

Курлович Д. М.

ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по естественнонаучному образованию в качестве
учебно-методического пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальностям 1-31 02 01-03
«География (геоинформационные системы)»,
1-31 02 01-03 01 «География
(геоинформационные системы военного назначения)»

Минск
БГУ
2011

УДК 528.93:004.9(075.8)
ББК 26.17с51я93
К 93

Р е ц е н з е н т ы:

кандидат географических наук *А. А. Топаз*,
кандидат географических наук *И. П. Самсоненко*

Курлович, Д. М.
К 93 ГИС-картографирование земель : учеб.-метод. пособие /
Д. М. Курлович. – Минск : БГУ, 2011 (редакция 2016 г.).
244 с. : ил.
ISBN 978-985-518-371-7.

Рассматриваются особенности геоинформационного картографирования земельных ресурсов на основе данных дистанционного зондирования Земли, наземной инструментальной съемки, сканированных планово-картографических материалов и векторных данных. Применение ГИС-картографирование земель показано на примере опыта Республики Беларусь. Теоретический материал сопровождается вопросами для самопроверки и практическими заданиями.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 1-31 02 01-03 «География (геоинформационные системы)», 1-31 02 01-03 01 «География (геоинформационные системы военного назначения)»

© Курлович Д. М., 2011
© БГУ, 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

На сегодняшний день в Республике Беларусь наиболее широкое применение географических информационных систем (ГИС) отмечается в области информационного обеспечения и автоматизации землеустроительных работ, земельного кадастра и мониторинга земельных ресурсов. ГИС-специалистам отводится важная роль в информационной поддержке принятия решений по организации эффективного использования земель, их улучшению и охране. Они должны владеть технологиями создания и наполнения баз геоданных, использования данных дистанционного зондирования, материалов наземной инструментальной съемки, векторных и растровых моделей представления пространственных данных при геоинформационном картографировании земельных ресурсов.

Пособие по курсу «ГИС-картографирование земель» подготовлено в соответствии с учебной программой для студентов специальностей 1-31 02 01 «География» (по направлениям) 1-31 02 01-02 «География» («Геоинформационные системы») и 1-31 02 01-03 01 «Географические информационные системы военного назначения» и состоит из 6 глав.

В первой главе рассматриваются особенности ГИС-картографирования земельных ресурсов, приводятся сведения о становлении и развитии ГИС-методов в данной области, программном обеспечении, а также о специфике данного направления в Беларуси. Во второй главе освещены вопросы классификации данных дистанционного зондирования, используемых для целей ГИС-картографирования земель, описаны способы и методы дешифрирования. Третья глава раскрывает особенности ГИС-картографирования земель на основе наземных инструментальных методов исследований. В четвертой главе рассматриваются основные этапы ГИС-картографирования земельных ресурсов на основе планово-картографических материалов, приводятся примеры использования данных материалов в Беларуси. В пятой главе излагаются особенности оформления и символизации земельно-кадастровых карт с помощью ГИС, приводятся примеры использования векторных моделей. Шестая глава содержит в себе практические задания по ГИС-картографированию земельных ресурсов.

Автор выражает глубокую благодарность доценту кафедры геодезии и картографии БГУ Топаз А. А. и начальнику отдела геоинформационных технологий, геодезии и картографии РУП «БелНИЦзем» Самсоненко И. П. за ценные рекомендации по улучшению содержания данного учебного пособия, а также Управлению редакционно-издательской работы БГУ за творческий подход при подготовке рукописи к изданию.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

АТЕ – административно-территориальные единицы.

АФС – аэрофотоснимки.

ГИС – географические информационные системы.

ГКЗ – государственный земельный кадастр.

БГД – база геоданных.

ЕГРНИ – единый государственный регистр недвижимого имущества, прав на него и сделок с ним Республики Беларусь.

ЗИС – земельная информационная система.

ДДЗ – данные дистанционного зондирования.

ИКМ – исходный картографический материал.

КС – космические снимки.

СК-42 – система координат 1942 года.

СК-63 – система координат 1963 года.

СК-95 – система координат 1995 года.

СОАТО – общегосударственный классификатор Республики Беларусь «Система обозначений объектов административно-территориального деления и населенных пунктов».

ТЕ – территориальные единицы.

ЦБКММ – цифровая базовая картографическая модель местности

ЦЗКП – цифровая земельно-кадастровая карта (план).

ЦМР – цифровая модель рельефа.

ЦФС – цифровая фотограмметрическая система.

1. ВВЕДЕНИЕ В ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ

1.1. Геоинформационное картографирование земельных ресурсов

Под *земельными ресурсами* понимают земли, земельные участки, которые используются или могут быть использованы в хозяйственной или иной деятельности. Земельные ресурсы играют огромную роль в развитии человеческого общества. Земля составляет основу жизнедеятельности человека и одновременно является природным ресурсом, носителем плодородия, источником материальных благ, территориальным базисом для размещения сооружений и коммуникаций, особым товаром и объектом правоотношений и др. С появлением хозяйства на земле возникли проблемы разграничения, раздела, перераспределения земельных ресурсов, упорядочивания хозяйственного использования, а позднее и охраны земель. Эффективное решение данных проблем требовало определения точного пространственного местоположения земель и составления карт.

Достаточно долгое время *процесс картографирования земель*, под которым понимается комплекс мероприятий по созданию земельно-кадастровых карт, осуществлялся традиционными методами картографии на основании полевых наземных инструментальных съемок. Появление аэро- и космосъемки значительно удешевило и упростило процесс картографирования.

Современные картографические материалы создаются в цифровом виде на основе *географических информационных систем (ГИС)*, представляющих собой информационные системы, обеспечивающие сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно координированных данных [3].

В подходе к картографированию земель в настоящее время происходят изменения, сопоставимые, возможно, лишь с теми, которые сопровождали переход от рукописных карт к печатным полиграфическим оттискам. Взаимодействие геоинформационных систем и картографии стало основой для формирования нового направления – *геоинформационного картографирования*, которое представляет собой автоматизированное составление и использование карт на основе геоинформационных технологий и баз географических (геологических, экологических, социально-экономических и др.) данных [2].

В рамках геоинформационного картографирования можно выделить отдельное направление, находящееся на пересечении геоинформатики, землеустройства и земельного кадастра, а также картографии – **г е о и н -**

формационное картографирование земель, которое заключается в автоматизированном составлении и использовании карт земельно-кадастровой системы на основе геоинформационных технологий и земельно-информационных баз геоданных (БГД).

Во многих странах геоинформационное картографирование земель почти полностью заменило традиционные методы картосоставления и картоиздания в данной области. Программно управляемое картографирование по-новому освещает многие традиционные проблемы, связанные с выбором математической основы и компоновки, введением новых изобразительных средств, генерализацией и т. д. Происходит слияние двух основных ветвей картографии: создания и использования карт. Многие трудоемкие прежде картометрические операции, преобразование изображений или их совмещение и многое другое, стали рутинными процедурами. Создание и использование карт земельно-кадастровой системы сейчас являются единым интегрированным процессом.

Геоинформационное картографирование земель в Республике Беларусь должно *обеспечивать*:

- ведение реестра административно-территориальных единиц (АТЕ) и территориальных единиц (ТЕ) Республики Беларусь;
- установление и восстановление границ земельных участков, сервитутов, обременений и ограничений;
- регистрацию прав на земельные участки;
- кадастровую оценку земельных участков;
- составление картографических приложений к юридическим документам;
- проведение землеустройства, решение задач по мониторингу земель, управлению земельными ресурсами, оценке и прогнозу состояния земель;
- ведение государственного учета земель;
- составление схем и проектов организации территории;
- осуществление контроля за использованием и охраной земель;
- подготовку справочных данных об использовании земель для соответствующих исполнительных и распорядительных органов;
- проведение работ по выбору земельного участка на местности, изъятию, предоставлению земель и подготовке данных для переноса проекта в натуру;
- выполнение функций землеустроительной документации при решении органами градостроительства и архитектуры задач территориального и пространственного планирования.

Основными *источниками данных* для целей ГИС-картографирования земельных ресурсов являются:

- данные дистанционного зондирования Земли;
- результаты наземной инструментальной съемки (геодезической, систем спутникового позиционирования);
- планово-картографические материалы (в растровом или бумажном виде);
- цифровые данные в векторном, GRID- и TIN-форматах.

1.2. Становление и развитие ГИС-методов картографирования земельных ресурсов

В становлении и развитии ГИС-методов картографирования земельных ресурсов можно выделить три основных этапа [4]:

- пионерный период (1960-е г.);
- период государственных инициатив (1970-е г.);
- период коммерческого развития (1980-е г. – настоящее время).

Пионерный период развивался на фоне успехов компьютерных технологий (появление электронных вычислительных машин, цифрователей, плоттеров, графических дисплеев и других периферийных устройств) при одновременном, часто независимом друг от друга, создании программных алгоритмов и процедур графического отображения информации на дисплеях и с помощью плоттеров, формальных методов пространственного анализа, программных средств управления базами данных. Возникновение и бурное развитие ГИС было предопределено богатейшим опытом топографического и особенно тематического картографирования, успешными попытками автоматизировать картосоставительский процесс, а также революционными достижениями в области компьютерных технологий, информатики и компьютерной графики.

Первый крупный успех ГИС-картографирования земель – это разработка и создание ГИС Канады. Начав свою историю в 1960 г., эта крупномасштабная ГИС поддерживается и развивается по сей день. Назначение ГИС Канады состояло в анализе многочисленных данных, накопленных Канадской службой земельного учета, и в получении статистических данных о земле, которые бы использовались при разработке планов землеустройства огромных площадей преимущественно сельскохозяйственного назначения. Для этих целей требовалось создать классификацию земель, используя данные по их сельскохозяйственной, рекреационной, экологической, лесохозяйственной пригодности, отразить сложившуюся структуру использования земель, включая землепользователей и земле-

владельцев. Наиболее узким местом проекта являлось обеспечение эффективного ввода исходных картографических и тематических данных. Для этого разработчикам ГИС Канады, не имевшим опыта по внутренней организации больших массивов пространственных данных, потребовалось создать новую технологию, ранее нигде не применявшуюся, позволяющую оперировать отдельными слоями и выполнять картометрические измерения. Было разработано и концептуальное решение о таблицах атрибутивных данных. Это позволило разделить файлы плановой (геометрической) геоинформации о местоположении объектов и файлы, содержащие тематическую (содержательную) информацию об этих объектах. Для ввода крупноформатных земельных планов было даже спроектировано и создано специальное сканирующее устройство.

Работы шведской школы геоинформатики концентрировались вокруг ГИС земельно-учетной специализации, в частности Шведского земельного банка данных, предназначенного для автоматизации учета земельных участков (землевладений) и недвижимости. Карты в основном строились в виде грубых алфавитно-цифровых распечаток – изображений, состоящих из букв и цифр, которые благодаря разной плотности создавали примитивный эффект полутоновых изображений.

Вторая половина 1960-х г. знаменательна работами Гарвардской лаборатории машинной графики и пространственного анализа. Созданное здесь программное обеспечение стало классическим в сфере автоматизированного картографирования. Благодаря работам была окончательно закреплена ведущая роль, которую играют картографические модели данных, картографический метод исследований, картографические способы представления информации в современных геоинформационных системах.

В *период государственных инициатив* в начале 1970-х г. ГИС были ориентированы на чисто утилитарные задачи инвентаризации земельных ресурсов, земельного кадастра и учета в интересах совершенствования системы налогообложения, решаемые путем автоматизации земельно-учетного документооборота в виде банков данных соответствующей специализации. Первый и главный шаг, который вывел ГИС из круга баз данных общего назначения, заключался во введении в число атрибутов операционных объектов (земельных участков, строений, физических и юридических лиц, ареалов использования земель, бонитировки почв или лесотаксации) признака пространства, в какой бы форме местоуказания (в координатах, в иерархии административной принадлежности, в терминах принадлежности к ячейкам регулярных сетей членения территории) он ни выражался. Достаточно революционным являлось уже указа-

ние координат центроидов объектов – прием, активно использовавшийся в Швеции.

В этот период сформировалось понятие пространственных объектов, описываемых их позиционными и непозиционными атрибутами. Оформились две альтернативные линии представления – растровые и векторные структуры, включая топологические линейно-узловые представления. Поставлены и решены задачи, образующие ядро геоинформационных технологий: наложение (оверлей) разноименных слоев, генерация буферных зон, полигонов Тиссена и иные операции манипулирования пространственными данными, включая определение принадлежности точки полигону, операции вычислительной геометрии вообще. Найдены эффективные решения других геометрических проблем, алгоритмы аналитических операций и графоаналитических построений.

Одним из примеров земельно-информационной системы (ЗИС) данного периода служит ЗИС штата Миннесота. Она была заложена как совместный проект Центра городских и региональных проблем штата Миннесота, Университета штата Миннесота и Агентства планирования этого же штата. В то время во многих штатах начиналась разработка земельных ГИС, что связано со стремлением упорядочить сбор земельных налогов. ЗИС штата Миннесота отличалась некоторыми особенностями, а главное – впервые дело было доведено до конца и показало свою эффективность. Система была растровой, с крупным зерном растра (чуть больше $0,16 \text{ км}^2$), и тем не менее оказалась достаточно эффективной.

Период коммерческого развития наступает в 1980-е г., когда отдельные компьютерные программные пакеты по обработке данных, по подготовке текстов или карт трансформируются в единую увязанную систему, способную помочь человеку в принятии ответственных решений. В это же время создаются компьютерные локальные и глобальные сети, революционно изменившие доступ к базам данных. Персональные компьютеры в ряде организаций уже начинают вытесняться рабочими станциями. Отмечается чрезвычайный динамизм развития ГИС. Разработка коммерческих программных средств ГИС, связанная в немалой степени с возможностями мини- и микроконфигураций вычислительных средств, а позже и персональных ЭВМ, существенно меняет всю геоинформационную индустрию, появление которой связывается именно с этим периодом. Создание ГИС стало основываться не на уникальных программных и аппаратных средствах собственной разработки, а на адаптации функциональных возможностей достаточно операционно универсальных программных продуктов применительно к анализируемым проблемам.

Именно это время стало периодом массового создания ГИС на базе персональных компьютеров.

Одним из ярких примеров этого периода является появление наиболее популярного в мире программного обеспечения ARC/INFO в Институте изучения систем окружающей среды (ESRI, Inc.) США, к созданию которого привело соединение стандартной реляционной системы управления базами данных (INFO) с программой (ARC). На сегодня данное программное обеспечение переросло в программный комплекс ArcGIS – мощное средство для ГИС-картографирования, в том числе и земельных ресурсов.

Именно в данный период происходит внедрение ГИС в сферу картографирования земельных ресурсов в нашей стране. Формируется инфраструктура локальных, региональных и центральной ЗИС Республики Беларусь. БГД локальных ЗИС наполняются пространственными земельно-кадастровыми данными. Внедряются ГИС и в процесс регистрации земельных участков, мониторинг и охрану земельного фонда. Начинают развиваться серверные ГИС.

1.3. Рынок программного обеспечения ГИС-картографирования земельных ресурсов

Бурное распространение геоинформационных технологий привело к тому, что сегодня на белорусском рынке действует уже несколько десятков организаций и фирм, распространяющих программное обеспечение ГИС, необходимое для целей ГИС-картографирования земель. Можно выделить несколько классов программного обеспечения, различающихся по функциональным возможностям и технологическим этапам обработки геоинформации. Однако при этом следует различать системы, свободно распространяемые, распространяемые коммерчески и специальные разработки, выполненные под индивидуальные проекты и не обладающие необходимой универсальностью, поддержкой развития, изданной и популярно написанной документацией и рядом других свойств, характерных для рыночного товара.

Программные средства ГИС-картографирования земель по функциональным возможностям делятся на пять основных используемых классов.

Первый, наиболее функционально полный, класс программного обеспечения – это **инструментальные ГИС**. Они могут быть предназначены для самых разнообразных задач: для организации ввода информации (как картографической, так и атрибутивной), ее хранения (в том числе и рас-

пределенного, поддерживающего сетевую работу), обработки сложных информационных запросов, решения пространственных аналитических задач, построения производных карт и планов и, наконец, для подготовки к выводу на твердый носитель оригиналов-макетов картографической продукции. Как правило, инструментальные ГИС поддерживают работу как с растровыми, так и с векторными изображениями, имеют встроенную базу данных для цифровой основы и атрибутивной информации или поддерживают для хранения атрибутивной информации одну из распространенных баз данных (Paradox, Access, Oracle и др.). Локальные ЗИС в Республике Беларусь создаются в программных продуктах компании ESRI, США (инструментальные ГИС *ArcView GIS*, *ARC/INFO Workstation*, *ArcGIS*). Кроме того, ГИС-картографирование земель возможно в следующих инструментальных ГИС: *AutoCAD Map* (Autodesk, США), *MapInfo Professional* (MapInfo Corporation, США), *ГИС Карта 2011* (Панорама, Россия), *GeoDraw/GeoGraph* (Центр геоинформационных исследований Института географии Российской академии наук, Россия) и др.

Второй важный класс – так называемые **ГИС-вьюеры**, т. е. программные продукты, обеспечивающие пользование созданными с помощью инструментальных ГИС базами геоданных. Как правило, ГИС-вьюеры предоставляют пользователю крайне ограниченные возможности пополнения баз данных. Во все ГИС-вьюеры включается инструментарий запросов к базам данных, выполнения операции позиционирования и зуммирования картографических изображений. Естественно, вьюеры всегда входят составной частью в средние и крупные проекты, позволяя сэкономить затраты на создание части рабочих мест, не наделенных правами пополнения БГД. Большинство вьюеров позволяет организовать вывод оформленного картографического планшета на твердый носитель. Наиболее распространенным вьюерным продуктам является *ArcReader* (ESRI, США). Менее распространены *VistaMap* (Intergraph, США), *WinMAP* (PROGIS, Германия) и др.

Третий класс – это **программные средства предобработки и дешифрирования ДДЗ Земли**. Сюда относятся пакеты обработки изображений, снабженные в зависимости от цены различным математическим аппаратом, позволяющим проводить операции со сканированными или записанными в цифровой форме снимками поверхности Земли. Это довольно широкий набор операций, начиная со всех видов коррекций, через географическую привязку снимков, вплоть до автоматизированного дешифрирования земель. Среди данных ГИС-продуктов следует отметить *ERDAS Imagine*, *ERDAS ER Mapper*, *Image Analysis for ArcGIS*, *Stereo*

Analyst for ArcGIS (ERDAS, США), *ENVI* (ITT Visual Information Solutions, США), *IDRISI Taiga GIS* (Clark Labs, Clark University, США), *MultiSpec* (Purdue Research Foundation и др., США), *PHOTOMOD* (Паккурс, Россия) и др.

Четвертый класс – **программы-векторизаторы**. Данные ГИС-пакеты специализируются на сканировании, сшивке и коррекции бумажных планово-картографических материалов с последующей векторизацией их содержимого в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Примерами данных программных продуктов являются *AutoCAD Raster Design* (Autodesk, США), *Easy Trace* (Easy Trace Group, Россия), *ArcScan for ArcGIS* (ESRI, США), *MapEDIT* (Резидент, Россия), *Spotlight/Spotlight Pro* (Consistent Software, Россия), *Панорама-редактор* (Панорама, Россия) и др.

Пятый класс – **программные средства обработки полевых геодезических наблюдений**. Данные пакеты, предусматривают импорт информации с GPS-приемников, электронных тахометров, нивелиров и другого автоматизированного геодезического оборудования, обработку и анализ данных, вычисление координат точек поворота границ земельных участков, а также создание планов границ земельных участков своими средствами, или же экспорт данных в инструментальные ГИС. В Беларуси чаще всего в качестве средств обработки результатов наземной инструментальной съемки используют *aGeodesy Suite* и *tGeodesy Suite* (БелНИЦзем, Беларусь), *Trimble Geomatics Office* (Trimble, США), *CREDO_DAT* и *CREDO ТОПОПЛАН* (Кредо-Диалог, Беларусь), *Survey Analyst for ArcGIS* (ESRI, США), *Комплекс геодезических расчетов* (Панорама, Россия) и др.

1.4. ГИС-картографирование земельных ресурсов в Республике Беларусь

1.4.1. Земельно-информационная система Республики Беларусь

Одним из примеров геоинформационного картографирования земельных ресурсов наиболее детально проработанных и успешно реализованных на примере многих АТЕ Республики Беларусь является **земельно-информационная система (ЗИС)**, представляющая собой комплекс программно-технических средств, баз пространственно-атрибутивных данных, каналов информационного обмена и других ресурсов, обеспечивающий автоматизацию накопления, обработки, хранения и предоставления сведений о состоянии, распределении и использо-

вании земельных ресурсов в электронном виде, в том числе средствами геоинформационных технологий [25].

ЗИС Республики Беларусь создается и используется для информационного обеспечения и автоматизации землеустроительных работ, мониторинга земельных ресурсов и предназначена для решения следующих основных *задач*:

- 1) формирование государственной статистической отчетности о состоянии и использовании земельных ресурсов;
- 2) выполнение работ по массовому первичному государственному кадастровому учету земельных участков и государственной регистрации прав на них;
- 3) составление документов, удостоверяющих право пользования, право пожизненного наследуемого владения земельным участком и право собственности на земельный участок;
- 4) подготовка материалов по предварительному согласованию места размещения объектов, изъятию и предоставлению земельных участков, их передаче в собственность, включение земельных участков в городскую черту, изменение границ административно-территориальных единиц;
- 5) контроль работ по установлению (восстановлению) границ земельных участков;
- 6) формирование кадастровых карт классов С и D;
- 7) ведение текущего государственного учета земель и др.

ЗИС Республики Беларусь имеет трехуровневую структуру и состоит из **Локальных ЗИС** (создаются в границах районов (населенных пунктов) Беларуси; эксплуатацию осуществляют землеустроительная и геодезическая служба соответствующего района (населенного пункта) и одно из предприятий Госкомимущества, уполномоченное осуществлять техническую поддержку Локальной ЗИС), **Региональных ЗИС** (создаются в границах областей Республики Беларусь по данным Локальных ЗИС; эксплуатацию осуществляют РУП «Проектный институт Белгипрозем» и его дочерние предприятия) и **Центральной ЗИС** (создается в пределах Государственной границы Республики Беларусь по данным Локальных и Региональных ЗИС; эксплуатацию осуществляет УП «Информационный центр земельно-кадастровых данных и мониторинга земель»).

ЗИС Республики Беларусь создается в равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса, вычисляемой в трехградусных зонах по параметрам эллипсоида Красовского, в СК-1963.

Пространственные данные Локальных ЗИС районов Республики Беларусь создаются с точностью топографической карты масштаба 1 : 10 000.

Средние погрешности в плановом положении объектов местности и четких контуров относительно ближайших пунктов геодезической основы не должны превышать 5 м (0,5 мм в масштабе 1 : 10 000).

Пространственные данные Локальных ЗИС населенных пунктов Республики Беларусь создаются с точностью топографических планов масштаба 1 : 2 000. Средние погрешности в плановом положении объектов местности и четких контуров относительно ближайших пунктов геодезической основы не должны превышать 1 м (0,5 мм в масштабе 1 : 2 000). На территориях с капитальной и многоэтажной застройкой погрешности во взаимном положении точек близлежащих важных контуров (капитальных сооружений, зданий и т. п.) не должны превышать 0,8 м (0,4 мм в масштабе 1 : 2 000).

БГД ЗИС Республики Беларусь содержит информацию о земельных участках, их границах и административно-территориальной принадлежности, распределении земель по категориям и видам прав на землю, землевладельцах и землепользователях, видах земель (земельное покрытие) и их мелиоративном состоянии, ограничениях землепользования, текущих изменениях в составе и распределении земель, а также элементы топографического содержания. Пространственные слои БГД ЗИС объединены в ряд групп слоев (табл. 1.1). БГД также содержит ряд информационных и справочных таблиц.

Создание БГД Локальной ЗИС включают в себя ряд этапов [26]: 1) подготовительные работы; 2) обработка материалов аэро- или космической съемки высокого разрешения; 3) создание растровой пространственной основы; 4) создание цифрового земельно-кадастрового плана (карты) (ЦЗКП); 5) формирование БГД Локальной ЗИС; 6) формирование компьютерной земельно-кадастровой карты; 7) составление технического отчета по созданию БГД Локальной ЗИС; 8) передача БГД Локальной ЗИС в эксплуатацию.

Предметом учета ЗИС являются земельные ресурсы Республики Беларусь, их состояние и использование; *объектом учета* – **виды земель**.

Согласно Кодексу Республики Беларусь о земле [12] земли Республики Беларусь по природно-историческим признакам, состоянию и характеру использования подразделяются на 14 видов.

Таблица 1.1

Пространственные слои БГД ЗИС [26]

Группы слоев	Слои	Типы слоев	Содержание
Границы	Административно-территориальные единицы (Admi)	Полигональный	Объекты административно-территориального и территориального деления
	Поворотные точки границ земельных участков (Lots1)	Точечный	Поворотные точки, границы и собственно земельные участки собственников, владельцев, пользователей, арендаторов
	Границы земельных участков (Lots2)	Линейный	
	Земельные участки (Lots3)	Полигональный	
	Ограничения землепользования (Serv)	Полигональный	Водоохранные зоны, прибрежные полосы, зоны санитарной охраны водозаборов, санитарно-защитные полосы водоводов, охранные зоны линий электросвязи, охранные зоны линий электропередач, охранные зоны трубопроводов, зоны радиоактивного загрязнения, земли оздоровительного назначения, земли рекреационного назначения, земли историко-культурного назначения, земли природоохранного назначения; земли, имеющие ограничения по строительству, благоустройству и т. п.; прочие зоны
Земли	Земли (Land)	Полигональный	Контуры земель
	Мелиоративное состояние земель (Melio)	Полигональный	Контуры видов мелиоративного состояния земель
	Почвы (Soil)	Полигональный	Тип, увлажнение, грансостав, подстиление, генезис участков почвенных разновидностей
Пересечение	Пересечение контуров землевладений, ограничений, земель и мелиорации (CrosTab)	Полигональный	Объекты, образованные пересечением слоев Lots, Serv, Land и Melio

Окончание табл. 1.1

Группы слоев	Слои	Типы слоев	Содержание
Детали	Коммуникации (Comm)	Линейный	Объекты коммуникаций
	Ограждения (Fence)	Линейный	Ограждения
	Внемасштабные объекты и символы (Obj)	Точечный	Точечные объекты и символы
	Аннотации (Text)	Точечный	Названия и подписи объектов или групп объектов
	Листы земельно-кадастровой карты (MapList)	Полигональный	Схема нарезки листов земельно-кадастровой карты территории ЗИС
Растры	Ortho10000	Каталоги изображений	Мозаичная растровая ортофотокарта района (населенного пункта)
	Ortho5000		
	Ortho2000		
	Тopo10000	Каталоги изображений	Мозаичные растровые топографические карты (планы)
	Тopo5000		
	Тopo2000		
	Тopo1000		
	Тopo500		
	Zem10000	Каталог изображений	Мозаичная растровая земельно-кадастровая карта района
	Sady2000	Каталоги изображений	Растровые планы садоводческих товариществ (кооперативов) и дачных поселков
	Sady1000		
	Sady500		
Изменения	Проектные участки (LotsNew)	Полигональный	Проектные земельные участки
	Зарегистрированные земельные участки (LotsREG)	Полигональный	Контуры земельных участков, зарегистрированные в ЕГРНИ и переданные в ЗИС для внесения в слой Lots
	Изменения точечных объектов (PointsUp)	Точечный	Участки изменения содержания точечных слоев БГД ЗИС
	Изменения линейных объектов (LinesUp)	Линейный	Участки изменения содержания линейных слоев БГД ЗИС
	Изменения полигональных объектов (PolyUp)	Полигональный	Участки изменения содержания полигональных слоев БГД ЗИС

Виды земель Республики Беларусь [12]: 1) пахотные земли; 2) залежные земли; 3) земли под постоянными культурами; 4) луговые земли; 5) лесные земли; 6) земли под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями); 7) земли под болотами; 8) земли под водными объектами; 9) земли под дорогами и иными транспортными коммуникациями; 10) земли под улицами и иными местами общего пользования; 11) земли под застройкой; 12) нарушенные земли; 13) неиспользуемые; 14) иные земли. Виды земель могут подразделяться на подвиды и разновидности путем уточнения природного состояния и хозяйственного использования земель при ведении государственного земельного кадастра.

Согласно Техническому кодексу установившейся практики [26] в БГД Локальной ЗИС для обозначения видов земель на слое «Земли» (Land) используется специальная кодировка **типов** (LandType) и **подтипов** земель (LandCode). Следует учитывать, что однозначной ассоциации между типами и (или) подтипами земель с видами земель нет.

К виду земель **пахотные** относят сельскохозяйственные земли, систематически обрабатываемые (перепаживаемые) и используемые под посевы сельскохозяйственных культур, включая посевы многолетних трав со сроком пользования, предусмотренным схемой севооборота, а также выводные поля, участки закрытого грунта (парники, теплицы и оранжереи) и чистые пары. В БГД ЗИС данный вид относится к типу **пахотнопригодные** (код 101) подтипу **пахотные** (код 3).

Сельскохозяйственные земли, которые ранее использовались как пахотные и более одного года после уборки урожая не используются для посева сельскохозяйственных культур и не подготовлены под пар причисляют к виду земель **залежные**. В БГД ЗИС данный вид относится к типу **пахотнопригодные** (код 101) подтипу **залежные** (код 4).

В состав вида земель **под постоянными культурами** входят сельскохозяйственные земли, занятые искусственно созданной древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями) или насаждениями травянистых многолетних растений, предназначенными для получения урожая плодов, продовольственного, технического и лекарственного растительного сырья, а также для озеленения. В БГД ЗИС данный вид земель относится к типу **многолетние** (код 102), подтипам сады (6), ягодники (7), плантации (8), плодопитомники (9) и прочие (5). К подтипу **сады** относят земли, занятые многолетними, чаще древесными насаждениями (семечковыми, косточковыми), созданные для получения плодов и ягод; **ягодники** – занятые многолетними кустарниковыми, полукустарниковыми и травянистыми растениями, предназначенные для получения ягод;

плантации – занятые многолетними насаждениями для выращивания специальных технических, лекарственных, декоративных культур; *плодотомники* – участки, предназначенные для выращивания посадочного материала плодово-ягодных культур.

Вид земель **луговые** образуют сельскохозяйственные земли, используемые преимущественно для возделывания луговых многолетних трав, земли, на которых создан искусственный травостой или проведены мероприятия по улучшению естественного травостоя (улучшенные луговые земли), а также земли, покрытые естественными луговыми травостоями (естественные луговые земли). В БГД ЗИС данный вид земель относится к типу **луговые** (код 103). Отдельно возможно ГИС-картографирование сенокосных и пастбищных земель. К *сенокосам* (подтипы 111–113, 121–123, 131–132) относят земли, постоянно занятые многолетними травами и систематически используемые под сенокосение, к *пастбищам* (подтипы 171–173, 181–182) – постоянно занятые многолетними травами и систематически используемые для выпаса животных, и такое использование является для них основным. Предусмотрено и целостное картографирование луговых земель (подтипы 111–114, 121–124, 131–134).

По культуртехническому состоянию луговые земли подразделяются на заливные, суходольные, заболоченные, чистые, закустаренные и улучшенные. *Заливными* (подтипы 111–114) являются луговые земли, расположенные в поймах рек, озер и по низинам, затапливаемые полыми водами на значительный срок (не менее 10 дней), вызывающими изменения в составе растительности; *суходольными* (подтипы 121–124, 171–173) – расположенные на повышенных и хорошо дренируемых элементах рельефа, увлажняемые, главным образом, атмосферными осадками, а также расположенные в поймах рек, кратковременно и не систематически затапливаемые полыми водами (на срок менее 10 дней), не вызывающими изменений в составе растительности; *заболоченными* (подтипы 131–132, 181–182) – расположенные на пониженных и слабо дренированных элементах рельефа, в условиях избыточного увлажнения, определяющиеся влаголюбивым составом травянистой растительности; *чистыми* (подтипы 111, 121, 131, 171, 181) – не покрытые кустарником, пнями, деревьями, кочками, камнями, или когда они равномерно покрывают не более 10 % площади участка; *закустаренными* (подтипы 112, 122, 132, 172, 182) – равномерно заросшие кустарниковой растительностью, занимающей от 10 до 70 % площади участка; *улучшенными* (подтипы 113, 123, 173) – земли, на которых проведены мероприятия по улучшению травостоя, а также занятые сеянными многолетними травами, используемые 7 и более лет.

