УДК 528.4:55:574+332

А.Н.Егоров, В.А.Максимов
Восточно-Казахстанский технический ун-т, Усть-Каменогорск, Казахстан

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Приведена технология создания цифровых карт и информационной базы данных как основы городского кадастра и для выполнения геоэкологического мониторинга города.

The know-how of creation of digital maps and information database, as a fundamental of the urban cadastre and for implementation of geoecological monitoring of city is reduced.

Геоэкологический мониторинг – это мобильная система слежения, анализа и оценки состояния природы. Традиционные формы представления географической информации в виде планов, карт и отчетов не отвечают современным требованиям. В условиях нестабильной экологической обстановки нужны новые технологии, использующие компьютерные возможности создания специализированных электронных карт, баз данных и аналитических модулей – *географических информационных систем* (ГИС).

ГИС-технологии находят все более широкое применение при решении задач экологического мониторинга Восточного Казахстана.

Технология создания цифровых карт. В качестве основы для разработки электронной карты области использовались планшеты масштаба 1:200 000, выполненные в системе координат 1942 г. в конформной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса – Крюгера. Таких планшетов для Восточно-Казахстанской области в ее современных границах было выполнено 74.

При разработке использован послойный принцип организации цифровой информации. На начальном этапе были созданы слои: координатной сетки, разграфки планшетов, административных границ, речной сети и водоемов.

Первый слой является связующим. С его помощью осуществляется контроль качества и точности геодезической привязки цифровых объектов к другим информационным слоям.

Слой административных границ определяет общий контур территории и ее структурное деление

Объекты слоя речной сети и водоемов являются, с одной стороны, элементами топографии, а с другой – объектами экологического мониторинга. Создание этого слоя позволило учесть все более или менее значимые водные объекты Восточного Казахстана: реки, озера, водохранилища и другие искусственные водоемы. Информация этого слоя уже сейчас позволяет достаточно быстро решать целый ряд вспомогательных задач, например определение площадей водосборов рек с целью

прогнозирования объема весеннего паводкового стока.

Следующим этапом развития системы стало создание слоев «Населенные пункты» и «Дорожная сеть», а также слоев «Рельеф» и «Лесные массивы».

В процессе создания электронной картографической основы региона отрабатывалась технология выполнения работ. При создании описанных выше картографических слоев использована технология векторизации по растровой подложке. Работа предусматривает такую последовательность:

1) получение растрового изображения оригинала;

2) создание векторного представления картографических объектов;

3) ввод атрибутивной информации;

4) редактирование и размещение информации в ГИС-системе.

При решении этих задач использованы следующие технические и программные средства: планшетный сканер с оптическим разрешением 600 dpi с соответствующими утиллитами, программные пакеты Corel Photo-Paint 5, MapEdit 3.5, MapInfo 4.5, 5.0, Vertical Mapper 2.5, компьютеры с достаточно большим объемом памяти для хранения растровых изображений, высоким быстродействием и мониторами размером 17 дюймов.

Получение растрового изображения – один из наиболее ответственных этапов работы. Высокое качество, точность и достаточное разрешение растра – залог хорошего качества электронной карты. Зачастую приходится сталкиваться с проблемой *соотношения размеров оригинала* и *площади рабочей области* сканера. В результате сканирование оригинала приходится выполнять по фрагментам. В этом случае необходимо, чтобы на каждом фрагменте было достаточное количество опорных точек (минимум четыре) для последующей привязки растра. Необходимы также специальные точки или линии контроля правильности позиционирования оригинала на столе растра. Позиционирование оригинала должно быть таким, чтобы оси системы координат оригинала были параллельны сторонам рабочей области сканера. В противном случае появляются проблемы с точностью привязки растра, деформацией растровой решетки, следствием чего может быть снижение качества изображения.

Получение растровых фрагментов – прежде всего, *проблема компромисса* между высоким разрешением растрового изображения и размером получаемого растрового файла. Файлы больших размеров очень заметно снижают скорость работы используемых программ. Нами были использованы цветные растровые изображения (256 цветов), сканированные с разрешением 150 dpi. Полное изображение одного планшета масштаба 1:200 000 при этих параметрах размещается в файле размером до 5 мегабайт при достаточном для векторизации качестве.

Процедура векторизации выполнялась в основном с использованием программы MapEdit. На сегодня это одна из самых высокотехнологичных программ такого класса. В ней реализован полуавтоматический режим отслеживания линий на черно-белых и шестнадцатицветных растрах. Наиболее сложные растры векторизованы в ручном режиме.

