

И.Б. Мовчан, А.В. Махорин, А.А. Яковлева

**ПРИМЕНЕНИЕ КОСМОСНИМКОВ
В ГИС-ПРОЕКТАХ ПО ОЦЕНКЕ ТЕХНОГЕННОЙ
НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМУ**

Семинар № 10

Традиционное представление ГИС-системы как многослойной электронной карты информационно исчерпало себя в связи с возросшей актуальностью прогнозных оценок. Их обеспечение высокоточной географической основой, материалами временного и пространственного мониторинга высокого пространственного разрешения связано с разработкой методики качественной и количественной интерпретации структуры космоизображений дневной поверхности Земли.

1. Постановка задачи

ГИС-система традиционно определяется как многослойная картографическая база данных, объединенная в рамках реперных объектов и единой координатной системы. Многослойность ГИС-системы ориентирована на решение двух основных задач: поиск линейных корреляций между разнородными признаками и распознавание образов. Значимым моментом можно назвать отнесение результатов ГИС-проекта к конкретным особенностям дневного рельефа и группам антропогенных объектов. В условиях нарастающей антропогенной нагрузки рельеф дневной поверхности, инженерные сооружения, ландшафт в целом характеризуются выраженной нестационарностью, особенности которой могут быть функционально связаны с особенностями неста-

ционарности разнородных характеристических признаков природно-технической геосистемы. Сложности при их описании обусловлены, во-первых, непредставительностью выборки или наличием значимых пространственных разрывов в ней, во-вторых, неравномерным распределением по площади измерительных пикетов, что приводит к разной достоверности многослойной картографической системы на разных участках оцениваемого полигона. В рамках отмеченной специфики элементов ГИС-систем можно говорить о следующих вариантах применения в их структуре космоснимков (КС):

1. Создание детальной базовой картографической основы с переводом в векторную форму транспортных магистралей, промышленных объектов и населенных пунктов;

2. Цветовое деление космического образа полигона, дающее первичное районирование по степени антропогенного воздействия согласно балльной шкале;

3. Разработка интегральных параметров временной динамики ландшафта при сопоставлении разногодичных космообразов одной и той же территории;

4. Оценка влияния элементов дневного рельефа, нелинейной геометрии водотока, зон застройки на распростра-

нение вредных веществ в сбросах и выбросах.

2. Новизна задачи

ГИС-проект, развиваемый в одной из общепринятых программных оболочек (MapInfo, ER Mapper, ArcInfo, ER Das, IDRISI, ГИС Парк), использует в качестве картографической основы векторную карту, на которую накладываются результаты натурных измерений. Исключение составляют ряд специализированных ГИС-систем (ER Mapper - обработка и систематика геофизических данных, IDRISI и ER-Das - увязка, цветовое деление, филь-трация и дешифрирование космоснимков), где возможно векторную карту накладывать на обработанную космооснову. Большая часть содержа-тельных процедур ограничивается техническим оформлением: взаимная увязка карт, организация легенды и выводного формата, оптимизация информационной нагрузки.

Параметризация пространственной и временной динамики космоснимков, их комплексирование с модельными, в том числе, прогностическими оценками состояния окружающей среды решается за пределами ГИС-систем на основе неинтегрируемых в их оболочку программных продуктов: Эколог,

3. Опыт применения КС в экологических ГИС-проектах

накоплен при работе преимущественно по платформенным районам. В их пределах, как демонстрирует в своей работе И.И. Мазур [1], комбинацией нескольких спектральных каналов, например, 7-го (инфракрасного), 4-го и 2-го, можно добиться информативного цветового деления фотографируемой территории, при котором теплыми тонами чаще всего маркируются участки с повышенной антропогенной нагрузкой. Физически достоверность этого резуль-

тата определяется двумя факторами: участием в цветовом делении инфракрасного канала и принципиальным отличием рисунка фотообраза в окрестности инженерных сооружений и возделываемых земель от рисунка фотообраза естественного или мало измененного ландшафта. Поскольку существует возможность пересчета поля яркости спектрональных КС в поле температур [2] и прямая корреляция теплых тонов в указанном выше районировании с аномалиями яркости в инфракрасных каналах, то возможно допустить маркирование в разной степени антропогенно измененных территорий ИК (инфракрасными) аномалиями различной интенсивности.

