

К.П. Куценогий, А.П. Гук, Л.К. Трубина, В.Ф. Рапута

Использование ГИС-технологий в проекте «Аэрозоли Сибири»

*Институт химической кинетики и горения СО РАН,
Сибирская государственная геодезическая академия,
Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск*

Поступила в редакцию 9.02.2000 г.

Для исследования закономерностей распространения и рассеяния примеси в приземном и пограничном слоях атмосферы предлагается технология совместной обработки данных в среде информационных систем. При этом предлагается использовать данные дистанционного зондирования разных масштабных уровней, а для моделирования процессов атмосферной диффузии примеси в качестве источника – аэрозольный генератор регулируемой дисперсности.

Проект «Аэрозоли Сибири» предусматривает организацию мониторинга атмосферных аэрозолей на территории Сибири [1]. Для решения сформулированных в проекте задач необходимо иметь пространственную информацию об объектах природной среды. Характеристики изучаемых объектов изменяются в широком диапазоне пространственно-временных масштабов. Так, условно пространственные масштабы можно разбить на несколько поддиапазонов:

1. Глобальные линейные объекты (характерный размер более 1000 км).
2. Объекты регионального масштаба (характерный размер 100–500 км).
3. Локальные объекты (характерный размер 30–50 км).
4. Объекты микромасштаба (размер от ≈ 10 м до нескольких километров).
5. Элементы исследуемых объектов (размер изменяется от 1–10 м до 10 мкм и менее). Таким образом, диапазон изменения пространственных характеристик изучаемых объектов охватывает 12 порядков. Временные характеристики изучаемых процессов изменяются в пределах от нескольких часов до 10 лет, поэтому диапазон временных масштабов охватывает 5 порядков.

При изучении природных объектов только данные дистанционного зондирования (космические, аэро- и другие изображения) способны обеспечить все уровни исследований от глобального до микромасштабов. Хотя это и не новый источник информации, но развитие компьютерных технологий, т.е. перенос всех основных операций по обработке и использованию данных съемок на компьютеры, а также широкое распространение геоинформационных технологий позволяют с наибольшей эффективностью использовать данные дистанционного зондирования.

Глобальный уровень сбора информации может, например, обеспечиваться космическими дистанционными средствами зондирования (ДЗ) поверхности земли и атмосферы. Такие съемки обеспечивают пространственное разрешение от сотен до нескольких десятков метров, при этом один кадр может покрывать квадрат со стороной в несколько десятков, а то и сотен километров. Фрагмент космического изображения Сибири, полученный с «Метеора» с пространственным разрешением 200 м, показан на рис. 1.

