировании влияния технологий, мелиораций, загрязнений на

здоровье людей, состояние окружающей среды и оценке эколого-экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

С помощью системного анализа и моделирования, специализированной геоинформационной системы (ГИС), а также других приемов АЭМ используется в разработке рекомендаций по повышению продуктивности агроценозов, устранению неблагоприятных последствий сельскохозяйственной деятельности и поиске перспективных направлений ее развития, то есть решению проблем управления, в том числе управления экологической надежностью технологических процессов от предпосевной обработки почвы до производства пищевых продуктов.

АЭМ, как часть системы экологического мониторинга, естественно, должен интегрироваться в него. Однако следует иметь в виду, что при реализации АЭМ присутствуют ведомственные интересы, связанные с увеличением количества и качества сельскохозяйственной продукции, сохранением окружающей среды и качества жизни людей в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства. При этом информационная база АЭМ должна обеспечить сохранение коммерческих тайн как отдельного фермера и различного рода объединений сельскохозяйственного профиля, так и страны в целом.

Формирование сети АЭМ осуществляется в соответствии с разработанными ранее (2) типами агроландшафтной структуризации территории и соответствующей системой таксономических единиц. Анализ информации и контроль за агроэкологической обстановкой осуществляют по **принципу экологических координат**: в расчетах и построениях используют средние значения параметров для агроландшафтов или их элементов, рассчитанных с учетом весовых коэффициентов их структурных элементов.

На первом этапе осуществляют агроландшафтное районирование. Расчленение территории на морфологические элементы проводится на основе данных о геологическом строении, рельефе, почвах, гидрологических и всех других необходимых в конкретных случаях природных и хозяйственных особенностях.

Основой для районирования является геоморфологическая карта четвертичных отложений, топографическая, почвенная, геоботаническая и другие тематические карты, ма-

терналы агропроизводственного районирования и бонитировки почв, статистические данные. В ходе районирования проводят генерализованное профилирование территории для выделения границ водосборов, направлений возможной миграции токсичных веществ, выделение элементов ландшафта, играющих роль геохимических барьеров.

Анализируя профили в совокупности с результатами последовательного совмещения карт, выделяют районы — части территорий, в пределах которых достаточно однородны агроландшафтные, токсико-экологические и другие характеристики. Для агроэкологической характеристики района организуется полигон АЭМ, включающий систему стационаров (опытных или наблюдательных).

При составлении схем агроландшафтного районирования особое значение имеет отражение бассейновых ландшафтных структур, обособление которых связано с общностью пространственных отношений, обусловленных гидрофункциональным (поверхностный сток воды, наносов, растворенных веществ, в том числе поллютантов). Наблюдения, проводимые в замыкающем створе водотоков, позволяют получить наиболее интегральное представление о миграции и аккумуляции агрохимикатов в пределах водосбора.

Обработка системы агроэкологического мониторинга в Южном регионе Украины (Одесская, Николаевская, Херсонская, Запорожская области) проводится с 1993 года (6) на базовом полигоне, включающем водосбор реки Балай (площадь 586 кв. км). Преимущество ландшафтного подхода к организации системы наблюдений на полигоне хорошо иллюстрируют результаты почвенно-экологических исследований. Точки отбора образцов на карте агроландшафтного районирования располагали таким образом, чтобы проследить вещественно-энергетические потоки не только в почвенных катенах, но и в более общих парагенетических агроландшафтных сопряжениях. Оказалось, что в ходе предыдущих туров агрохимического обслуживания территории полигона (по стандартной методике) разброс в обеспеченности почв подвижными формами питательных веществ в границах рабочих участков полей севооборотов составлял до 6—8 раз. Система отбора почвенных образцов, основанная на агроландшафтно-геохимическом принципе, а следует отметить существенное уменьшение агрохимической нагрузки в агроландшафте в последние годы, показала территориальную

изменчивость по азоту нитратов до 15 раз (от 0,4 до 6,2 мг/100 г), по подвижному калию до 22 (от 4,5 до 100 мг/100 г), по подвижному фосфору до 70 раз (от 2,5 до 179 мг/100 г). Сходные результаты получены по пестицидам и тяжелым металлам. Это, естественно, дало более выразительную картину агрогеохимических закономерностей и повысило объективность оценки экологического состояния полевенного покрова.

Агроэкологический район разбивают на части, отличающиеся какой-либо агроландшафтной особенностью и меньшим, чем для района, перепадом (градиентом) наиболее важных агроэкологических параметров. Для изучения процессов миграции элементов питания растений и токсикантов на опорных профилях, проходящих через геохимически сопряженные ландшафты, располагают ключи. В каждом ключе закладывают разрезы с целью изучения миграции токсикантов по вертикальному профилю и отбирают образцы биологических объектов из разных горизонтов, представляющих разные трофические уровни.

Следующим после районирования этапом является формирование сети наблюдений: выбор хозяйств или создание сети отбора проб. Основные задачи этого этапа сводятся к сокращению объема измерений и обеспечению представительности результатов наблюдений на всей контролируемой территории. Организация объема измерений достигается путем группировки отдельных проб в средние с использованием средневзвешенных значений параметров, отражающих неоднородность экологических условий и распределения токсикантов.