К виду земель **лесные** относят земли лесного фонда, покрытые лесом, а также не покрытые лесом, но предназначенные для его восстановления (вырубки, гари, редины, пустыри, прогалины, погибшие древостои, площади, занятые питомниками, плантациями и несомкнувшимися лесными культурами и др.), предоставленные для ведения лесного хозяйства. В БГД ЗИС данный вид земель относится к типам: леса, посадки, поросль и прочие лесонепокрытые.

К **лесам** (код типа 201) причисляют земли, площадь которых покрыта кронами деревьев более чем на 20 %. По породному составу леса делят на *хвойные* (подтипы 291–293) – покрытые лесом, в котором примерно 75 % или более всех насаждений составляют хвойные виды деревьев; *лиственные* (подтипы 301–303) – покрытые лесом, в котором примерно 75 % или более всех насаждений составляют лиственные виды деревьев; *смешанные* (подтипы 311–313) – покрытые лесом, в котором в равной степени присутствуют хвойные и лиственные виды деревьев; не отнесенные ни к хвойным, ни к лиственным лесам. Кроме того, выделяют *леса без определения породного состава* (подтип 326).

По преимущественной функции леса кодируются как *производственного назначения* (подтипы 291, 301, 311; функция – производство древесины), *защитного и природоохранного назначения* (подтипы 292, 302, 312; функция – отдельно или в сочетании защита природных, сельскохозяйственных, промышленных, коммунальных или транспортных объектов от неблагоприятного воздействия природных или антропогенных факторов) и *рекреационного назначения* (подтипы 293, 303, 313; функция – отдых и туризм населения).

Тип земель – **посадки** (код 202) делится на подтипы по породному составу: *хвойные* (подтип 294), *лиственные* (304), *смешанные* (314) и *без определения породного состава* (327).

Аналогичным образом различают *хвойные* (подтип 295), *лиственные* (305), *смешанные* (315) и *без определения породного состава* (328) **поросли** (код типа 203) – земельные участки с деревьями до 4 м высоты, площади которых покрыты кронами более чем на 20 %.

Среди **прочих лесонепокрытых** (код типа 205) выделяются: *вырубки* (подтип 324) – лесосеки или их части, на которых древостой вырублен, а новый еще не сомкнулся; *гари* (подтип 325) – участки леса, поврежденные пожаром до степени прекращения роста, а также *прочие лесные* (подтип 329).

К виду земель **под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями)** относят земли, покрытые древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями), не входящей в лесной фонд. В БГД ЗИС

данный вид земель относится к типу **прочие лесопокрытые** (код 204). Различают подтипы прочих лесопокрытых земель (земли, кроны деревьев на которых покрывают до 20 % их площади) по преимущественной их функции: *производственного назначения* (код подтипа 321), *защитного и природоохранного назначения* (322) и *рекреационного назначения* (323). Кроме того, в данном типе картографируются *древесно-кустарниковая растительность вне лесхоза* (код подтипа 389), *земли под древесно-кустарниковой растительностью (кроме лесополос)* (код подтипа 3210), *земли под лесополосами и полосами кустарниковых насаждений* (код подтипа 3220). К подтипам земель, занятых древесно-кустарниковой растительностью относят, земли, покрытые многолетними, в основном низкорослыми растениями с древесными стеблями без явно выраженной главной оси ствола, с ветвями у самой поверхности земли, занимающими более 70 % площади участка.

Вид земель **под болотами** составляют избыточно увлажненные земли, покрытые слоем торфа. В БГД ЗИС данный вид земель относится к типу **болота** (код 206). В качестве подтипов картографируют *болота низинные* (код 34) – расположенные на пониженных участках рельефа, увлажняемые грунтовыми или поверхностными водами (по видовому составу данные болота осоковые или камышово-тростниковые); *верховые* (код 35) – расположенные на повышенных участках рельефа, увлажняемые атмосферными осадками (моховые) и *переходные* (код 36) – занимающие среднее положение между верховыми и низинными, увлажняемые за счет атмосферных осадков, грунтовых и поверхностных вод (мохово-осоковые).

К виду земель **под водными объектами** относят земли, занятые сосредоточением природных вод на поверхности суши (реками, ручьями, родниками, озерами, водохранилищами, прудами, прудами-копанями, каналами и иными поверхностными водными объектами). В БГД ЗИС данный вид земель относится к двум типам: **водотоки** (код 301) и **водоемы** (код 302). В типе земель водотоки отдельно картографируются подтипы *ручьи* (код подтипа 401), *реки* (40), *реки и ручьи* (400), *каналы и канавы* (43), в типе водоемы – *озера* (код подтипа 41), *водохранилища и пруды* (42), *прочие водные объекты* (39).

Вид **под дорогами и иными транспортными коммуникациями** образуют земли, занятые дорогами, просеками, прогонами, линейными сооружениями. В БГД ЗИС данный вид земель относится к трем типам: **дороги**, **железные дороги** и **элементы коммуникаций**.

Тип земель **дороги** (код 401) разделяется на ряд подтипов по степени технического совершенства дорожного покрытия. Это *дороги улучшен-*

ные (проезжая часть (код подтипа 446), обочины (447), кюветы (448), откосы (449), разделительные полосы (450)) – автомобильные дороги, имеющие твердое основание и покрытие из асфальта, бетона или цементобетона с шириной проезжей части не менее 7 метров; *проселочные дороги* (код подтипа 445) – непрофилированные без покрытия, соединяющие населенные пункты, дома лесников и т. д., служат выездом из населенных пунктов на улучшенные дороги; *просеки* (код 444) – узкие полосы, прорубаемые в лесном массиве для обозначения границ кварталов, для строительных целей, линий электропередач, трубопроводов и т. д.; *дороги полевые и лесные* (код 441) – естественные грунтовые дороги, по которым движение транспорта производится сезонно или эпизодически, главным образом в период полевых работ, лесоразработок, торфоразработок и *скотопрогоны* (код 704) – дороги, предназначенные для прогона по ним скота.

В качестве подтипов типа земель **железные дороги** (код типа 402) отдельно картографируют *полотно* (код подтипа 701), *кюветы* (702), *откосы* (703) и *грузовые и пассажирские платформы* (705).

Элементы коммуникаций (код типа 403) включают земли *под трубопроводами* (код подтипа 442); *мосты, путепроводы, эстакады* (443), а также *под прочими коммуникациями* (440).

К виду земель **под улицами и иными местами общего пользования** относят земли, занятые улицами, проспектами, площадями, проездами, набережными, бульварами, скверами, парками и другими общественными местами. В БГД ЗИС земли данного вида полностью формируют тип **зеленые насаждения** (код 502), где представлены подтипами *бульвары* (код 455), *газоны, клумбы* (456), *парки, скверы* (460). Кроме того, большинством подтипов *площади* (451), *улицы и проезды* (452), *проезжие части улиц и проездов* (453), *тротуары и пешеходные дорожки* (454)) – они представлены в типе **площади и улицы** (код типа 501) и одним подтипом (*прочие места общего пользования*, код 457) в типе **дворы** (код типа 503).

Вид **под застройкой** составляют земли, занятые капитальными строениями (зданиями, сооружениями), а также земли, прилегающие к этим объектам и используемые для их обслуживания. В БГД ЗИС земли данного вида полностью формируют тип **здания** (код 504), который делится на *жилые* (коды 454–466) и *нежилые* (467–469), причем в последнюю группу входят здания промышленного, коммунально-складского и общественного назначения, а также на подтипы *огнестойкие* (464, 467), *неогнестойкие* (465, 468) и *смешанные* (466, 469). К огнестойким относятся здания, стены и крыши которых выполнены из огнеупорного материала:

стены – кирпичные, железобетонные, из газосиликатных или керамзитобетонных блоков; крыши – металлические, черепичные (керамические, цементно-песчаные, металлические) и шиферные. К неогнестойким относятся деревянные здания, а к смешанным – такие, у которых нижний этаж выполнен из огнестойких материалов, а верхний и (или) крыша – из неогнестойких материалов, или все здание деревянное, но с тонкой огнестойкой облицовкой.

Земли под застройкой также формируют большинство подтипов типа **сооружения** (код 505). Это такие подтипы, как *постройки легкого типа* (код 470), *теплицы и парники* (471), *силосные ямы* (462), а также *прочие постройки* (472). В типе **дворы** (код 503) картографируются *хозяйственные дворы* (код подтипа 461), *открытые склады* (463), *загоны* (473), а также *усадебные земли* (67). В типе **площади и улицы** (код 501) *разделяют крыльца и отмостки зданий* (код подтипа 458) и *лестницы* (459).

Надо отметить, что на территории земельных участков граждан при создании цифрового земельно-кадастрового плана (карты) (ЦЗКП) масштаба 1 : 2 000 дешифрируются и цифруются все объекты местности (жилые и нежилые строения, крыльца и отмостки зданий, хозяйственные дворы, проезды, пешеходные дорожки, огороды, теплицы, сады, плантации), а при создании ЦЗКП в масштабе 1 : 10 000 – только здания, а остальная часть участка цифруется и кодируется как усадебные земли (код подтипа 67).

Вид земель **нарушенные** составляют земли, утратившие свои природно-исторические признаки, состояние и характер использования в результате вредного антропогенного воздействия и находящиеся в состоянии, исключающем их эффективное использование по исходному целевому назначению. В БГД ЗИС земли данного вида полностью формируют тип **нарушенные земли** (код 601). Среди подтипов выделяют *земли, нарушенные при разработке полезных ископаемых* (код 49), *земли, нарушенные при торфозаготовках и добыче сапропелей* (50), *земли, нарушенные при ведении строительных работ* (51), *прочие нарушенные* (48).

К виду земель **неиспользуемые** относят земли, не используемые в хозяйственной и иной деятельности. В БГД ЗИС Республики Беларусь они составляют тип **неиспользуемые земли** (код 602). Данный тип формируют *пески, лишенные растительности* (код подтипа 54), *овраги и промоины* (55), *валы* (56), *выгоревшие торфяники* (58), *бывшие сельскохозяйственные земли, загрязненные радионуклидами* (59), *курганы* (662), *ямы* (663), *вымочки* (664), *прочие неиспользуемые* (53).

К виду **иные** причисляют земли, не отнесенные ни к одному из вышеперечисленных видов. В БГД ЗИС к ним относятся следующие типы:

улучшаемые земли (код 701, подтипы: *в стадии мелиоративного строительства* (код 23); *в стадии восстановления плодородия*(24)), **разработки и стройплощадки** (код 702, подтипы: *разработки торфа и сепропелей* (37); *отвалы и терриконы* (665); *действующие карьеры и другие объекты в стадии добычи полезных ископаемых* (668); *действующие стройплощадки и другие объекты в стадии строительства* (669)), **свалки** (код 703, подтипы: *свалки бытовые* (63); *свалки промышленные* (64); *свалки загрязненных радионуклидами земель* (65); *прочие свалки* (62)), **захоронения** (код 704, подтипы: *кладбища* (60); *скотомогильники* (61)), **другие земли** (код 705, подтипы: *под бровками* (57); *другие земли*(666)), а также два подтипа типа **сооружения** (код 505, подтипы: *дамбы* (661); *другие откосы* (667)).

Мелиоративное состояние земель картографируется в БГД Локальной ЗИС в слое «Мелиоративное состояние земель» (Melio). В таблице атрибутов кодируются тип и подтип мелиоративного состояния (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Типы и подтипы мелиоративного состояния земель [26]

Тип (MelioType)	Подтип (MelioCode)	Наименование мелиоративного состояния
1 – осушение	1	Осушенные открытой сетью
	2	Осушенные закрытой сетью
2 – орошение	3	Орошаемые
	4	Орошаемые на осушенных открытой сетью
	5	Орошаемые на осушенных закрытой сетью
	50	Орошаемые
	60	Орошаемые на осушенных
3 – двойное регулирование	30	Осушенные открытой сетью с двухсторонним регулированием
	40	Осушенные закрытой сетью с двухсторонним регулированием
	6	Двустороннее регулирование с открытой сетью
	7	Двустороннее регулирование с закрытой сетью
	8	Польдеры
4 – заболоченность	9	Заболоченные
	10	Заболоченные по ложбинам

1.4.2. Автоматизированная система государственного земельного кадастра

Под **государственным земельным кадастром (ГЗК)** понимают совокупность систематизированных сведений и документов о правовом режиме, состоянии, качестве, распределении, хозяйственном и ином использовании земель, земельных участков [11].

В Республике Беларусь ГЗК состоит из [12]:

- единого реестра административно-территориальных (АТЕ) и территориальных единиц (ТЕ) Республики Беларусь (Реестр АТЕ и ТЕ);
- единого государственного регистра недвижимого имущества, прав на него и сделок с ним (ЕГРНИ);
- реестра цен на земельные участки государственного земельного кадастра (Реестр цен);
- регистра стоимости земельных участков государственного земельного кадастра (Регистр стоимости);
- реестра земельных ресурсов Республики Беларусь.

Информационное обеспечение *автоматизированной системы государственного земельного кадастра (ГЗК)* составляют базы данных регистров (реестров) автоматизированной системы ГЗК, цифровые кадастровые карты, входные и выходные формы и документы подсистем автоматизированной системы ГЗК; архивы и другая документация в цифровом виде.

Цифровые кадастровые карты являются документами ГЗК, созданными путем геинформационного картографирования и отражающими расположение объектов государственного учета, их адреса, границы, кадастровые номера и другую информацию. В зависимости от назначения, кадастровые карты подразделяются на четыре класса: базовые кадастровые карты (класс А), кадастровые карты административно-территориального деления (класс В), кадастровые карты состояния и использования земельного фонда (класс С), вспомогательные и тематические кадастровые карты (класс D).

В рамках **реестра АТЕ и ТЕ**, который содержит сведения о наименованиях, размерах и границах АТЕ и ТЕ, их административных центров, создаются **кадастровые карты административно-территориального деления (класс В)**. Цифровые кадастровые карты данного класса включают в себя топографическую основу (слои дорожной сети, гидрографии, растительности) и АТЕ и ТЕ (слои государственной границы Республики Беларусь, границ областей, границ районов, границ сельсоветов, границ городов и поселков городского типа, границ сельских населенных пунк-

тов, границ территорий специального режима использования). Для заполнения атрибутов АТЕ и ТЕ используют коды СОАТО. Создаются карты административно-территориального деления республики (класс В1, масштаб 1 : 500 000), административно-территориального деления области (класс В2, масштаб 1 : 200 000), административно-территориального деления района (класс В3, масштабы 1 : 50 000–1: 100 000).

ЕГРНИ содержит сведения и документы в отношении зарегистрированных земельных участков и расположенных на них объектах недвижимого имущества, в том числе сведения о местоположении земельных участков, их размерах, границах, о целевом назначении, правах на эти участки, об ограничениях (обременениях) прав на земельные участки, в том числе земельных сервитутах, а также сведения о сделках с ними. В рамках данного регистра по каталогам координат формируется слой земельных участков, зарегистрированных в ЕГРНИ в виде SHP-файла с соответствующими атрибутивными таблицами землепользователей (LotsREG). С использованием этих пространственных данных создаются **базовые кадастровые карты (класс А)**. Это карты городов и поселков городского типа или сельских населенных пунктов (класс А1, масштабы 1 : 2 000–1 : 10 000), а также карты земель района (класс А1, масштаб 1 : 10000). В рамках ЕГРНИ ведется *реестр наименований улиц и дорог (Реестр улиц)*. Пространственная информация данного реестра в векторном виде используется при внесении в ЕГРНИ адресов объектов недвижимого имущества.

Реестр цен содержит сведения о ценах на земельные участки и объекты недвижимого имущества, расположенные на этих участках, зафиксированных на момент совершения сделок с этими участками и объектами недвижимого имущества. Пространственная информация содержится в векторном виде и включает такие атрибутивные данные как адрес объекта недвижимого имущества, основные его характеристики, дату и цену сделки.

Регистр стоимости содержит сведения о кадастровой стоимости земельных участков, полученной при проведении их кадастровой оценки. В рамках данного регистра формируются цифровые слои оценочного зонирования, а также информация градостроительного, экологического, социально-культурного назначения относительно АТЕ и ТЕ Республики Беларусь, использованная при кадастровой оценке земель. Пространственная информация вспомогательного характера формирует кадастровые карты класса D1 данной тематики.

Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь содержит сведения о распределении земель по категориям, видам и землепользователям, составе, структуре, о состоянии, качестве и хозяйственном использовании земель, иные сведения о землях. В рамках данного класса формируются **кадастровые карты состояния и использования земельного фонда (класс С)**, которые содержат данные о структуре земель, их количестве, качестве, распределении по категориям, землевладельцам, землепользователям. Карты класса С используются для целей государственного учета земель, оценки, землеустройства и т. д. Это карты городов, иных населенных пунктов (класс С1, масштаб 1 : 2 000), а также земель сельскохозяйственных, лесохозяйственных и иных предприятий (класс С2, масштабы 1 : 5 000–1 : 10 000). Источником создания карт данного класса служит ЗИС Республики Беларусь.

К **вспомогательным (подкласс D1)** относятся кадастровые карты, создаваемые в порядке ведения государственного земельного кадастра: отдельных земельных участков, отражающие наличие на них объектов недвижимости, а также сервитутов, обременений и ограничений прав собственности; оценочных зон; обзорные, предназначенные для выделения кадастровых блоков. Создаются они в масштабах 1 : 200–1 : 2 000.

К **тематическим (подкласс D2)** относятся: карты землепользований (сельскохозяйственных предприятий, лесхозов и других предприятий, учреждений и организаций), отражающие комплекс сведений, характеризующих состояние и использование земель; почвенные, геоботанические и другие карты, характеризующие качественное состояние земель. Создаются они в масштабах 1 : 10 000–1 : 100 000.

Любая кадастровая карта формируется путем наложения на картографическую основу данных государственного земельного кадастра на определенную дату. Источником картографической основы для кадастровых карт классов А, В и Д являются кадастровые карты класса С или материалы топографических съемок.

1.4.3. Землеустройство

Землеустройство в Республике Беларусь включает в себя [12]:

- разработку проектов региональных схем использования и охраны земельных ресурсов, схем землеустройства АТЕ и ТЕ, территорий особого государственного регулирования;
- разработку проектов межхозяйственного землеустройства, в том числе проектов отвода земельных участков, оформление технической

документации и установление (восстановление) на местности границ объектов землеустройства;

- разработку проектов внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных организаций, в том числе крестьянских (фермерских) хозяйств, проектов организации и устройства территорий населенных пунктов, садоводческих товариществ, дачных кооперативов, особо охраняемых природных территорий и иных территориальных единиц;

- разработку рабочих проектов по рекультивации земель, земельных контуров, защите почв от эрозии и иных вредных воздействий, сохранению и повышению плодородия почв и иных полезных свойств земель, а также других проектов, связанных с охраной и улучшением земель;

- проведение инвентаризации земель, систематическое выявление неиспользуемых или используемых не по целевому назначению земель;

- проведение геодезических и картографических работ, почвенных, геоботанических и иных обследований и изысканий, осуществляемых для целей землеустройства, составление кадастровых и иных тематических карт (планов) и атласов состояния и использования земельных ресурсов;

- авторский надзор за реализацией схем и проектов землеустройства;

- осуществление землеустроительных мероприятий при проведении мониторинга земель, ведении государственного земельного кадастра, в том числе при проведении кадастровой оценки земель, земельных участков, осуществлении государственного контроля за использованием и охраной земель;

- выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также разработку и модернизацию аппаратно-программного комплекса (программного обеспечения), необходимых для осуществления землеустроительных мероприятий;

- подготовку землеустроительных материалов по разрешению земельных споров.

Выполнение данных мероприятий в настоящее время невозможно без геоинформационного картографирования. Информационное обеспечение и автоматизация землеустройства осуществляются средствами ЗИС.

При составлении **схем землеустройства районов** наряду с текстовой формируется и картографическая ее часть, которая отражает современное землепользование района и ограничения на него, предложения по перспективным направлениям использования земель [8]. **Картографическая часть** включает основные карты района масштаба 1 : 50 000, тематические карты масштаба 1 : 100 000, фрагменты карт других масштабов

и картосхемы. Данная часть преимущественно составляется на основе Локальных ЗИС. К *основным картам* относятся: 1) современное использование земель; 2) ограничения использования земель; 3) перспективное использование земель.

Состав и содержание *тематических карт* не ограничивается и определяется заданием на разработку схемы землеустройства. На тематических картах показывается современное состояние соответствующих объектов землеустройства и изменения, вытекающие из предложений и мероприятий схемы землеустройства. Изготовление тематических карт, на которых отражены результаты оценки природных условий и комплексно-ресурсной оценки, визуально аргументированы концепция и стратегия землеустройства, является обязательным.

Состав и содержание картосхем, графиков, диаграмм, фотографий и иных иллюстративных материалов в тексте схемы землеустройства, а также врезок на картах не регламентируется.

При межхозяйственном землеустройстве в процессе **изъятия и предоставления земельных участков** используются Локальные ЗИС районов Республики Беларусь. Так, на *этапе предварительного согласования места размещения земельного участка* (если данный этап необходим) и при составлении проекта отвода земельного участка используется ЦЗКП (фрагмент плана), который составляется в границах городов районного подчинения, сельских населенных пунктов, поселков городского в масштабе 1 : 2 000, за их пределами – в масштабе 1 : 10 000. План (фрагмент плана) по своей сути является выведенной на печать Локальной ЗИС.

После *установления границ предоставленного земельного участка на местности и государственной регистрации создания земельного участка и возникновения права на него* пространственная информация о земельном участке по каталогу координат точек поворота его границ внедряется в ЕГРНИ, а затем в виде SHP-файла (LotsREG) с соответствующими атрибутивными таблицами землепользователей (землевладельцев) вносится в Локальную ЗИС (слои «Поворотные точки границ земельных участков» (Lots1), «Границы земельных участков» (Lots2), «Земельные участки» (Lots3)).

При разработке **проектов меж- и внутрихозяйственного землеустройства** также активно используется пространственная информация ЗИС локального уровня в растровом и векторном виде. После выноса проекта в натуру информация о структуре земельного фонда внедряется в БГД Локальной ЗИС.

Вопросы для самопроверки:

1. Что понимается под геоинформационным картографированием? В чем заключаются особенности геоинформационного картографирования земельных ресурсов?
2. Перечислите основные источники данных для геоинформационного картографирования земельных ресурсов.
3. На каком этапе развития ГИС-методов картографирования земель появились первые земельно-информационные системы?
4. На какие группы по своим функциональным возможностям подразделяются программные средства, используемые при ГИС-картографировании земель?
5. Обозначьте и охарактеризуйте три уровня ЗИС Республики Беларусь.
6. С точностью топографической карты какого масштаба создаются Локальные ЗИС районов Республики Беларусь?
7. Перечислите группы пространственных слоев БГД ЗИС Республики Беларусь.
8. Каким образом виды земель ассоциируются с типами и подтипами земель БГД ЗИС Республики Беларусь? Приведите примеры.
9. Перечислите типы мелиоративного состояния земель БГД ЗИС Республики Беларусь.
10. На какие классы в зависимости от своего назначения подразделяются цифровые кадастровые карты в Республике Беларусь? Дайте характеристику каждому из классов.
11. Обозначьте основные направления применения геоинформационного картографирования для целей землеустройства в Республике Беларусь.
12. В каких масштабах создаются карты, относящиеся к картографической части схем землеустройства районов в Республике Беларусь?

2. ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Данные дистанционного зондирования, применяемые для целей ГИС-картографирования земельных ресурсов

Под **дистанционным зондированием** подразумевается получение информации о земной поверхности (включая расположенные на ней объекты) без непосредственного контакта с ней, путем регистрации приходящего от нее электромагнитного излучения [14]. Полученные таким образом **данные дистанционного зондирования (ДДЗ)** в цифровом виде интенсивно используются при геоинформационном картографировании земельных ресурсов. Для извлечения пространственной информации о земельном фонде из исходных данных требуются специальные методы обработки (дешифрирования) ДДЗ. Эти методы реализованы в системах обработки изображений. Но прежде, чем обрабатывать данные, необходимо разобраться, какими свойствами они обладают, и выбрать данные, оптимальные для решения задач геоинформационного картографирования земель.

ДДЗ возможно систематизировать по нескольким основаниям [1]: 1) по высоте, с которой выполнена съемка; 2) по масштабу и пространственному разрешению; 3) по диапазону регистрируемого излучения; 4) по технологическим способам получения снимков.

По высоте, с которой выполнена съемка, различают **аэрофотоснимки (АФС)** (источники получения: самолеты и вертолеты, радиоуправляемые модели; преимущественные высоты – от 500 м до 10 км) и **космические снимки (КС)** (источники получения: автоматические спутники, космические корабли, пилотируемые орбитальные станции; высоты – более 150 км). АФС и КС имеют важные различия при их использовании в целях ГИС-картографирования земель. Преимущества АФС – очень высокая детальность и оперативность, когда речь идет о небольших по площади территориях. Именно АФС в Республике Беларусь служат основой для создания ЗИС локального уровня. КС обладают рядом особых свойств (большая обзорность, комплексное отображение компонентов геосферы, регулярная повторяемость съемок, одновременная съемка в разных диапазонах регистрируемого излучения), позволяющих использовать их для ГИС-картографирования структуры и динамики земельного фонда.

Классификация ДДЗ по масштабу применима для аэрофотоснимков, что обусловлено их обработкой именно в масштабе съемки. Как правило,

соотношение между масштабами АФС и составляемой картой не превышает 3 : 1, а чаще масштаб снимка в 2 раза крупнее масштаба карты или близок к нему. В зависимости от характера использования АФС делятся на *сверхкрупномасштабные* (крупнее 1 : 5 000), *крупномасштабные* (1 : 10 000–1 : 25 000), *среднемасштабные* (1 : 50 000–1 : 60 000) и *мелкомасштабные* (1 : 100 000–1 : 200 000). Для геоинформационного картографирования земель в Республике Беларусь используются крупномасштабные и сверхкрупномасштабные аэроснимки.

Большинство КС дешифрируются не в масштабе съемки, как АФС, а со значительным увеличением. Оригинальный масштаб снимка может быть в три–пять и даже десять раз мельче масштаба составляемой по нему карты. Вследствие этого для КС важен не столько масштаб, сколько *пространственное разрешение*, которое характеризует размер на местности самой малой детали, воспроизведенной на снимке. Зависит данный показатель от высоты съемки, свойств объектива съемочной аппаратуры и других факторов и определяется размером элемента изображения, пиксела (рис. 2.1). В зависимости от решаемых задач, могут использоваться данные *очень низкого* (более 1 км), *низкого* (300 м – 1 км), *среднего* (50–200 м), *высокого* (1–40 м) и *очень высокого* (0,1–0,9 м) разрешений. Для ГИС-картографирования земельных ресурсов предпочтительно использовать КС высокого и очень высокого пространственного разрешения.

Диапазон регистрируемого излучения (спектральное разрешение) указывает на то, какие участки спектра электромагнитных волн регистрируются сенсором. Условно весь диапазон длин волн, используемых при получении ДДЗ, можно поделить на пять участков: *радиодиапазон* (длина волн более 1 мм); *средний и дальний инфракрасный (тепловой) диапазон* (3–1000 мкм); *ближний инфракрасный диапазон* (0,7–3 мкм), *видимый диапазон* (0,4–0,7 мкм); *ультрафиолетовый диапазон* (длина волн короче 0,4 мкм). Такое деление обусловлено различием взаимодействия электромагнитных волн и земной поверхности, различием в процессах, определяющих отражение и излучение электромагнитных волн.

Наиболее часто используемый диапазон электромагнитных волн – *видимый свет* и примыкающее к нему *коротковолновое инфракрасное излучение*. В этом диапазоне отражаемая солнечная радиация несет в себе информацию, главным образом, о химическом составе поверхности. Подобно тому, как человеческий глаз различает вещества по цвету, сенсор дистанционного зондирования фиксирует «цвет» в более широком понимании этого слова. Так, если человеческий глаз воспринимает видимую область спектра, то современные сенсоры способны различать десятки и сотни зон, что позволяет точно определять объекты и явления по их за-

ранее известным спектрограммам. Для многих практических задач такая детальность нужна не всегда. Если интересующие объекты известны заранее, можно выбрать небольшое число спектральных зон, в которых они будут наиболее заметны. Например, ближний инфракрасный диапазон очень эффективен в оценке состояния растительности. Одни комбинации спектральных зон лучше показывают земли под растительностью, другие – под антропогенными объектами, третьи – под водными объектами и т. д.



Рис. 2.1. Космические снимки с разным пространственным разрешением:
а – размер пиксела 1 м (QuickBird); б – размер пиксела 30 м (Landsat-7 ETM+;
комбинация красной, зеленой и синей зон видимого диапазона)

Обычно оптическая съемка ведется либо сразу во всем видимом диапазоне (*панхроматическая*), либо в нескольких более узких зонах спектра (*многозональная*). При прочих равных условиях, панхроматические снимки обладают более высоким пространственным разрешением. Они наиболее пригодны для задач геоинформационного картографирования земельных ресурсов, уточнения границ земельных участков, выделяемых на многозональных снимках меньшего пространственного разрешения.

Тепловое инфракрасное излучение несет информацию, в основном, о температуре поверхности. Помимо прямого определения температурных режимов видимых объектов и явлений (как природных, так и искусственных), тепловые снимки позволяют косвенно выявлять то, что скрыто под землей – подземные реки, трубопроводы и т. п. Следует отметить, что получение космических тепловых снимков высокого пространственного разрешения технически затруднительно, поэтому сегодня доступны снимки с разрешением около 100 м. Такие ДДЗ используются лишь как дополнительный источник информации при ГИС-картографировании земель.

Сантиметровый *диапазон радиоволн* используется для радарной съемки. Важнейшее преимущество снимков этого класса в их всепогодности. Поскольку радар регистрирует собственное, отраженное земной поверхностью, излучение, для его работы не требуется солнечный свет. Кроме того, радиоволны этого диапазона свободно проходят через сплошную облачность и даже способны проникать на некоторую глубину в почву. Отражение сантиметровых радиоволн от поверхности определяется ее текстурой («шероховатостью») и наличием на ней всевозможных пленок. Особенностью радарной съемки является ее высокая чувствительность к влажности почвы, что важно и для сельскохозяйственных приложений.

Существуют три основных **технологических способа получения снимков**: фотографический, оптико-электронный и радиолокационный. При **фотографическом** способе пространственное распределение спектральных яркостей элементов земной поверхности записывается непосредственно на светочувствительных материалах (черно-белой, цветной, спектральнозональной пленках). Преимуществом данного способа является возможность получения снимков с очень высоким разрешением, высокими геометрическими и фотометрическими свойствами. Такой способ по большей части применяется при аэрофотосъемке земельных ресурсов. При съемке из космоса недостатком метода становится его неоперативность. Кроме того, полученные таким способом ДДЗ требуют последующего их сканирования перед использованием в ГИС.

Принцип **оптико-электронного** способа получения ДДЗ заключается в поэлементном считывании вдоль узкой полосы отраженного земной поверхностью излучения, а развертка изображения идет за счет движения носителя, поэтому оно принимается непрерывно. Излучение, поступившее от источника, преобразуется в электрический сигнал, затем в виде радиосигнала отправляется на Землю, где снова преобразуется в электрический сигнал и фиксируется на магнитных носителях. Полученные таким образом снимки являются дискретными (состоят из пиксел) и при-

годны к непосредственной обработке и дешифрированию в ГИС. Пространственное разрешение таких данных зависит от размера пиксела.

При **радиолокационной съемке** происходит зондирование земной поверхности радиосигналом с помощью специального прибора – радиолокатора, представляющего собой активный микроволновый датчик, способный передавать и принимать поляризованные радиоволны в заданном диапазоне частот. Высокая яркость пиксела на снимках означает, что большая часть сигнала вернулась к антенне, низкая – наоборот. Отличительная особенность радиолокационных изображений – наличие так называемого спекл-шума.

Кроме того, в последние годы появились и приобретают все большее значение **видеосъемка** и **съемка цифровыми камерами**, основанные на использовании волоконной оптики.

Для целей ГИС-картографирования земель в Республике Беларусь наиболее часто используются данные, полученные фотографическим и оптико-электронным способами.

2.2. Предварительная обработка цифровых снимков

Цифровым снимком называют растровое изображение земной поверхности, хранящееся на магнитном носителе. ДДЗ в растровой модели представления пространственных данных хранятся в виде равномерной ячеистой структуры, формирующей прямоугольную матрицу, в которой каждый элемент (*пиксел*) принимает определенное значение спектральной яркости, присущее реальному пространственному объекту.

После получения необходимых ДДЗ и непосредственно перед геоинформационным картографированием земельных ресурсов снимки подвергаются **предварительной обработке**, включающей ряд этапов [10, 13, 14, 16]:

- геометрическая коррекция;
- радиометрическая калибровка;
- радиометрическая коррекция влияния атмосферы;
- восстановление пропущенных пикселов;
- яркостные преобразования;
- фильтрация.

