

Плотницкий С.В.

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕЙ НАБЛЮДЕНИЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Практически все развитые страны уже приступили к созданию своих государственных систем экологического мониторинга. В сферу этого вида деятельности должно входить не только состояние окружающей природной среды, но ресурсы, технологии и окружающая (не только природная) среда в целом, т.е. в предмет исследований войдет взаимодействие природы и общества. Одна из тематических разновидностей такого комплексного социально-экологического мониторинга-агроэкологический мониторинг, была разработана коллективом ученых Одесского национального университета под руководством Г.И. Швевса.

Агроэкологический мониторинг (АЭМ) – это информационно-управленческая система, опирающаяся на базовые наблюдения общегосударственной системы экологического мониторинга и специальные агроэкологические наблюдения за факторами воздействия и состоянием агроландшафта и сельскохозяйственной продукции. АЭМ направлен на определение и оценку существующего уровня загрязнения, а также экологическое нормирование и прогнозирование состояния сельскохозяйственных угодий и территорий, подвергающихся воздействию сельскохозяйственных технологий с целью разработки управленческих рекомендаций. Он базируется на представлении о природе как среде, компоненты которой (в первую очередь, почва) являются ресурсом, а технологии – неотъемлемыми элементами тех новых природно-хозяйственных систем, которые образовались на месте прежних природных ландшафтов. Наконец, АЭМ сразу рассматривается как система, включающая социальную составляющую, в том числе и население [1,2].

Общая схема использования ГИС-технологии в агроэкологических исследованиях базируется на предложенной Г.И. Швевсом концепции раздельного отражения объекта моделирования (собственно агроландшафта) и окружающей среды, в которой этот объект функционирует. Здесь могут использоваться самые разнообразные источники исходной информации: топографические и тематические карты, спектрально-аэро- и космоснимки, статистические материалы, лабораторные анализы, архивные литературные материалы и т.д. Поиск и интеграция в единую систему таких материалов даже для сравнительно небольшой территории без использования геоинформационных технологий весьма затруднительны, а с учетом все возрастающих требований к оперативности – практически невозможны.

Важнейшим элементом любой системы мониторинга являются наблюдения, организация которых требует выполнения ряда требований. К числу основных относятся репрезентативность объектов и точек наблюдения, оценить которую можно только на основе предварительного исследования территории, проведения ландшафтной дифференциации и районирования. Именно ландшафтное районирование служит теоретической основой выбора пунктов наблюдения, а в дальнейшем интерполяции и экстраполяции полученных в процессе мониторинга оценок и прогнозов. Развертывание системы наблюдений АЭМ происходит на пространственной основе сформировавшихся агроландшафтных систем.

При организации сети наблюдений, основываясь на материалах агроландшафтного районирования, организуется полигон АЭМ, включающий систему экспериментальных и наблюдательных стационаров. В ходе районирования проводится выделение границ водосборных территорий для определения направленной возможной миграции токсических веществ, выделяются элементы ландшафта, играющие роль геохимических барьеров. В качестве полигона предпочтительно выбирать замкнутый водосбор малой реки (300 – 1000 км²), по возможности включающий метеостанцию и сортоиспытательную станцию. В устьевом створе малой реки желательна организация водомерного поста.

Общая программа наблюдений АЭМ включает сбор материалов и организацию исследований для характеристики фоновой агроэкологической ситуации и наблюдения за динамическими изменениями агроландшафта, отдельных компонентов природной среды, качества сельскохозяйственной продукции, оценки здоровья населения в связи с сельскохозяйственным и другими видами деятельности. В первую очередь организуются стационарные пункты наблюдений за характеристиками почвенного покрова, поверхностных вод и растительной биомассы сельскохозяйственных культур.

Конкретное местоположение стационарных пунктов отбора проб определяется при анализе агроландшафтной карты полигона АЭМ и уточняется рекогносцировкой на местности. В первую очередь такие пункты располагаются на наиболее ценных для сельскохозяйственного производства типах агроландшафтов, на охраняемых территориях (заказниках, водоохраных зонах), в пределах сортоиспытательных участков. При заложении стационара необходимо учитывать его положение относительно линий поверхностного тока, лесополос, линий электропередач, гидротехнических сооружений, путей прогона скота и т.д. Территория стационара должна быть юридически защищена от случайных хозяйственных влияний (например, застройки) и соответственно отмечена на кадастровом плане. Немаловажным фактором является и транспортная доступность стационара.