Одна из примечательных и важных функций программы – функция «сшивки» нескольких фрагментов в единое растровое изображение. Наличие такой функции

частично решает проблему малой площади рабочей области сканирующего устройства. В описываемой технологии один топографический планшет масштаба 1:200 000 сканировался в четыре приема, а затем полученные фрагменты «сшивались» в единый растр. Векторизация выполнялась в ручном режиме. Программа MapEdit, как и все программы-векторизаторы, реализует послойное деление создаваемых векторных объектов. При этом одновременно вводилась атрибутивная информация по объектам: названия рек, озер, населенных пунктов, отметки вершин, горизонталей.

Положение созданных векторных объектов в прямоугольной системе координат определялось путем привязки опорных точек растра. Как правило, это точки углов и центра планшета.

Векторизованные объекты послойно импортировались в программу MapInfo, которая является ядром ГИС-системы. Объекты фрагмента помещались в соответствующий слой цифровой карты. Следует отметить, что программа MapEdit оснащена довольно ограниченной цветовой палитрой раскраски линий и заливки многоугольников. В связи с этим импортированные в MapInfo объекты редактировались по раскраске в соответствии с установленными условными обозначениями. Кроме того, вследствие неизбежных ошибок, связанных с качеством сканирования и точностью привязки растра по опорным точкам, возникает необходимость редактирования концевых точек фрагментов объектов, размещенных на стыке двух или более топографических планшетов, и объединение фрагментов в один объект.

В использованной версии программы MapEdit не решается задача векторизации площадных многосвязных объектов. Примером таких объектов являются водоемы с островами или лесные массивы с прогалинами. Многосвязные площадные объекты векторизовались по внешнему контуру, а для «островов» создавался дополнительный слой. Создание же многосвязного объекта осуществлялось средствами редактирования в MapInfo путем «вырезания островов».

Так была создана основа цифровой топографической карты области масштаба 1:200 000, которая может пополняться новыми слоями и с помощью которой уже сегодня можно решать целый ряд задач. В частности, на ее основе выполнен проект организации Катон-Карагайского национального природного парка, куда вошли карты следующего содержания: геоморфологическая карта, карта землевладений и землепользований, геологическая карта и др. При этом на территорию проектируемого парка с использованием процедур интерполяции обработки программой Vertical Mapper составлена цифровая векторная карта рельефа. На рис.1 приведен пример одной из этих карт.

Информационная база данных – основа городского земельного кадастра. Ведение земельного кадастра нынче немыслимо без использования компьютерных информационных технологий. *Основой земельного кадастра* являются *электронная карта города* и соответствующая *база данных* для решения следующих функциональных задач:

- регистрация, учет и оценка всех земельных участков в пределах административных границ (таксонометрических единиц);

