

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ВОДООХРАННЫХ ЗОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А. А. Поляков, К. А. Боечко, С. Г. Яковченко

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия*  
e-mail: polyakov@iwep.asu.ru, bka@iwep.asu.ru, spartak@iwep.asu.ru

The paper presents the main techniques to specify water protection zones and coastal shelter belts as well as to decode the space images for specification of anthropogenically disturbed territories.

## Введение

Одной из важнейших проблем природопользования на сегодняшний день является исследование состояния малых рек в антропогенно измененных ландшафтах. В целях улучшения гидрологического режима рек, их санитарно-гигиенического состояния рекомендуется установление водоохранных зон (ВЗ) и прибрежных защитных полос (ПЗП). Важнейшую роль в этих исследованиях играют изучение и анализ информации по исследуемой территории, в частности разномасштабных топографических карт, аэрофото- и космоснимков.

В данной статье предлагается методика выявления антропогенно нарушенных участков на территориях проектируемых водоохранных зон на основе материалов, полученных путем использования различных методов обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Результаты применения методики позволяют определить ряд характеристик малых рек, затронутых деятельностью промышленных предприятий.

## 1. Этапы исследования

Идентификация антропогенно измененных ландшафтов проводится в два этапа: полевой и камеральный. На этапе полевых исследований используются оборудование спутниковой навигации, портативный компьютер с предустановленным специализированным программным обеспечением (Map Source, ArcView, Erdas Imagine и т.п.), геопривязанные растровые картографические материалы крупного масштаба (1:5 000, 1:10 000). Задачи данного этапа — сбор данных о соответствии спектральных составляющих полос снимка

реальным особенностям ландшафта исследуемой территории, оценка состояния гидрографической сети.

Кроме того, во время полевого этапа проводится инвентаризация прибрежной территории. В результате формируется база данных, состоящая из следующих информационных компонентов: граница существующей городской застройки в пределах проектируемых водоохраных зон и ПЗП, а также расположенных на ее территории объектов инфраструктуры, промышленных предприятий, жилых домов и т. п.; географические координаты истоков, устья и русла реки, крупных свалок, ливневых, канализационных, водопроводных стоков и т. п.; тип берегов, состояние русла и ландшафтов прибрежной территории; эрозионные процессы; характер антропогенной нагрузки на территорию [1].

Уточнение границ водоохраных зон и ПЗП, инвентаризация объектов, расположенных в пределах прибрежных территорий, проводятся во время полевого обследования с помощью спутникового навигационного приемника Garmin GPS 12 (ручной, 12-канальный). Точность определения координат на местности составляет в среднем 4.5...5 м. В памяти GPS фиксируются номер точки, ее координаты и время их определения. На рабочие топографические карты наносится местоположение точек, которые в дальнейшем используются для корректировки карт, созданных по данным топографических съемок разных лет [2]. Характерные точки местности, зафиксированные в GPS, используются также при дальнейшей камеральной обработке космических снимков. Для переноса данных GPS-съемки из приемника в компьютер используется программа OziExplorer. Одним из достоинств этой программы является возможность перевода полученного массива точек в векторное покрытие ГИС ArcView и MapInfo.

На основе полевого обследования составляется карта водоохраных зон и прибрежных защитных полос в ГИС MapInfo. При проектировании ВЗ и ПЗП на территориях городской застройки используются генеральные планы городов, а на прочих — топографические планы крупного масштаба. Растры привязываются к географическим координатам, при этом наиболее удобна поперечно-цилиндрическая проекция Меркатора (UTM84). С помощью GPS фиксируются координаты точек, охватывающих участок проектирования по периметру. Повысить точность привязки возможно, используя высокоточные геодезические системы, например Trimble [3].

Помимо GPS-привязки корректировка топографических карт осуществляется с использованием космоснимков среднего пространственного разрешения, получаемых, например, со спутников Landsat или Метеор 3М (рис. 1).