Геометрическая коррекция включает в себя устранение на изображении геометрических искажений (орторектификация) и географическую привязку. Основными причинами геометрических искажений снимков являются кривизна поверхности Земли, влияние рельефа местности, вращение Земли и движение летательных аппаратов, с которых

выполняется съемка. Результат геометрических преобразований – географически привязанные, спроецированные и ортотрансформированные изображения с заданным референц-эллипсоидом.

Радиометрическая калибровка обусловлена необходимостью получения корректных значений спектральных яркостей объектов. Снимки, первоначально получаемые со спутников, записаны в виде так называемых «сырых» значений яркости. Данные в таком формате нельзя адекватно сопоставить с данными других съемок. Задача радиометрической калибровки заключается в приведении этих значений в физические единицы по специальным формулам. Данная коррекция имеет дело с варьированием значений яркостей пикселей, обусловленных сбоем или неисправностью детекторов, влиянием рельефа, атмосферными эффектами.

Радиометрическая коррекция влияния атмосферы обусловлена особенностями состава и состояния атмосферы при регистрации сенсором электромагнитного излучения. При прохождении через атмосферу электромагнитные волны поглощаются и рассеиваются. Причина – содержание в атмосфере озона, водяного пара, углекислого газа, кислорода, метана, пыли и дыма. Облачность также мешает съемке в оптическом диапазоне. Данные явления вызывают искажение значений яркости пикселей на снимках. Основные способы атмосферной коррекции:

1) оценка содержания в атмосфере водяного пара и аэрозолей (дыма) по снимкам, включающим участки, занятые водными поверхностями (облака и туманы хорошо видны на фоне воды, так как в красном и инфракрасном участках спектра поверхность воды по своим оптическим характеристикам близка к абсолютно черному телу);

2) использование математических методов построения моделей состояния атмосферы с учетом типов рассеяния в атмосфере, времени года, метеорологических данных.

Восстановление пропущенных пикселей на снимке производится в том случае, если во время съемки или передачи данных произошла замена значений яркости целой строки значениями соседней строки. Такие явления могут стать помехой при тематической обработке снимка. Восстановление осуществляется путем интерполяции с определенной погрешностью.

Яркостные преобразования цифрового снимка заключаются в изменении передаточной функции, которая характеризует связь яркости на местности с уровнем яркости на цифровом снимке. Среди яркостных преобразований панхроматических снимков выделяются контрастирование, подчеркивание контуров, квантование и цветокодирование [14]. Наиболее распространенными способами яркостных преобразований

многозональных снимков являются синтез цветного изображения, математические операции (отношение и вычитание, расчет вегетационных индексов, преобразование Каута–Томаса) и метод главных компонент.

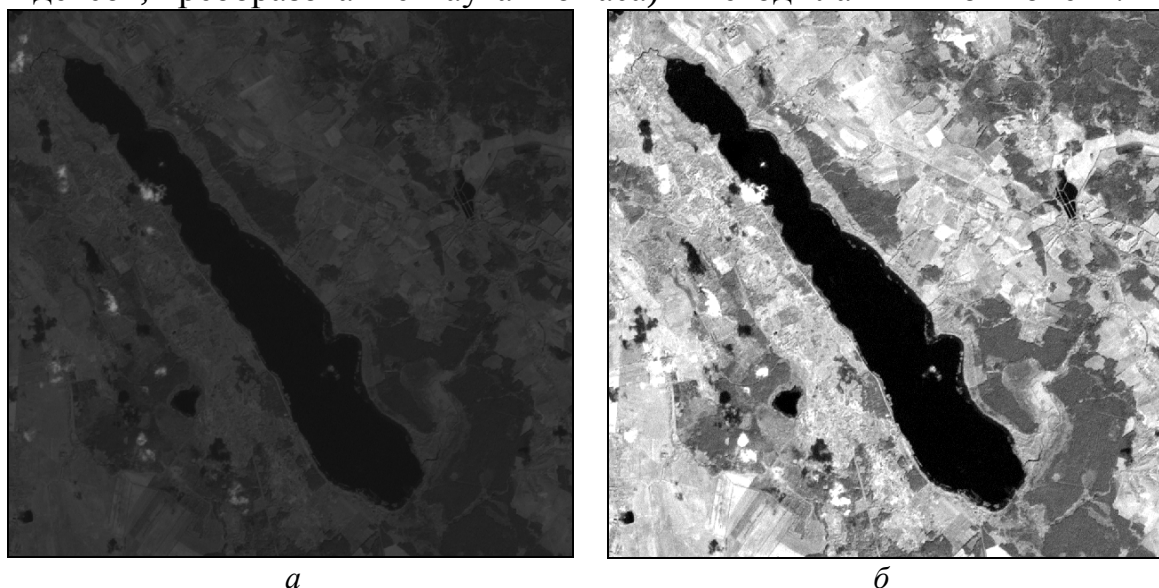


Рис. 2.2. Пример контрастирования исходного снимка Landsat ETM+ (0,52–0,90 мкм) (а) по методу линейного растягивания гистограммы (б)

Контраст изображения – это разность между максимальным и минимальным значениями яркости. **Контрастирование** выполняется путем преобразования гистограммы изображений, характеризующей распределение яркостей на снимке (по каждому из 256 уровней). Существует несколько методов повышения контраста путем цифровой обработки. При *линейном растягивании гистограммы* (рис. 2.2, а и б) всем значениям яркости снимка (например, 35–226) присваиваются новые значения с целью – охватить весь возможный интервал изменения яркости (0–255). При *нормализации гистограммы* на весь возможный интервал изменения яркости растягивается не вся гистограмма, а ее наиболее интенсивный участок. В процессе *выравнивания (линеаризации, эквализации) гистограммы* происходит изменение значений яркости пикселей таким образом, чтобы для каждого уровня яркости было одинаковое или близкое количество пикселей.

В процессе **подчеркивания контуров** производится сопоставление значений яркости каждого из пикселей и его «ближайших соседей» (непосредственно граничащих с ним). Последующие математические операции позволяют выявлять пограничные пиксели и увеличивать их значения яркости.

При **квантовании** уровни яркости изображения группируют в несколько относительно крупных ступеней. В полученном таким образом

изображении закономерности распределения яркостей становятся более отчетливо выраженными.

Цветокodирование позволяет улучшить квантированное изображение путем замены полутоновой шкалы на цветную. Однако использование данного преобразования целесообразно, если количество уровней яркости находится в пределах 10–30.

Принцип **синтеза цветного изображения** заключается в присвоении изображению в каждом из съемочных каналов своего цвета. В программах, предназначенных для обработки растровых изображений, чаще других применяется цветовая схема *RGB*. Согласно данной схеме любое изображение на цветном экране формируется из трех основных цветов – красного, зеленого и синего, а также дополнительных. Чаще всего синтезируют три зональных изображения в одно. Синтезировать можно не только зональные снимки, составляющие многозональный, но также изображения, полученные в результате более сложных преобразований, и разновременные снимки. Возможен также синтез изображений с разным пространственным разрешением.

Обычно используют следующие *стандартные комбинации зон*:

1) красная, зеленая и синяя зоны создают *композицию истинного цвета* (рис. 2.3, а). Истинный цвет означает, что объекты выглядят так, как они должны были бы восприниматься невооруженным глазом;

2) ближняя инфракрасная, красная и зеленая зоны создают *композицию ложного цвета*. Данная композиция выглядит аналогично снимку в инфракрасной области спектра, в которой, например, растительность представляется красной, вода – темно-синей или черной и т. д. (рис. 2.3, б).

Наиболее часто используемыми **математическими операциями** являются *деление значений яркости двух зональных изображений* при работе с многозональными снимками и *вычитание* – при анализе двух разновременных.

Вегетационным индексом называют показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) ДДЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Основное предположение по поводу использования вегетационного индекса состоит в том, что некоторые математические операции с разными каналами ДДЗ могут дать полезную информацию о растительности. Это подтверждается множеством эмпирических данных. Второе предположение – это идея о том, что открытая почва на снимке будет формировать в спектральном пространстве прямую линию (так называемая почвенная линия). Почти все распространенные вегетационные ин-

дексы используют только соотношение красного (RED) – ближнего инфракрасного каналов (NIR), предполагая, что в ближней инфракрасной области лежит линия открытой почвы. Подразумевается, что эта линия означает нулевое количество растительности.

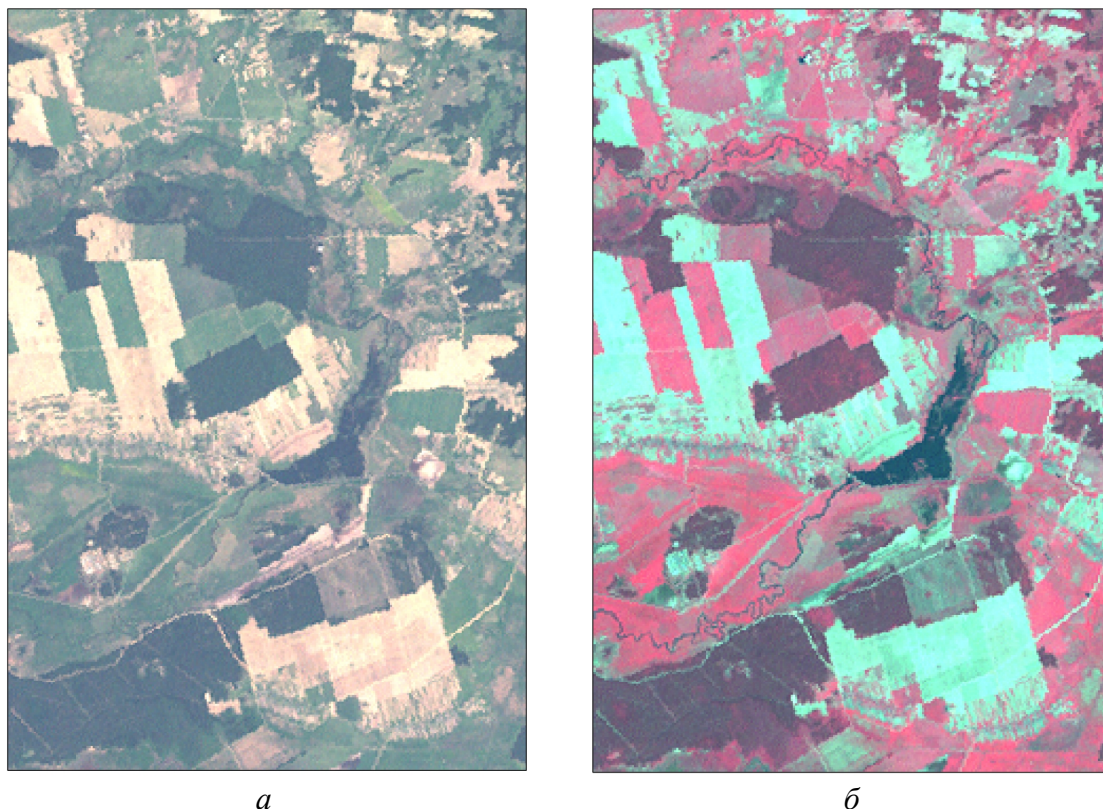


Рис. 2.3. Варианты цветного синтеза фрагмента многозонального космического снимка Landsat ETM+. Цвета красный, зеленый и синий присвоены соответственно снимкам в съемочных зонах: *а* – 3 (0,63–0,69), 2 (0,53–0,61), 1 (0,42–0,52); *б* – 4 (0,78–0,90), 3 (0,63–0,69), 2 (0,53–0,61)

На данный момент существуют два подхода по расчету направления линий одинаковой растительности (изовегетационных линий): 1) все изовегетационные линии сходятся в одной точке; 2) все изовегетационные линии идут параллельно почвенной линии. При первом подходе измеряют наклон линий между точкой конвергенции и точкой RED–NIR соотношения в пикселе (индексы NDVI, SAVI и RVI). При использовании второго подхода измеряют перпендикулярное расстояние от почвенной линии до точки RED–NIR в пикселе (индексы PVI, WDV и DVI).

Наиболее широко используется для определения количества фотосинтетически активной биомассы *нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI)*, рассчитываемый по формуле: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$. Значения индекса изменяются в диапазоне от минус 1 до 1 (рис. 2.4). Густая растительность имеет значение 0,7, разреженная –

0,5, открытая почва – 0,025, облака – 0, вода – -0,25, асфальт, бетон – -0,5.

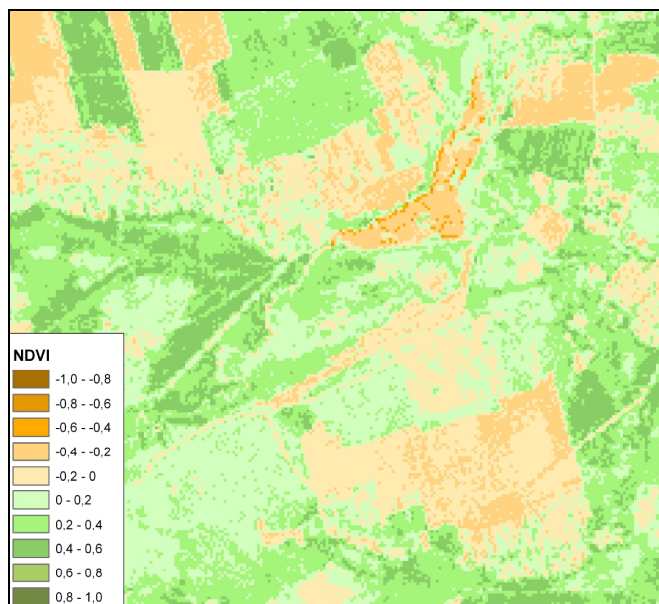


Рис. 2.4. Вегетационный индекс NDVI

При *преобразовании Каута–Томаса* («шапочка с кисточкой») в результате поворота осей, соответствующих яркостям цифрового снимка в трех зонах, представляющих оси трехмерного пространства, происходит перегруппировка зональных признаков снимка, при которой основная часть информации характеризуется двумя признаками: «яркость», т. е. индекс почвы, и «зеленость», индекс растительности.

Метод главных компонент основан на том, что многозональные изображения обладают значительной степенью корреляций между зонами. Смысл метода заключается в преобразовании исходного многозонального снимка путем создания новых зон – компонент, корреляция между которыми практически отсутствует. Обработка снимка на основе данного метода позволяет получить структурометрическую характеристику снимка, поскольку фиксирует частоту встречаемости яркостных признаков, непосредственно связанную с их пространственным распределением.

Фильтрация изображений позволяет усилить воспроизведение тех или иных объектов на снимке, подавить нежелательное вуалирование и устранить другие случайные помехи. Один из самых простых способов фильтрации – преобразование в скользящем окне. При таком преобразовании пересчитываются значения яркости всех пикселей изображения. Пересчет происходит для каждого пикселя таким образом: когда данный пиксел является центральным в окне, которое «движется» по снимку,

ему дается новое значение, которое является функцией от значений, окружающих его в окне пикселей. Размер окна может быть, например 3 x 3 или 5 x 5 пикселей. Каждый раз окно смещается на 1 пиксел и движется до тех пор, пока не пройдет весь снимок. Для всех пикселей окна устанавливаются весовые коэффициенты, исходя из целей дешифрирования.

2.3. Способы и методы дешифрирования

После проведения необходимых этапов предобработки на основе ДДЗ выполняется ГИС-картографирование земельных ресурсов путем дешифрирования.

Дешифрированием называют метод исследования объектов, явлений и процессов на земной поверхности, который заключается в распознавании объектов по их признакам, определении характеристик, установлении взаимосвязей с другими объектами [14]. В зависимости от содержания дешифрирование делят на *топографическое* и *специальное* (тематическое, отраслевое). При топографическом дешифрировании со снимков получают информацию о земной поверхности и расположенных на ней объектах. При специальном дешифрировании отбирают тематическую информацию сельскохозяйственного, лесохозяйственного, геологического и другого назначения.

Процесс дешифрирования начинается с *постановки общей задачи*. Задача ставится с учетом реальных возможностей получения материалов съемки, наличия соответствующего оборудования, квалификации дешифровщиков и т. д. По ДДЗ распознают виды земель (типы и подтипы земель БГД Локальной ЗИС Республики Беларусь).

При любом из способов дешифрирования обязателен **подготовительный этап**. В Республике Беларусь при создании БГД Локальной ЗИС данный этап включает в себя подготовительные работы, обработку материалов аэрофото- или космосъемки и создание растровой пространственной основы [26].

В рамках *подготовительных работ* выполняют сбор, изучение, определение качества и возможности использования, необходимую подготовку исходных картографических, аэро- и космосъемочных и фактографических материалов и данных для создания растровой пространственной основы для дешифрирования.

В качестве основных *картографических материалов и данных* при создании БГД Локальной ЗИС в Республике Беларусь используются: землеустроительные фотопланы масштаба 1 : 10 000; карты землепользований района масштабов 1 : 50 000, 1 : 10 000 и/или населенного пункта

масштабов 1 : 10 000, 1 : 2 000; расчлененные или совмещенные издательские оригиналы топографических карт и планов масштабов 1 : 10 000, 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 и 1 : 500 последнего срока обновления; планы территории садоводческих товариществ (кооперативов) масштабов 1 : 500 – 1 : 5 000 и ряд дополнительных материалов.

В качестве *аэро- и космосъемочных материалов* используются: цифровые АФС, цифровые КС, цифровые ортофотопланы масштабов 1 : 10 000 или 1 : 2 000, материалы фотограмметрической обработки данных аэро- или космической съемки.

В качестве основных *фактографических материалов и данных* используются: данные текущего учета состояния и использования земель; дела по установлению, восстановлению границ земельных участков; границы земельных участков, зарегистрированных в ЕГРНИ; данные единого реестра АТЕ и ТЕ Республики Беларусь; данные реестра наименований улиц и дорог ЕГРНИ; материалы по передаче земель сельских населенных пунктов в ведение сельских (поселковых) Советов депутатов; данные по передаче лесов в ведение органов лесного хозяйства; материалы по инвентаризации мелиоративных систем; данные по установлению водоохраных зон и прибрежных полос на реках и водоемах; материалы схем землеустройства районов; данные кадастровой оценки земель населенных пунктов и др.

Обработка материалов аэрофото- или космосъемки включает в себя последовательное выполнение нескольких видов работ. При использовании в качестве основы для дешифрирования материалов аэрофото-съемки выполняют: аэрофотосъемку → измерение и вычисление координат центров фотографирования с помощью спутниковой геодезической аппаратуры → фотолабораторные работы → планово-высотную привязку АФС → уравнивание координат пунктов съемочного обоснования и опознаков, определенных с помощью спутниковой геодезической аппаратуры → сканирование АФС и получение цифровых АФС → фотограмметрические работы по ориентированию цифровых АФС, уравниванию результатов фототриангуляции и построение проекта цифровой фотограмметрической системы.

Обработка материалов космической съемки включает следующие виды работ: формирование проекта цифровой фотограмметрической системы и загрузку в проект цифровых КС → планово-высотную привязку космоснимков → фотограмметрические работы по внешнему ориентированию космоснимков и уравниванию результатов фототриангуляции.

В процессе работ используют цифровые фотограмметрические системы типа Photomod (ЗАО «Ракурс», Россия) и фотограмметрические сканеры.

Растровая пространственная основа формируется на основе отсканированных и геопривязанных исходных картографических материалов, а также цифровых ортофотопланов, созданных в среде и средствами цифровых фотограмметрических систем и геопривязанных.

Существуют три основных **способа дешифрирования**: полевой, камеральный и комбинированный.

Полевое дешифрирование заключается в сопоставлении изображения на снимках с местностью, в результате чего опознаются объекты и определяются их свойства. Дешифрирование может быть наземным или аэровизуальным, сплошным или выборочным (маршрутным). В полевых условиях производится привязка (ориентирование) ДДЗ к местности, а затем осуществляется непосредственно дешифрирование, которое заключается в опознавании объектов и их обозначении на снимке. Если находятся объекты, не отраженные на ДДЗ, то их наносят на снимки с помощью приемников спутниковых систем определения координат или способами створов, промеров, линейной засечки и др. Основными достоинствами данного способа являются наивысшая полнота и достоверность результатов, недостатками – высокая трудоемкость, большие затраты времени и денежных средств.

Камеральное дешифрирование заключается в логическом анализе изображений с использованием всего комплекса дешифровочных признаков (визуально-логический вариант) или снимков-эталонов типичных участков, отдешифрированных в поле (эталонный вариант), а также с привлечением специальных программных средств (автоматизированный вариант) в лабораторных условиях. Основными достоинствами данного способа являются: экономия времени и денежных средств, комфортные условия труда, применение различных технических средств автоматизации, возможность использования вспомогательных источников информации. Однако при дешифрировании объектов подобным способом могут быть допущены погрешности, что скажется на достоверности дешифрирования и потребует полевой доработки материалов дешифрирования.

Комбинированное дешифрирование сочетает в себе процессы и технологические приемы полевого и камерального способов. Основными его достоинствами являются высокая экономическая эффективность и достоверность получаемых результатов. Именно комбинированным способом выполняется дешифрирование земель в Республике Беларусь.

На *первом этапе* в камеральных условиях выполняется *дешифрирование и цифрование объектов цифрового земельно-кадастрового плана (карты) (ЦЗКП)* в стерео- или моноскопическом режимах по растровой пространственной основе, созданной по материалам аэро- или космической съемки. Кроме того, формирование объектов плана (карты) происходит на основе дополнительных данных (цифрования исходных картографических материалов, в результате построения их по каталогам координат или другим данным геодезической съемки, в результате импорта из БГД других информационных систем).

При камеральном дешифрировании применяется следующий *порядок цифрования объектов ЦЗКП*:

- объекты административно-территориального деления (сначала координированные, а затем – остальные) в слое Admi;
- земельные участки (сначала координированные, а затем – остальные, сначала юридических лиц, затем – остальных) в слое Lots;
- водные и гидротехнические объекты (слой Land);
- объекты улично-дорожной сети (слой Land);
- земли в пределах населенных пунктов (слой Land);
- мелиорированные земли;
- сельскохозяйственные угодья (слой Land);
- леса и кустарники (слой Land);
- болота и заболоченные земли (слой Land);
- прочие земли (слой Land);
- объекты слоя Fence;
- объекты остальных слоев Comm, Obj, Serv, Melio [26].

Проект полевых работ формируется в процессе камерального дешифрирования и цифрования объектов ЦЗКП. Незакодированные полигональные и линейные объекты ЦЗКП выделяются на карте красным цветом, а незакодированные точечные объекты или неопределенные характеристики-подписи объектов – красными вопросительными знаками. Результаты камерального дешифрирования и цифрования выводятся в виде фотокарт на печать и служат исходным материалом при выполнении полевого дешифрирования. На фотокартах отображаются совмещенные изображения: цифрового ортофотоплана (в виде полутонного изображения), оцифрованных объектов ЦЗКП в виде упрощенных условных знаков и их подписей (в виде штрихового изображения, возможно с элементами заливки), элементы зарамочного оформления. В дополнение к проекту полевых работ формируется текстовый документ, который дол-

жен содержать перечень вопросов для уточнения в процессе полевого дешифрирования и ссылки на номера объектов проекта полевых работ.

По материалам выполненного камерального дешифрирования намечаются районы сплошного полевого дешифрирования, оптимальные маршруты полевого контроля и обследования с таким расчетом, чтобы охватить все неотдешифрированные в камеральных условиях объекты и обеспечить полный контроль камерального дешифрирования и в первую очередь – застроенных территорий.

На *втором этапе* выполняют *полевое дешифрирование*. При этом производят обследование и нанесение на фотокарту всех объектов, неотдешифрированных в камеральных условиях; выполняют привязку объектов, не отображенных на аэроснимках (космоснимках) и нанесенных на фотокарту в процессе полевых работ, к объектам, оцифрованным в процессе камерального дешифрирования; осуществляют контроль результатов камерального дешифрирования в процессе движения по маршрутам и исправление выявленных ошибок камерального дешифрирования; создают отметки на фотокартах (посредством перечеркивания) утраченных ко времени полевых работ объектов; выполняют инструментальные определения числовых характеристик новых объектов и объектов, сведения о которых отсутствуют в материалах подготовительных работ.

На *третьем этапе* в камеральных условиях производят *цифрование и редактирование объектов ЦЗКП, выявленных и уточненных в результате полевого дешифрирования*, а также контрольную печать, топологическую и редакционную проверку объектов и слоев ЦЗКП.

Методы дешифрирования ДДЗ при всем их разнообразии сводятся к двум основным: **визуальному** и **автоматизированному**. При визуальном дешифрировании информация со снимков считывается и анализируется человеком. Автоматизированное дешифрирование полностью выполняется с помощью специального программного обеспечения. Человек определяет задачи и задает алгоритм обработки данных дистанционного зондирования.

Следует отметить, что при компьютерной обработке ДДЗ анализ изображения ведется по формальным признакам, поэтому получаемые результаты лишены субъективизма. Однако эксперименты по определению достоверности компьютерной классификации показывают, что число верно определенных объектов составляет 60-80 %. Результат тем лучше, чем сильнее различаются объекты по своим оптическим свойствам. Определенный субъективизм результатов визуального дешифрирования не всегда носит отрицательный характер, он аналогичен субъективизму карты. Таким образом, сопоставление визуального и автоматизированно-

го методов дешифрирования показывает, что любой из них имеет свои преимущества и ограничения, поэтому, исходя из поставленной задачи, предпочтение отдается одному из них или оба используются параллельно.

2.4. Визуальное дешифрирование.

Особенности визуального дешифрирования земельных ресурсов

Визуальное дешифрирование в среде ГИС предполагает дешифрирование и цифрование объектов земельного фонда дешифровщиком в стерео- или моноскопическом режимах по материалам аэро- или космической съемки в растровом виде. Успех дешифрирования зависит не только от качества используемых материалов, но и от дешифровщика, особенностей его зрительного и логического восприятия. Процесс визуального анализа изображения принято делить на три стадии: *обнаружение*, *опознавание* и *интерпретация*. Последняя предполагает выявление существа объекта, отнесение его к какой-либо категории, предусмотренной легендой ЦЗКП или ранее известной дешифровщику, т.е. связана с логическим восприятием. Две первые представляют особенности зрительного восприятия (восприятие яркости, цвета, размера и объема). Дешифрирование и цифрование в стереоскопическом режиме выполняется с помощью специальных цифровых фотограмметрических систем, в моноскопическом – в любой из инструментальных ГИС.

Дешифровщик при визуальном дешифрировании опирается на диагностический аппарат, который включает в себя **дешифровочные признаки** – свойства объектов, нашедшие отражение на снимке и используемые для распознавания этих объектов.

Дешифровочные признаки принято подразделять на **прямые дешифровочные признаки** – свойства объектов, находящие непосредственное отображение на снимках, и **косвенные**, или **индикационные дешифровочные признаки** – взаимосвязи и взаимообусловленность природных и антропогенных объектов, характеризующие объект дешифрирования опосредованно, через какой-либо прямой дешифровочный признак других природных или антропогенных объектов или их комплекс.

Прямые дешифровочные признаки принято делить на три группы [14]:

- 1) **геометрические** (форма, тень, размер);
- 2) **яркостные** (тон, уровень яркости, цвет, спектральный образ);
- 3) **структурные** (текстура, структура, рисунок).

Форма является достаточным признаком для разделения объектов природного и антропогенного происхождения (рис. 2.5). Антропогенные

объекты, обычно, отличаются правильностью конфигурации. Для объектов природного происхождения типична неправильная, часто сложная форма.

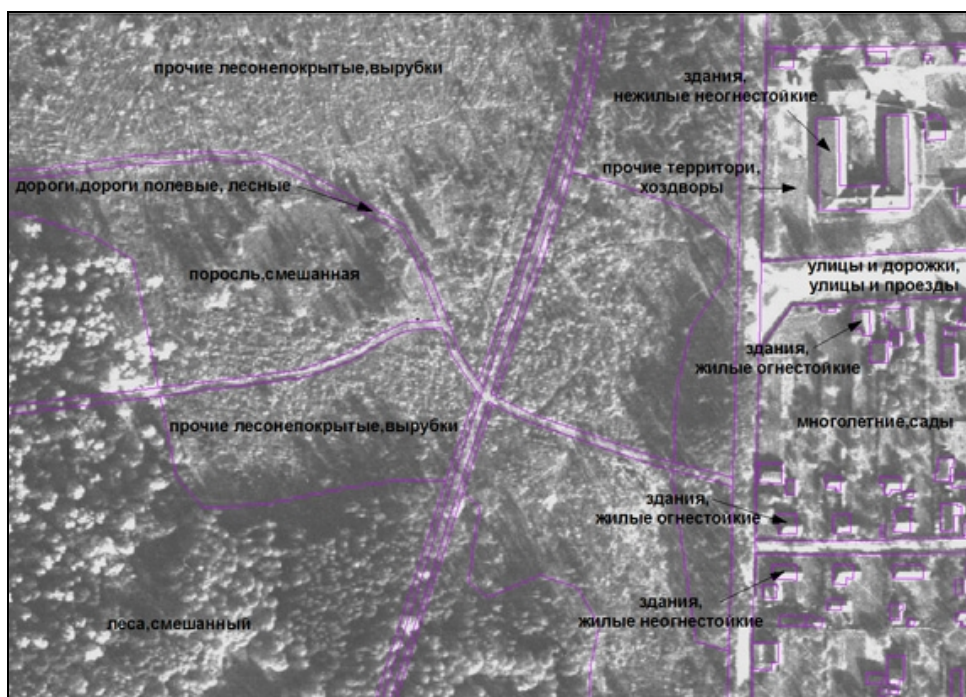


Рис. 2.5. Пример разделения земель, занятых природными и антропогенными объектами по форме их отображения

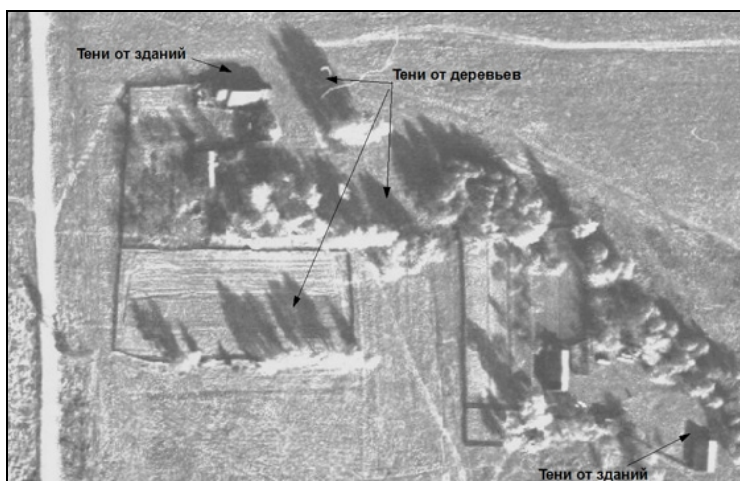


Рис. 2.6. Оценка формы и размеров объектов по падающим от них теням

Тень позволяет судить о пространственной форме объектов (рис. 2.6). Различают собственную тень (часть объекта, не освещенная прямым солнечным светом) и падающую (тень от объекта на земной поверхности или поверхности других объектов). Собственная тень позволяет судить о

поверхности объектов, имеющих объемную форму, падающая тень определяет вертикальную протяженность, силуэт объекта.

Размер при дешифрировании в большинстве случаев оценивается относительно. По размеру можно идентифицировать класс дорог, величину строений, лесной и древесно-кустарниковой растительности и др.

Тоном называют оптическую плотность изображения на черно-белых снимках. Признак является функцией интегральной или зональной яркости объекта. Тон оценивается визуально путем отнесения изображения к определенной ступени нестандартизированной ахроматической шкалы (белый, почти белый, светло-серый, серый, темно-серый, почти черный, черный). Число ступеней определяется порогом световой чувствительности зрительного аппарата дешифровщика. Данный признак является недостаточно информативным, так как совершенно различные по цвету объекты могут отобразиться на черно-белом снимке одинаковым тоном (рис. 2.7).