В идеальном случае схема пространственной привязки пунктов пробоотбора и экстраполяции данных выглядит следующим образом: в пределах границ полигона АЭМ представлено большинство характерных для изучаемого региона типов агроландшафтов; в границах полигона на одном из выделов каждого типа агроландшафта организуется стационар АЭМ; данные наблюдений агроландшафта на стационаре полностью репрезентативны для всех однотипных выделов на остальной части полигона; все однотипные агро-

ландшафты полигона одинаково и одновременно реагируют на одинаковые внешние воздействия.

В условиях ограниченных бюджетных ресурсов нет возможности охватить регулярными наблюдениями все типы агроландшафтов даже на небольшом по территории и ландшафтной дифференциации полигоне. В первую очередь стационары с полной программой наблюдений организуются на наиболее ценных и наиболее распространенных для данного региона типах агроландшафтов. На остальных типах агроландшафтов могут проводиться эпизодические наблюдения или наблюдения по неполной программе. Возникает необходимость оптимального размещения ограниченного количества стационаров в пределах территории полигона для покрытия наблюдениями максимальной площади, а также для обеспечения данными различных тематических программ (например, баланса элементов питания, эрозии, миграции радионуклидов в почве и растительной массе и т.д.). Такая оптимизация может быть выполнена средствами инструментальных пакетов ГИС.

Кроме того, по мере удаления от стационара к внешним границам агроландшафтного выдела и границам полигона, снижается репрезентативность полученных для этого типа агроландшафтов данных. В связи с этим возникает необходимость проведения выборочных контрольных проверок репрезентативности стационаров для удаленных выделов. В случае несоответствия выдел переориентируется на другой стационар, а в некоторых случаях даже на другой ближайший полигон.

В качестве экспериментального участка использовался полигон АЭМ «Балай» (бассейн р. Балай, правый приток Тилигульского лимана, площадь 561 км²), на территории которого в 1993 г. было размещено 100 стационаров почвенного мониторинга (здесь же производится и мониторинг растительной биомассы). Обоснование привязки стационаров выполнялось на основе ландшафтной карты, учитывающей морфогенетические формы рельефа и основные генетические виды почв, построенной по методике ручного рисования [3]. При определении местоположения учитывались равномерность распределения стационаров по площади полигона и участие стационаров в построении склонового или вдольруслового профиля. В ходе дальнейших исследований средствами ГИС ArcView, MapINFO, IDRISI и PCRaster была построена картографическая база данных полигона, которая была использована при анализе репрезентативности сети наблюдений почвенного мониторинга.

При создании базы данных были использованы следующие материалы: цифровая модель рельефа на основе крупномасштабной топокарты, карты почвенных агрогруппировок, карты внутрихозяйственного землепользования. На основе ЦМР были построены картографические слои уклонов и экспозиций, линий поверхностного тока, выделены водосборы различного порядка. Методом оверлейного сложения компонентных слоев (8 исходных компонентов: морфогенетические формы рельефа, парагенетические полосы, уклоны рельефа, экспозиции, мехсостав почвы, генетические типы и подтипы почв, типы землепользования, зоны влияния лесополос) были скомпонованы элементарные агроландшафтные выделы с автоматической генерацией позиционного кода-классификатора [4,5,6]. Местоположение стационаров анализировалось совместно с новой сеткой выделов (рис. 1).

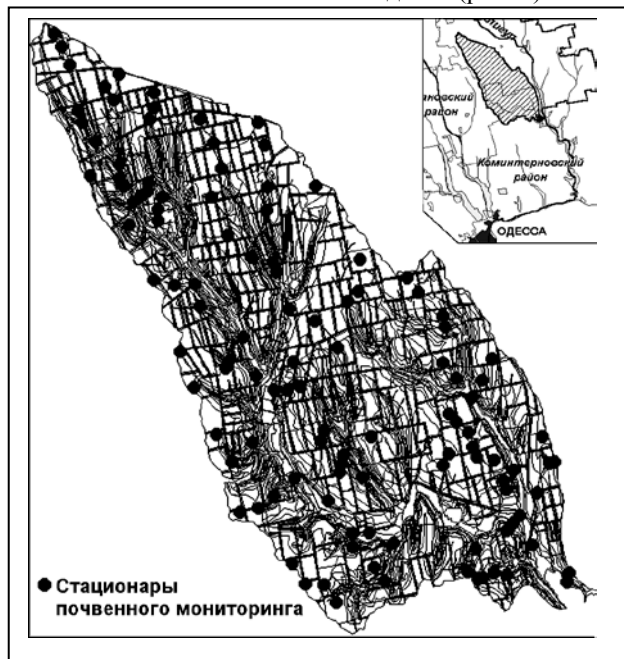


Рис. 1 Схема размещения стационаров на полигоне АЭМ "Балай"