На основе привязанного и откорректированного растра создаются базовые векторные слои — гипсометрия, гидрография, сеть высотных отметок, контуры ландшафтов, кварталы, улицы, зеленые насаждения, строения. Сопоставление точек GPS-съемки и созданной векторной основы показывает, что несовпадение реального объекта с измеренным составляет около 1...2 м. Тематические слои, созданные после обработки полевых данных, включают источники загрязнения, объекты рекреации, территории оврагообразования, оползневые зоны, водоохраные зоны, прибрежные защитные полосы, водоохраные знаки и аншлаги (рис. 2).

Тематические и базовые слои подразделяются по типу объектов на полигональные (водоохраные зоны и прибрежные защитные полосы, оползневые зоны), линейные (гипсометрия, гидрография, границы оврагов и контуры ландшафтов) и точечные (источники загрязнения, родники, водоохраные знаки и аншлаги). На основе указанных данных проводятся выборки, рассчитываются статистические показатели и создаются тематические карты.

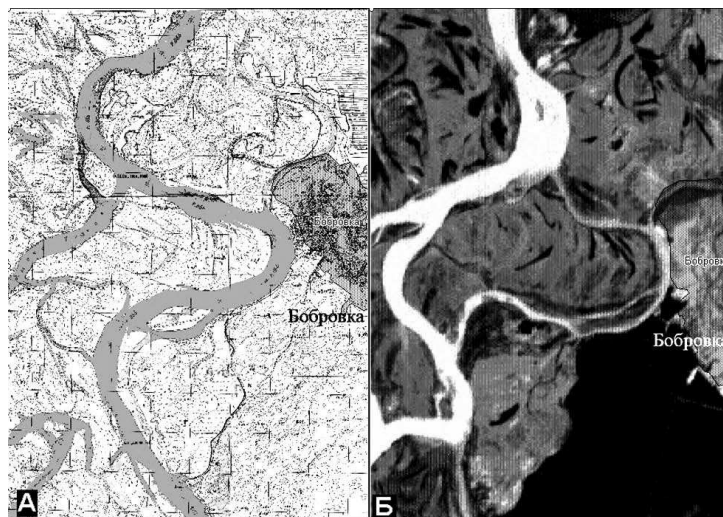


Рис. 1. Сопоставление рисунка гидросети: А — топографическая карта, 1978 г.; Б — космический снимок, 2003 г. (Метеор 3М) [2].

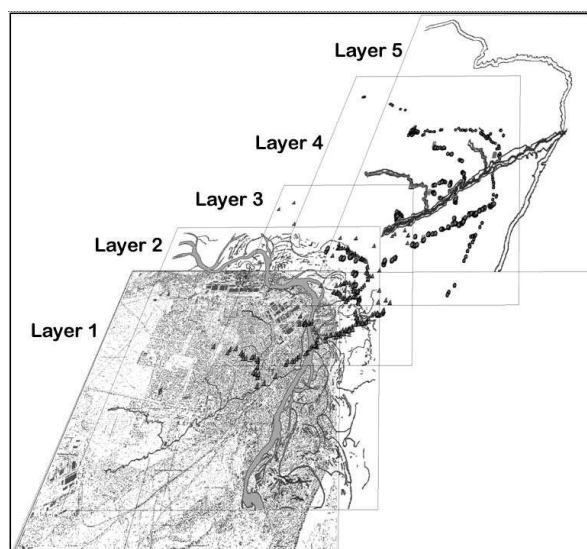


Рис. 2. Тематические слои проектирования водоохранных зон.

Важнейшей составляющей камерального этапа исследования является обработка данных дистанционного зондирования. На этом этапе проводится анализ космических снимков на исследуемую территорию, создаются цифровые модели рельефа (Digital Elevation Model, далее в тексте — DEM) на основе выбранных космических снимков, выполняется дальнейшее совмещение снимков и полученных DEM-данных.