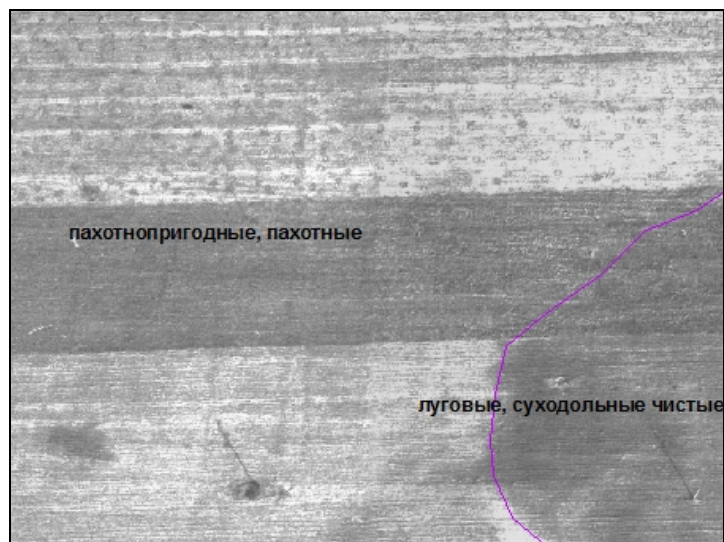


Рис. 2.7. Варьирование тональности одного типа и подтипа земель на аэрофотоснимке

На цифровом снимке интегральная или зональная яркость объекта закодирована *уровнями яркости* полутоновой шкалы (от 0 до 255 оттенков серого).

Цвет является более информативным дешифровочным признаком, чем тон черно-белого изображения. На цветных снимках различия в спектральной яркости объектов передаются именно данным признаком. Следует отметить, что цветовая чувствительность глаза человека значительно выше, чем ахроматическая.

На многозональных снимках различия в спектральной яркости объектов отображаются набором тонов или уровней яркости в зонах и называются *спектральным образом*.

Текстурой называют характер распределения оптической плотности по полю изображения объекта. Через текстуру передаются структурные особенности объекта – форма, размер и взаимное положение составляющих объект или образующих его поверхность элементов и их яркость. При визуальном дешифрировании текстура описывается одним-двумя прилагательными, например зернистая, пятнистая, полосчатая, сетчатая. Регулярная текстура – типична для объектов, связанных с деятельностью человека, нерегулярная – для природных образований (рис. 2.8). Текстура относится к наиболее информативным признакам. Именно по текстуре безошибочно опознаются леса, сады, населенные пункты и многие другие объекты. Часто структурные признаки разделяют на *текстуру*, *структуру* и *рисунок*. Данная градация весьма условна, связана с размером текстурных признаков и меняется в зависимости от масштаба.



Рис. 2.8. Разделение земель, занятых природными и антропогенными объектами, по регулярности и нерегулярности их текстуры

Косвенные дешифровочные признаки подразделяются на природные, антропогенные и природно-антропогенные. К **природным (ландшафтным)** относятся взаимосвязи и взаимообусловленности объектов и явлений в природе. Например, зависимость вида растительного покрова от типа почвы. С помощью **антропогенных** признаков опознают объекты, созданные человеком. При этом используют функциональные связи между объектами, их положение в общем комплексе сооружений, зональную специфику организации территории, коммуникационное обеспечение объектов. Например, животноводческая ферма сельскохозяйст-

венного предприятия может быть опознана по совокупности основных и вспомогательных построек, внутренней планировке территории, интенсивно выбитым прогонам, характеру дорожной сети. К **природно-антропогенным** относят: зависимость хозяйственной деятельности человека от определенных природных условий, проявление свойств природных объектов в деятельности человека и др. Пример: по размещению некоторых видов культур можно составить определенное суждение о свойствах почвы.

Надо отметить, что дешифровочные признаки обычно используются совокупно, без подразделения на какие-либо группы. Изображение на дешифрируемом участке воспринимается дешифровщиком как единое целое – модель местности.

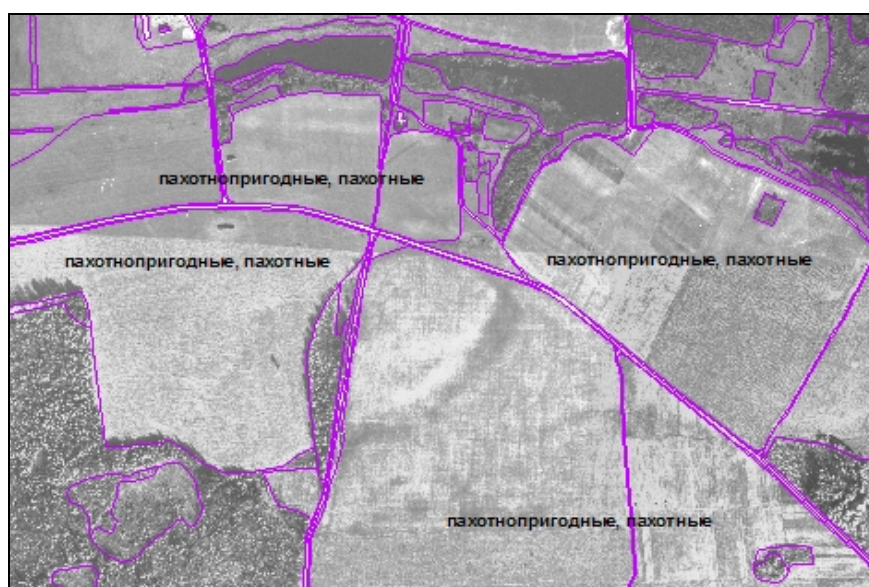


Рис. 2.9. Отображение на аэрофотоснимке пахотных земель

В Республике Беларусь визуальное дешифрирование является преимущественным методом ГИС-картографирования земельного фонда. Большинство случаев в качестве исходных данных используются черно-белые цифровые ортофотопланы. Дешифрирование производится в разрезе видов земель (типов и подтипов земель БГД Локальной ЗИС Республики Беларусь). Поэтому целесообразно обозначить **основные особенности визуального дешифрирования земель** в разрезе видов.

Пахотные земли отличаются на снимках четкостью границ, определенной «геометричностью» формы (рис. 2.9). Тон изображения земельных участков, занятых пашней, преимущественно светлый, однако он не может быть достаточно надежным самостоятельным признаком. Даже на одном снимке тон различных участков пашни может изменяться, что

связано с различным видовым составом культур и особенностью их отображения на ДДЗ, сезоном выполнения съемки. Информативность цвета изображения пашни значительно больше. Характерна полосчатая текстура, обусловленная наличием различных сельскохозяйственных культур или различным временем вспашки. Однако она неустойчива во времени. Наиболее вероятными ошибками дешифрирования пашни являются отнесение некоторых контуров пашни к залежи и наоборот, а также отнесение к пашне луговых земель, распахиваемых с целью коренного их улучшения [6].

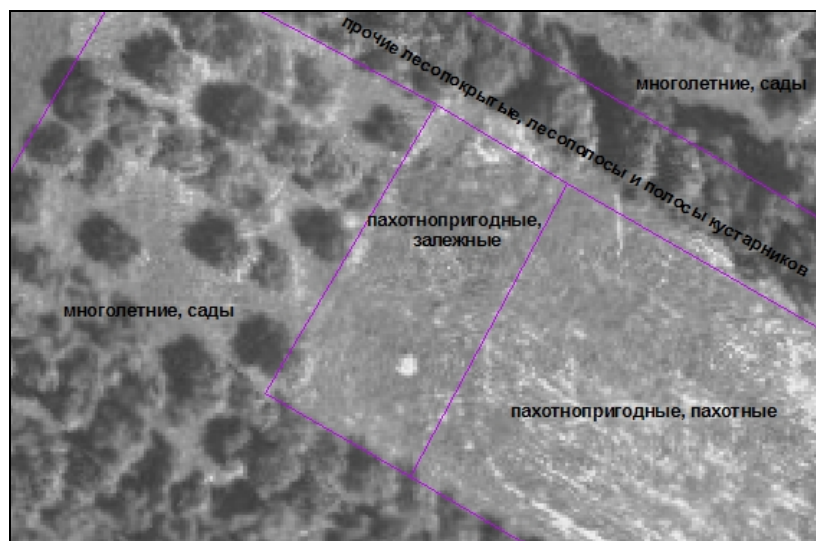


Рис. 2.10. Отображение на аэрофотоснимке залежных земель

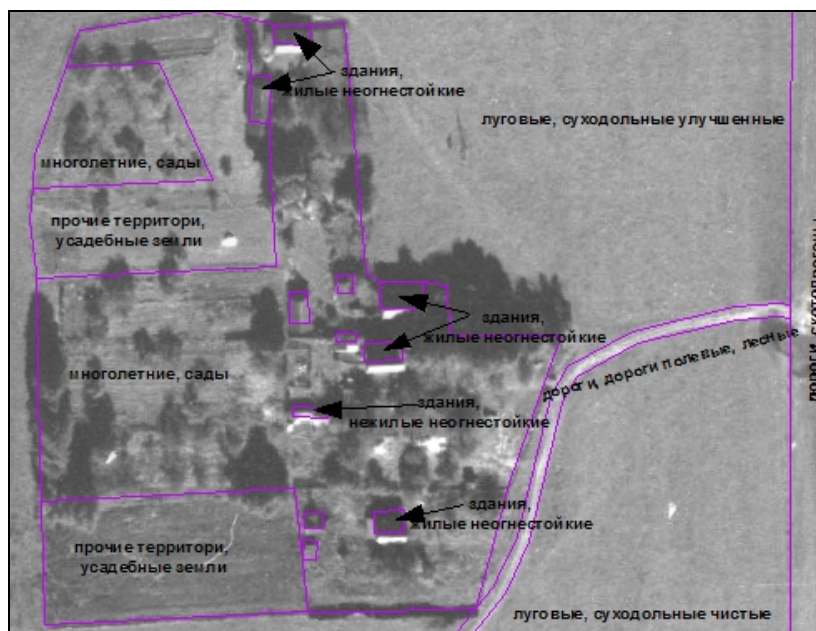


Рис. 2.11. Отображение на аэрофотоснимке земель под постоянными культурами

Дешифровочные признаки **залежных земель** и пахотных очень близки. Границы и следы обработки почвы и соответственно полосчатая текстура изображения сохраняются многие годы. Однако со временем появляются признаки прекращения обработки – локальная нечеткость текстуры, возникновение в текстуре пятен (зерен) отображения сорняков и древесной растительности (рис. 2.10). Косвенным признаком залежи является приуроченность земель к овражным и балочным элементам рельефа.

Основным дешифровочным признаком **земель под постоянными культурами** является сетчатая или полосчатая текстура изображения (рис. 2.11). При наличии сведений о типах насаждений, встречающихся в районе выполнения работ по дешифрированию, достоверность распознавания насаждений повышается.

Форма и размеры участков, занятых **луговыми землями**, неопределенные, так как их границами служат границы пашни, залежи, леса, а также топографические элементы местности. Текстура изображения изменяется в зависимости от качественных характеристик лугов. Ровный и однородный тон луговой растительности, в зависимости от условий освещения при аэрофотосъемке и степени увлажнения, может изменяться от светлого до темно-серого (рис. 2.12). При дешифрировании луговых земель важную роль играют косвенные дешифровочные признаки. Так, луговые земли, используемые под сенокосы, отличается приуроченность к определенным природным комплексам, отсутствие возможности прогона скота к участку и, в целом, отсутствие признаков систематического его выпаса. Напротив – луговые земли, используемые под пастбища, определяют по положению относительно населенных пунктов и, в частности, относительно скотных дворов с установлением возможности прогона скота к пастбищному участку, наличие множества выбитых скотом троп, вытоптанных у водопоев и на местах стоянок, наличие специальных сооружений (загонов, навесов и т. п.).

Основным дешифровочным признаком **лесных земель и земель под древесно-кустарниковой растительностью** является характерная нерегулярная текстура фотоизображения, которая выражается в зернистости неправильной формы, создаваемой чередованием округлых пятен (проекций крон деревьев) и различных по очертаниям промежутков между ними, частично или полностью занятых темными по тону тенями, отбрасываемыми деревьями. При стереоскопическом просмотре высота деревьев воспринимается достаточно отчетливо. Величина и форма зерен зависят от размеров и строения крон деревьев на местности, а также от густоты леса. Кроме рисунка, помогает учет тона фотоизображения. Как

правило, хвойные леса характеризуются более темными тонами, нежели лиственные. Большие возможности для распознавания состава насаждений предоставляются при использовании многозональных космоснимков.



Рис. 2.12. Отображение на аэрофотоснимке луговых земель

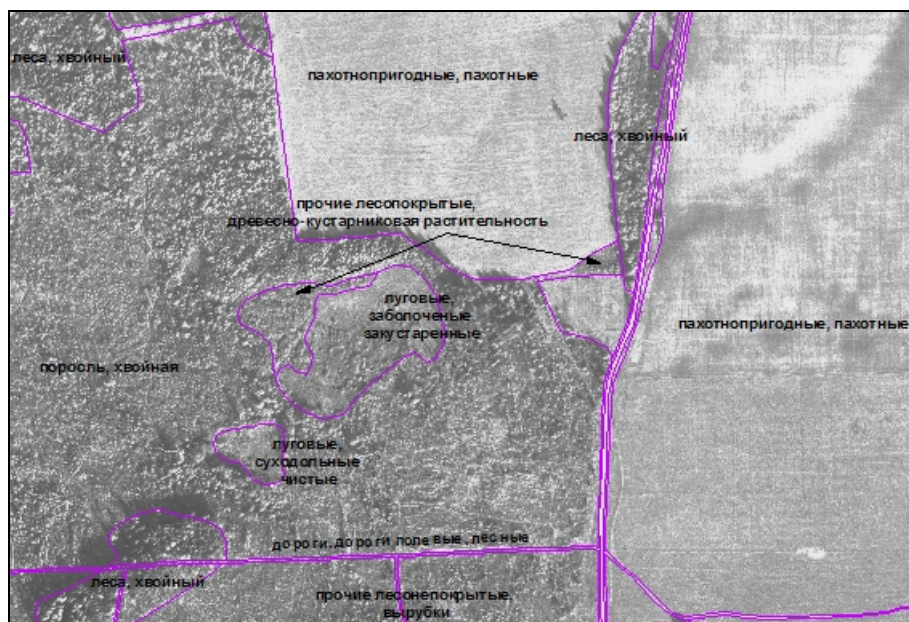


Рис. 2.13. Отображение на аэрофотоснимке лесных земель и земель под древесно-кустарниковой растительностью

По характеру текстуры и высоте насаждений, определяемой по теням, достаточно надежно разделяются зрелые леса, естественная поросль леса, молодые посадки, редколесья, кустарник (рис. 2.13). Сплошные заросли кустарников характеризуются на снимках мелкозернистостью,

иногда несколько «смазанной» структурой фоторисунка, серым и темно-серым тоном, небольшими падающими тенями и обычно округлой либо фестончатой формой контуров. От поросли леса заросли кустарников отличаются более ровным тоном, обусловленным однопородностью состава.

Лесополосы и защитные лесонасаждения надежно распознаются по прямым дешифровочным признакам. Чистые гари имеют пятнистый рисунок светлого тона и изорванные границы, окаймленные полосой обычно редкого леса. Среди гарей часто заметны отдельные деревья и небольшие участки растущего леса. На захламленных гарях хорошо заметны поваленные деревья в виде белых штрихов и сухостойные, различимые по редким светлым кронам. Вырубки опознаются по светлому тону и правильной форме их площадей.

Основной дешифровочный признак **земель под болотами** – текстура изображения (рис. 2.14). Она, в зависимости от типа болот, их закустаренности (залесенности), проходимости и других характеристик, очень разнообразна и неоднородна. Но в большинстве случаев она достаточно специфична. Безлесные болота выделяются серыми тонами, для них характерны плавные, мягкие контуры с единичными деревьями или темными пятнами заболоченных мест [9]. Косвенными дешифровочными признаками земель, занятых болотами, являются их приуроченность к обширным плоско-горизонтальным участкам местности, отсутствие следов сельскохозяйственной обработки, наличие проселочных и полевых объездных дорог, а также торфоразработок.

Земли под водными объектами с высокой степенью достоверности дешифрируются на черно-белых и, особенно надежно на цветных АФС по прямым дешифровочным признакам. Водные пространства имеют темные тона на черно-белых снимках (рис. 2.15). На тон фотоизображения гидрографии влияют такие факторы, как оптические условия аэрофотосъемки, глубина, цвет дна, чистота и прозрачность воды, ее окраска, волнение, наличие водной растительности. Обычно с увеличением глубины, а также при илистом, глинистом или торфянистом грунте тон изображения более темный. Мелкие реки и озера с песчаным или каменистым дном имеют преимущественно светлый тон на аэроснимке. Мутная и вспененная вода также придает более светлый тон изображению.

Форма земель, занятых водными объектами позволяет судить о естественном или искусственном их происхождении. Береговая линия водохранилищ и прудов на большом протяжении не отличается от берегов естественных водоемов, но всегда имеется прямолинейный участок – плотина (запруда), по которому можно их отличить от озер. Мелиора-

тивные каналы и каналы относятся к категории контрастных объектов, поэтому они, даже при малой ширине, хорошо дешифрируются по их характерной прямолинейной форме и темному тону изображения. Трудно дешифровать небольшие реки и ручьи, скрытые под пологом леса или кустарника. Сделать это удастся только в результате тщательного стереоскопического просмотра снимка.



Рис. 2.14. Отображение на аэрофотоснимке земель под болотами

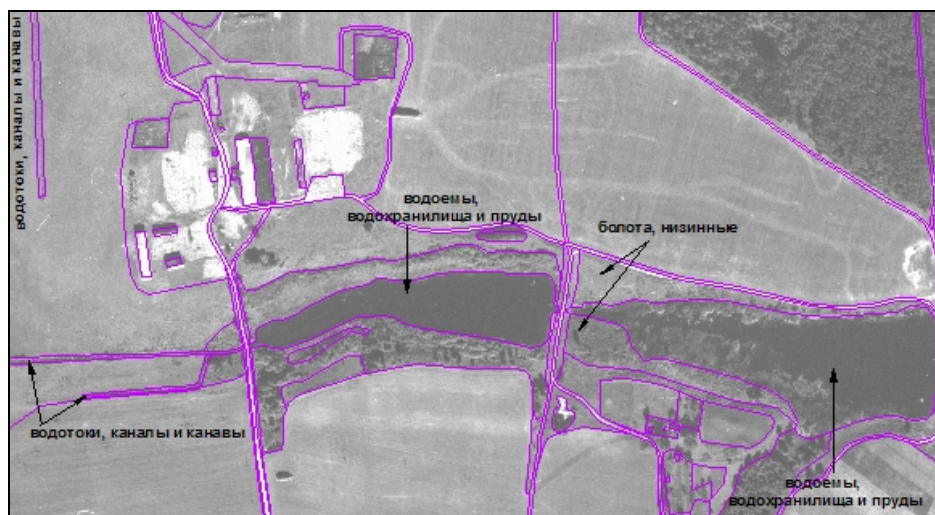


Рис. 2.15. Отображение на аэрофотоснимке земель под водными объектами

Если съемка выполнена не в период, когда уровень воды средний устойчивый (летний период), для дешифрирования береговой линии привлекают вспомогательные материалы – крупномасштабные топокарты, так как на них береговая линия наносится инструментально.

Земли под дорогами и иными транспортными путями имеют специфические прямые дешифровочные признаки – на обычных черно-белых АФС они отображаются светлыми линиями (полосами) (рис. 2.16). На влажных участках грунтовых дорог тон их изображения может быть темнее. Косвенные дешифровочные признаки дорог заключаются в положении их на местности, связи с другими топографическими объектами, наличии обслуживающих дороги сооружений, характере пересечения с другими объектами, размещении сопутствующей древесно-кустарниковой растительности. Мосты и путепроводы дешифрируют по прямым признакам.

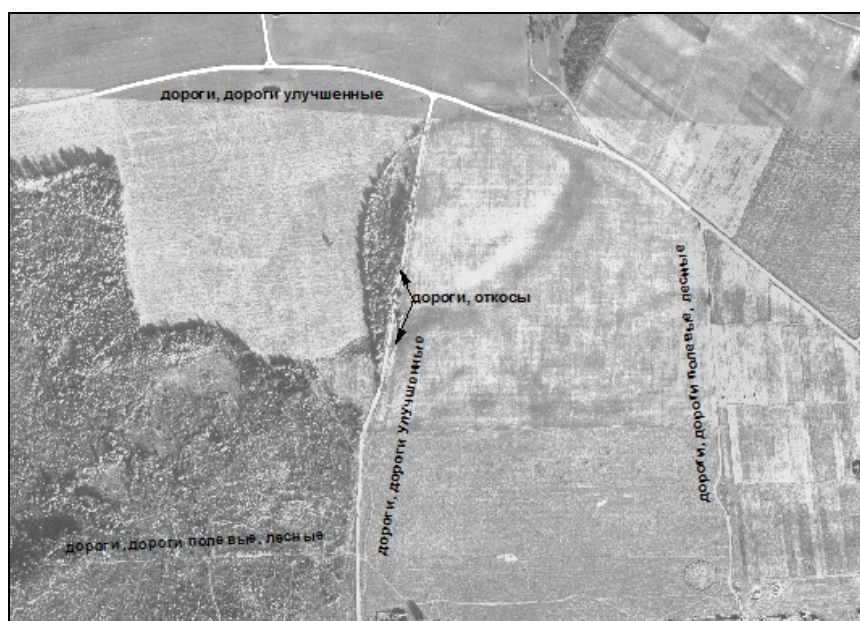


Рис. 2.16. Отображение на аэрофотоснимке земель под дорогами и иными транспортными путями

Полоса отчуждения и железнодорожное полотно хорошо выделяются на АФС. Полоса отчуждения, ограничивающая по сторонам дороги леса, пашни и другие угодья, обычно покрыта травянистой растительностью и характеризуется ровным серым тоном. Значительные по протяженности отрезки железных дорог прямолинейны, а повороты их плавны, округлы. Отсутствие крутых поворотов, а также наличие большого числа насыпей и выемок позволяет легко отличить на аэроснимке железные дороги от шоссейных. Помимо этого, надежным дешифровочным признаком железных дорог являются станции, будки, которые расположены в полосе отчуждения рядом с полотном дороги.

От железных дорог автомобильные дороги отличаются более крутыми поворотами, а местами и заметной крутизной подъемов и спусков. Относительно меньше на автомобильных дорогах насыпей и выемок, а поло-

сы отчуждения у них обычно уже, чем у железных дорог. К автомобильным дорогам с разных сторон подходят другие дороги.

Специфичность дешифровочных признаков **земель под улицами и иными местами общего пользования**, а также **земель под застройкой** исключает возможность перепутать их с прочими объектами (рис. 2.17). Элементы населенного пункта – полосы застройки, приусадебные земли, улицы, площади, проезды – легко опознаются при камеральном и особенно стереоскопическом наблюдении. Большинство хозяйственных объектов с высокой степенью достоверности опознаются с помощью косвенных признаков, например по расположению их в населенном пункте, функциональной обусловленности элементов комплекса сооружений, по изображению машин, бочек и других предметов на территории дешифрируемого объекта.

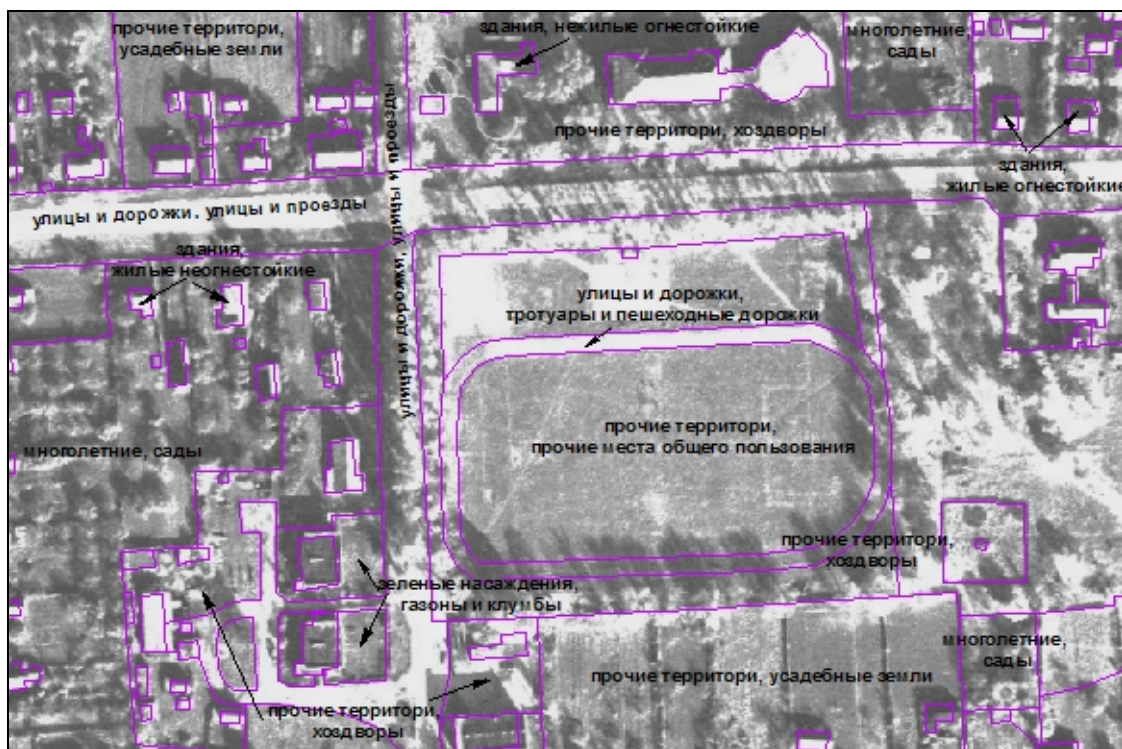


Рис. 2.17. Отображение на аэрофотоснимке земель под улицами и иными местами общего пользования, а также земель под застройкой

Нарушенные, неиспользуемые и иные земли имеют свои специфические прямые (форму, размеры, тон, текстуру и др.) и косвенные (определенная их территориальная приуроченность, природно-климатическая обусловленность и т. п.) признаки (рис. 2.18). Достоверность камерального опознавания таких земель чаще всего невысока. Некоторые земли, относящиеся к данным видам, опознают в стереоскопическом режиме.

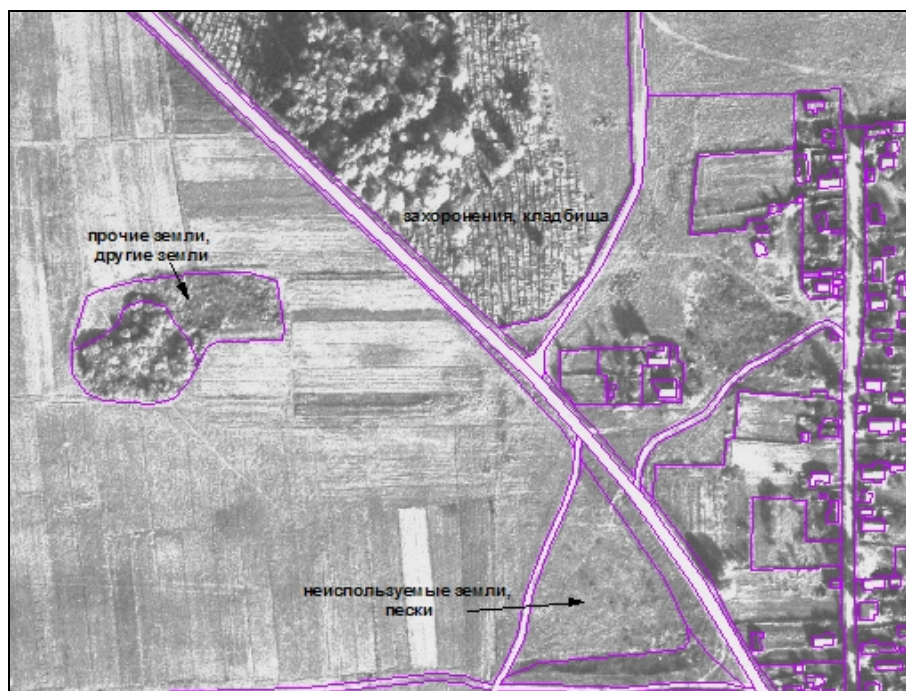


Рис. 2.18. Отображение на аэрофотоснимке нарушенных, неиспользуемых и иных земель

2.5. Автоматизированное дешифрирование. Особенности автоматизированного дешифрирования земельных ресурсов

В основе **автоматизированного дешифрирования** снимков лежит *классификация объектов*. При этом исходят из того, что каждому пикселу многозонального снимка соответствует набор значений спектральных признаков или вектор в спектральном пространстве, размерность которого равна числу съемочных зон. Тогда процесс классификации сводится к распределению всех элементов раstra по классам в соответствии с отражательной способностью (значением спектральной яркости) каждого объекта в одной или нескольких зонах спектра.

Автоматизированное дешифрирование подразделяют на два основных типа: классификация с обучением и классификация без обучения [31].

Классификация с обучением (контролируемая классификация) – это процесс, при котором происходит сравнение значения яркости каждого пиксела с эталонами, в результате каждый пиксел относится к наиболее подходящему классу объектов. Подобную классификацию можно применять, если заранее известно, какие объекты отражены на снимке, или имеется небольшое их количество (до 30) классов объектов и эти классы четко различимы.

При контролируемой классификации правила перехода от показателей спектральной яркости к классам объектов вырабатывают путем создания *эталонов (сигнатур)* – фрагментов изображения, однозначно относящихся к определенному классу объектов, а затем автоматически применяют их на остальной части снимка. Источниками, на основе которых выбираются эталоны, могут быть материалы специально проведенных полевых работ, картографические материалы, отдешифрованные снимки. Все эталонные изображения классов могут быть сосредоточены на одном участке или разбросаны по всему снимку.

Контролируемую классификацию реализуют с помощью алгоритмов, использующих разные методы учета спектральных характеристик сигнатур [16].

Метод классификации по минимальному расстоянию позволяет относить классифицируемые объекты к тому или иному классу, вычисляя евклидово расстояние в пространстве признаков между проверяемыми и эталонными пикселями и относя каждый пиксел к тому классу, до эталона которого это расстояние минимально. Метод целесообразно использовать при ограниченном числе классов в обучающей выборке. Недостаток метода заключается в том, что при его применении не учитывается распределение (дисперсия) значения яркости пикселей в эталонных участках.

Метод параллелепипедов реализует алгоритм, при котором в признаковом пространстве выделяют замкнутые прямоугольные области, границы которых задают на основе выбора характерных диапазонов по гистограммам распределения яркостей эталонных объектов в двух, трех или более зонах спектра, а затем каждый пиксел снимка относят к тому классу, в чей параллелепипед он попадает по своим значениям яркости. Достоинством этого метода является простое и быстрое вычисление, недостатком – частое перекрытие параллелепипедов при котором возникает неопределенность в классификации.

Метод максимального правдоподобия рассчитывает вероятность, с которой данный пиксел принадлежит к какому-либо классу. Количество и параметры классов задаются пользователем путем указания обучающих выборок. Каждый пиксел относится к тому классу, к которому он может принадлежать с наибольшей вероятностью. При расчете вероятности учитываются яркость пикселя и яркости окружающих его пикселей. Надо отметить, что данный метод применяется в практике наиболее часто (рис. 2.19).