Для оценки динамики ландшафта реализовано сопоставление разного-дичных космообразов. Алгоритмическую основу процедуры составил расчет энергетического Фурье-спектра, физически представляющего дифракционный спектр квазипериодических структур в разной степени преобразованного ландшафта. Детерминированное соотношение по простиранию дифракционных гармоник в частотной плоскости и определяющих их структур в плоскости предметной позволяет по Фурье-спектру реконструировать роз-диаграмму доминирующих простираний этих структур. Сопоставление разногодичных роз-диаграмм допускает регистрацию поступательной и ротационной динамики доминирующих форм ландшафта (рис. 1), представленных, главным образом, дневным рельефом, гидросетью, различными формами растительности, возделываемыми землями, транспортными сетями и прочими наземными инженерными сооружениями.

Значимая временная динамика реконструируемых роз-диаграмм физиче-

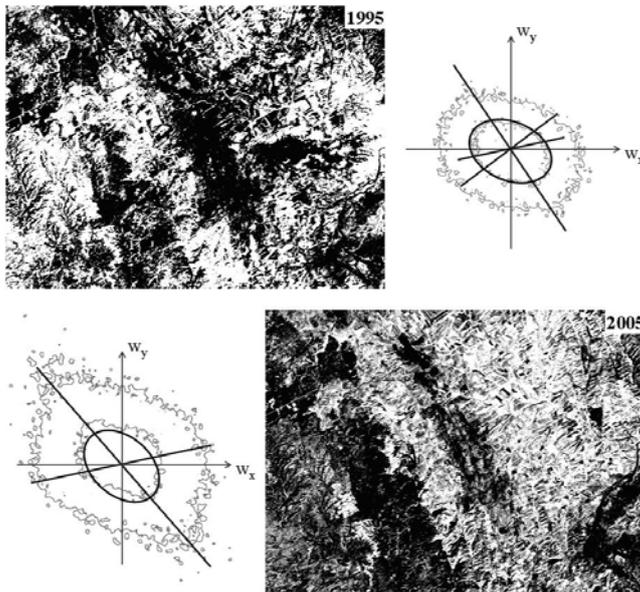


Рис. 1. Пример реконструкции роз-диаграмм по доминирующим простирающим гармоникам энергетического Фурье-спектра, рассчитанного для разновременных космообразов. Наблюдается поворот доминирующего простираения. По отношению к спектру итоговая роз-диаграмма должна быть развернута на 90^0

ски объяснима, во-первых, ростом техногенной нагрузки на земельные и лесные ресурсы, во-вторых, новейшей активизацией геологической трещиноватости, в третьих, эрозионными процессами. Для существенного влияния указанных факторов на космообраз региона необходим оценочный интервал порядка 10 лет, который был реализован в сформированной базе космографических данных по ряду объектов.

Набор интегральных параметров, характеризующих структуру космообраза, может быть дополнен линеаментными представлениями, образом эллипсоида деформации, оценкой площадей земель, вовлеченных в техногенез. Линеамент, проводимый по одноориентированным разнородным формам ландшафта (элементы дневного рельефа, гидросети, смена форм растительности, полутоновые перепады связанные, в том числе, с вещественным составом приповерхностных породных комплексов) маркирует дизъюнктив, часто активизированный в новейшее время (рис. 2).

192

При наличии детерминированных сдвиговых смещений по двум дизъюнктивам, пересекающихся под углом, в большинстве случаев равным 60^0 , можно попытаться восстановить эллипсоид деформации (рис. 3), опускающий реконструкцию нормальных напряжений сжатия-растяжения и качественную оценку процентной доли площадей, затронутых новейшей активизацией.

При определении площадей земель, вовлеченных в антропогенную переработку, эффективными оказались два критерия: кусочно-гладкий (в т.ч. шашечнообразный) рисунок возделываемых территорий, маркированных аномалиями яркости в ИК-каналах, и теплые тона балльной шкалы антропогенной нагрузки. Автоматизированный подсчет числа элементарных кластеров, занятых указанными характеристическими признаками, организуется в пределах заданной административной единицы Российской Федерации (область, округ и т.д.): принятие решений о снижении техногенной нагрузки является не академическим вопросом, а следствием ряда правовых актов. При наличии хотя бы двух разногодичных космообраза такой подсчет позволяет восстановить линейный тренд, качественно демонстрирующий нарастание, стабилизацию или



Рис. 2. Результат автоматизированного линеamentного картирования разрывной тектоники полигона на разных уровнях генерализации, при которой наблюдается закономерное слияние линеamentов в протяженные, вергентные и кольцевые структуры

спад землепользования (рис. 4), что оказывается существенным в условиях явного экологического неблагополучия региона, определяемого иными данными (показатели заболеваемости, степень загрязненности воздуха и водотоков)