Генерация DEM-модели производится с использованием инструмента DEM Extraction Wizard ГИС-пакета ENVI 4.2. На основе совокупности двух особых полос снимка (так называемых стереопар) строится DEM-модель. Правый и левый компоненты стереопары совмещаются, и на их основе создаются эпиполярные изображения (пара стереоизображений, сориентированных друг относительно друга таким образом, что точки рельефа, изображенного на них, имеют одинаковые  $y$ -координаты). Пример космического снимка и созданной на его основе DEM-модели показан на рис. 3.

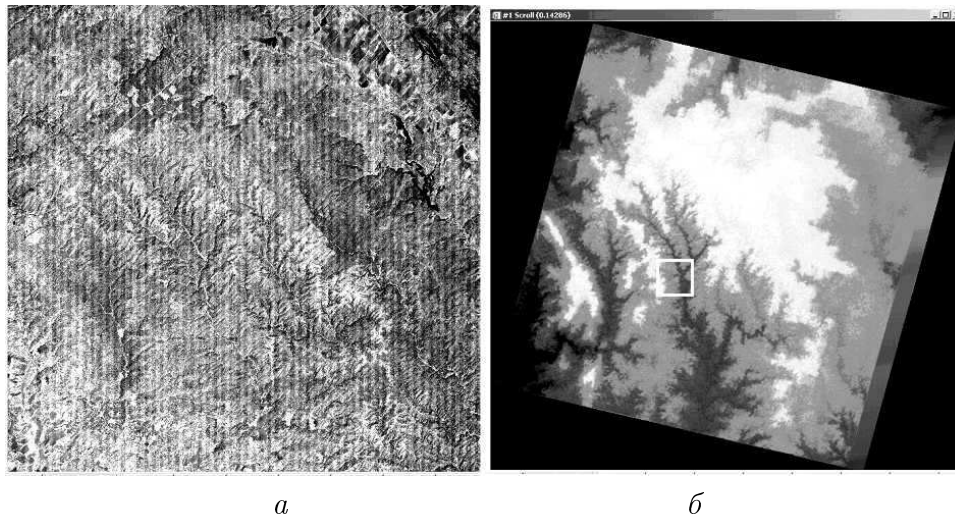


Рис. 3. Космический снимок (*а*) и полученная на его основе цифровая модель рельефа (*б*).

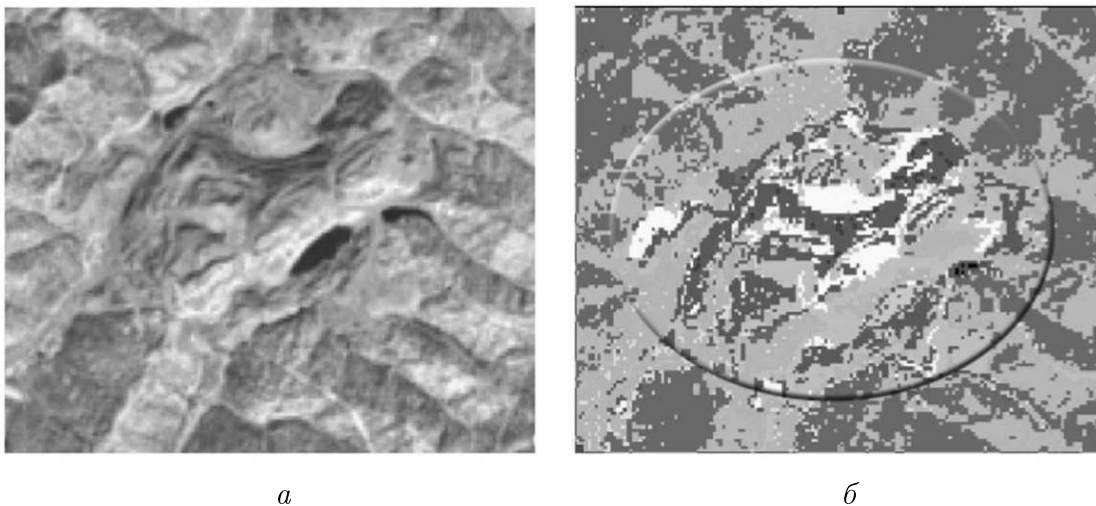


Рис. 4. Результат классификации антропогенно нарушенной территории (угольного разреза) в ERDAS IMAGINE 8.7: *а* — исходный участок космического снимка; *б* — результат классификации.