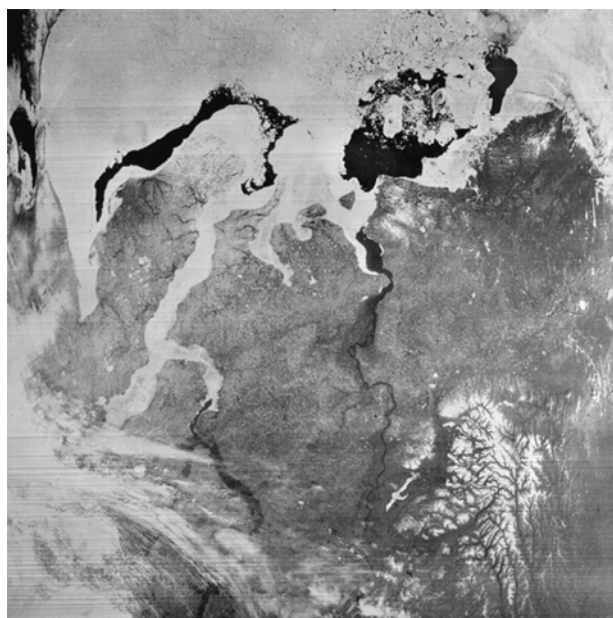


Рис. 1. Фрагмент космического изображения Сибири

Региональный уровень сбора информации отличается более крупным масштабом и соответственно более высоким пространственным разрешением. Масштаб съемок может изменяться от 1 : 500000 до 1 : 50000, точность определения координат точек снимаемых объектов составляет в плане от несколько сот до десятков метров, а по высоте десятки метров. В качестве технических средств могут использоваться как космические, так и самолетные носители с размещенными на них различными по диапазону длин волн съемочными системами. Для оперативного наблюдения и отображения быстро изменяющихся динамических процессов в качестве дистанционных регистраторов используются сканирующие съемочные системы с передачей регистрирующей информации с борта носителя на Землю по телеметрическим каналам. К таким динамическим процессам можно, например, отнести обнаружение и наблюдение за распространением вредных выбросов в атмосферу и на водную поверхность.

Следующий уровень сбора информации – локальный. Диапазон масштабов съемок для данного уровня достаточно широк (1 : 50 000, 1 : 25 000 – 1 : 1 000) и зависит от необходимой точности решения конкретной задачи. Пространственное разрешение – от нескольких метров до нескольких сантиметров. Для сбора информации локального уровня используются материалы аэрофотосъемки в разных диапазонах, а также материалы

наземной съемки. Съемка такого масштаба позволяет детально отображать рельеф земной поверхности. Кроме того, средства компьютерной графики позволяют визуализировать результаты в виде трехмерных карт. Трехмерная карта одной из улиц пос. Ярково (Новосибирская область) показана на рис. 2, исходные координаты объектов землепользования получены по аэрофотоснимкам масштаба 1 : 6 000.

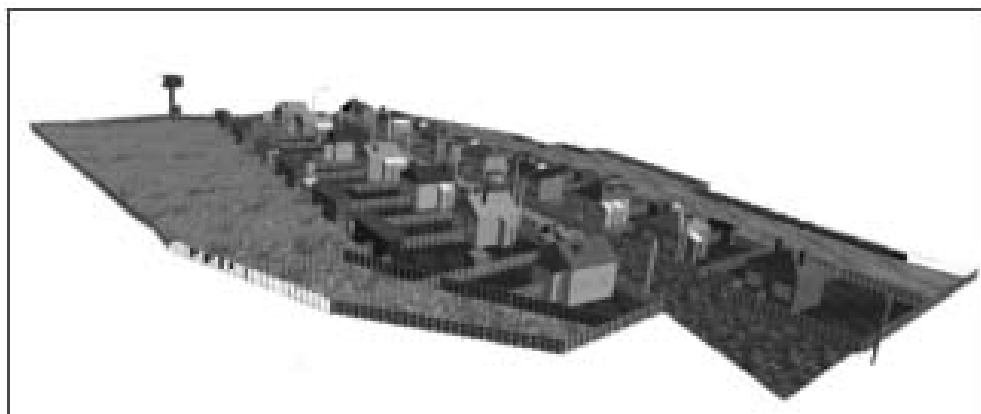


Рис. 2. Трехмерная карта одной из улиц населенного пункта сельского типа

Эффективным средством сбора данных по изображениям являются фотограмметрические технологии, основанные на цифровой обработке изображений. Компьютерные технологии позволяют получать не только традиционную продукцию в виде карт, но и качественно новую в виде трехмерных моделей местности, которые обеспечивают наиболее полное изучение объектов природной среды, а главное – позволяют представлять результаты исследований в виде моделей, практически адекватных изучаемым объектам, с сохранением их метрических характеристик.

В процессе цифровой фотограмметрической обработки формируется максимально полный объем пространственных данных, которые легко передаются в ГИС для интеграции с картографическими (или другими) данными и их комплексной интерпретации.

При отработке технологии использовалась цифровая фотограмметрическая станция Siberian Digital Stereoplotter (SDS), разработанная на кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА [15]. SDS обеспечивает сбор информации по аэрофотоснимкам и другим снимкам локального масштаба для решения широкого круга задач. Перечислим некоторые из них:

- составление цифровых топографических и тематических карт;
- ведение земельного кадастра и инвентаризации;
- обновление различных видов цифровых карт;
- наполнение и обновление данных для геоинформационных систем;
- построение цифровых моделей рельефа;
- выполнение цифрового трансформирования и ортотрансформирования снимков.