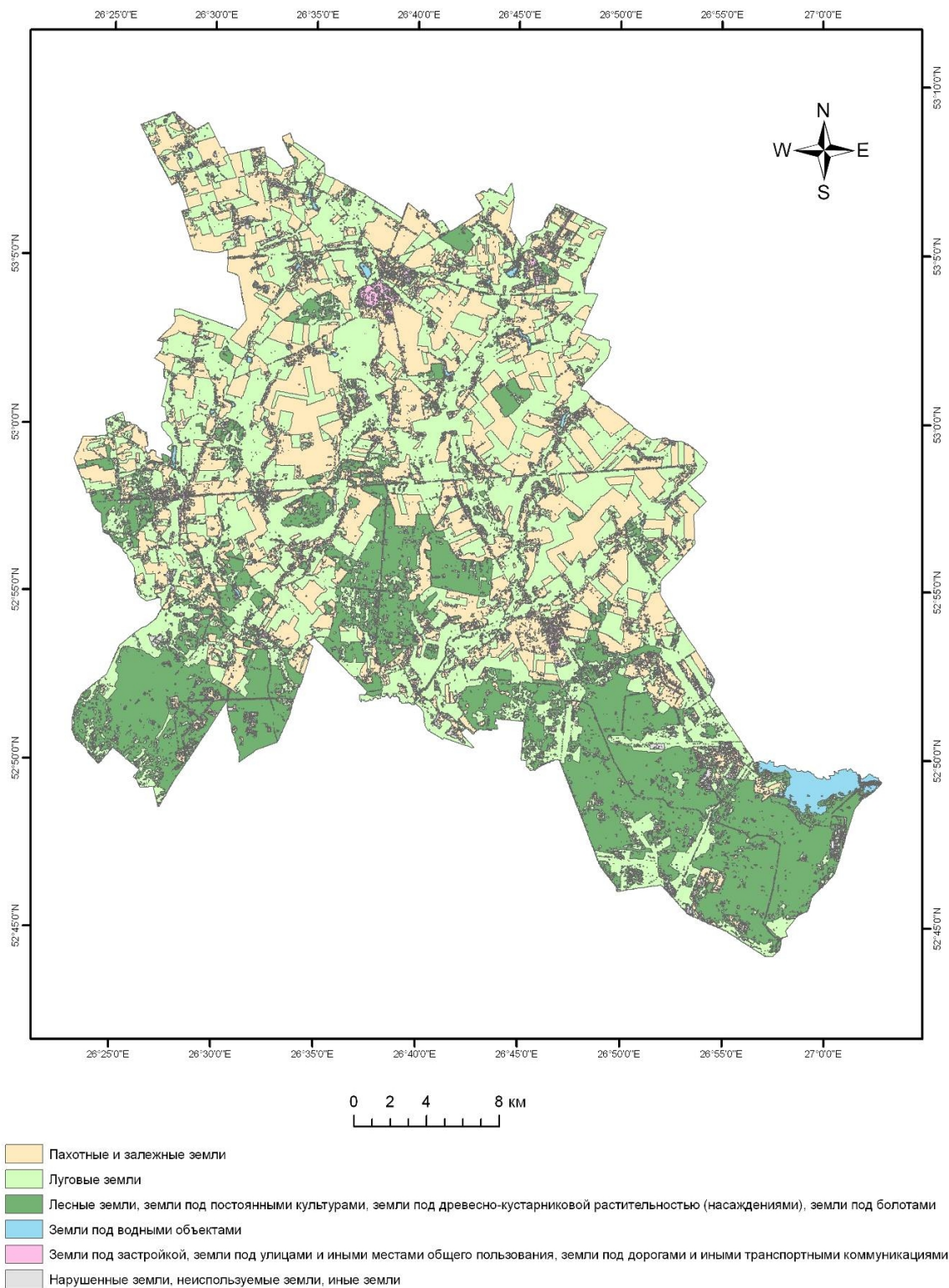


Рис. 2.19. Результат классификации с обучением (метод максимального правдоподобия) видов земель Клецкого района Минской области

Классификация без обучения (неуправляемая классификация) – это процесс, при котором распределение пикселей изображения происходит автоматически, на основе анализа статистического распределения яркости пикселей. Следует отметить, что перед началом подобной классификации дешифровщику зачастую неизвестно, сколько и какие объекты отображены на снимке. После проведения классификации необходимо дешифрирование полученных классов, чтобы определить, каким объектам они соответствуют. Классификацию без обучения применяют в случае, если заранее неизвестно, какие объекты отражены на снимке, и имеется большое количество классов объектов (более 30) со сложными границами. Также ее можно применять как предварительный этап перед классификацией с обучением.

Наиболее распространенными методами классификации без обучения являются ISODATA и K-Means [16].

Метод ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique – итерационная самоорганизующаяся методика анализа данных) основан на кластерном анализе. К одному классу относятся пиксели, значения яркости которых наиболее близки в пространстве спектральных признаков.

Метод K-Means (K-Средних) отличается от метода ISODATA тем, что требует изначального задания некоторого количества средних значений для формирования начальных классов, следовательно, этот метод используют, когда объекты на снимке достаточно хорошо различаются.

Результатом классификации (как с обучением, так и без обучения) служит растровое изображение, каждый из пикселей которого отнесен к определенному классу. Зачастую, такие растры требуют последующего объединения классов и фильтрации. Данные процедуры позволяют выполнить *картографическую генерализацию* и значительно улучшить растр классификации. Кроме того, используя стандартные *процедуры конвертации растра в вектор* в ГИС, дешифровщик может оперировать результатом классификации в векторном виде.

После выполнения процесса классификации необходимо оценить достоверность полученных результатов [14, 18]. *Оценка достоверности дешифрирования* производится визуально (чтобы выявить грубые ошибки) или количественно (т. е. контрольные участки классифицированного изображения сравнивают с картами, снимками крупного масштаба, литературными данными). При количественной оценке составляется *матрица ошибок*. По ней можно судить о достоверности каждого конкретного объекта (класса) и о достоверности дешифрирования в целом. Оценка достоверности проводится и для визуального дешифрирования.

Использование алгоритмов автоматизированного дешифрирования многозональных КС для целей ГИС-картографирования земельных ресурсов в Республике Беларусь в настоящее время находится в процессе становления. Основными проблемами, «тормозящими» развитие данного направления геоинформационного картографирования на сегодняшний день являются дороговизна получения многозональных КС высокого разрешения, отсутствие четко определенных классификационных единиц для дешифрирования. Если первая проблема будет решена с вводом в действие Белорусской системы космического мониторинга [17], то вторая проблема требует пристального внимания.

Картографирование земельного фонда в разрезе видов, а тем более типов и подтипов земель БГД Локальной ЗИС вызывает большие затруднения при автоматизированном дешифрировании [18]. Многие виды (типы, подтипы) не поддаются корректному дешифрированию подобным методом. Кроме того, на первый план выходит пространственное разрешение ДДЗ. Зачастую, его оказывается недостаточно, чтобы корректно классифицировать земельные ресурсы. Кроме того, на сегодняшний день остается открытым вопрос по выбору оптимального программного обеспечения, методов и алгоритмов классификации, а также обучение специалистов подобным методикам.

Одним из примеров успешного проекта по классификации земельных ресурсов является программа CORINE (Coordination of information on the environment), инициированная Еврокомиссией (European Commission) в 1985 г. Эта программа позволила объединить усилия ученых и специалистов западноевропейских стран по сбору, унификации и координации геопространственной и тематической информации о состоянии суши, растительности и водных объектов, распределении природных ресурсов, уровне урбанизации и др., разработке новых подходов к получению и обработке данных с целью повышения эффективности управленческих решений [30].

В программе CORINE нашли самое широкое применение методы дистанционного мониторинга Земли. На основе материалов аэрокосмических съемок со спутников Landsat и SPOT к началу 1990-х гг. были составлены цифровые карты земных покрытий для нескольких стран западной Европы в масштабе 1 : 100 000. Важным результатом программы CORINE явилось создание единой номенклатуры земных покрытий на территорию Европы (CORINE Land Cover Classification System). Это многоуровневая классификационная схема с разбиением объектов на 5 классов на 1-м уровне, на 15 классов – на 2-м уровне и на 44 класса – на 3-м уровне. Номенклатура классов земных покрытий в совместно разра-

ботанной европейскими странами системе CORINE LCC по уровням представлена в табл. 2.1. Следует подчеркнуть, что классификационная схема CORINE LCC допускает при необходимости дальнейшую детализацию в виде наращивания дополнительных уровней [21].

Таблица 2.1

Классы земных покрытий по номенклатуре CORINE LCC [30]

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3
1. Искусственные поверхности	1.1. Застроенные территории	1.1.1. Плотная застройка
		1.1.2. Свободная застройка
	1.2. Территории промышленности, коммерческих объектов и транспорта	1.2.1. Промышленные или коммерческие объекты
		1.2.2. Земли дорожного и железнодорожного хозяйства
		1.2.3. Порты
		1.2.4. Аэропорты
	1.3. Территории горной промышленности, строительства и свалки	1.3.1. Участки добычи полезных ископаемых
		1.3.2. Свалки
		1.3.3. Строительные площадки
	1.4. Искусственные несельскохозяйственные территории	1.4.1. Зеленые зоны населенных пунктов
		1.4.2. Участки, предназначенные для спорта и рекреации
2. Сельскохозяйственные территории	2.1. Пашня	2.1.1. Неорошаемые пахотные земли
		2.1.2. Орошаемые пахотные земли
		2.1.3. Рисовые поля
	2.2. Под постоянными культурами	2.2.1. Виноградники
		2.2.2. Сады и ягодники
		2.2.3. Оливковые рощи
	2.3. Пастбища	2.3.1. Пастбища
	2.4. Гетерогенные сельскохозяйственные территории	2.4.1. Однолетние многолетние культуры
		2.4.2. Участки комплексного возделывания сельскохозяйственных культур
		2.4.3. Сельскохозяйственные земли со значительными участками естественной растительности
		2.4.4. Лесопитомники
3. Леса и природные поверхности	3.1. Леса	3.1.1. Широколиственные леса
		3.1.2. Хвойные леса
		3.1.3. Смешанные леса
	3.2. Кустарниковая растительность и/или травяные ассоциации	3.2.1. Естественные травяные ассоциации
		3.2.2. Кустарники и пустоши
		3.2.3. Склерофильная растительность
		3.2.4. Поросль

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3
	3.3. Открытые пространства с небольшим количеством растительности или полным ее отсутствием	3.3.1. Побережья, дюны, пески
		3.3.2. Голые скалы без растительности
		3.3.3. Участки с редкой растительностью
		3.3.4. Гари
		3.3.5. Ледники и площади вечной мерзлоты
4. Болота	4.1. Внутренние болота	4.1.1. Внутренние болота
		4.1.2. Торфяные болота
	4.2. Прибрежные болота	4.2.1. Засоленные болота
		4.2.2. Солончаки и лиманы
		4.2.3. Приливно-отливные области
5. Водные объекты	5.1. Внутренние воды	5.1.1. Реки
		5.1.2. Озера
	5.2. Морские воды	5.2.1. Береговые лагуны
		5.2.2. Эстуарии
		5.2.3. Моря и океаны

Собранная к началу 1990-х г. информация о земных покрытиях, систематизированная в соответствии с номенклатурой CORINE LCC и дополненная данными наземных наблюдений и измерений, составила содержание базы данных CLC1990.

В последующие годы к проекту CORINE постепенно присоединялись и другие страны (к 2000 г. их число в проекте достигло 29), и соответственно пополнялся каталог базы данных CLC1990. С 2000 по 2005 годы по инициативе и поддержке European Environment Agency (EEA) был выполнен большой объем работ по повышению качества (коррекции) содержимого базы данных CLC1990 и его обновлению на основе орторектифицированных материалов актуальных космических съемок с космического аппарата «Landsat-7», сформулированы общие технические требования к результатам классификации объектов на космических изображениях.

Съемки обеспечили практически полное (без пропусков) покрытие снимками всей территории европейского континента, после чего было проведено их автоматизированное дешифрование. Это позволило не только сформировать уточненную и детализованную карту земных покрытий, но и сделало возможным решение такой актуальной и важной задачи, как выявление и оценивание временных изменений природной среды в Европе. Обновленная база данных получила наименование CLC2000, в ее составлении приняло участие 32 страны. Базы данных CLC1990, CLC2000 доступны через портал European Environment Agency [30]. Кроме того, на данном сайте открыт доступ и к базе данных

CLC2006, в которой отражены изменения, произошедшие с 2005 по 2010 г. В настоящее время в проекте участвуют 37 европейских стран.

Вопросы для самопроверки:

1. Что понимается под дистанционным зондированием? Каким образом классифицируются ДДЗ?
2. Что подразумевается под цифровым снимком? В виде какой модели представления пространственных данных ГИС хранит цифровые снимки?
3. Перечислите основные этапы предварительной обработки ДДЗ. Раскройте сущность каждого из этапов.
4. В чем заключается принцип синтеза цветного изображения? Какие комбинации являются наиболее распространенными?
5. Обозначьте основные способы и методы дешифрирования.
6. Перечислите и дайте характеристику прямым и косвенным дешифровочным признакам, применяемым при визуальном дешифрировании.
7. Обозначьте основные особенности визуального дешифрирования земель в разрезе видов.
8. В чем заключается сущность классификации ДДЗ в автоматизированном режиме? Какие бывают типы классификаций? Каковы их сходства и различия?
9. С помощью каких алгоритмов реализуют классификацию с обучением?
10. Каким образом производится оценка достоверности результатов дешифрирования?

3. ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ НАЗЕМНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Основные топографо-геодезические работы, применяемые для ГИС-картографирования земель

Основными работами топографо-геодезического характера для целей ГИС-картографирования земель являются изыскания **по установлению (восстановлению) границ земельных участков** [7].

Согласно ст. 1 Кодекса Республики Беларусь о земле [12] под *границей земельного участка* понимается условная линия на поверхности земли и проходящая по этой линии условная вертикальная плоскость, отделяющие земельный участок от других земель, земельных участков. Согласно ст. 11 Кодекса граница земельного участка устанавливается (восстанавливается) на местности с закреплением ее поворотных точек межевыми знаками на основании решения об изъятии и предоставлении земельного участка (фиксированная граница). Она также может устанавливаться (восстанавливаться) по планово-картографическим материалам с точностью, определяемой их масштабами, без закрепления ее поворотных точек межевыми знаками на местности на основании решения об изъятии и предоставлении земельного участка (нефиксированная граница).

Работы **по установлению границ земельных участков** завершают процесс отвода земель и проводятся в целях определения в натуре (на местности) точных геометрических размеров и положения границ земельных участков, предоставленных на основании решений Президента Республики Беларусь, Совета Министров Республики Беларусь, соответствующих исполнительных и распорядительных органов в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь, и для составления документов, удостоверяющих права на земельные участки. Установление границ земельных участков производится в случаях образования в установленном порядке новых, реорганизации или упорядочения существующих землевладений и землепользований.

Восстановление границ ранее предоставленных в установленном порядке земельных участков производится при полной или частичной утрате на местности межевых знаков и признаков граничных линий, по просьбе землепользователей, землевладельцев, собственников и арендаторов земельных участков, а также при разрешении земельных споров между смежными землепользователями,

землевладельцами, собственниками и арендаторами земельных участков. При этом границы конкретного землепользования и землевладения подлежат восстановлению и закреплению новыми межевыми знаками установленного образца вместо утраченных и пришедших в негодность межевых знаков.

Мероприятия по установлению и восстановлению границ земельных участков должны обеспечивать бесспорное определение на местности границ земельных участков (межевых знаков и граничных линий); учет земель с необходимой и достаточной точностью; возможность бесспорного восстановления границ землепользований, землевладений в случае утраты (уничтожения) межевых знаков и граничных линий; последующий государственный контроль за целевым и рациональным использованием предоставленных земельных участков; достоверность исчисления платежей за землю; правильное юридическое и техническое оформление границ земельных участков для государственной регистрации и защиты прав на земельные участки землепользователей, землевладельцев, собственников и арендаторов земельных участков.

Установление и восстановление границ земельных участков может выполняться аэрофотогеодезическим, геодезическим либо комбинированным способами [7]. Выбор способа зависит от наличия материалов по изъятию и предоставлению земельных участков, масштаба планово-картографического материала, наличия пунктов опорной геодезической сети, сетей сгущения, материалов аэрофотосъемки, оснащенности соответствующими геодезическими, фотограмметрическими приборами, комплексами и системами, а также вычислительными средствами и их программным обеспечением, наличия специалистов и от других условий. Независимо от выбранного способа установления и восстановления границ земельных участков данные работы выполняются с использованием ЗИС.

Аэрофотогеодезический способ применяется только при наличии качественных материалов аэрофотосъемки, позволяющих определить геодезические данные с точностью плана границ земельного участка. При этом способе применяется непосредственное опознавание на местности проектных или существующих точек либо точек поворота границ земельных участков, имеющих на материалах аэрофотосъемки, а также их дешифрирование на основе бесспорно опознаваемых элементов ситуации на местности и материалов аэрофотосъемки (рис. 3.1).

На территории района или населенного пункта, где созданы ЗИС, аэрофотогеодезический способ следует считать одним из основных для установления, восстановления границ земельных участков для ведения

сельского хозяйства, подсобного сельского хозяйства, крестьянского (фермерского) хозяйства, лесного хозяйства (кроме размещения объектов).

При **геодезическом способе** применяются наиболее простые методы определения координат, известные в геодезической практике.

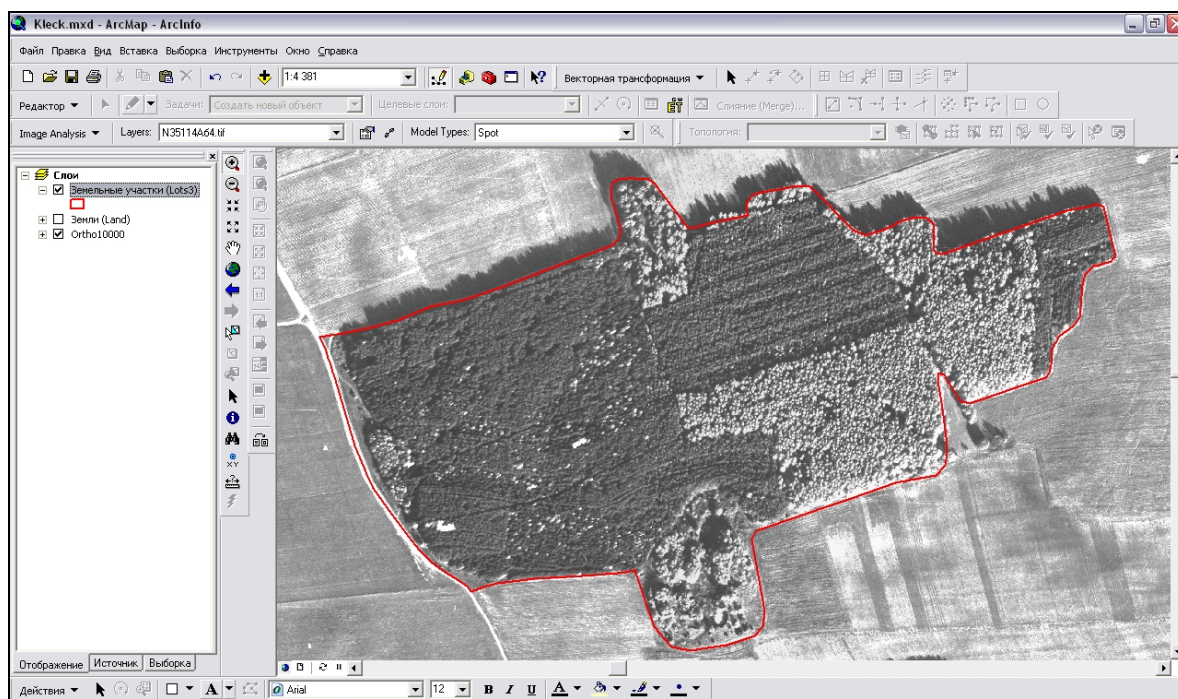


Рис. 3.1. Установление границы земельного участка государственного лесохозяйственного учреждения аэрофотогеодезическим способом

При **комбинированном способе** границы земельных участков устанавливаются по материалам аэрофотосъемки с применением геодезических приборов и систем (рис. 3.2).

Работы по установлению и восстановлению границ земельных участков на территории Республики Беларусь выполняются в *единой государственной системе геодезических координат 1995 года*. В населенных пунктах эти работы могут выполняться в *местных системах координат*, принятых ранее. При этом должна быть обеспечена надежная математическая связь местной системы координат и государственной. В сельских населенных пунктах в случае отсутствия опорной геодезической сети работы могут выполняться при условии наличия опорного базиса с определением *координат, снятых с плана, АФС или КС*.

Геодезической основой работ по установлению и восстановлению границ земельных участков являются пункты государственной геодезической сети (пункты государственной триангуляции и полигонометрии) 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов, пункты спутниковых определений коор-

динат, пункты сетей сгущения 1-го и 2-го разрядов и точки съемочного геодезического обоснования. Кроме того, в качестве исходных данных допускается использовать ранее установленные на местности и координированные межевые знаки, углы капитальных строений, ограждений, люки колодцев и т. д., а также сохранившиеся пункты плановой привязки АФС и КС.

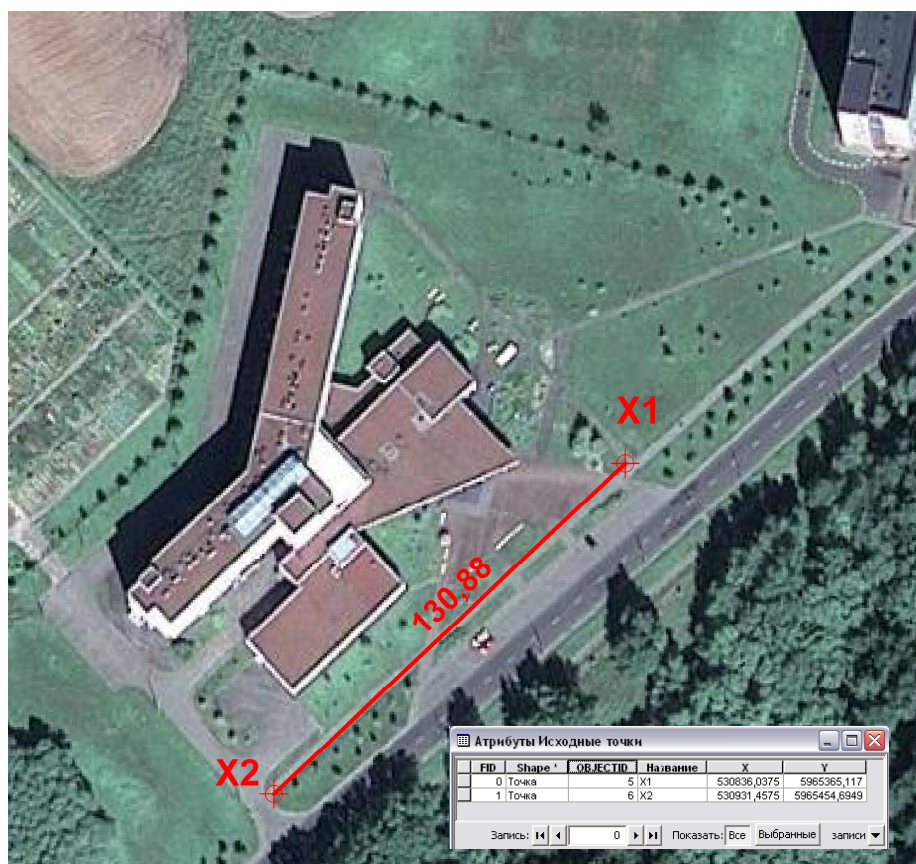


Рис. 3.2. Установление границы земельного участка комбинированным способом: в ГИС выполняется определение координат исходных пунктов для прокладки в полевых условиях теодолитного хода и тахеометрической съемки точек поворота границы

3.2. Этапы проведения мероприятий по установлению и восстановлению границ земельных участков

Основными этапами проведения мероприятий по установлению и восстановлению границ земельных участков являются: 1) подготовительные работы; 2) полевые работы; 3) камеральные работы [7].

На этапе **подготовительных работ** осуществляется сбор, систематизация, изучение документов и материалов, на основании которых предоставляется земельный участок. После изучения имеющихся доку-

ментов и материалов определяются возможности применения различных способов перенесения на местность границ земельного участка, намечаются местоположение межевых знаков, проложение теодолитных ходов и способы связей их с пунктами геодезической сети. На основании имеющихся земельно-кадастровых материалов (ЗИС, проект отвода земель, крупномасштабные планы, топографические планы) составляется **разбивочный чертеж** установления или восстановления границ предоставленного земельного участка на местности (рис. 3.3).

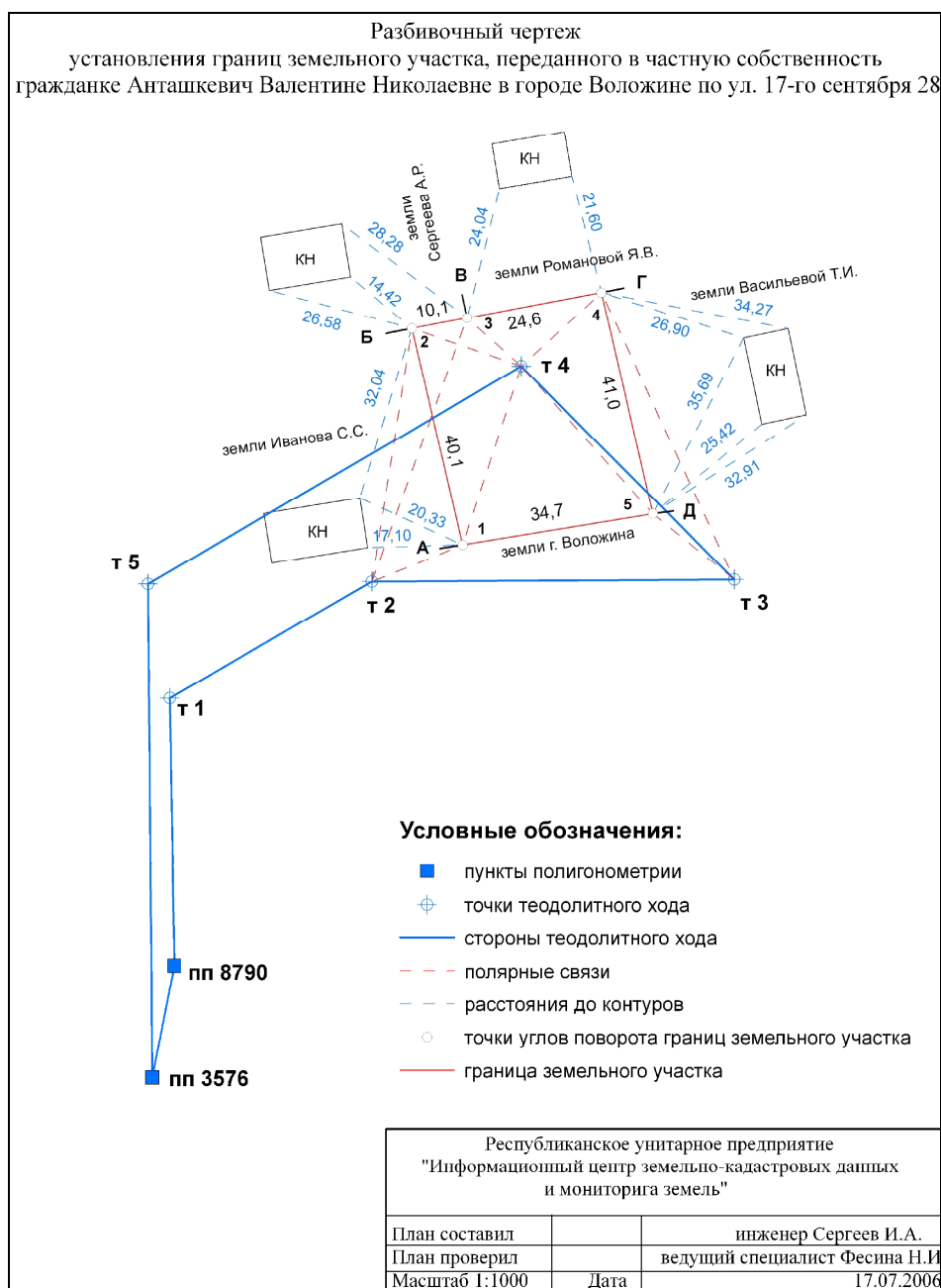


Рис. 3.3. Разбивочный чертеж, составленный в ГИС ArcGIS

На разбивочном чертеже отображаются: 1) границы отводимого земельного участка; 2) точки поворота границ земельного участка, закрепляемые и ранее закрепленные межевыми знаками; 3) номера точек поворота границ земельного участка; 4) пункты геодезических сетей, используемые для связи с ними закрепляемых межевых знаков границ земельного участка; 5) схемы проектируемых теодолитных ходов, а также других геодезических построений с целью связи границ земельного участка с пунктами геодезической сети; 6) геодезические данные (углы и длины линий), необходимые для установления точек поворота границ земельного участка; 7) углы капитальных строений, а также другие твердые точки ситуации, используемые для определения местоположения и связи с ними устанавливаемых межевых знаков; 8) дополнительные геодезические данные (угловые и линейные), а также координаты (в местной системе) исходных пунктов или приращения координат между ними, необходимые для перенесения на местность проекта отвода земельного участка; 9) смежные земельные участки и участки других (посторонних) землепользователей, землевладельцев, собственников, арендаторов земельных участков с указанием их наименований либо фамилий, имен и отчеств; 10) условные обозначения; 11) штамп организации. В случае установления и восстановления границ предоставленных земельных участков в их фактических границах разбивочный чертеж может не составляться.

Полевые работы по установлению, восстановлению и закреплению на местности границ предоставленного земельного участка геодезическим способом включают: 1) рекогносцировку участка; 2) перенесение на местность границ предоставленного земельного участка; 3) закрепление поворотных точек границы предоставленного земельного участка межевыми знаками; 4) прорубку в установленном порядке в залесенных и закустаренных местах просек, обеспечивающих взаимную видимость смежных межевых знаков; 5) проведение необходимых геодезических измерений с целью определения координат установленных межевых знаков и осуществления связи их с твердыми контурами местности; 6) ознакомление на местности заинтересованных сторон или их представителей с установленными границами земельного участка; 7) выполнение контрольных измерений и определений.

Границы предоставленного земельного участка на местность переносятся одним из следующих способов: промеров длин линий, инструментальным или графическим.

Способ промеров длин линий применяется в открытой местности, когда точки поворота границы предоставленного земельного участка находятся в створе опорных пунктов геодезической сети или бесспорно опо-

знанных контурных точек либо когда положение точек границы можно определить по перпендикуляру к этому створу. При измерении длин линий используется мерная лента, рулетка, светодальномер, светодальномерная насадка, электронный тахеометр.

Инструментальный способ применяется при необходимости построения углов для получения направления от пункта геодезической сети на точку поворота границы предоставленного земельного участка. Величина угла и полярное расстояние вычисляются с контролем при решении обратных геодезических задач. При этом если координаты точки поворота границы неизвестны, то они определяются по ЗИС, проекту отвода земель и другим земельно-кадастровым материалам.

Графический способ предполагает использование мензулы с кипрегелем. В настоящее время применяется достаточно редко.

Закрепление перенесенных на местность точек поворота границ предоставленного земельного участка производится **межевыми знаками** установленного образца [7]. После установления или восстановления межевых знаков производится измерение углов и линий, а также определение координат этих знаков в государственной или местной системе геодезических координат. При измерении углов и линий геодезическими приборами без электронной памяти ведется *полевой журнал* и *абрис*. Если используются электронные теодолиты и тахеометры с памятью, то ведется только *абрис*.

Межевые знаки, установленные и закоординированные, в целях бесспорного опознавания их местоположения на местности, восстановления и использования для установления границ смежных землевладений и землепользований подлежат связи (привязке) путем измерения линейных отрезков с углами капитальных строений, малых архитектурных форм, с центрами люков смотровых колодцев, опор линий электропередачи и связи, отдельно стоящих деревьев и другими твердыми контурными точками местности. По полученным измерениям оформляется *схема связи (привязки) межевых знаков с объектами и контурами местности*. В случае отсутствия на местности объектов и контуров, с которыми может быть произведена связь установленного межевого знака, допускается оформление описания местоположения межевого знака или места прохождения границы земельного участка в виде отдельного документа.

Установление, восстановление и закрепление границ предоставленного земельного участка на местности проводится в присутствии лица, которому выделен земельный участок, землепользователя, землевладельца, собственника, арендатора земельного участка, из земель которого изъят этот земельный участок, и в случае необходимости – смежных земле-

пользователей, землевладельцев, собственников, арендаторов земельных участков и оформляется *актом об ознакомлении заинтересованных сторон на местности с установленными (восстановленными) границами земельного участка.*

Восстановление границ земельного участка состоит в отыскании на местности положения утраченного межевого знака и закреплении найденного положения новым знаком. Технической основой служат геодезические данные, полученные в результате установления границ этого участка в предыдущие годы, абрисы межевых знаков и разбивочный чертеж.