Статистический анализ картографической базы данных показал, что стационары расположены на 69 типах агроландшафтных выделов из 2488 типов; суммарная площадь охваченных наблюдениями типов выделов – 54.3% от площади полигона; суммарная площадь выделов одного типа составляет от 5841 до 6 га; количество стационаров, приходящихся на выделы одного типа – от 1 до 10; в среднем, на один стационар внутри однотипных выделов приходится от 1075 до 6 га; в среднем, по всем наблюдаемым выделам – по 158 га на один стационар. 14 стационаров размещены в пределах малоценных для сельскохозяйственного или природоохранного использования выделов с суммарной площадью менее 150 га; группа выделов площадью более 1000 га осталась вне сети наблюдений. Даже механический перенос 14 стационаров с нижних выделов – «аутсайдеров» на территорию высокорейтинговых «запасных» позволит повысить охват полигона наблюдениями до 70.4%.

Не менее актуальной является задача размещения стационаров на территории полигона или

внутри мозаики однотипных агроландшафтных выделов. Равномерность и репрезентативность размещения стационаров может быть оценена различными методами пространственного анализа, имеющимися в составе инструментальных средств различных ГИС-пакетов. Наиболее быстрым, хотя и относительно грубым способом для территории поли-

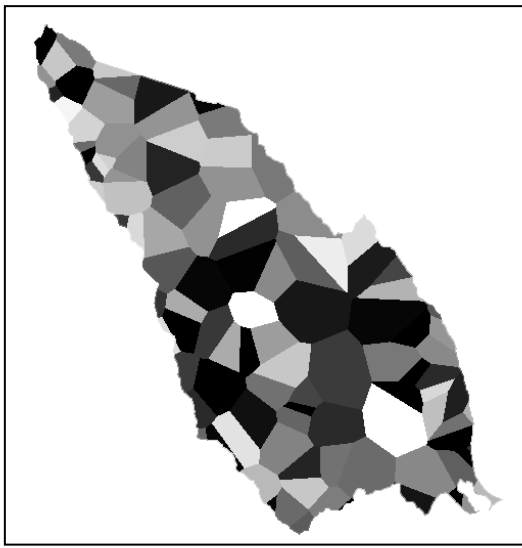


Рис. 2 Пространственный анализ размещения стационаров с использованием полигонов Тиссена-Вороного

убывает от стационара к внешним границам равномерно (хотя в ходе контрольных наблюдений может быть выяснено, что репрезентативность может убывать по какой-либо другой зависимости). Полученное на основе дистанционного коэффициента поле относительной репрезентативности обрабатывается функциями пространственной статистики. В зависимости от конфигурации мозаики анализируемой выборки агроландшафтных выделов и размещения стационаров внутри мозаики средняя репрезентативность составляла от 0.32 до 0.68, средняя относительная репрезентативность для всех охваченных наблюдениями выделов – 0.45 (рис. 3). Изменяя местоположение стационаров, проектировщик может судить о повышении репрезентативности на основе количественных критериев.

Кроме наблюдений за локальными изменениями структуры и компонентов агроландшафтов, необходимо отслеживать и взаимовлияние соседних выделов вдоль линий поверхностного тока. Многие пространственно-аналитические ГИС позволяют строить по ЦМР карты линий поверхностного тока, рассчитывать количественные значения транспорта дождевого поверхностного и руслового стока, а также переносимых с ним растворенных веществ и твердых наносов. Можно проверить не только вложенность водосборов стационаров вдоль линии контролируемого профиля, но и разместить стационары в точках с заранее заданным значением транзита.