SDS ориентирована на конечный продукт и точность исходных данных (величина размера элемента изображения и масштаб снимка выбираются в соответствии с необходимой точностью создаваемого продукта). В SDS реализован принцип: использовать необходимую, а

не максимально возможную точность, что обеспечивает существенное повышение производительности.

Цифровой фотограмметрический комплекс SDS включает несколько программных пакетов и соответственно технологий обработки снимков. Основной модуль SDS позволяет выполнять обработку стереопары с совместным стереоскопическим рассмотрением исходных изображений и результатов сбора графической информации, итогом которой являются модель местности и отображающая ее электронная карта. Кроме того, имеются дополнительные модули обработки одиночных снимков с целью создания и обновления плановой части цифровых карт для случая плоскоравнинной местности (когда ошибки из-за рельефа можно не учитывать), для построения цифровых моделей рельефа и ортотрансформирования снимков при обработке снимков всхолмленной и горной местности.

В процессе цифровой фотограмметрической обработки определяются пространственные координаты изобразившихся объектов с заданной дискретностью и точностью, выполняется сбор графической информации (границы контуров, горизонталей). На следующем этапе сформированные новые изображения, файлы цифровых и графических данных, полученные на цифровой фотограмметрической станции, передаются в ГИС, где они хранятся как отдельные информационные слои (рис. 3).

Совместный анализ разных слоев в ГИС и их комплексная интерпретация позволяют получать дополнительную информацию в виде производных слоев, с их картографическим отображением (в виде изолинейных карт, трехмерных моделей, совмещенных карт различных показателей и т.д.).

Предлагаемая технология, основанная на интеграции результатов обработки аэрофотоснимков на цифровой фотограмметрической станции и картографических данных в ГИС, позволяет получать широкий спектр цифровой информации, в соответствии с требованиями практики управлять точностью и детальностью сбора данных.