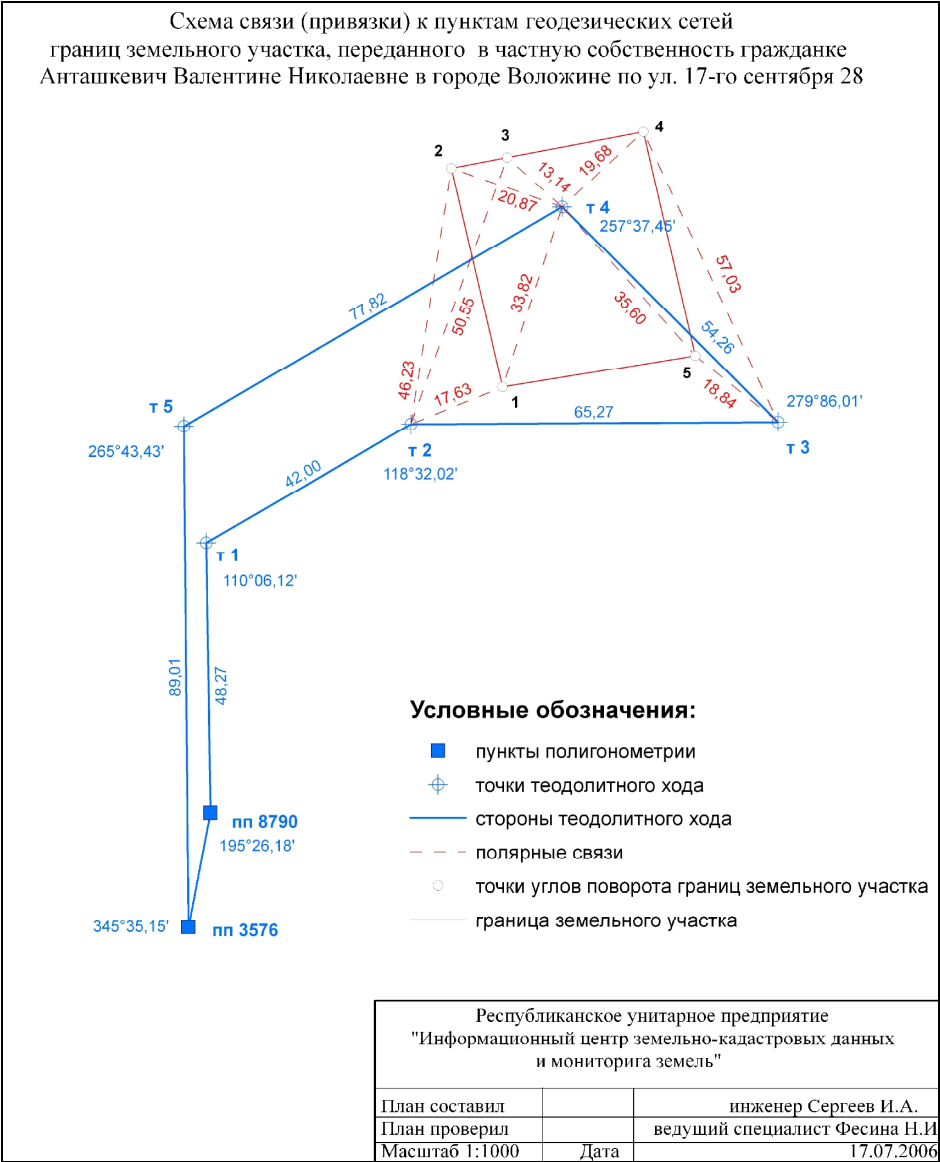


Рис. 3.4. Схема связи (привязки) границ земельного участка с пунктами государственной геодезической сети, составленная в ГИС ArcGIS

Простейший способ восстановления границ состоит в визуальном определении местоположения межевого знака, а также в контрольных измерениях длин линий между визуально найденными межевыми знаками; в измерении длины линии на плане и на местности между найденным межевым знаком и контурной точкой ситуации; в измерении длин линий при отыскании положения утраченного межевого знака по створу между контурными точками, по перпендикуляру к створу и других способах. В более сложных условиях при наличии геодезических данных по границе земельного участка отыскание положения утраченных межевых знаков производится полярным методом. При отсутствии геодезических данных по границе земельного участка их вычисляют по известным значениям координат исходных пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения и графическим значениям координат отыскиваемого межевого знака путем решения обратных геодезических задач с контролем.

На этапе **камеральных работ** после завершения полевых работ по установлению и восстановлению границ предоставленного земельного участка и их измерению составляется *схема связи (привязки) границ земельного участка с пунктами государственной геодезической сети, сетей сгущения узловыми межевыми знаками, положение которых определено спутниковыми или иными методами, знаками геодезических сетей в населенных пунктах* (рис. 3.4).

Обработка материалов полевых измерений, вычисление координат межевых знаков, установленных, восстановленных на местности по границе предоставленного земельного участка, составление каталогов координат и вычисление площади этого земельного участка выполняются с применением персональных компьютеров в пакетах обработки полевых геодезических наблюдений (например, *aGeodesy Suite* и *tGeodesy Suite* (рис. 3.5) (БелНИЦзем, Беларусь), *Trimble Geomatics Office* (Trimble, США), *CREDO_DAT* и *CREDO ТОПОПЛАН* (Кредо-Диалог, Беларусь). Помимо перечисленных программных комплексов данные виды работ могут быть выполнены и в ГИС, например *ArcGIS* (модуль *Survey Analyst*) [22].

Вычислению координат предшествует уравнивание результатов измерений. Оценка точности функций результатов измерений (дирекционных углов, координат, площадей) по материалам уравнивания выполняется в процессе уравнительных вычислений. Средние результаты измерений и их уравненные значения с оценкой точности, а также решение всех задач распечатываются и приобщаются к материалам дела по установлению (восстановлению) границ предоставленного земельного участка. После

завершения уравнительных вычислений составляется **каталог координат точек поворота границ земельного участка** (рис. 3.6).

tGeodesy - [Иванов Иван Иванович.tgd]

Файл Правка Вид Ведомости Построения Сервис Окно Справка

Ведомость вычисления координат точек, определенных полярным методом
 земельного участка, предоставленного в частную собственность гражданину Иванову Ивану Ивановичу

№ определенной точки	№ точки стояния	X исходной, м	Y исходной, м	№ точки извержения	Дирекционные углы исходные, °	S, м	Угол, °	X определенной, м	Y определенной, м	№ определенной точки
1	т5	4900.296	9151.158	т4	292 35.9	128.295	357 07.3	4943.586	9030.387	1
1	т4	4956.459	9016.224	т5	112 35.9	19.142	19 33.2	4943.613	9030.416	1
								4943.599	9030.402	1
2	т5	4900.296	9151.158	т4	292 35.9	35.272	356 18.6	4911.726	9117.790	2
2	т4	4956.459	9016.224	т5	112 35.9	111.021	1 10.0	4911.719	9117.831	2
								4911.723	9117.811	2
3	т5	4900.296	9151.158	т4	292 35.9	36.919	335 57.2	4899.363	9114.251	3
3	т4	4956.459	9016.224	т5	112 35.9	113.458	7 36.0	4899.390	9114.285	3
								4899.377	9114.268	3
4	т5	4900.296	9151.158	т4	292 35.9	43.535	339 06.8	4901.596	9107.643	4
4	т4	4956.459	9016.224	т5	112 35.9	106.615	8 22.3	4901.596	9107.640	4
								4901.596	9107.641	4
5	т5	4900.296	9151.158	т4	292 35.9	72.292	346 12.6	4911.366	9079.719	5
5	т4	4956.459	9016.224	т5	112 35.9	77.843	12 47.5	4911.377	9079.684	5
								4911.372	9079.702	5

СКО положения точки 0.040 м

Теод. ход | Поляр. засечки | Площадь | Каталог | Снос | Угл. зас.

Координирование 1

Рис. 3.5. Обработка материалов полевых измерений в программе tGeodesy Suite

По полученным координатам вычисляется общая площадь в установленных (восстановленных) границах и составляется **план границ земельного участка** (рис. 3.7). Масштаб плана границ земельного участка выбирается в зависимости от его размера и конфигурации с таким расчетом, чтобы на плане можно было показать все точки поворота границ этого земельного участка и вкрапленных (посторонних) участков других землепользований и землевлдений. Последние допускается выносить из общего плана границ основного земельного участка на свободное место с использованием более крупного масштаба.

На плане границ земельного участка должны быть отображены [7]: 1) все точки поворота границы земельного участка; 2) магистральные ходы, если они прокладывались для съёмки рек, ручьев и так далее, являющихся границами земельных участков; 3) линии суходольных границ, границ, проходящих по ограждениям, контурам капитальных строений, рекам, ручьям и другим водным источникам, с промерами до них от меже-

вых знаков в продолжении граничной линии; 4) номера точек и длины уравненных линий или линий, вычисленных по координатам точек поворота границы земельного участка; 5) границы землепользований и землеуладений, расположенных внутри границ отведенного земельного участка, а также границы земель запаса, специального фонда земельного запаса; 6) границы, коды и площади земель с ограничениями в использовании.

Каталог координат углов поворота границ земельного участка индивидуального предпринимателя Гусева Ивана Сергеевича						
система координат местная						
№ по каталогу	Номер углов поворота границ	Вид закрепления углов поворотов границ	Координаты, м		Дирекционные углы, °, '	Расстояния, м
			X	Y		
1	1	угол ограждения	3393,05	12134,67	278°26,18'	34,53
2	2	угол ограждения	3387,98	12156,21	15°12,0 '	35,12
3	3	межевой знак	3353,39	12136,05	105°55,02'	21,19
4	4	межевой знак	3367,75	12167,12	195°03,00'	16,54

Площадь участка 813 м² (0,0813 га)
 Периметр полигона 27,98 м
 СКО площади участка 0,1 м² 1:450
 Допустимое расхождение площади 0,00001 га

Составил _____ Иванов Д. А.
 Проверил _____ Петров И. Г.

Рис. 3.6. Пример составления каталога координат поворотных точек границы земельного участка

На плане границ земельного участка указывается: 1) всего – земель в границах плана, га; 2) предоставлено в пользование (пожизненное наследуемое владение или передано в собственность, аренду и т. д.), га; 3) описание границ смежных земель; 4) условные обозначения земель с ограничениями в использовании; 5) масштаб плана; 6) штамп организации, инициалы, подписи исполнителей и даты.

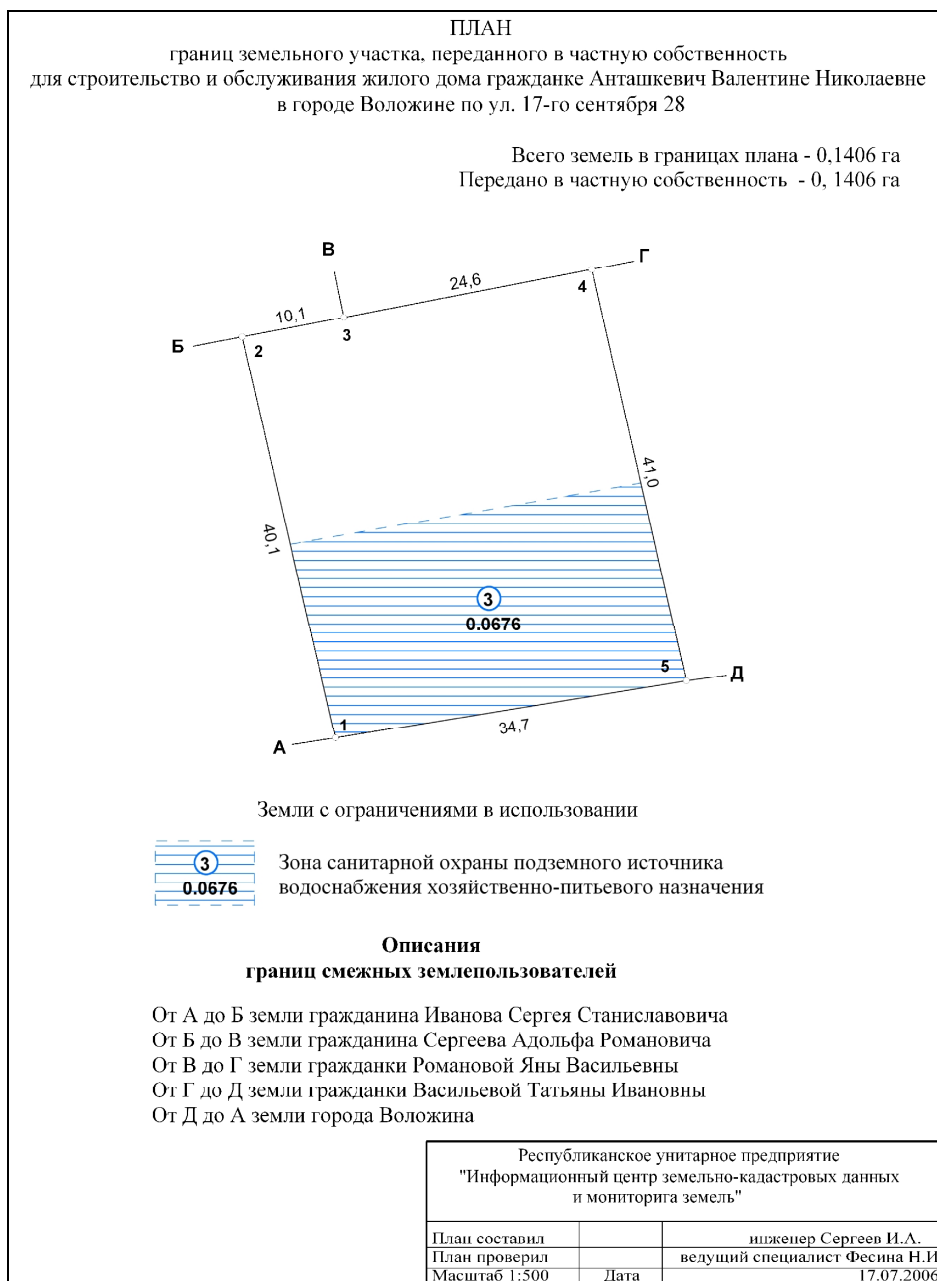


Рис. 3.7. План границ земельного участка, составленный в ГИС ArcGIS

Сведения о границах земельного участка вносятся в ЗИС организацией, занимающейся эксплуатацией ЗИС по месту нахождения этого земельного участка. При этом данной организацией осуществляется согласование сведений о границах земельного участка со сведениями о границах смежных земельных участков, а также объектами местности, ранее внесенными в ЗИС, и в случае выявления несовпадений вносимых и имеющихся сведений корректируются сведения о границах земельных участков, установленных с меньшей точностью, если такие несовпадения находятся в пределах допустимых значений. После внесения сведений о

границах земельного участка в ЗИС организация, осуществляющая эксплуатацию ЗИС по месту нахождения земельного участка, составляет и помещает в землеустроительное дело *справку о внесении изменений в земельно-учетную документацию* либо возвращает исполнителю работ материалы на исправление.

По окончании камеральных работ составляется пояснительная записка, а все материалы брошюруются в *землеустроительное дело по установлению (восстановлению) границ земельного участка в натуре (на местности)*, которое должно содержать [7]: 1) титульный лист исполнителя работ с указанием номера и даты получения специального разрешения (лицензии) на осуществление геодезической и картографической деятельности; 2) перечень документов дела; 3) пояснительную записку; 4) ходатайство (заявление) лица, которому выделен земельный участок на производство работ по установлению или восстановлению границ предоставленного ему земельного участка; 5) копию свидетельства о государственной регистрации юридического лица или индивидуального предпринимателя, которому предоставлен земельный участок (при необходимости); 6) копию решения о предоставлении юридическому лицу, гражданину или индивидуальному предпринимателю земельного участка; 7) материалы, собранные на стадии подготовительных работ; 8) разбивочный чертеж установления или восстановления границ земельного участка; 9) материалы полевых и камеральных работ; 10) каталог координат точек поворота границ предоставленного земельного участка; 11) схему связи (привязки) границ земельного участка с пунктами геодезической сети; 12) схему связи (привязки) межевых знаков границ земельного участка к объектам и контурам местности; 13) план границ земельного участка с ограничениями в использовании земель (в случае их наличия); 14) акт об ознакомлении заинтересованных сторон на местности с установленными (восстановленными) границами земельного участка; 15) акты контроля и сдачи-приемки выполненных работ; 16) справку о внесении изменений в земельно-учетную документацию.

Землеустроительное дело о предоставлении земельного участка и установлении его границ в натуре с заявлением о государственной регистрации создания земельного участка и возникновения права на него передается в территориальную организацию по государственной регистрации недвижимого имущества и прав на него. После осуществления государственной регистрации создания земельного участка и возникновения права на него организация по государственной регистрации передает свидетельство (удостоверение) о государственной регистрации лицу, которому предоставлен земельный участок.

Вопросы для самопроверки:

1. Что понимается под границей земельного участка? Что такое фиксированная и нефиксированная граница?
2. В каких случаях производится установление границы земельного участка, а в каких – восстановление?
3. Какие способы установления и восстановления границ земельных участков применяют в Республике Беларусь?
4. Что является геодезической основой при установлении (восстановлении) границ земельных участков в Республике Беларусь?
5. Перечислите основные этапы проведения мероприятий по установлению и восстановлению границ земельных участков.
6. Какие документы составляются в рамках подготовительных работ по установлению и восстановлению границ земельных участков?
7. Обозначьте особенности полевого этапа мероприятий по установлению и восстановлению границ земельных участков.
8. Какие программные комплексы применяются для обработки материалов полевых геодезических измерений?
9. Каким образом в процессе проведения мероприятий по установлению и восстановлению границ земельных участков используются Локальные ЗИС районов Республики Беларусь?

4. ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ПЛАНОВО-КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

4.1. Этапы ГИС-картографирования земель на основе планово-картографических материалов

Существующие планово-картографические материалы (землеустроительные фотопланы, карты землепользований районов и населенных пунктов, расчлененные или совмещенные издательские оригиналы топографических карт и планов, планы территории садоводческих товариществ (кооперативов) и др.) являются важным источником данных при геоинформационном картографировании земель. При создании ЗИС Республики Беларусь планово-картографический материал формирует группу слоев «Растры» (табл. 1.1). Растровая пространственная основа ЗИС формируется на основе отсканированных и геопривязанных к государственной системе координат исходных картографических материалов (ИКМ), а также цифровых ортофотопланов, созданных в среде и средствами цифровых фотограмметрических систем и геопривязанных [26].

К растровым копиям ИКМ предъявляется ряд требований. Их необходимо формировать в рамках соответствующих номенклатурных листов топографических карт (планов) с размерами сторон и диагоналей не отличающимися от их теоретических размеров. Пространственное разрешение должно соответствовать 0,07 мм масштаба ИКМ, а формат растровых копий – TIF с PackBits сжатием. Также требуется, чтобы зарамочное оформление отсутствовало или было выполнено отдельным слоем. Значение пикселей фона растровых копий ИКМ должно быть NoData или 255 (белый цвет). Растровые копии необходимо геопривязать к системе координат ИКМ.

Цифровые ортофотопланы должны удовлетворять следующим требованиям: быть сформированными в рамках номенклатурных листов топографической карты масштаба 1 : 10 000 или топографических планов масштабов 1 : 5 000 или 1 : 2 000; размеры сторон и диагоналей – такие же, как и теоретические; пространственное (геометрическое) разрешение должно быть не хуже 0,4 м/пикс; геопривязка – к системе координат 1942 года; сформированными в форматах SID, JP2 или JPG; значение пикселей фона должно быть «NoData» или «255» (белый цвет).

Обобщенная технологическая схема использования планово-картографических материалов в ГИС заключается в последовательном выполнении ряда операций: 1) сканирование; 2) создание векторной модели математической основы (рамок номенклатурных листов, прямо-

угольной координатной сетки) в системе координат ИКМ; 3) трансформирование и геопривязка; 4) создание растровых каталогов в базе гео-данных; 5) оцифровка информации, содержащейся на планово-картографических материалах (при необходимости).

Сканирование планово-картографических материалов должно выполняться с разрешением 300–400 dpi и, как правило, на сканерах, обеспечивающих сканирование «за один проход». Отсканированные копии ИКМ просматриваются на экране монитора и при необходимости (например, при наличии на изображении каких-либо дефектов) подвергаются ретушированию средствами таких систем, как Autodesk Raster Design. В случае неудовлетворительного качества растровых копий, а также при отсутствии на них части изображения ИКМ они сканируются повторно.

Растровые копии ИКМ сохраняются в TIF-файлах. Имена файлов должны содержать номенклатуру топографической карты (плана). Если в качестве ИКМ использовались расчлененные издательские оригиналы, то к наименованию номенклатуры добавляются соответствующие суффиксы, обозначающие издательский оригинал соответствующего элемента содержания карты или плана.

Векторная модель математической основы ИКМ создается с использованием ГИС-проекта «Математическая основа» (MatBase). Результатом выполненных работ является проект Autodesk Map, содержащий описание с рамками топографических карт (планов) и линиями прямоугольной координатной сетки (рис. 4.1).

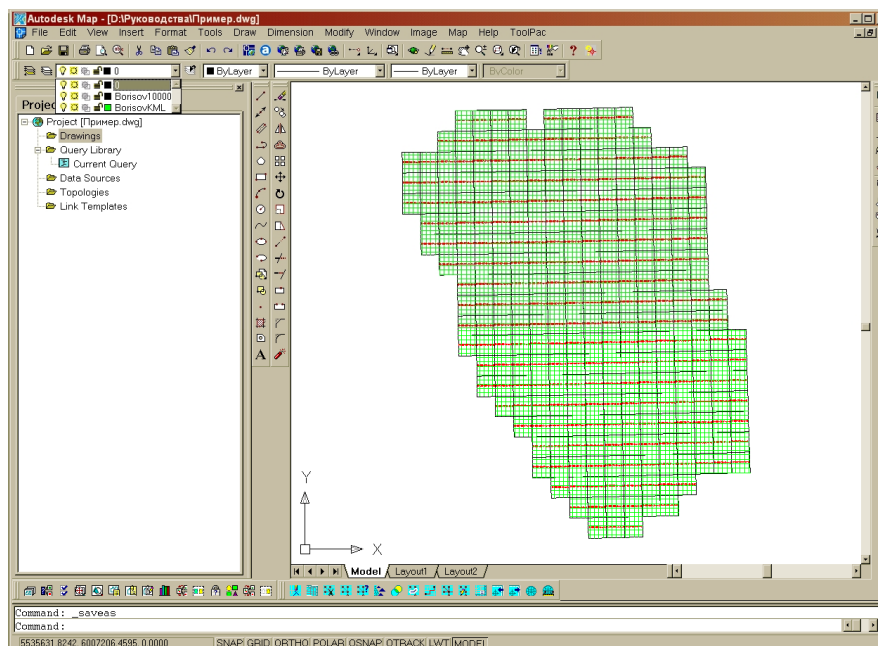


Рис. 4.1. Векторная модель математической основы в Autodesk Map [26]

Трансформирование и привязка растровых изображений к системе координат ИКМ выполняются в среде Autodesk Map с помощью модуля Autodesk RasterDesign. Командой Image/Correlate/RubberSheet осуществляется совмещение растрового изображения с векторным слоем его рамки по четырем угловым точкам (рис. 4.2). Расчетные ошибки трансформирования не должны превышать 0,2 мм при использовании Polynominal-метода (причем показатель степени трансформационного полинома должен быть не более 3) или быть равны нулю – при использовании Triangular-метода. В противном случае необходимо уточнить положение соответствующих точек или удалить некоторые из них, добиваясь равномерного распределения точек по полю трансформируемого растра. Результатом процесса являются файлы трансформированных растровых изображений и файлы их координатной привязки.

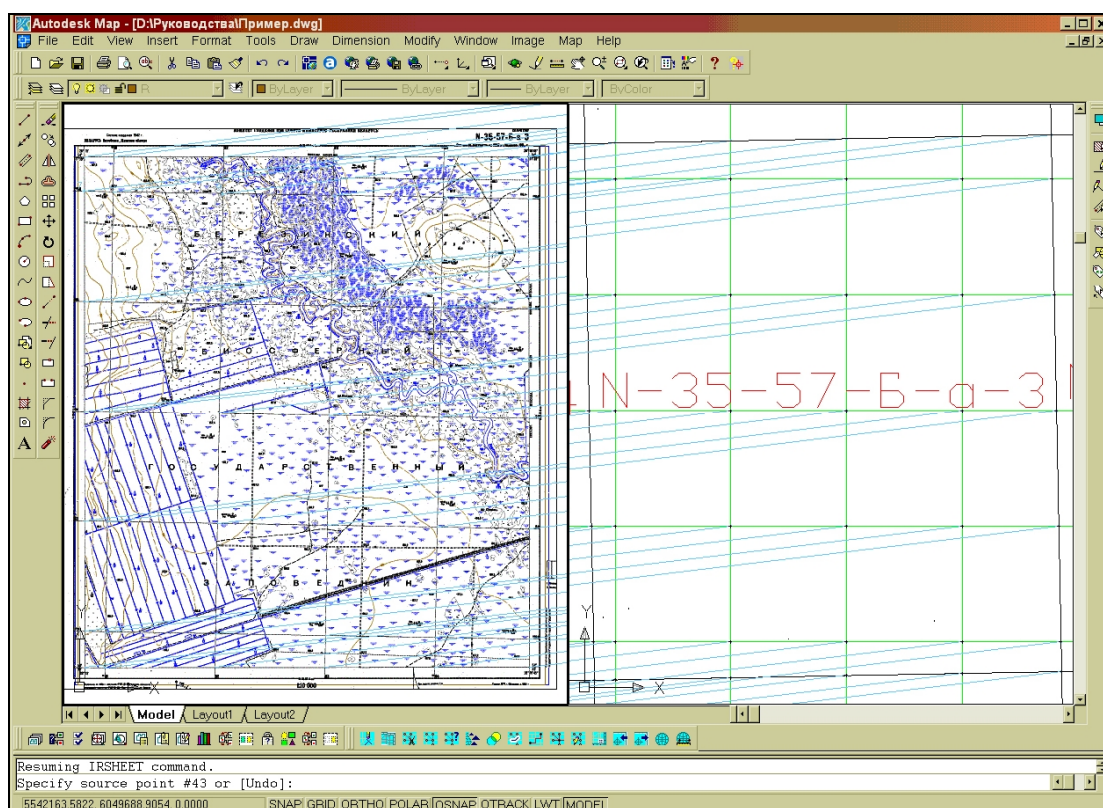


Рис. 4.2. Трансформирование и привязка растра в Autodesk Map [26]

Формирование каталогов изображений выполняется средствами ГИС ArcGIS с целью обеспечения программной организации растровых файлов для совместного «бесшовного» просмотра. Средствами ArcCatalog создается БГД RASTERS и соответствующие растровые каталоги, в которые и загружаются трансформированные растровые изображения ИКМ. Посредством каталогов изображений наборы ориентированных растровых копий ИКМ могут быть представлены в виде еди-

ных информационных единиц – соответствующих мозаичных топографических карт (планов).

При необходимости перевода растрового изображения в векторный вид выполняется его оцифровка в ГИС ArcGIS. **Векторизация** возможна в ручном режиме средствами редактора ArcMap или в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режиме с помощью инструментов модуля Arc Scan (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Панель инструментов модуля ArcScan

Автоматическая векторизация с помощью данного модуля существенно сокращает время, затрачиваемое на оцифровку растровых изображений. В этом режиме существуют два способа векторизации: центральные линии и контуры. В первом случае строятся центральные линии растровых линейных объектов и границы площадных объектов. Во втором – границы всех растровых связанных компонент в виде полигонов. Результатом является множество полигонов.

Полуавтоматическая, или интерактивная, векторизация (трассирование) применяется в тех случаях, когда требуется больший контроль над процессом векторизации или нужно векторизовать небольшую часть изображения. С помощью курсора задается начальная точка и направление трассирования, после чего автоматически строится центральная линия от начальной точки до конца растровой линии, если по пути не встретится площадной объект или точка пересечения с другой линией. Если центральная линия попадает в точку пересечения, то трассировщик останавливается и ждет, пока оператор снова укажет направление, в котором нужно продолжить трассирование. Если центральная линия остановилась на границе площадного объекта, то оператор должен перейти в режим ручного цифрования и оцифровать этот объект.

Ручная оцифровка позволяет оператору осуществлять непрерывный контроль над процессом векторизации, задавая с помощью курсора положение каждой вершины центральной линии. Она используется для векторизации растровых изображений плохого качества, изображений, содержащих сразу несколько тематических слоев, и при наличии сложных видов линий. Ее также целесообразно использовать для оцифровки прямых линий. В данном режиме есть особый инструмент – замыкание на растре, позволяющий автоматически привязывать начальную точку к центральной линии, точке пересечения линий, концам линий или углам. Быстрое наведение курсора на специфические точки повышает точность

и увеличивает эффективность оцифровки, так как отпадает необходимость в частом изменении масштаба изображения на экране.

4.2. Использование планово-картографических материалов при ГИС-картографировании земельных ресурсов в Республике Беларусь

4.2.1. Формирование слоя «Почвы» БГД ЗИС Республики Беларусь

Тематический слой «Почвы» (цифровая почвенная карта) ЗИС создается для использования его при выполнении работ по внутрихозяйственной организации территорий, планировании агротехнических, мелиоративных мероприятий, для учета почвенных ресурсов, проведения бонитировки и экономической оценки почв, а так же для сравнительной оценки условий деятельности сельскохозяйственных предприятий, проведения почвенного районирования в научных и прикладных целях.

Тематический слой «Почвы» ЗИС создается на основе цифровых почвенных карт отдельных сельскохозяйственных предприятий (землепользований). Создание слоя – это объединение и сшивка цифровых почвенных карт, создаваемых на территории отдельных сельскохозяйственных предприятий, на которые уже были созданы авторские почвенные карты. Работы по созданию цифровых почвенных карт выполняются совместно специалистами почвенных отрядов и отделов ЗИС РУП «Проектный институт Белгипрозем».

Создание цифровых почвенных карт на отдельные сельскохозяйственные предприятия выполняется в **базе геоданных ArcGIS «Maps_Почвы»**. В БГД сведения о почвах представлены в виде *пространственных данных* (табл. 4.1). *Атрибутивные данные о почвах* состоят из: 1) атрибутивной информации классов пространственных объектов; 2) информационных таблиц (классификатор почв (Kod_Leg_Pochv), классификация почв по коду подстилки (Leg_podstil), классификатор отображения границ видов земель (Land_lin), номенклатурный список почв (Spisok_Pv)); 3) справочных таблиц (виды земель (Land_dop), мелиоративное состояние земель (Melio), типы земель (t_LandTypes)) [15].

Цифровая почвенная карта на территорию сельскохозяйственного предприятия создается одним из способов, зависящих от вида Локальной ЗИС (векторной или ЗИС на растровой картографической основе). Про-

цесс создания цифровой почвенной карты складывается из ряда этапов, приведенных в табл. 4.2.

Таблица 4.1

Наборы данных БГД «Maps_Почвы» [15]

Название набора данных	Название класса объектов	Содержание
MAPS (почвенные карты землепользований)	Soil_<NZ>	Почвенные разновидности одного из землепользований (полигональный класс)
	Land_p_<NZ>	Виды земель (полигональный класс)
	Land_L_<NZ>	Границы видов земель (линейный класс)
	Land_t_<NZ>	Коды видов и мелиоративного состояния земель (точечный класс)
SL_SOIL (создаваемая почвенная карта землепользования)	Pochv	Почвенные разновидности создаваемой карты почв (полигональный класс)
SKETCH (вспомогательная информация для оформления выводимой на печать почвенной карты землепользования)	Admi_<NZ>	Границы населенных пунктов, являющихся смежниками (посторонниками) данного землепользования
	Smejniki_<NZ>	Информация о смежниках
	Tab1_Exp_<NZ>	Таблица для формирования номенклатурного списка в 1 колонку
	Tab2_Exp_<NZ>	Таблица для формирования номенклатурного списка в 3 колонки
	Leg_Tab1_<NZ>	Заготовки для оформления заливок и штриховок почв (Tab1_Exp)
	Leg_Tab2_<NZ>	Заготовки для оформления заливок и штриховок почв (Tab2_Exp)
	Pochv_s	Полигональный класс почвенных разновидностей создаваемой карты почв

Примечания.

1. В название класса объектов в наборах данных **MAPS** и **SKETCH** включают название слоя и номер землепользования <NZ>.
2. Классы объектов в наборе данных **SKETCH**, не содержащие в названии номер землепользования, являются шаблонами.

На этапе подготовительных работ выполняют сбор и анализ исходных данных на территорию землепользования, на которое создается цифровая почвенная карта. Исходными данными служат: авторская почвенная карта землепользования с легендой, составленная по материалам

последнего почвенного обследования и содержащая коды почв согласно номенклатурному списку почв Беларуси; материалы использования земель; информация о почвах землепользования, уточняющая или дополняющая данные авторской почвенной карты. Кроме этого, готовят легенду почвенной карты в табличном виде с выделением типов и разновидностей почв. Данные легенды авторской почвенной карты представляются в виде таблицы Kod_pochv – кодов почвенных разновидностей землепользования БГД «Maps_Почвы». Таблица Kod_pochv создается на базе подготовленной таблицы-шаблона Leg_shablon.