В ходе проведенных исследований было построено несколько вариантов размещения 100 стационаров на территории полигона. При конструкции сети из расчета 1 стационар на один тип агроландшафтных выделов из первых 100 позиций рейтинговой таблицы (суммарная площадь выделов + сельскохозяйственный или природоохранный балл) статистическая репрезентативность составит 76.8%; при размещении стационара в геометрических центрах мозаик однотипных выделов суммарная относительная репрезентативность по дистанционному коэффициенту составит 0.38 без учета положения относительно линий тока. При добавлении по 2-3 стационара на 10 наиболее значительных по площади выделов относительная репрезентативность может быть повышена до 0.49. Рассматривались так же варианты размещения стационаров строго по тальвегам 1, 2 и 3 порядков и по склоновым профилям, без учета или с учетом статистической и дистанционной репрезентативности.

Таким образом, в зависимости от программы наблюдений и лимита на количество стационаров можно подобрать ту или иную оптимальную пространственную конструкцию сети наблюдений. Использование ГИС-технологий в этой области ландшафтно-территориального анализа позволит значительно повысить эффективность каждого стационара как по пространственному охвату, так и по возможности проведения большего количества различных видов наблюдений.

Литература:

гона в целом является построение вокруг стационаров полигонов Тиссена-Вороного (рис. 2). В пределах полигона «Балай» размер зон тяготения стационаров варьирует от 1518 га до 2 га, средний размер зоны – 482 га. При повышении равномерности размещения стационаров разброс площадей зон тяготения будет уменьшаться. Другим способом количественной оценки равномерности распределения стационаров внутри однотипных выделов может служить определение дистанционного коэффициента ослабления относительной репрезентативности по мере удаления от точки наблюдения.

Для выполнения этого вида оценки необходимо предварительно произвести выборку всех однотипных контуров и соответствующих им стационаров, для стационаров строится поле равноудаленных дистанций. Принимается, что репрезентативность максимальна на стационаре (1) и минимальна на самой удаленной границе самого удаленного выдела (0). Допускается, что репрезентативность

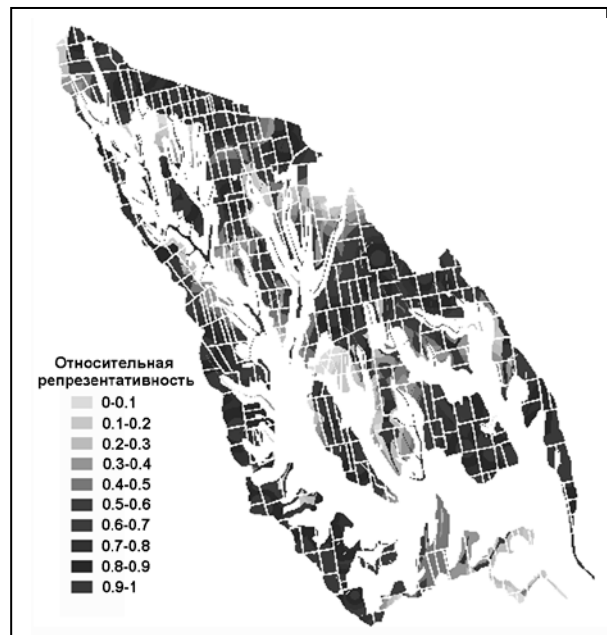


Рис. 3 Оценка относительной репрезентативности на основе дистанционного коэффициента (для выборки выделов, охваченных наблюдениями)

1. Швебс Г.И. Концепция комплексного мониторинга окружающей среды // Известия РГО. 1993. - Т.125. - Вып.6. - С. 14-21; Пристер Б.С., Швебс Г.И., Медведев В.В. Агроэкологический мониторинг как методологическая основа оптимизации земледелия // Материали IV з'їзду ґрунтознавцїв і агрохіміків України. УААН. - Харків, 1994. - С. 56-61.
2. Пилипенко Г.П. Агрландшафтне середньомасштабне районування території // Агроєкологія і біотехнологія. - К.: Аграрна наука, 1996 - С. 12-19.
3. Плотницький С.В. ГІС в системі моніторингу агрландшафтїв: проблеми та перспективи. В зб. Ландшафт як інтегруюча концепція ХХІ сторіччя. - К. 1999. - С.336-338.
4. Плотницький С.В. Науково-методологічні та технологічні питання моделювання природно-господарських систем засобами ГІС // Україна та глобальні процеси: географічний вимір.- Т.2. Київ-Луцьк, 2000. - С. 389-391.
5. Плотницький С.В. ГИС как средство изучения и управления природно-хозяйственными комплексами приморских территорий. В сб. Исследование береговой зоны морей. - К. «Карбон Лтд». 2001. - С. 249-256.