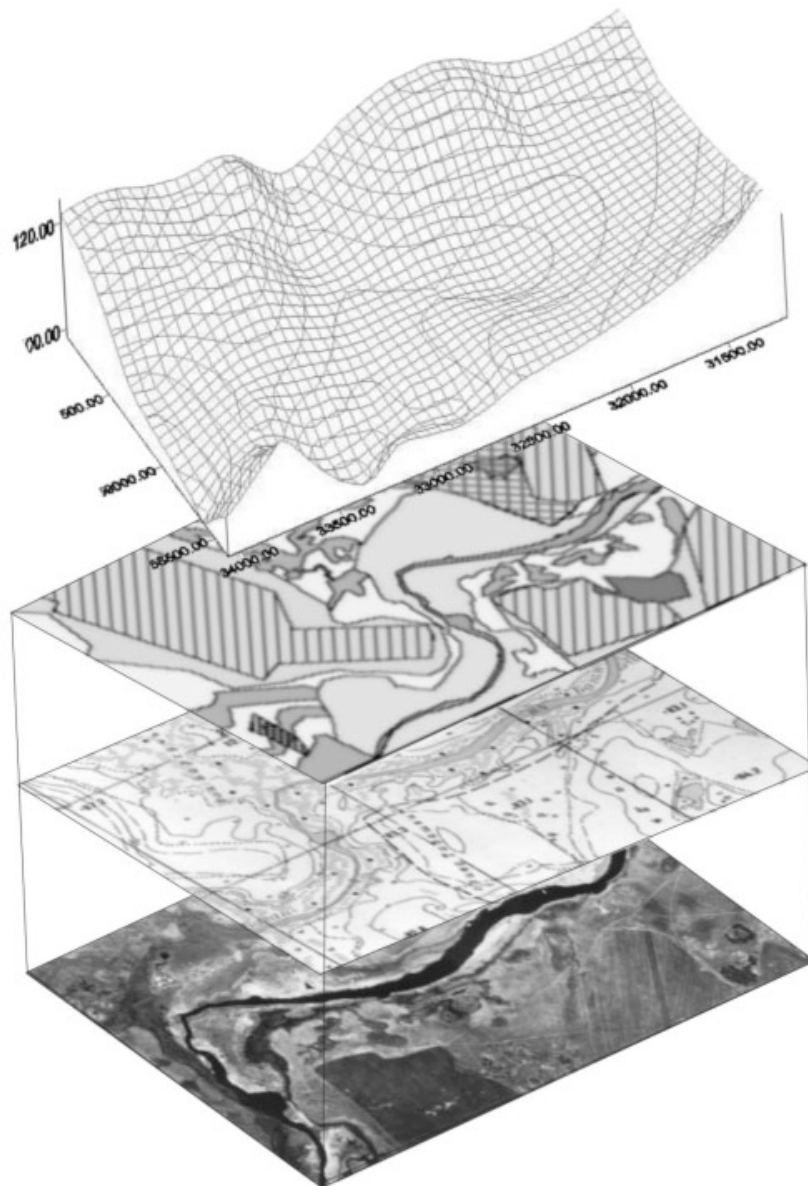


Рис. 3. Информационные слои ГИС (аэрофотоснимок, топографическая карта, тематическая карта, поверхность рельефа)

Один из способов исследования сложных процессов атмосферной диффузии примеси в пограничном слое атмосферы и нижней тропосфере является использование искусственных аэрозольных облаков, которые создаются либо аэрозольными генераторами, либо дымовыми шашками [2–7]. В ряде исследований для визуализации дымового шлейфа используются выбросы из дымовых труб промышленных и транспортных источников. В случаях промышленных и транспортных выбросов аэрозольных частиц, как правило, недостаточно известны спектр размеров и химический состав частиц, а также мощность источника. Это сильно затрудняет количественную интерпретацию результатов измерений как по видимому контуру аэрозольного облака, так и при использовании дистанционных сканирующих систем. Многие из указанных выше трудностей устраняются, если в качестве источника использовать аэрозольный генератор регулируемой дисперсности (ГРД) [8]. Его основные преимущества состоят в том, что ГРД позволяет:

- создавать различные типы источников (точечные, линейные, непрерывно действующие, с изменяемой мощностью);
 - создавать источник с известным и управляемым спектром размеров аэрозольных частиц в интервале от десятых долей до десятков микронов;
 - изменять химический состав аэрозолей;
 - одновременно создавать несколько (до трех) разных источников с известными характеристиками (размер частиц, мощность и высота выброса);
 - автономность и мобильность источника позволяют проводить эксперименты в разнообразных ландшафтных условиях.
- Возможности источника дымового облака с изменяемыми характеристиками успешно использовались в международном проекте MADONA для изучения рассеяния примесей в условиях неоднородной подстилающей поверхности [9].

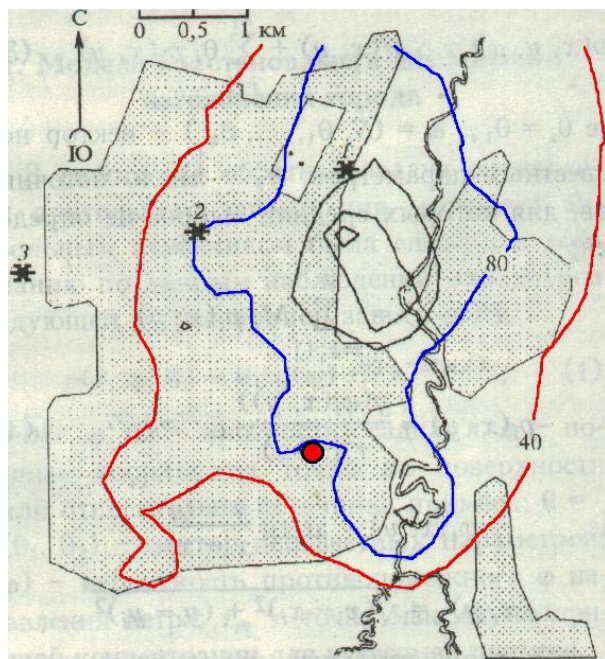


Рис. 4. Восстановленное поле плотности осадка бенз(а)пирена (нг/л) в снегу на территории г. Белово