Таблица 4.2

Основные этапы создания цифровой почвенной карты [15]

Этап работ	Вид работ	Исполнитель
Подготовительные работы	Подбор и анализ исходных материалов Подготовка легенды почвенной карты	Почвенный отряд
	Цифрование границ землепользования, водных объектов (рек, каналов и канав, озер, водохранилищ и прудов), железных и улучшенных автомобильных дорог на территории землепользования	Отдел ЗИС
Создание растрового ИКМ	Создание контурной карты со сводкой контуров и кодов почвенных разновидностей со смежными землепользованиями	Почвенный отряд
	Сканирование исходного картографического материала (ИКМ) – контурной или авторской почвенной карты Геопривязка и трансформирование растрового ИКМ	Отдел ЗИС
Создание векторной почвенной карты землепользования	Цифрование растрового ИКМ Сводка контуров границ почвенных разновидностей создаваемой почвенной карты с контурами смежных, ранее созданных почвенных карт Согласование слоя границ контуров почвенных разновидностей со слоями БГД Локальной ЗИС соответствующего района	Отдел ЗИС
	Подготовка отчета и оформление дела по созданию цифровой почвенной карты землепользования	Почвенный отряд
Формирование слоя «Почвы» БГД ЗИС	Экспорт слоя почвенных разновидностей, созданного в границах землепользования, на слой «Почвы» (Soil) БГД Локальной ЗИС	Отдел ЗИС

При создании почвенной карты как слоя «Почвы» Локальной ЗИС на растровой картографической основе выполняется оцифровка границ землепользования (слой «Земельные участки» (Lots), информация о землепользователях помещается в таблицу Users), а также водных объектов (рек, каналов и канав, озер, водохранилищ и прудов), железных дорог и

улучшенных автомобильных дорог (слой «Виды земель» (Land)) по растровой картографической основе с учетом изменений, отображенных на материалах графического учета.

В качестве растрового ИКМ для создания векторной почвенной карты могут служить: *авторская почвенная карта землепользования* или *контурная почвенная карта*. Контурная почвенная карта создается в случаях, когда с момента создания авторской почвенной карты до создания цифровой почвенной карты произошло изменение границ землепользования или же, когда почвенная карта создается как тематический слой «Почвы» Локальной ЗИС на растровой картографической основе.

Создание контурной почвенной карты заключается в следующем. На прозрачную основу по данным БГД Локальной ЗИС наносятся граница землепользования, включая посторонних землепользователей, реки, озера, водохранилища, пруды, магистральные каналы, железные дороги и улучшенные дороги. Затем совмещают объекты, нанесенные на прозрачную основу, с соответствующими объектами на авторской почвенной карте. С авторской почвенной карты переносят на прозрачную основу границы и номера почвенных разновидностей и выполняют сводку контуров почвенных разновидностей авторских почвенных карт смежных землепользований. При необходимости составляется новая легенда почвенной карты.

Создание цифровой растровой основы контуров почвенных разновидностей происходит путем сканирования исходного картографического материала (контурной почвенной карты или авторской почвенной карты). ИКМ сканируется с разрешением 300 dpi. Отсканированное изображение просматривается и при необходимости подвергается чистке. В случае сканирования ИКМ по частям выполняют сшивку его фрагментов. Трансформирование и геопривязка растра к системе координат Локальной ЗИС выполняется в среде AutodeskMap с помощью модуля Autodesk RasterDesign или в ArcMap ГИС ArcGIS с помощью команды Georeferencing.

Оцифровка границ почвенных разновидностей выполняется по растровым ИКМ. В автоматическом и полуавтоматическом режимах программ-векторизаторов (Autodesk RasterDesign, ArcScan for ArcGIS или R2V) выполняется оцифровка контурной почвенной карты, в полуавтоматическом и ручном – авторских почвенных карт. Оцифрованная информация помещается на слой «Pochvy» БГД «Maps_Почвы». Кодирование контуров почвенных разновидностей выполняется в соответствии со значениями индексов, имеющимися на авторской почвенной карте, которые помещаются в поле Code атрибутивной таблицы.

Оцифрованные границы почвенных разновидностей (цифровую почвенную карту) необходимо согласовать с границами контуров ранее созданных цифровых почвенных карт смежных землепользований, а также со слоями «Земельное покрытие» (Land) и «Мелиоративное состояние земель» (Melio) БГД Локальной ЗИС.

Формирование слоя «Почвы» БГД ЗИС выполняется путем соединения атрибутивной таблицы полигонального слоя «Pochv» БГД «Maps_Почвы» с таблицей легенды почвенной карты Kod_Pochv и загрузки в слой «Почвы» (Soil) БГД Локальной ЗИС созданной цифровой почвенной карты землепользования (слой Phocv БГД «Maps_Почвы»). Структура атрибутивной таблицы слоя «Почвы» БГД ЗИС представлена в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Структура атрибутивной таблицы слоя «Почвы» БГД Локальной ЗИС [26]

Наименование данных	Имя поля	Тип поля	Примечание
Классификационная принадлежность почвы	SoilCode1	Текстовое	Кодирование в соответствии с Номенклатурным списком почв Беларуси
Генезис почвообразующих пород	SoilCode2	Текстовое	
Гранулометрический или ботанический состав почв	SoilCode3	Текстовое	
Характер подстилаяния	SoilCode4	Текстовое	
Мелиоративное состояние и освоение	SoilCode5	Текстовое	

4.2.2. Формирование ЦМР при создании ГИС «Трехмерная модель» ЦБКММ

Цифровая Базовая Картографическая Модель Местности (ЦБКММ) есть элемент автоматизированной технологии совместного земельно-кадастрового и топографического дешифрирования материалов аэрофотосъемки и построения многоцелевой цифровой модели местности как основы создания цифровых земельно-кадастровой (ЗИС) и топографической (цифровых карт) моделей местности [28].

По своему содержанию ЦБКММ с одной стороны, является конечным продуктом – как результат комплексных работ по аэрофотосъемке и цифровому дешифрированию для целей земельного кадастра и топографии. В этом качестве она может служить источником цифровой картографической информации для построения тематических ГИС, карт и планов для различных отраслей народного хозяйства Республики Беларусь.

С другой стороны ЦБКММ, представляет собой промежуточный продукт, предназначенный для формирования земельно-информационной системы и цифровых крупномасштабных топографических карт и планов. С учетом этих целей содержание ЦБКММ определено таким образом, чтобы формирование ЗИС и цифровых топографических карт и планов осуществлялось в камеральных условиях путем построения запросов и реорганизации информации.

ЦБКММ создается только в тех случаях, когда для объекта работ требуется создать или обновить как ЗИС, так и цифровые топографические карты или планы. Она представляет собой комплекс взаимосвязанных и взаимодополняющих ГИС геодезического, картографического и земельно-кадастрового содержания. Перечень ГИС, составляющих ЦБКММ, приведен в табл. 4.4.

ГИС «Математическая основа» охватывает всю территорию Республики Беларусь, она передается предприятиям–исполнителям работ по формированию ЦБКММ.

ГИС «Планово-высотная основа» и **«Растровая топооснова»** создаются на всю территорию Республики Беларусь постепенно – по мере выполнения работ по формированию ЦБКММ районов республики. ГИС «Растровая топооснова» разрабатывается на базе расчлененных издательских оригиналов топографических карт соответствующего масштаба и используется в качестве вспомогательного материала при камеральном дешифрировании.

ГИС «Трехмерная модель» создается на основе расчлененных издательских оригиналов топографических карт соответствующего масштаба и дополняется векторной информацией о характерных элементах естественных и искусственных форм рельефа, полученной путем оцифровки по стереомодели. Векторная модель рельефа является слоем цифровой топографической карты, а также используется для построения матрицы рельефа, которая, в свою очередь, служит исходным материалом при создании ортофотокарт.

ГИС «Аэрогеодезические данные» формируется на основе отсканированных негативов аэрофотоснимков, параметров аэрофотосъемки и данных проектов фотограммсущения.

Покрытие АТЕ и ТЕ, входящее в **ГИС «Границы»**, создается на всю территорию Республики Беларусь, передается предприятиям–исполнителям работ по формированию ЦБКММ и по мере внесения изменений и дополнений в реестр АТЕ и ТЕ ГЗК (в том числе по результатам работ по формированию ЦБКММ) периодически обновляется.

Таблица 4.4

Состав ГИС, входящих в ЦБКММ [28]

Наименование ГИС	Содержание ГИС	Обозначение ГИС
Математическая основа	Номенклатурная разграфка топокарт и топопланов, прямоугольные координатные сетки для всего масштабного ряда в СК-42 и СК-63	MatBase
Планово-высотная основа	Элементы государственной геодезической сети, сетей сгущения, съемочных сетей	GeoBase
Растровая топооснова	Растровые ориентированные мозаичные топокарты масштаба 1 : 10 000, топопланы масштаба 1 : 2 000, ортофотокарты	Rastr
Границы	Административно-территориальные и территориальные единицы, границы модели	Borders
Аэрогеодезические данные	Схемы маршрутов аэрофотосъемки, схемы кадров аэрофотосъемки, результаты фотограммсгущения, аэрофотоснимки в цифровом виде	AeroGeo
Трехмерная модель	Горизонтالي, отметки высот, линии урезов, бровок, обрывов, подпорных стенок	3Dmodel
Модель местности	Водно-земельное покрытие, надземные и подземные сооружения, гидрографическая и улично-дорожная сеть, коммуникации и другие линейные объекты, точечные объекты, аннотации	Model

ГИС «Модель местности» разрабатывается путем оцифровки по стереомодели или по ортофотокарте объектов, являющихся общими как для топографических карт, так и для ЗИС, и используется для создания цифровых планов и карт.

ГИС «Аэрогеодезические данные», «Трехмерная модель» и «Модель местности» создаются на всю территорию Республики Беларусь постепенно – по мере выполнения работ по формированию ЦБКММ районов республики.

Таблица 4.5

Структура атрибутивных таблиц ГИС «Трехмерная модель» [28]

Данные	Поле	Представление
Покрытие и точечная тема Отметки (Zpt)		
Покрытие и линейная тема Изолинии (Zline)		
Покрытие и линейная тема Ручьи (Thalweg)		
Покрытие и линейная тема Берега (Coast)		
Покрытие и линейная тема Бровки (Edge)		
Покрытие и линейная тема Крыши (Roof)		
Код объекта по классификатору	Код	Числовое
.....		
Код объекта по классификатору	Код	Числовое

Цифровая модель рельефа (ЦМР) согласно структуре ЦБКММ, входит в ГИС «Трехмерная модель», которая создается на территорию Республики Беларусь постепенно – по мере создания ЦБКММ. Информационная модель ГИС «Трехмерная модель» приведена в табл. 4.5.

Все атрибутивные таблицы тем данной ГИС имеют одинаковую структуру. Координаты отметок высот и урезов (X, Y, Z) содержатся в модели в координатах соответствующих графических примитивов – 3d-точек. Высоты изолиний содержатся в модели в уровне (координате Z) графических примитивов модели – полилиний. Информация о высоте зданий и сооружений (объекты темы Крыши) также содержится в уровне (координате Z) графических примитивов модели – полигонов. Информация о высоте всех прочих объектов ГИС содержится в координатах Z вершин 3d-полилиний.

Объекты покрытий «Ручьи и тальвеги», «Береговые линии», «Бровки откосов, обрывов» и «Крыши» ГИС «Трехмерная модель» являются заготовкой соответствующих объектов ГИС «Модель местности». При конвертации (выгрузке) объектов из одной модели в другую они преобразуются из трехмерных в двумерные.

Средняя точность по высоте дополнительных к горизонталям элементов модели – 1 м. Тальвеги, водотоки, бровки и т. п. оцифровываются с привязкой к пересекаемым ими горизонталям. Каналы и канавы шириной менее 5м в трехмерной векторной модели не оцифровываются.

Трехмерная модель создается с целью корректного построения ортофотопланов и оцифровки зданий и сооружений. Формирование модели осуществляется в рамках границы ЦБКММ. *ЦМР ЦБКММ создается в три этапа* [28]:

- 1) создание векторной модели рельефа;
- 2) дополнение и редактирование трехмерной векторной модели рельефа;
- 3) оцифровка зданий и сооружений.

Сначала по растровой топографической карте ГИС «Растровая топооснова» с использованием программ-векторизаторов оцифровываются горизонтالي и отметки высот и урезов воды. Затем помаршрутно, в соответствии со схемой аэрофотосъемки, модель рельефа дополняется и редактируется путем оцифровки по цифровым стереопарам на ЦФС с подгрузкой фрагментов оцифрованных горизонталей характерных элементов искусственных и естественных форм рельефа (бровки обрывов, откосов насыпей и выемок, тальвеги и т. п.). Покрытие Крыши (Roof) формируется помаршрутно по цифровым стереопарам в тех же проектах на этапе камерального дешифрирования.

Технология построения ЦМР, основанная на векторизации растровых топокарт, выглядит следующим образом:

1) Сканирование расчлененных издательских оригиналов топографических карт М 1 : 10 000 (слои «Рельеф», «Контурная часть», «Гидрография»).

2) Привязка полученных растров к системе координат СК-42.

3) Векторизация ориентированных растровых файлов.

4) Проверка результатов оцифровки.

5) Сводка полученных результатов на всю территорию работ.

6) Векторизация характерных элементов рельефа (бровок, откосов, обрывов, урезов рек и водоемов).

7) Сводка полученных моделей в AutodeskMap, ArcGIS или Photomod DTM.

8) Проверка и согласование сводной модели.

Процесс формирования растровых ориентированных мозаичных топографических карт состоит из следующих этапов:

1) подготовительные работы, заключающиеся в подготовке векторных рамок номенклатурных листов топографических карт (планов) и прямоугольной координатной сетки СК-42;

2) сканирование расчлененных издательских оригиналов топографических карт масштаба 1 : 10 000 или топографических планов масштаба 1 : 2 000;

3) трансформирование и привязка полученных растровых изображений;

4) формирование мозаичных топокарт (топопланов) в соответствии с номенклатурной разграфкой на территорию объекта работ или планов на территорию населенного пункта;

5) оформление отчетных материалов и сдача работ.

Следующим этапом формирования трехмерной модели местности является векторизация характерных элементов ЦМР по подготовленным проектам Photomod. Выполняется оцифровка бровок откосов, обрывов, подпорных стенок, кромок крыш зданий и сооружений, урезов водотоков и водоемов. Векторизация проводится с помощью Photomod StereoDraw.

После сводки всех оцифрованных элементов рельефа (горизонталей, отметок земли и урезов, бровок обрывов, откосов, подпорных стенок, береговых линий водотоков и водоемов) в единую модель следует ее проверка. Сводка модели производится с помощью ArcGIS или Photomod DTM:

1) Построение TIN-модели;

2) Построение по TIN-модели горизонталей;

3) Сравнение исходных горизонталей и отметок с полученными и правка исходных в случае необходимости.

На завершающем этапе, после объединения двух векторных моделей, строится TIN-модель, по которой просматривается и тем самым проверяется сводная модель и в случае необходимости корректируются исходные векторные объекты.

В настоящее время в условиях постоянных изменений любая технология требует постоянной доработки. В век информационных технологий они же и развиваются в первую очередь, а так как ЦБКММ – это прежде всего информационная система, то определенные изменения являются неизбежным и вполне естественным процессом. Происходит разработка новых методик, технологий, чьи алгоритмы постоянно совершенствуются, постоянно создается новое и эволюционирует старое программное обеспечение. Поэтому стоит отметить большое значение и *необходимость доработки существующей технологии создания ЦБКММ.*

В целом можно определить несколько основных приоритетных направлений, в которых следует производить доработку ЦБКММ, как в принципе и любой другой информационной системы:

- увеличение степени автоматизации;
- повышение качества выпускаемого продукта;
- сокращение затрат на создание готового продукта;
- сокращение времени на создание готового продукта.

Большие возможности для автоматизации предоставляют современные программные комплексы для автоматизированного дешифрирования ENVI, ERDAS, Photomod, а так как ЦБКММ является продуктом комплексного дешифрирования материалов аэрофотосъемки, то внедрение данных программных комплексов в технологию позволит значительно сократить время и затраты на создание готового продукта.

Одним из самых длительных и дорогостоящих видов работ является процесс векторизации, поэтому производство данных работ в автоматическом режиме имеет значительный положительный эффект. Для большей автоматизации целесообразно написание скриптов или создания моделей, выполняющих цепочку операций посредством нажатия только одной кнопки. Например, при векторизации горизонталей из расчлененных издательских оригиналов топографических карт и планов технологическая цепочка будет выглядеть следующим образом: отсканированные растры с географической привязкой загружают в программу, затем они проходят подготовку для векторизации по уже заложенным в скрипт или модель параметрам (очистка от шумов, классификация цветов и т. д.), потом по так же заложенным параметрам осуществляется автоматиче-

ская векторизация и наконец – проверка и исправление ошибок топологии согласно заданным топологическим правилам. В итоге на выходе получается топологически корректная векторная модель рельефа, а исполнитель может приступить к добавлению атрибутов и кодировке. В ГИС ArcGIS данную задачу создания моделей позволяет решить модуль ModelBuilder.

Немаловажным является совершенствование структуры и содержания ЦБКММ, так как ряд решаемых задач с течением времени постоянно расширяется и модель должна соответствовать требованиям времени. Что касается ГИС «Трехмерная модель», то целесообразным будет ввод в структуру данной ГИС наряду с TIN-моделями ЦМР и грид-моделей (рис. 4.4). Преимуществом ЦМР данного типа является то, что они представляют собой непрерывную поверхность, где в каждой ячейке имеется значение высоты – координаты Z. Возможно успешное применение данных ЦМР при ортофототрансформировании аэрофотоснимков.

Также очень важным аспектом является адаптация технологии создания ЦБКММ к внедрению цифровых съемочных систем вместо традиционных пленочных.

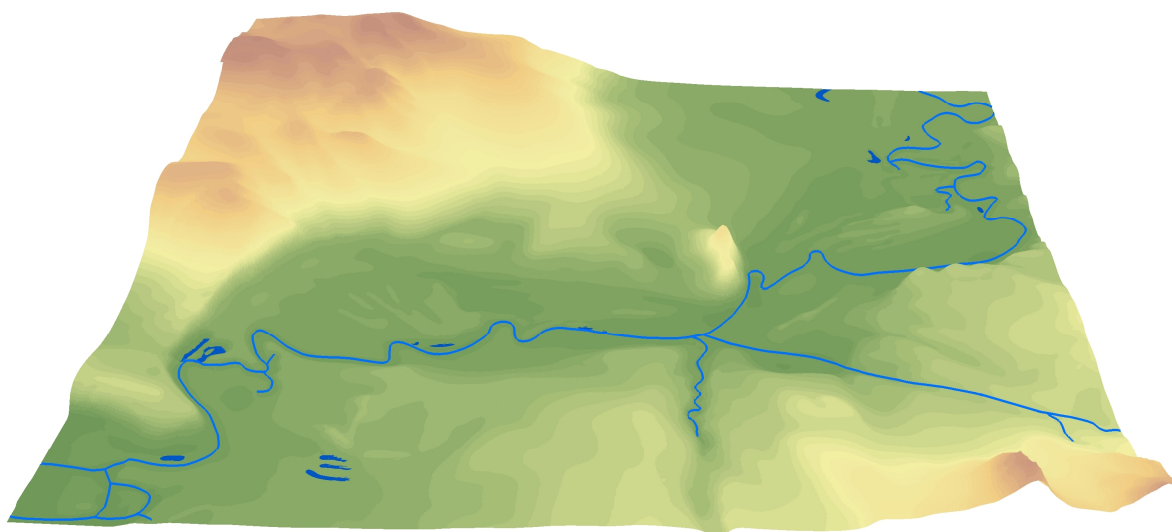


Рис. 4.4. ЦМР (район учебной географической станции БГУ «Западная Березина»), полученная с использованием метода интерполяции Торо to Grid (ГИС ArcGIS)

Комплексная модернизация технологии создания ЦБКММ является залогом рентабельности и конкурентоспособности выходного продукта и, таким образом, целесообразности деятельности в данной сфере.

4.2.3. Создание планов границ земель садоводческих товариществ (дачных кооперативов)

Создание планов границ земель садоводческих товариществ (дачных кооперативов) и планов границ участков граждан в данных образованиях осуществляется в рамках формирования землеустроительных дел по установлению (восстановлению) границ в натуре (на местности). При создании новых, изменении границ существующих товариществ (кооперативов), а также для их государственной регистрации и получения документов, удостоверяющих права на земельные участки проводятся мероприятия по установлению (восстановлению) границ со всем комплексом геодезических изысканий. При подготовке землеустроительного дела по материалам выполненных ранее (до широкого использования в практике землеустройства ГИС-технологий) мероприятий по установлению (восстановлению) границ для формирования планов границ земель садоводческих товариществ (дачных кооперативов) и планов границ участков граждан возможно использование планово-картографических данных, имеющихся в этих материалах. Важным является то, что с момента создания материалов в садовом товариществе (дачном кооперативе) не происходили изменения его внешней границы, границ земель общего пользования и участков граждан. **Основными этапами работ в таком случае являются:**

1. Создание по каталогу координат внешней границы садоводческого товарищества (дачного кооператива) в Локальной ЗИС.
2. Сканирование бумажного плана земель садоводческого товарищества (дачного кооператива).
3. Трансформирование полученного растрового файла и геопривязка его к координированной внешней границе.
4. Оцифровка границ земель общего пользования и участков граждан; сопоставление фактических площадей участков с площадями, указанными на плане.
5. Создание каталогов координат поворотных точек границ и планов границ земель.

Внешняя граница садоводческого товарищества (дачного кооператива) создается по каталогу координат, имеющемуся в материалах по установлению границ в слое «Земельные участки» (Lots3) Локальной ЗИС. Используется инструмент «Добавить X,Y данные» в случае, когда каталог координат сформирован в электронном виде как таблица Microsoft Office Excel или Microsoft Office Access, либо «Абсолютные X,Y»

в режиме редактирования ArcMap ГИС ArcGIS. Если каталог координат был создан в системе координат, отличной от ЗИС, работы выполняются в исходной системе, а затем производится перепроецирование данных. На этом этапе важным является проверить соответствие фактической площади товарищества (кооператива) и площадь, указанной на плане и в материалах по установлению границ. Путем конвертации полигонов в линии и точки создаются поворотные точки границы и границы садоводческого товарищества (дачного кооператива) в слоях «Поворотные точки границ земельных участков» (Lots1) и «Границы земельных участков» (Lots2) БГД Локальной ЗИС.

Сканирование бумажного плана земельных участков садоводческого товарищества (дачного кооператива) выполняется с разрешением не менее 300 dpi. Отсканированное изображение просматривается и подвергается чистке. В случае сканирования плана по частям выполняют сшивку его фрагментов. **Трансформирование и геопривязка раstra** к координированной внешней границе садоводческого товарищества выполняется в среде AutodeskMap с помощью программной системы Autodesk RasterDesign или в ArcMap ГИС ArcGIS с помощью команды Georeferencing.

Каталог координат поворотных точек границ земельного участка № 119, предоставленного в частную собственность Ивановой Валентине Александровне в садоводческом товариществе «Колос»				
система координат 1963 года				
№ точки	Координата X, м	Координата Y, м	Расстояния, м	Дирекционные углы °,'
1	2863,91	51684,33	8,5	278°26,16'
2	2875,34	51678,24	15,1	8°12,18'
3	2884,57	51672,11	28,7	58°34,27'
4	2886,89	51623,63	21,4	77°55,33'
5	2864,33	51622,34	26,7	13°15,56'

Площадь участка 613 м²

Составил _____ Иванов Д. А.
 Проверил _____ Петров И. Г.

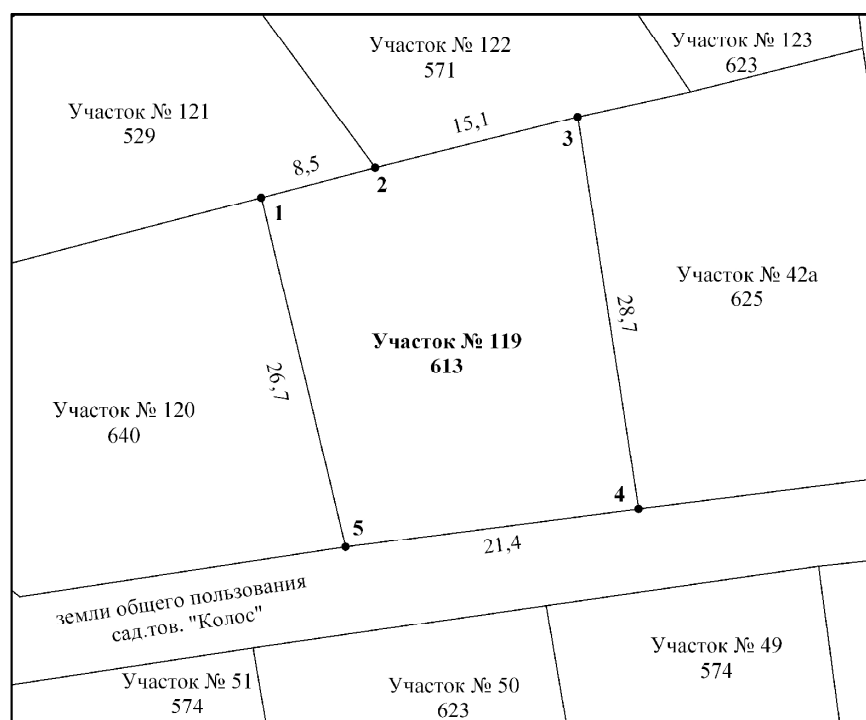
Рис. 4.5. Каталог координат поворотных точек границы земельного участка

Оцифровка границ земель общего пользования и участков граждан осуществляется средствами редактирования ArcMap ГИС ArcGIS в слоях «Земельные участки» (Lots3), «Поворотные точки границ земельных

участков» (Lots1) и «Границы земельных участков» (Lots2) БГД Локальной ЗИС. Используя редактирование топологии, выполняется сопоставление фактических площадей и длин линий границ участков с площадями и длинами, указанными на плане. После проверки точности сопоставления также проверяется топология БГД Локальной ЗИС.

Создание каталогов координат поворотных точек границ земель (рис. 4.5) выполняется путем экспорта таблицы атрибутов слоя «Поворотные точки границ земельных участков» (Lots1) в текстовый файл. Планы границ земель садоводческих товариществ (дачных кооперативов) и планы границ участков граждан (рис. 4.6) формируются в режиме компоновки в ArcMap.

ПЛАН
(по материалам оцифровки)
границ земельного участка № 119 гражданки Ивановой Валентине Александровне
в садоводческом товариществе "Колос", расположенном на территории
Минского районного Совета народных депутатов.



Масштаб 1:500

Рис. 4.6. План границ земельного участка

Вопросы для самопроверки:

1. Какова последовательность выполнения операций при использовании планово-картографических материалов для целей геоинформационного картографирования земель?

2. Какое разрешение при сканировании планово-картографических материалов является оптимальным для последующего ГИС-картографирования?
3. В чем заключается процесс трансформации и геопривязки отсканированных планово-картографических материалов?
4. В каких режимах в ГИС возможно выполнить векторизацию отсканированных и геопривязанных планово-картографических материалов?
5. Перечислите основные этапы создания цифровой почвенной карты на основе планово-картографических материалов.
6. Для каких целей используется и в чем заключаются особенности технологического процесса создания ГИС «Трехмерная модель» для ЦБКММ?
7. В каких случаях создание планов границ земель садоводческих товариществ (дачных кооперативов) выполняется по планово-картографическим материалам.
8. Перечислите основные этапы создания планов границ земель садоводческих товариществ (дачных кооперативов) на основе планово-картографических материалов.

5. ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНЫХ ДАННЫХ. СИМВОЛИЗАЦИЯ И ОФОРМЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНО-КАДАСТРОВЫХ КАРТ В ГИС

5.1. Общие рекомендации по составлению карт. Основные элементы карты

Картографию можно описать как совокупность графических принципов, включающих ряд технологий, а также научный и художественный подходы, необходимые для создания географических карт. Зародившись много веков назад, картография прошла большой путь развития и продолжает совершенствоваться. В последние десятилетия в картографии появилось много новых разработок, трансформируются и средства картографии, учитывающие достижения в исследовании человеческой психологии и визуального восприятия.

Традиционно создание карт определялось функцией хранения в них пространственной информации в виде изображения. Внедрение геоинформационных технологий в географические исследования породил системный переворот в картографии.

Традиционный подход к картам – *парадигма сообщения* – подразумевал, что сама карта является конечным продуктом, призванным сообщать о пространственных распределениях через использование символов, классификации и т. д. Однако такой взгляд на картографию ограничен, поскольку пользователю карты не доступна через карту исходная, не классифицированная информация. Другими словами, пользователь, имея только конечный продукт, не может перегруппировать данные для получения большей отдачи при изменившихся обстоятельствах или потребностях.

Альтернативный подход к картографии, который поддерживает хранение исходных данных для обеспечения возможности последующей переклассификации, выработался примерно тогда же, когда изготовители карт начали использовать достижения компьютерной техники. При этом подходе, называемом *аналитической парадигмой*, исходные атрибутивные данные сохраняются на компьютерных носителях и отображаются исходя из нужд пользователя и с использованием их классификаций. Ранний предшественник компьютерной картографии и самих ГИС, этот метод сегодня стал гораздо более гибким в применении, чем его предшественник. Импульсом к его развитию служит идея о том, что карта, особенно с применением компьютерной техники, должна не только сообщать информацию, но и позволять анализировать ее.

При подготовке разных видов карт необходимо придерживаться ряда **общих рекомендаций по их созданию** [24]. Достаточно важно понимать **назначение** карты и ее **аудиторию**. Как правило, назначение у карты одно – хранение пространственной информации. Попытка передать слишком много информации на одной карте только запутывает ее пользователя. Гораздо лучше создать две карты, у каждой из которых будет свое назначение. Необходимо также представлять, для какой аудитории создается картографический продукт.

Физический **размер** карты относительно отображаемой на ней территории диктует ее масштаб и определяет, как будет представляться реальный размер и количество показанных на карте пространственных объектов. *Носитель* также играет важную роль, так как напечатанная на газетной бумаге карта передает мелкие детали гораздо хуже, чем такая же карта, напечатанная на бумаге высокого качества.

Акцент – это то, на что разработчик карты хочет обратить внимание в первую очередь. Обычно холодные цвета (оттенки фиолетового, синего, глубокого) используются для фоновой информации, а теплые цвета (красный, желтый и зеленый) привлекают внимание читателей карты.

На карте должен быть соблюден **визуальный баланс**. Это предполагает выравненность всех элементов карты друг относительно друга, доминирующее положение картографического изображения, отсутствие больших пустых пространств.

Полнота карты подразумевает содержание на ней ряда **обязательных элементов**, таких как математическая основа, картографическое изображение и вспомогательное оснащение, дополнительные данные.

Основными элементами, представляющими собой **математическую основу** карты являются проекция и масштаб карты. **Проекция** – математическая формула, трансформирующая местоположения пространственных объектов с трехмерной земной поверхности на плоскую поверхность карты. Проекции могут вызывать искажения длин линий, площадей, форм и направлений. Соответственно вид проекции обычно указывают на карте, чтобы ее читателям было понятно, насколько точную информацию они могут получить с карты. С картографической проекцией связана **координатная сетка** карты. Довольно часто направление показывается с помощью **стрелки севера**. На карте может быть указан истинный и магнитный север. Однако если карта имеет координатную сетку, стрелку севера добавлять не обязательно.

Масштаб – предоставляет информацию, помогающую читателям карты определять расстояния. Масштаб карты – это отношение одной еди-

ницы измерения длины на карте к соответствующему расстоянию на местности. Он может быть численным (1 : 10 000), линейным (масштабная линейка) или именованным (в одном сантиметре – десять километров).

Картографическое изображение (фрейм данных) – основная область карты (рис. 5.1). В пределах одного документа можно разместить один и более фреймов данных. Например, можно разместить несколько изображений, показывающих разную, но связанную информацию, такую как динамика изменения земельного фонда по годам.



Рис. 5.1. Некоторые элементы карты [24]

К элементам **вспомогательного оснащения** карты относят **легенду** (условные обозначения и текстовые пояснения к ним) и **справочные данные** (название карты, автор, использованные источники, место и год издания).

На карте также могут присутствовать **дополнительные данные**. Это **дополнительные карты** (обзорная карта, карта-врезка, индексная карта). Кроме того, к дополнительным данным относятся **текстовые и цифровые данные**, а также **диаграммы, графики, фотографии, таблицы**, которые дополняют и обогащают карту.

5.2. Этапы дизайна и компоновки карты в ГИС.

Внешние и внутренние факторы картографического дизайна

Процесс дизайна и компоновки готовой карты в ГИС включает в себя ряд этапов. Все операции осуществляются в режиме компоновки ГИС-программы.

На **первом этапе** выполняется разработка макета компоновки карты. Разработчик выбирает тип карты, которую собирается создать, размещает на ней все элементы, формирует общий ее вид, руководствуясь основными рекомендациями по картосоставлению. Этот этап весьма интуитивен, результат его – общий план карты.