Космообраз исследуемого полигона служит основой, на которую с учетом реальных геометрии гидросети и особенностей дневного рельефа наносятся результаты моделирования распространения загрязнений, выполненного по апробированным, в том числе, ГОСТированным методикам. Показателен пример моделирования распространения вредных веществ в

условиях нелинейной геометрии водотока (рис. 5). Базовый алгоритм здесь представлен стандартной методикой расчета разбавления этих веществ, аппроксимирующей эффект разбавления полусуммой концентраций вредного вещества, взятых из соседних ячеек прямоугольной сети, заполняющей латеральное сечение водотока от нулевого до контрольного створа. Основной недостаток такого подхода состоит в рассмотрении лишь прямолинейного участка водотока, без учета рельефа береговой линии и профиля скоростей. Тем не менее, данный алгоритм позволяет

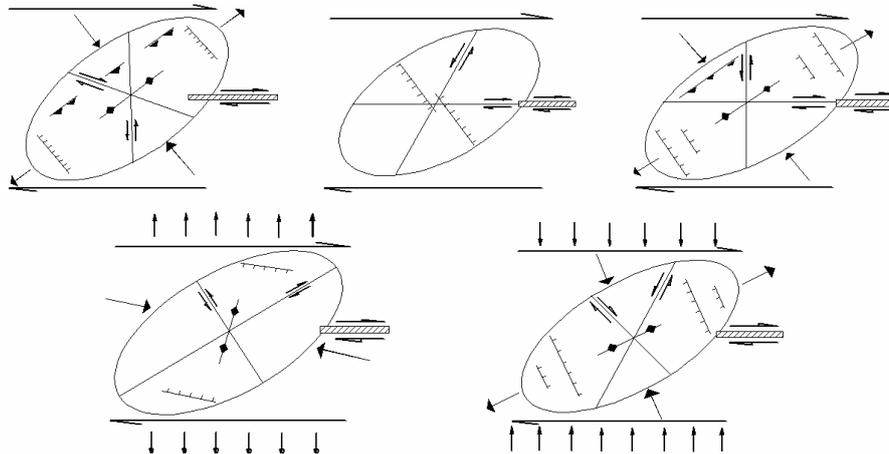


Рис. 3. Базовые модели эллипсоида деформации, допускающие реконструкцию нормального поля напряжений по разломам с детерминированным угловым отношением (в плане) и сдвиговыми смещениями

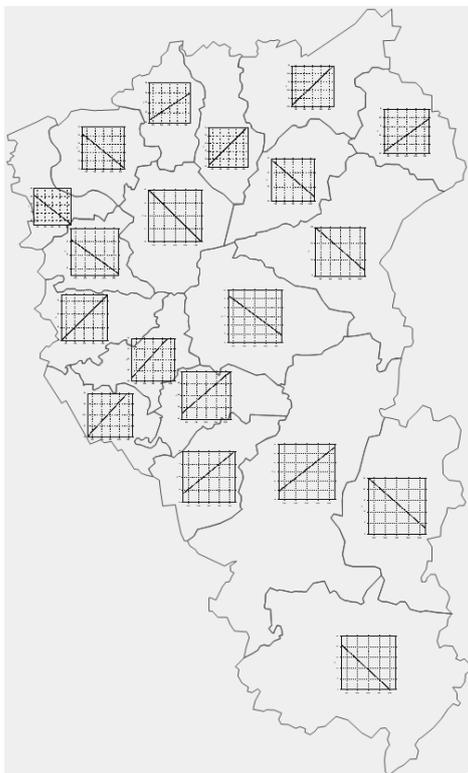


Рис. 4. Пример районирования территории на основании линейного тренда динамики землепользования

сформулировать граничные условия, описывающие закономерность убывания концентрации вредного вещества вдоль береговой линии, к которой принадлежит источник сброса. Полагая значения этих концентраций на противоположном берегу близкими к фоновым и задавая распределение концентраций вдоль линии нулевого створа, задачу дополняем численным решением уравнения диффузии. При этом космический снимок служит основой для переноса истинной геометрии водотока в расчетную модель. Поскольку модель диффузии не учитывает структуры водотока (формирования в нем областей турбулентности и застойных областей), то в этой части алгоритм усовершенствован численным расчетом течения несжимаемой жидкости с учетом сложного рельефа береговых

линий, обтекания препятствий, наличия притоков. В качестве граничных условий здесь задается избыточное давление на различных створах и нулевая скорость течения жидкости в точках береговой линии, а в качестве основных уравнений - уравнение неразрывности и уравнение движения.