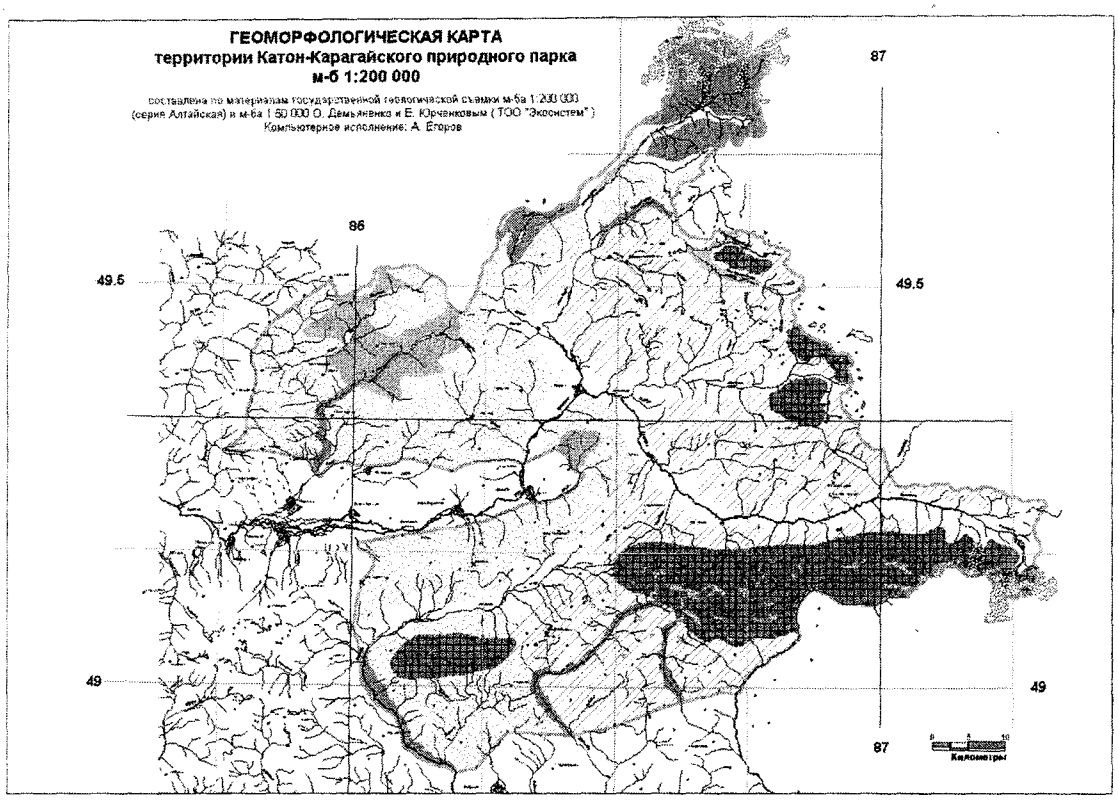


Рис.1. Пример цифровой топографической карты

• регистрация и учет всех субъектов землепользования и землевладения (физических и юридических лиц);

• выполнение поисковых и аналитических функций на основе сконструированных запросов;

• конструирование и изготовление графических и юридических документов в соответствии с установленными стандартами.

Основными таксонометрическими информационными элементами такой базы являются «земельный участок» и «землепользователь». Рассмотрим информационное содержание каждого из этих понятий.

Земельный участок – это геометрически односвязный многоугольник, описанный упорядоченным перечнем пар координат его вершин в заданной системе. Перечень заданных таким образом вершин с исчерпывающей полнотой описывает размер, местоположение и конфигурацию многоугольника. Координатную информацию принято называть векторной.

Кроме векторной, понятию «земельный участок» свойственна и информация атрибутивного (описательного) характера: кадастровый номер участка, площадь, принадлежность конкретному землевладельцу (землепользователю), стоимость участка, целевое назначение, характер использования и др.

Землепользователь – это юридическое или физическое лицо, имеющее право пользования (в том числе владения) землей. Описывается перечнем общепринятых характеристик, однозначно идентифицирующих субъект землепользования.

Описанные выше понятия, их информационное содержание и перечень

функциональных задач базы определяют общую ее структуру. Создаваемая база данных должна состоять из следующих разделов:

- атрибуты землепользователя;
- атрибуты участка;
- векторная характеристика участка;
- информационно-вспомогательный раздел.

Последний раздел базы – это перечень-справочник понятий, обеспечивающий минимальную информационную избыточность атрибутивных разделов, минимизирующий затраты труда при вводе данных и обеспечивающий максимальную автоматизацию процедур.

Для целей земельного кадастра в городе Усть-Каменогорске создана такая база данных, которая позволяет реализовать следующие поисковые функции:

- формирование выборки всех земельных участков конкретного землепользователя;
- определение владельца (пользователя) конкретного земельного участка;
- формирование выборки земельных участков, расположенных в пределах заданной части территории города, и списка их владельцев (пользователей).

Управление базой осуществляется средствами программного пакета Paradox, а сама база имеет реляционную структуру. Оперирование данными (ввод и их корректировка) выполняется посредством специально созданных интерфейсных форм пользователя. Конструирование и реализация запросов производится специальными средствами Paradox.

Одной из отличительных особенностей созданной базы является интерфейсная форма ввода данных векторной информации участка. Она обеспечивает ввод данных, представленных в двух исходных видах.

Векторная информация может представлять собой непосредственно перечень координат X и Y в реальной системе координат. Другой вид – информация полевых геодезических измерений (меры линий и углы). В этом случае необходим расчет координат вершин многоугольника для размещения их в базе данных.

Разработанная интерфейсная форма ввода векторной информации позволяет использовать данные, представленные либо в виде перечня координат, либо в виде полевых измерений, либо одновременно обоими способами. Используемый алгоритм расчета координат автоматически распознает способ представления данных и производит необходимые расчеты координат. При этом в соответствии с методикой обработки полевых геодезических измерений проводится разброс невязок и анализируется точность измерений.