При выявлении антропогенно нарушенных территорий используются также данные, полученные путем классификации космических снимков. Эта процедура производится с помощью ГИС ERDAS IMAGINE 8.7. Пример результата классификации космического снимка Landsat представлен на рис. 4.

Некоторые данные космической съемки рельефа (например, SRTM [4–6]) не требуют дополнительной обработки и могут быть использованы в спроецированной форме сразу.

На основе результатов классификации космоснимков, а также DEM-данных и данных полевых исследований выявляются антропогенно нарушенные территории различных типов и проводится корректировка границ проектируемых водоохранных зон. Для визуальной оценки используются экспериментально полученные комбинации спектральных полос мультиспектральных снимков Landsat (разрешение снимка 30 м, девять спектральных полос), наиболее четко отражающих тот или иной тип нарушенной территории. При ком-

бинации спектральных полос R-3, G-7, B-6 антропогенно нарушенные территории представлены обычно фиолетовым цветом. Для определения таких антропогенно нарушенных территорий, как места горных выработок, отвалов, терриконов, проводится совместный анализ результатов обработки картографических материалов, космических снимков и созданной на предыдущем этапе модели рельефа. На основе этих данных производится также корректировка границ нарушенных участков.

В конечном итоге на основе полученных данных формируются карты современного состояния водных потоков, после чего проводятся окончательные границы водоохранных зон с учетом определенных ранее контуров антропогенно нарушенных территорий. Расчет морфометрических и гидрологических параметров территории основан на методологии, предложенной в монографии [7].

## Заключение

Корректное выделение водоохранных зон водных объектов требует учета значительного числа факторов. Использование методов классификации данных космической съемки для выявления антропогенно нарушенных территорий — один из необходимых шагов при проектировании таких зон. В статье рассмотрены основные технические приемы выделения водоохранных зон и прибрежных защитных полос, а также описаны методы дешифрирования космических снимков с целью выявления антропогенно нарушенных территорий.

## Список литературы

- [1] КОРМАКОВ В.И., ЖЕРЕЛИНА И.В., СТОЯЩЕВА Н.В., ПОЛЯКОВ А.А. Методические подходы к проектированию водоохранных зон и прибрежных защитных полос на урбанизированных территориях (на примере г. Барнаула). Использование природных ресурсов в России // Бюл. МПР. 2004. № 2. С. 55–60.
- [2] ZHERELINA I., STOYASHCHEVA N., POLYAKOV A., KORMAKOV V. Design expertise of water protection zones of siberian rivers // ECOLOGY. Bulgaria, Varna, Scientific Articles. 2005. Vol. III, pt 3. P. 243–260.
- [3] Поляков А.А., Жерелина И.В., Стоящева Н.В. Геоинформационные технологии в проектировании водоохранных зон водных объектов: опыт и перспективы использования // Первая Междунар. научно-техническая выставка-конгресс ГЕО-Сибирь-2005. 25–29 апр. 2005 г., г. Новосибирск. Т. 1. С. 94–98.
- [4] FARR T.G., KOBRICK M. Shuttle radar topography mission produces a wealth of data // Amer. Geophys. Union Eos. 2000. Vol. 81. P. 583–585.
- [5] ROSEN P.A., HENSLEY S., JOUGHIN I.R. ET AL. Synthetic aperture radar interferometry // Proc. IEEE. 2000. Vol. 88. P. 333–382.
- [6] NIMA, 1994, Military Standard WGS84.
- [7] Яковченко С.Г., Жоров В.А., Постнова И.С. Создание и использование цифровых моделей рельефа в гидрологических и геоморфологических исследованиях. Кемерово: Изд-во ИУУ СО РАН. 2004.

*Поступила в редакцию 19 октября 2006 г.*