Космический снимок на данном этапе позволяет выполнить верификацию значимости выявленных при моделировании застойных участков водотока, где могут накапливаться загрязнения: в результате цветового деления отчетливо выделяется зацветающая водная поверхность, а в ряде случаев - деградация автотрофных экосистем.

4. Выводы и перспективы

Интегрирование в ГИС-проект космического образа полигона как стандартного элемента позволяет не только повысить наглядность проекта, но также ввести ряд формальных процедур и параметров от элементарного цветоделения до линейных представлений и комплексирования с модельными расчетами, позволяющими выполнить достоверную оценку ущерба, наносимого экосистеме техногенным воздействием определенной специализации. Аналитическое развитие допускает на основе Фурье-представлений, линейных, полиномиальных и ряда нелинейных аналитических аппроксимаций осуществление прогноза динамики природно-технической геосистемы, оценку степени экологической напряженности в регионе. Разработанная система требует усовершенствования количественных оценок структуры космообраза, например, связанных с унифицированной ме-

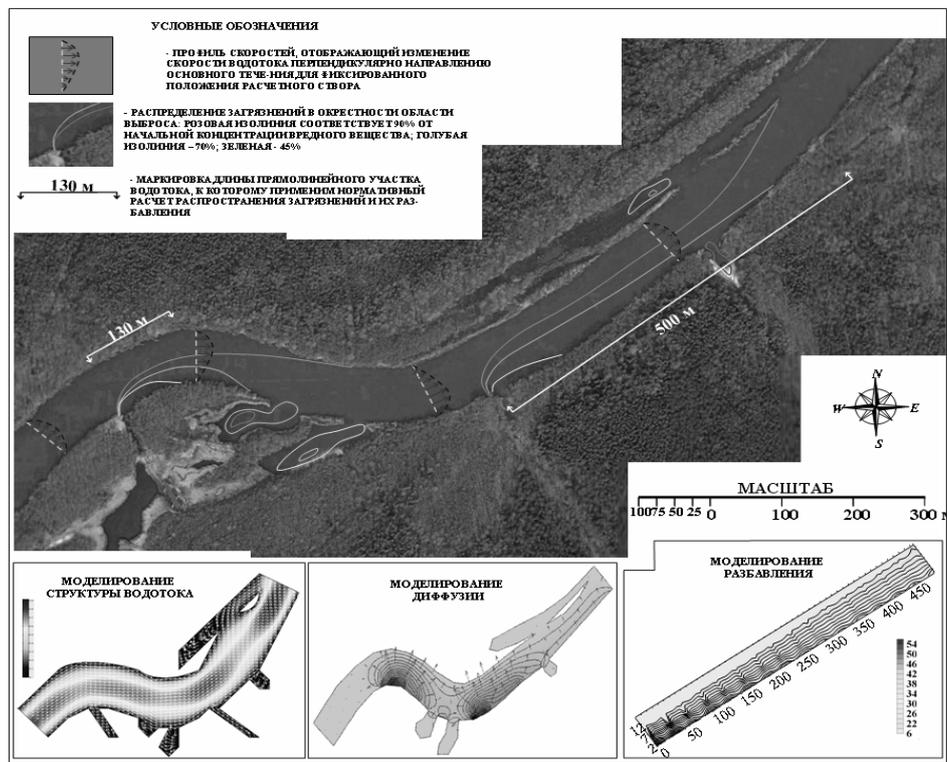


Рис. 5. Пример интегрирования космобобра с модельными расчетами в ГИС-проекте по оценке загрязнения водотока нелинейной геометрии

тодикой пересчета по-лутонового поля в поле температур.

Авторы выражают глубокую признательность проф. Пашкевич М.А. и проф. Шувалову Ю.В. за поддержку выполненных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. М., 2001, 520 С.
2. Лопатин Е.В. Расчет температуры подстилающей поверхности по снимкам Landsat TM4. Труды Центра Геоинформационных Технологий, Сыктывкар, 2003, 3 С. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Мовчан И.Б. – доцент каф. геоэкологии С.-Петербургского государственного горного института (технический университет)
 Яковлева А.А. – доцент каф. высшей математики С.-Петербургского государственного горного института (технический университет)
 Махорин А.В. – руководитель экологического подразделения ОАО «УрегойГазПром»
 Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 10 симпозиума «Неделя горняка-2007».
 Рецензент д-р техн. наук, проф. Е.А. Ельчанинов.