Другая особенность базы заключается в наличии специальных средств конструирования и изготовления правоустанавливающих документов. Эти документы представляют собой стандартные формы и содержат текстовую и графическую части. При этом текстовая часть представлена на двух языках – казахском и русском.

Алгоритм формирования текстовой части документа предусматривает использование постоянных текстовых фраз, информации атрибутивных и информационно-справочного разделов базы и формируется автоматически.

Главная особенность заключается в наличии алгоритма, формирующего графическую часть документа (рис.2). В этом алгоритме реализованы следующие функции:

• масштабирование изображения;

• изображение контура участка;

• надписывание мер линий;

• формирование, при необходимости, таблицы мер линий;

• надписывание номеров вершин.

В целом алгоритм таков, что конструируемый документ, реальный его печатный образ отображается на экране монитора в специальной интерфейсной форме. Поле документа, соответствующее его графической части, доступно для ручного редактирования надписей. Необходимость такого редактирования возникает при возможном наложении автоматически формируемых надписей. Редактирование в этом случае заключается в простом «перетаскивании» надписи в нужное место при помощи манипулятора «мышь». Кроме того, иногда необходимо вводить текстовые надписи пояснительного характера, информация о которых не хранится в базе данных. Такие надписи можно непосредственно вводить в задаваемое курсором место графического поля. В приведенном примере (рис.2) такими надписями являются описания смежеств.

Рассмотренная база земельного кадастра находится в эксплуатации в течение трех лет в городском комитете по управлению земельными ресурсами. Она имеет программную связь с другими базами данных (телефонным справочником и реквизитной базой РНН), а также электронной картой города.

Технология создания электронной карты города Усть-Каменогорска отрабатывалась на топографической основе масштаба 1:2000, на планшетах прямоугольной разграфки 50×50 в местной системе координат. Общее количество таких планшетов 191.

Отличительной особенностью технологии в этом случае является высокая точность используемого исходного материала, его черно-белое изображение и наличие специфичных объектов, имеющих повышенную точность привязки, – таких, как здания. Специфичность этих объектов заключается также в том, что они представляют прямоугольные многоугольники с различной ориентацией на плоскости. Наличие в программе-векторизаторе MapEdit опции построения прямых углов между двумя линиями позволило решить проблему построения произвольно ориентированных прямоугольных многоугольников. Опция «Захват вектора» довольно просто решает и задачу построения смежных границ многоугольников.

Использование черно-белых растровых изображений позволило применять там, где изображение не перегружено пересекающимися линиями, полуавтоматический режим векторизации.

Сканирование планшетов масштаба 1:2000 производилось пятью фрагментами с разрешением 150 dpi. Объем растрового файла при использовании этих параметров составил порядка 1,1-1,2 мегабайта. Векторизация растра выполнялась как попланшетно, так и по фрагментам. В результате создана база растровых изображений топографической основы города Усть-Каменогорска масштаба 1:2000 и на ее основе электронная карта (рис.3), включающая объекты следующих слоев:

• координатная сетка;

• реки и водоемы;

• границы земельно-оценочных районов;

• границы учетных кварталов;

• границы функционального районирования;

№ 0051950

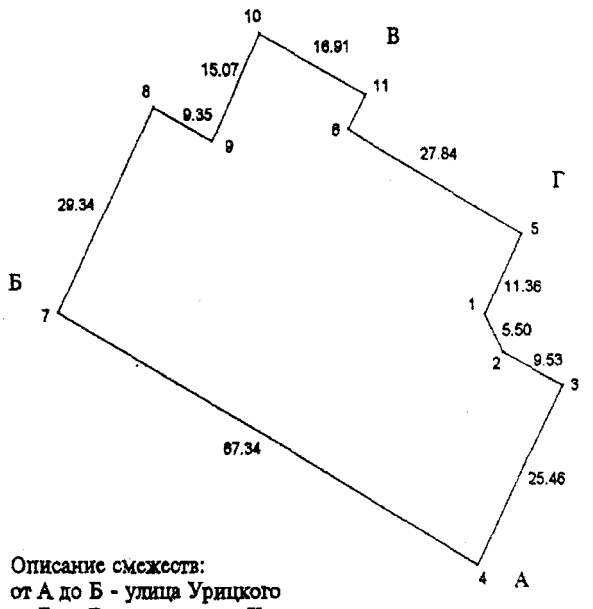
Жер учаскесінің ЖОСПАРЫ
ПЛАН земельного участка