В сельском хозяйстве и областях знаний, которые обеспечивают его деятельность (агрометеорология, почвоведение, агробиология, агрохимия и др.) накоплен большой объем информации; использование которого для агроэкологии затруднено из-за ее неупорядоченности и отсутствия адаптации к прикладным задачам. Естественно, система информационного обеспечения научно-производственной деятельности в сельском хозяйстве будет опираться на уже имеющиеся и создаваемые информационные службы (ведомственные, отраслевые и др.) Структуризация информации в системе АЭМ должна отражать иерархическую организацию, взаимодополняемость, преемственность уровней, а также специфику производства, ее органическую взаимосвязь с природными условиями того или иного региона (табл. 2).

Таблица 2

## Структурная схема информационного обеспечения АЭМ

Структурный уровень информации	Организационный уровень источника (объекта) информации АЭМ	Компоненты и их сочетания
1. Комплексно-агроландшафтный (АЛ)		
1.1. Отдельные компоненты АЛ	Точка (ключ), профиль	Почва, вода, с.-х. растения и животные
1.2. Сопряженные компоненты АЛ	Стационар	Почва + с.-х. растения (или животные, вода). Другие комбинации
1.3. Бассейново-сопряженные компоненты АЛ (агроландшафтно-бассейновая система)	Полигон (на основании АЛ-бассейновой системы)	Сочетание основных компонентов агроландшафта и естественного ландшафта в пределах полигона
2. Интегрально-агроландшафтный	Полигон. Репрезентативное (типичное хозяйство). АЛ (административный) район.	То же — биоиндикация (в том числе биоиндикация по молоку, питьевой воде, меду, мясу, рыбе и др.)
3. Системно-агроэкологический	Информационная база научно-методического регионального центра на основе ГИС-технологии	Основные составляющие компонентов пространственно распределенных трофических цепей и агроландшафтного функционирования

Для обеспечения агроэкологической надежности сельскохозяйственного производства разработанные концепции информационного обслуживания научно-производственной деятельности должны быть не просто дополнены необходимой информацией. Их необходимо принципиально переориентировать на использование программ геоинформационных систем — наиболее современных компьютерных технологий хранения, анализа и обработки территориально распределенной информации.

Современные ГИС позволяют совместить банк данных, информационно-технологическое моделирование и экспертную систему, представляя таким образом весь процесс сельскохозяйственной деятельности в виде единой пространственно-временной модели.

Информационное обеспечение АЭМ подразделяется на фоновую (базовую) и оперативную составляющие. Фоновая информация предназначена для общей характеристики и выявления региональных различий, сложившегося сельскохозяйственного производства и агроландшафтных систем. Оперативная информация — информация, получаемая на основе собственно объектов АЭМ, а также наблюдений за природными компонентами и явлениями в сети АЭМ. Важной составляющей оперативной информации АЭМ являются статистические данные о деятельности сельскохозяйственного производства и обслуживающей ее промышленности.

В зависимости от особенностей оперативной информации, ее получения и назначения можно выделить три ее основных структурных уровня: комплексную, интегральную и системную.

**Комплексно-агроландшафтная информация** раскрывает динамику ландшафтных (агроландшафтных) компонентов или их сочетаний. Такая информация формируется по наблюдениям в отдельных точках или при осуществлении компонентного мониторинга. На стационарах АЭМ формируется информация о взаимодействии компонентов. Навысший уровень комплексной агроландшафтной информации может быть получен в условиях полигонно-бассейнового сопряжения компонентов АЛ. При этом имеется возможность решать балансовые задачи, рассматривать проблемы миграции природных компонентов и ингредиентов искусственного происхождения. На основе комплексной агроландшафтной информации дается первичная оценка агроэкологической информации.

**Интегрально-агроландшафтный структурный уровень информации** отличается применением биоиндикационных (в том числе экотоксикологических, генетикотоксикологических и др.) методов анализа по трофическим цепям или обобщенных показателей экологического состояния агроландшафта. На основе интегральной информации дается полная оценка агроэкологической ситуации и разрабатываются рекомендации.

**Системно-агроэкологический уровень** лишь опосредованно связан с предыдущими через исходную информацию. На этом уровне путем моделирования и прогнозирования формируется расчетная информация, объединяемая общим алгоритмом социально-агроэкологического функционирования.

Методологические основы данного уровня информационного обеспечения базируются на теории ГИС-технологии со специальными агроэкологическими модулями. Системная агроэкологическая информация обеспечивает оценку ситуации, рекомендации по корректировке сельскохозяйственной политики региона и государства в целом. Таким образом, последний уровень придает научно-методическую законченность АЭМ, как информационной системе, позволяет выделить изменения агроэкосистем и состояния сельскохозяйственного производства с позиций социальной агроэкологии и экологии человека.

#### Литература

1. Башкин В. Н. Агрохимическая нагрузка на ландшафты // Природа. 1989. № 2. С. 28—34.
2. Каштанов А. Н., Лисецкий Ф. Н., Швец Г. И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. М.: Колос, 1994. — 127 с.
3. Кимстач В. А., Фридман Ш. Д., Дмитриев Е. С. и др. Концепция системы экологического мониторинга России // Метеорология и гидрология. 1992. № 10. С. 5—8.
4. Сычев В. Г. Система охраны окружающей среды в США // Химизация сельского хозяйства. 1992. № 3. С. 101—105.
5. Швец Г. И. Концепция комплексного мониторинга окружающей среды // Известия РГО. 1993. Т. 125. Вып. 6. С. 14—21.
6. Швец Г. И., Лисецкий Ф. Н., Светличный А. А. и др. Научно-методическое обеспечение регионального агроэкологического мониторинга (на примере Южного региона Украины) // Тези доповідей IV з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків України. Харків, 1994, С. 17—19.