Использование методов математического моделирования значительно повышает эффективность исследований закономерностей загрязнения объектов окружающей среды от различных источников. Метод оптимального планирования в ряде случаев позволяет по небольшому числу экспериментальных данных восстановить поля загрязнения известных источников и определить характеристики (место и мощность) от неизвестных источников [10–12]. На рис. 4 приведен пример восстановления поля плотности осадка бенз(а)пирена (нг/л) в снегу на территории г. Белово [13]. Для проведения расчетов были использованы экспериментальные данные по определению содержания экотоксиканта в снежном покрове в трех точках, обозначенных на рисунке звездочками. Положение источника выбросов на этом ри-

сунке обозначено кружком. Изолинии концентраций проведены сплошными линиями.

ГИС-технология, позволяющая обрабатывать трехмерные цветные изображения для получения характеристик реальной поверхности и трехмерные изображения аэрозольных облаков, дает возможность существенно повысить информационную емкость исследуемых закономерностей распространения и рассеяния примеси в приземном и пограничном слоях атмосферы. Использование цифровой фотограмметрической станции SDS для обработки трехмерного изображения пылевых зерен описано в работе [14].

1. Куценогий К.П. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. № 8. С. 1015–1021.
2. Куценогий К.П., Макаров В.И., Чанкин Ю.Ф., Сахаров В.М., Загуляев Г.Н. // Труды ИЭМ. 1972. Вып. 27. С. 97–104.
3. Сахаров В.М., Куценогий К.П., Загуляев Г.Н., Павлов И.П., Гончаров А.П. // Труды ИЭМ. 1972. Вып. 27. С. 104–110.
4. Кориунов В.А., Романов Н.П., Гаргер Е.К., Жуков Г.П., Лукьянов Н.Ф. // Труды ИЭМ. 1984. Вып. 7(12). С. 112–124.
5. Елисеев В.С. // Труды ГГО. 1976. Вып. 373. С. 78–85.
6. Гаргер Е.К., Леман А. // Труды ИЭМ. 1977. Вып. 15(60). С. 59–77.
7. Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. // Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. Л.: ГИМИЗ, 1991. 278 с.
8. Сахаров В.М. // Оптимизация технологии применения инсектицидных аэрозолей. Новосибирск, 1983. С. 3–13.
9. Ciono R.M., W. aufm Kampe, Bilotto C. et al. // Bul. American Meteorological Society. 1999. V. 80. № 1. P. 5–19.
10. Рапута В.Ф., Крылова А.И. // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. № 6. С. 792–798.
11. Куценогий К.П., Рапута В.Ф., Крылова А.И. // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. № 6. С. 786–791.
12. Рапута В.Ф., Садовский А.П., Олькин С.Е. // Оптика атмосферы и океана. 1997. Т. 10. № 6. С. 616–622.
13. Рапута В.Ф., Садовский А.П., Олькин С.Е., Лантева Н.А. // Оптика атмосферы и океана. 1998. Т. 11. № 6. С. 602–605.
14. Головкин В.В., Куценогий К.П., Киров Е.И., Трубина Л.К., Гук А.П. // Оптика атмосферы и океана. 2000. Т. 13 (в печати).
15. Гук А.П., Самушкин В.А. и др. Цифровой фотограмметрический комплекс для создания и обновления карт // Геодезия и картография. 1996. № 12. С. 39–48.

K.P. Kutsenogii, A.P. Guk, L.K. Trubina, V.F. Raputa. Application of Gis-technologies in the project «Siberian aerosol».

To examine the regularity of spreading and diffusion of admixtures in low ground and boundary layers of the atmosphere, a new technology is proposed for combined data processing in a medium of information systems. Remote sensing data on different scale levels and a spray generator of a controllable dispersity are proposed for simulating the processes of the atmospheric diffusion of admixtures.