Учаскенің орналасқан жері ШҚО, Өскемен қаласы, Урицкий көшесі, 40 үй

Местоположение участкаВКО, город Усть-Каменогорск, улица Урицкого, дом 40

Шектестіктердің сипаттамасы:
А дан Б ға дейін - Урицкий көшесі
Б дан В ға дейін - Киров арындағы саябақ
В дан Г ға дейін - этнографиялық мұражай
Г дан А ға дейін - көп қабатты тұрғын үйлер салынған

Номера поворотных точек	Меры линий
11 - 6	4.99



Описание смежеств:
от А до Б - улица Урицкого
от Б до В - парк имени Кирова
от В до Г - этнографический музей
от Г до А - земли многоэтажной жилой застройки

Масштаб 1:1000

Рис.2. Пример графической части документа

- границы предприятий и учреждений города;
- жилые здания;
- нежилые здания и сооружения;
- жилые кварталы;
- улицы;
- дороги и подъездные пути;
- газоны и парковые зоны;
- железные дороги;
- мосты и гидросооружения;
- дачные массивы и дачные постройки;

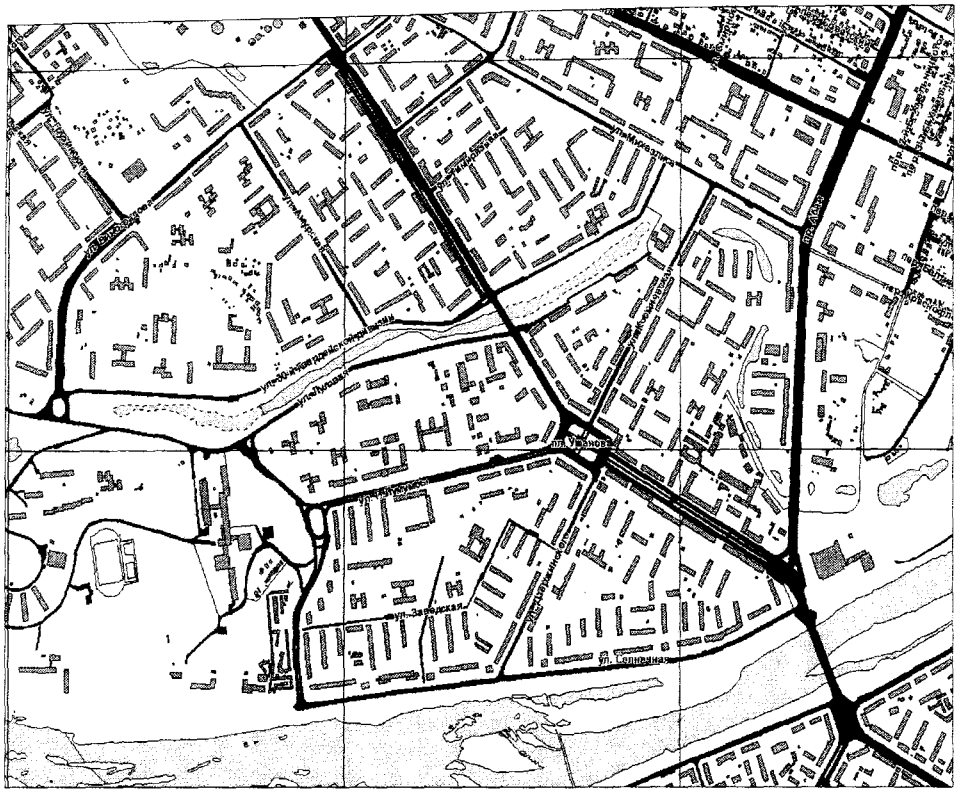


Рис.3. Образец распечатки электронной карты

- отстойники;
- терриконы и отвалы;
- кладбища;
- автостоянки;
- автозаправки;
- автосервисные предприятия;
- магазины и другие объекты бытового обслуживания.

Созданная карта служит основой геоэкологического мониторинга города Усть-Каменогорска. По ней выполнены цифровые карты загрязнения почв тяжелыми металлами: свинцом, медью, цинком, кадмием, мышьяком, ртутью и др. Использование такой топографической основы уже сегодня позволяет вполне адресно судить о состоянии и качестве почв не только в конкретном районе города, но и на вполне конкретном земельном участке. Кроме того, на ее основе выполняется моделирование миграции загрязняющих веществ в подземных водах и решаются многие другие задачи.