На **втором этапе** выполняется разработка дизайнерских приемов оформления и символизации карты. Разработчик выбирает способ отображения картографического изображения, подбирает символы для отображения объектов, интервалы классов, цвета, типы линий и другие графические элементы. При этом обычно очень тщательно, в зависимости от масштаба карты, подбираются размеры объектов и расстояния между ними. Создаются и размещаются необходимые аннотации.

На **третьем этапе** осуществляется исправление всех ошибок и недочетов, а также печать готовой карты. Заключительный этап процесса дизайна состоит в точной настройке того, что было сделано на предыдущей стадии. Здесь в макет карты могут вноситься только небольшие изменения. Главное – создание прототипа готовой карты на экране монитора перед выводом на печать. При этом следует учитывать возможные различия изображений на экране монитора и на бумаге, обусловленные использованием специальных языков управления периферийными устройствами (несоответствие шрифтов и цветов устройств ввода и вывода данных ГИС). Здесь можно порекомендовать вывести уменьшенную копию карты или ее часть, чтобы оценить соответствие и, если нужно, внести коррективы перед печатью всей карты.

На всех этапах дизайна и компоновки карт в ГИС необходимо учитывать **внешние и внутренние факторы картографического дизайна** [5].

Внешние факторы картографического дизайна определяют природу создаваемой карты, типы используемых графических элементов и применяемые принципы внутреннего картографического дизайна. К ним относятся назначение карты, ее реализм, наличие данных для картосоставления, целевая аудитория и условия использования карты, а также технические пределы оборудования по созданию и печати готовой карты.

Первым и наиболее важным фактором является **назначение карты**, в то время как сущностная задача связана с природой информации, которую необходимо отобразить. Тематические карты, создаваемые в ГИС, предназначены для изображения конкретных результатов анализа. Здесь очень важна простота: чем более сфокусирован вывод, тем легче его понять. Другой аспект назначения карты – эргономическая задача – имеет в виду не столько то, что отображается, сколько то, как это делается. Решив, что будет отражено на карте, необходимо также выбрать форму представления, которая сможет адекватно передать ее сообщение. Если карта показывает ограничения использования земель, то ее дизайн должен недвусмысленно демонстрировать их важность.

Вторым фактором является **реализм**, означающий, что каждая область имеет собственные характеристики, налагающие ограничения на применимость критериев дизайна. В географическом анализе обычно участвуют области со сложными физическими, транспортными, социальными или экономическими структурами. Эта сложность может существенно ограничивать возможности размещения названий, размеры и стили символов, типы штриховки и т. д. Такие ограничения неизбежны, и помочь здесь может только практическое знание области изучения и природы данных о ней. Априорное знание ограничений поможет выбрать оптимальную стратегию дизайна заранее, а не на последних стадиях, когда изменения вносить может быть намного труднее.

Третьим фактором является **наличие данных**. Большинство БГД ГИС имеют значительный объем. Вполне возможна, например, карта с сотней категорий землепользования, создать же сто различных цветов весьма проблематично. В этом случае следует изменить процедуру дизайна для включения подразделительной иерархии с различными цветами и типами штриховки для каждого подразделения. С наличием данных может быть связана встречная проблема: данных либо недостаточно для отображения, либо они старые и собирались на иных принципах, либо для них использовалась слишком редкая выборка. Например, нелегко будет сравнивать данные вековой давности по растительности и современные ДДЗ. Первые будут, скорее всего, содержать лишь несколько общих категорий, часто находящихся под воздействием личного опыта сборщика данных, в то время как ДДЗ будут иметь большое число категорий, полученных по компьютерным алгоритмам классификации. Представление также отчасти зависит от масштаба карты. Его уменьшение снижает детальность карты и пропорционально уменьшает ее символы. Но в некоторый момент дальнейшее уменьшение символов становится невозможным из-за потери их различимости. Поэтому при дизайне карты приобре-

тают важность выбор объектов, упрощение и обобщение (генерализация).

Следующим фактором является *целевая аудитория*. Многие пользователи выходных документов ГИС не имеют знаний и опыта в географии и картографии. В таких условиях карта должна восприниматься как можно легче, благодаря сохранению лишь наиболее важных объектов и названий и применению общеизвестных символов. В то же время, опытные пользователи смогут извлечь дополнительную информацию из более плотного представления с абстрактными символами.

Условия использования играют важную роль в дизайне карты. Сюда входят не только варианты карты-плаката или настольного документа. Если карта будет использоваться в полевых условиях, например при полевом дешифрировании земель, то, возможно, ее нужно ламинировать. Весь набор условий работы с картой должен учитываться перед принятием окончательного варианта дизайна.

Наконец, на дизайн карты влияют **технические пределы оборудования**. Очевидно, что на черно-белом принтере нельзя напечатать цветную карту. Дешевые цветные принтеры часто имеют лишь небольшое число воспроизводимых цветов. Существенно также и пространственное разрешение устройства вывода, ограничивающее размер символов и уровень детализации. Все эти факторы должны быть учтены.

Поскольку карты воспринимаются как единое целое (в отличие от текста, воспринимаемого последовательно, слово за словом), необходимо уделять особое внимание **внутренним факторам картографического дизайна**. Среди них: отношение основного изображения и фона, разборчивость, визуальный контраст и иерархическая структура.

Отношение основного изображения и фона на карте играет важную роль. Создавая макет компоновки карты, надо учесть то, что придется размещать ее элементы на ограниченной площади. Многие карты выглядят неинтересными вследствие того, что на них слишком много или слишком мало белого фона. Карта, которая полностью состоит из основного изображения, менее желательна, чем карта с некоторым аморфным фоном, обособляющим основное изображение и дающим ощущение принадлежности суше. Фон поднимает также контраст и визуальную привлекательность. Карта, на которой слишком много фона, уменьшает значение основного изображения и может вызвать у зрителя подозрение о том, что она не полна. Но отношение рисунок–фон содержит больше, чем только соотношение размеров. Если суша и водные поверхности имеют один цвет, то зритель легко может их перепутать. Добавление названий, знакомых очертаний границ, картографической сетки и штри-

ховки позволит пользователю легко различать изучаемую область и не-анализируемые участки карты.

Графические символы на карте должны быть прежде всего **разборчивыми**: отдельные линии – разделимыми, цвета – различимыми, формы – узнаваемыми. Размеры символов обуславливаются расстоянием, с которого карта рассматривается и которое может меняться от десятков сантиметров при индивидуальной работе до нескольких метров при демонстрации в коллективе. При этом нужно помнить и о физических ограничениях оборудования и человеческого глаза.

Другим фактором разборчивости является видимость самих символов. Например, линии замечаются легко, поэтому нет нужды делать их особенно широкими. Одни сочетания цветов помогают различению (черные буквы на белом фоне), другие – мешают (те же черные буквы на темно-синем фоне). Наконец, использование легко узнаваемых символов и их комбинаций помогает разборчивости – классическим примером являются фигуры, используемые на дорожных знаках, они позволяют передать сообщение без использования текста.

Визуальный контраст также необходим для различения графических символов и текста на имеющемся фоне, а также при их близком расположении. Если некоторые элементы выглядят почти одинаково из-за сходства размера, формы, штриховки или других параметров, то может быть полезным внесение дополнительных вариаций, чтобы увеличить контраст. При этом нужно не «перегибать палку», так как слишком большой контраст может привести к утомлению зрителя при длительном рассматривании.

Последним принципом графического дизайна является **иерархическая организация**. Все графические элементы, присутствующие на карте, должны быть организованы таким образом, чтобы подчеркнуть то, что наиболее важно. Этот принцип слабо применяется на общегеографических картах, так как их цель – дать возможность различным по интересам пользователям фокусироваться на важных для них элементах, поэтому все элементы такой карты должны иметь равное значение. А тематические карты, наиболее распространенные в среде ГИС, должны подчеркивать конкретные объекты. Это может быть сделано посредством иерархической организации или деления элементов по уровням визуальной значимости.

Существуют три основных метода достижения иерархической организованности [5].

Стереограммный метод требует выбора и модификации графических приемов с тем, чтобы позволить наиболее значимым элементам выгля-

деть расположенными выше, чем менее важные элементы. Это полезный метод улучшения соотношения фигура–фон. Ключами к восприятию глубины могут быть использование трехмерных объектов, различия в толщине линий, цвете, яркости или размере.

Второй метод иерархической организации называется *расширительным*, он чаще всего используется для ранжирования линейных или точечных объектов. Например, главные дороги должны выглядеть более заметными, чем второстепенные. Здесь можно варьировать толщину линий, их яркость или внутреннюю структуру (прерывистость, длину штриха и т. п.), а также комбинации этих свойств для показа значимости каждого линейного объекта.

Последний метод создания иерархической графической организации, называемый *методом подразделительной иерархии*, применяется главным образом для показа различий во внутреннем устройстве областей. Так, например, пастбища могут делиться на активно, умеренно и мало-используемые. Этот же метод применяется при обозначении границ государств жирными линиями, в то время как внутреннее административное деление показывается тонкими линиями.

Кроме основных внутренних факторов картографического дизайна, при создании карты необходимо учитывать или использовать **вариации вида векторов** представляющих точечные, линейные и площадные объекты, чтобы эти объекты были различимы. Основные параметры, которые могут изменяться – это форма, размер, ориентация и цвет. Кроме этого, для заполнения площадных объектов могут использоваться штриховки, которые характеризуются *организацией* – регулярной или случайной, *частотой следования элементов*, позволяющей делать их светлее или темнее, и *ориентацией* этих элементов. Все эти параметры можно изменять для улучшения графического представления объектов и их групп.

Таблицы и графики на карте могут существенно улучшить понимание картографических результатов. Как и в случае с картами, в дизайне этих элементов также есть свои принципы. Таблицы в ГИС чаще всего встречаются в легендах карт для связывания атрибутивных данных с графическими объектами карты и как распечатки значений атрибутов объектов. К ним может также прилагаться содержимое словаря данных для детального описания данных и дополнения легенды карты.

Вопросы дизайна текстового вывода включают общие идеи *назначения, читабельности и целевой аудитории*. В вопросе назначения следует подумать о том, насколько эффективно текст и таблицы могут дополнить или полностью заменить картографический вывод.

Текст и таблицы понятны практически всем, и вопросы читабельности достаточно общеизвестны: следует использовать простой шрифт; цвет и яркость символов и фона должны образовывать хороший контраст; таблицы и текст желательно отделять от карты рамкой; не следует злоупотреблять сокращениями, – чем меньше таблица требует объяснений, тем она удобнее; для групп близких по смыслу строк или столбцов можно использовать дополнительное выделение, например, цветом.

Построение графиков благодаря компьютеру стало достаточно тривиальной задачей. Сами программы их построения предлагают много дополнительных возможностей: использование цветов, объемных букв, линий и фигур, занимательных символов и т. д. На самом деле, такие украшения в большинстве случаев не нужны, они только ухудшают читабельность вывода и напрягают зрение.

Самое главное здесь, чтобы графические решения следовали основному критерию – простота и разборчивость. Главные принципы построения графиков следующие: значимые линии должны выделяться на общем фоне; координатная сетка не должна быть слишком частой и заслонять собой сам график; координатные оси обязаны доходить до максимальных значений изображаемых величин, желательно также наносить на оси максимальные и минимальные значения координат; при совмещении нескольких графиков следует позаботиться, чтобы масштаб для каждого показателя не вводил зрителя в заблуждение о том, что малые величины больше, чем они есть в реальности, и наоборот.

5.3. Использование векторных моделей представления пространственных данных для ГИС-картографирования земель

В качестве исходных данных при геоинформационном картографировании земель часто используются уже существующие пространственные данные в векторном виде. В качестве примера можно привести использование слоев БГД Локальной ЗИС и других электронных источников пространственной информации при составлении **картографической части схем землеустройства районов.**

Схема землеустройства является документом планирования землепользования, определяющим концепцию и стратегию устойчивого землепользования, перспективы перераспределения, трансформации, улучшения и охраны земель в границах района, и предназначена для местных исполнительных и распорядительных органов, землеустроительных и геодезических служб, других государственных органов и организаций в соответствии с их компетенцией по регулированию и управлению в об-

ласти использования и охраны земель, а также для иных заинтересованных лиц [8]. Картографическая часть схемы землеустройства должна отражать современное землепользование района и ограничения на него, предложения по перспективным направлениям использования земель. Она включает в себя **основные** и **тематические** карты.

Основным источником, предназначенным для информационного обеспечения схем землеустройства, является ЗИС Республики Беларусь. В связи с этим наиболее рациональным способом организации пространственных данных схемы землеустройства является создание БГД (основной формат ГИС ArcGIS).

Пространственные данные, на основе которых разрабатываются схемы землеустройства, систематизированы в БГД в виде классов: пространственных и объектных. Пространственные классы содержат геометрические описания в виде точек, линий, полигонов, а также подписей (аннотаций). Объектные классы содержат различные характеристики объектов, которые используются в расчетах, при создании таблиц и графиков, заполнении атрибутивных полей пространственных классов.

В состав БГД схемы землеустройства, которая служит основой для создания картографической части схемы, включаются данные, извлечение которых происходит из различных векторных форматов, таких как обменный формат ESRI (*.shp), покрытия ArcInfo(*.adf, *.e00), чертежи САПР (*.dxf, *.dwg), рабочие таблицы Map Info (*.mif, *.tab) и др. Для этих целей используется модуль ГИС ArcGIS Data Interoperability, предоставляющий возможности импорта данных из распространенных векторных форматов.

Многие из классов пространственных объектов для БГД схемы землеустройства получают путем изменения содержания других классов, взятых из ЗИС или других электронных источников пространственной информации. Для этого используются операции *векторного ГИС-анализа*. Среди них можно выделить следующие операции: элементарного пространственного анализа (просмотр данных по векторным геообъектам, анализ атрибутов, картометрические измерения, составление тематических картограмм по атрибутам), пространственной статистики (статистическая обработка атрибутов, описательная статистика выборки, геообъекта; работа с базами атрибутивной информации, продвинутые операции пространственной статистики), а также продвинутого пространственного анализа (оверлейные операции, анализ близости (построение буферов), переклассификация, районирование, генерализация и геообработка).

В качестве *основных источников для векторного ГИС-анализа* выступают слои ЗИС – Admi, Lots, Comm, Land, а также картографическая основа. В качестве картографической основы может выступать и слой Land, но предпочтительнее создать основу из нескольких тематических слоев, включающих кроме гидрографической и дорожной сети, видов земель, населенных пунктов еще и подписи этих объектов, а также другие значимые объекты.

Разработка картографических материалов схем землеустройства опирается на совокупность *способов картографического отображения*. К ним относятся способы качественного и количественного фона, картограмм, картодиаграмм, линейных знаков, значковый и знаков движения.

Порядок подготовки каждой карты в схеме землеустройства с использованием ГИС следующий [19, 20]: 1) определение концепции карты; 2) конкретизация ее содержания; 3) адаптация пространственных данных к содержанию карты; 4) разработка условных знаков отображения пространственных данных на карте; 5) редактирование пространственных данных для лучшего восприятия карты; 6) компоновка элементов для вывода карты на печать; 7) изготовление электронного варианта карты; 8) изготовление необходимого количества копий.

На первой из **основных карт** схемы землеустройства **«Современное использование земель»** основное содержание отображается путем нанесения следующих информационных слоев: виды земель, генерализированные и сгруппированные для целей схемы землеустройства; основные землепользователи на территории района; условные границы лесничеств; населенные пункты (города, поселки городского типа, сельские населенные пункты); особо охраняемые природные территории (заповедники, национальные парки, заказники и памятники природы республиканского и местного значения); автомобильные дороги (международные, республиканские, местные); железные дороги; пункты пограничного пропуска; трубопроводы (магистральные), линии связи и электропередачи 110 кВ и более); границы административного района в виде линии с обводкой (государственная, районные); подписи (направления дорог, выходящих за пределы района; названия гидрографических объектов, сельскохозяйственных организаций, населенных пунктов, лесохозяйственных организаций, особо охраняемых природных территорий, соседних районов, номеров дорог, номеров землепользователей, номеров сельскохозяйственных организаций).

На основной карте **«Ограничения использования земель»** наносятся следующие информационные слои БГД схемы землеустройства: основные землепользователи на территории района; лесные земли, разделен-

ные на группы лесов (леса 1 группы, леса 2 группы, особо ценные лесные экосистемы); населенные пункты (города, поселки городского типа, сельские населенные пункты); объекты гидрографии; особо охраняемые природные территории и их охранные зоны; предложения по развитию особо охраняемых природных территорий (создание новых, изменение границ существующих, границы охранных зон); места обитания охраняемых видов животных, места произрастания охраняемых видов растений, особо ценные луговые и болотные сообщества; памятники археологии, архитектуры и истории; автомобильные дороги (международные, республиканские, местные); железные дороги; пункты пограничного пропуска; трубопроводы (магистральные), линии связи и электропередачи (свыше 100 кВ); границы административного района в виде линии с обводкой (государственная, областная, районная); животноводческие фермы и комплексы; кладбища, очистные сооружения, свалки, скотомогильники; санитарно защитные зоны кладбищ, очистных сооружений, животноводческих ферм и комплексов; зоны санитарной охраны водозаборов; водоохранные зоны; пригородные зоны; зеленые зоны; пограничная зона; граница территории, загрязненной радионуклидами, и плотность загрязнения; подписи (направления дорог, выходящих за пределы района; названия гидрографических объектов, названия населенных пунктов, особо охраняемых природных территорий, соседних районов, номеров памятников археологии, архитектуры и истории).

На основной карте *«Перспективное использование земель»* содержание отображается путем нанесения следующих информационных слоев: перспективные виды земель, генерализированные и сгруппированные для целей создания схемы землеустройства, в том числе земли, переходящие к сельскохозяйственным организациям из состава земель сельсоветов; фонд (резерв) перераспределения земель; основные землепользователи на территории района; населенные пункты в существующих границах (города, поселки городского типа, сельские населенные пункты); границы планируемого расширения населенных пунктов; особо охраняемые природные территории (заповедники, национальные парки, заказники и памятники природы республиканского и местного значения); границы проектируемого расширения особо охраняемых природных территорий; автомобильные дороги (международные, республиканские, местные); железные дороги; пункты пограничного пропуска; границы административного района в виде линии с обводкой (государственная, областная, районная); границы пространственных пределов сельсоветов с обводкой; границы сельскохозяйственных организаций, не совпадающие с границами пространственных пределов сельсоветов; подписи (направ-

ления дорог, выходящих за пределы района; названия гидрографических объектов, сельскохозяйственных организаций, населенных пунктов, особо охраняемых природных территорий, соседних районов, номеров дорог, номеров землепользователей, номеров сельскохозяйственных организаций).

Кроме основного содержания, на данных картах масштаба 1 : 50 000 дополнительно отображаются обязательные (название карты, условные обозначения, таблица «Технико-экономические показатели схемы землеустройства», гриф «для служебного пользования», копирайт, марка) и необязательные элементы (фотографии, во врезке – картосхема «Конфликтные (экологически опасные) территории», диаграммы (распределение земель по категориям землепользователей; распределение земельного фонда по видам земель; динамика земель сельскохозяйственных и лесохозяйственных организаций; динамика площади земель природного каркаса), во врезке – картосхема «Оценка производственного потенциала сельскохозяйственных организаций»).

Состав и содержание **тематических карт** не ограничиваются. Они выполняются в масштабе 1 : 100 000. Возможный их перечень следующий: административно-территориальное деление и основные землепользователи; развитие и размещение АПК; дорожная сеть и объекты придорожного сервиса; земельные участки, предназначенные для размещения объектов недвижимости; размещение садоводческих товариществ; расселение населения и основные характеристики населенных пунктов; экологический каркас и особо ценные природные территории и объекты; региональная экологическая сеть; размещение лечебно-оздоровительных учреждений, мемориальных комплексов, музеев, спортивных и туристических объектов; оценочное зонирование населенных пунктов; интегрированная оценка земель по условиям землепользования и др. (рис. 5.2; 5.3). При подготовке тематических карт используются информационные слои БГД схемы землеустройства, подготовленные путем векторного ГИС-анализа слоев БГД Локальной ЗИС и других пространственных данных в цифровом виде.

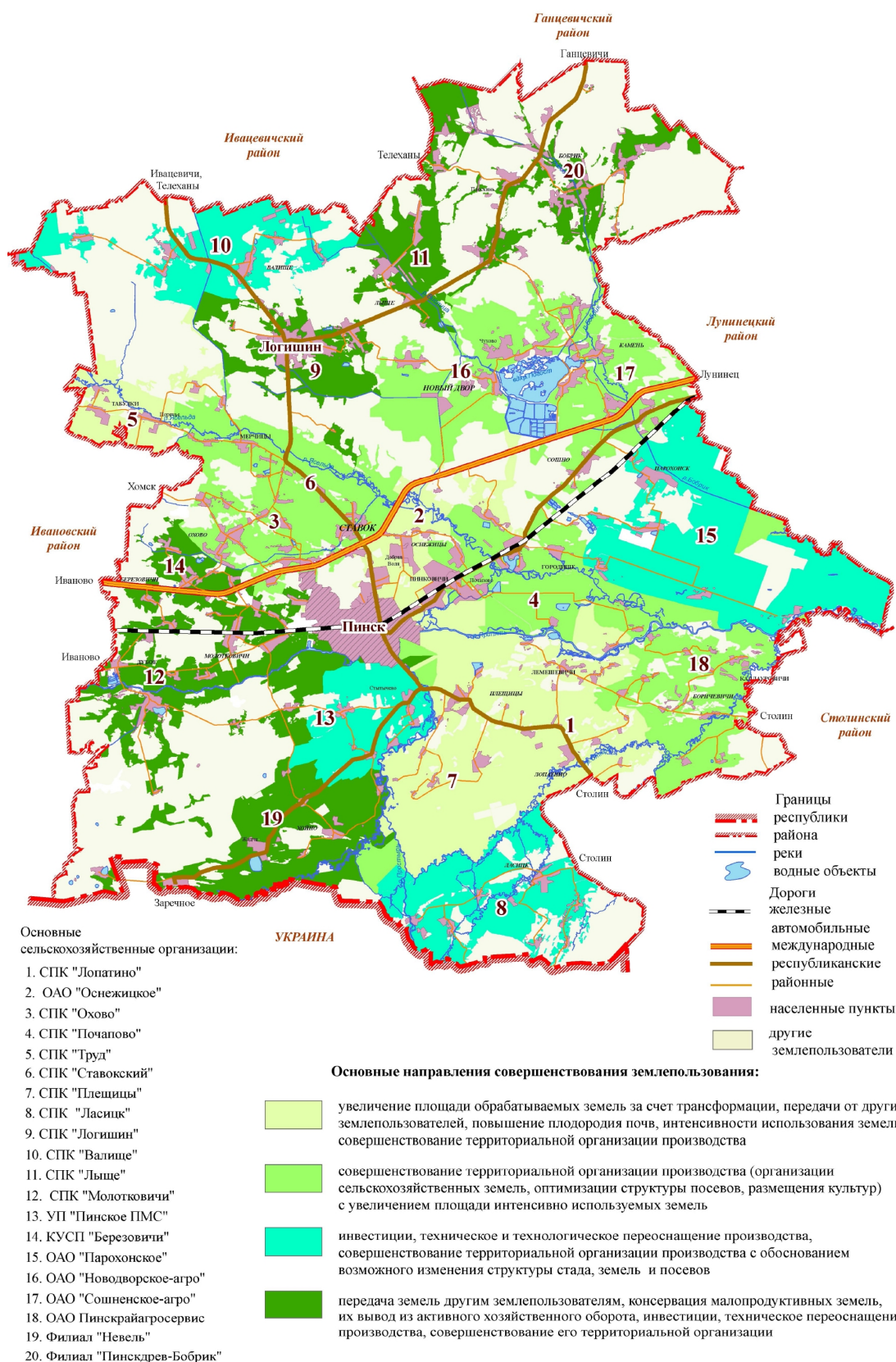


Рис. 5.2. Тематическая карта «Интегрированная оценка земель по условиям землепользования Пинского района» [23]



Рис. 5.3. Тематическая карта «Перспективная организация территории Браславского района» [29]

5.4. Особенности оформления и символизации земельно-кадастровых карт с помощью ГИС в Республике Беларусь

В процессе создания и эксплуатации ЗИС формируются различные картографические материалы (как цифровые, так и на твердой основе): ортофотопланы и фотокарты, земельно-кадастровые и почвенные карты, карты районов, планы землепользований и границ земельных участков, а также выкопировки из них. Картографические материалы изготавливаются в масштабах: 1 : 1 000, 1 : 2 000, 1 : 5 000, 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000. Плановая точность картографических материалов соответствует точности пространственных слоев БГД Локальных ЗИС.

Цифровые картографические материалы подготавливаются в векторной, растровой или векторно-растровой форме в форматах: mxd (ArcMap ArcGIS), pmf (ArcReader ArcGIS), pdf (Adobe Reader), TIF (со сжатием RACKBITS). Картографические материалы на твердой основе изготавливаются в стандартных рамках номенклатурного листа топографической карты или плана либо в произвольных рамках на листах форматов A4, A3, A2, A1. Компонировка картографического материала в произвольных рамках выполняется таким образом, чтобы листы карт (планов) имели наименьший из возможных форматов, а линии разрыва многолистных документов были выполнены преимущественно по границам земельных участков или контурам земельного покрытия. При формировании многолистного картографического материала создается и используется вспомогательный слой его нарезки на листы.

Картографические материалы, подготовленные по БГД ЗИС Республики Беларусь, оформляются в одном из двух вариантов [27]:

- 1) с полным заполнением рамки картографического изображения;**
- 2) с частичным заполнением рамки картографического изображения.**

В зависимости от принятого способа изменяется расположение обязательных и необязательных элементов компоновки картографического документа.

К **обязательным элементам компоновки картографических материалов** относятся [27]: 1) рамка картографического материала (черная линия толщиной 0,7 мм) на расстоянии не менее 1,5-2,0 см от края листа; 2) рамка картографического изображения, соответствующая одному из стандартных НЛ или произвольная (черная линия толщиной 0,3 мм) на расстоянии 1.0 см от внешней рамки в первом случае и на произвольном – во втором; 3) название картографического документа с территориальной привязкой картографируемой территории (область, район, населен-

ный пункт); 4) наименование ведомства, предприятия, исполнителя и проверяющего, изготовивших документ, и дату его изготовления; 5) источник картографической информации; 6) масштаб отображения картографической информации; 7) гриф картографического документа; 8) условия тиражирования картографического документа.

Таблица 5.1

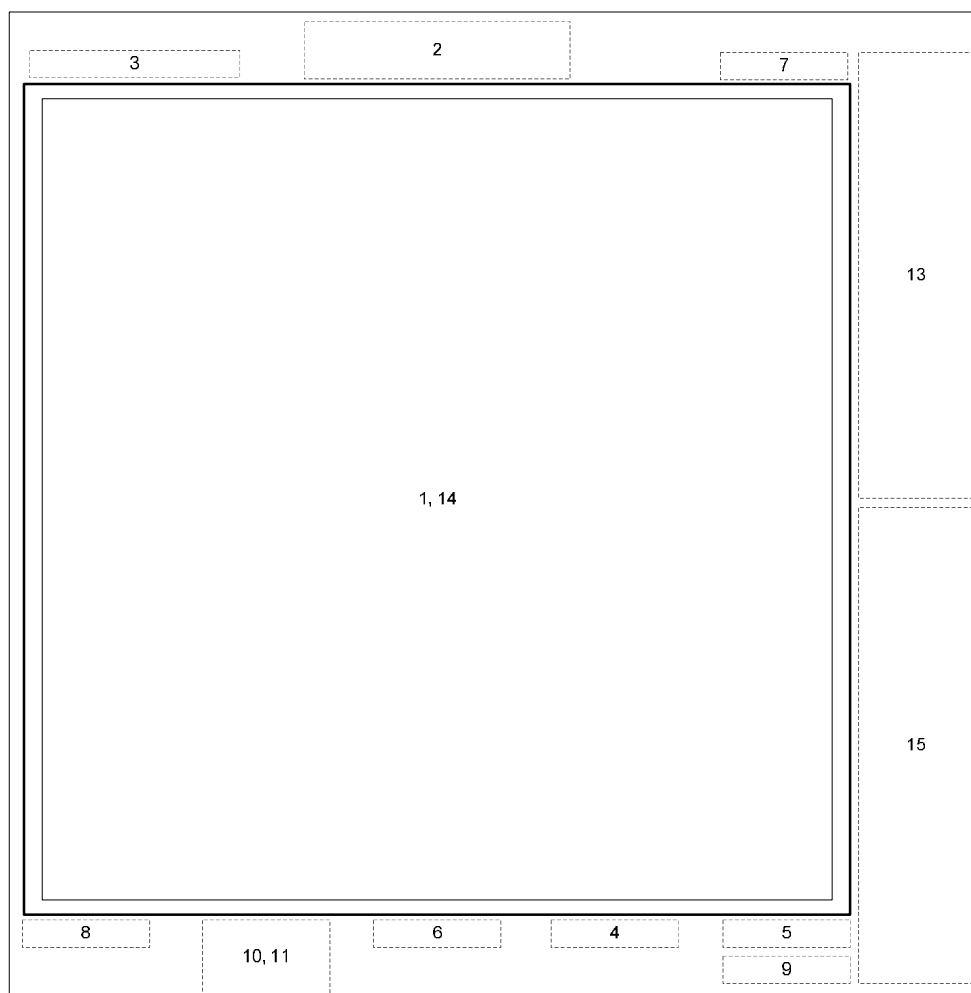
Примеры оформления текстовой части картографических материалов, подготавливаемых по данным БГД ЗИС Республики Беларусь [27]

Области оформления	Шрифт	
	Заголовок	Содержание
Название	ARIAL NARROW 22PT	
Территориальная привязка	Arial 16pt	
Наименование ведомства, предприятия, исполнителя и проверяющего, изготовивших документ, и дата его изготовления	Arial Narrow 10pt (8pt)	
Источник картографической информации	Arial Narrow 10pt (8pt)	
Масштаб	arial 16pt	arial 10pt
Гриф	<i>Arial Narrow 13pt</i>	
Условия тиражирования	Arial Narrow 10pt (8pt)	
Плановая точность	Arial Narrow 10pt (8pt)	
Подпись и надписи схемы расположения листов, указания их количества и номера листа	ARIAL 13PT	Arial 10pt
Текст условных обозначений	ARIAL 13PT	Arial 10pt
Подписи координатных сеток	ARIAL NARROW 9PT	
Текст табличных данных	ARIAL 13PT	Arial 10pt

Необязательные элементы компоновки картографических материалов: 1) соответствующий исходной точности картографической информации масштаб – в случае изготовления картографического документа с точностью смежного более мелкого масштаба (плана масштаба 1 : 5 000 с точностью масштаба 1 : 10 000 или 1 : 1 000 – с точностью 1 : 2 000); 2) схема расположения листов, указание их количества и номера листа – для многолистных картографических документов; 3) стрелка направления на север – если при формировании компоновки картографического изображения выполнялся его поворот; 4) условные обозначения объектов картографического изображения, отличные от приведен-

ных в [27]; 5) координатные сетки (СК-63 или местных СК); 6) текстовые данные, как правило, в табличной форме.

Текстовую часть картографических материалов, подготавливаемых по данным БГД ЗИС, рекомендуется выполнять с использованием шрифта «Arial» во всех его разновидностях: прямой и наклонной, нормальной ширины и узкой, нормальной и полужирной толщины (табл. 5.1).



Области оформления:

- | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1 – картографическое изображение; | 6 – масштаб; | 11 – количество и номер листа; |
| 2 – название; | 7 – гриф; | 12 – стрелка на север; |
| 3 – территориальная привязка; | 8 – условия тиражирования; | 13 – условные обозначения; |
| 4 – изготовитель; | 9 – плановая точность; | 14 – координатная сетка; |
| 5 – источник информации; | 10 – схема листов; | 15 – табличная информация. |

Рис. 5.4. Оформление картографических материалов ЗИС
с полным заполнением рамки [27]

В случае подготовки *картографических материалов* с частичным заполнением картографическим изображением их рамки основная часть обязательных элементов оформления сосредотачивается в штампе доку-

мента. Примеры компоновок картографических документов с полным и частичным заполнением его рамки приведены на рис. 5.4; 5.5.

В случае оформления и подготовки к печати *ортофотопланов* предполагается вовлечение в процесс компоновки цифровых ортофотопланов и создание координатной сетки и зарамочного оформления. Подготовка картографических материалов осуществляется путем выбора необходимого фрагмента в необходимом масштабе из соответствующего каталога изображений на всю территорию Локальных ЗИС. Ортофотопланы могут выполняться в рамках номенклатурных листов топографических карт и планов либо в произвольно заданных границах. Оформление ортофотопланов должно соответствовать форме, приведенной на рис. 5.4; 5.5.

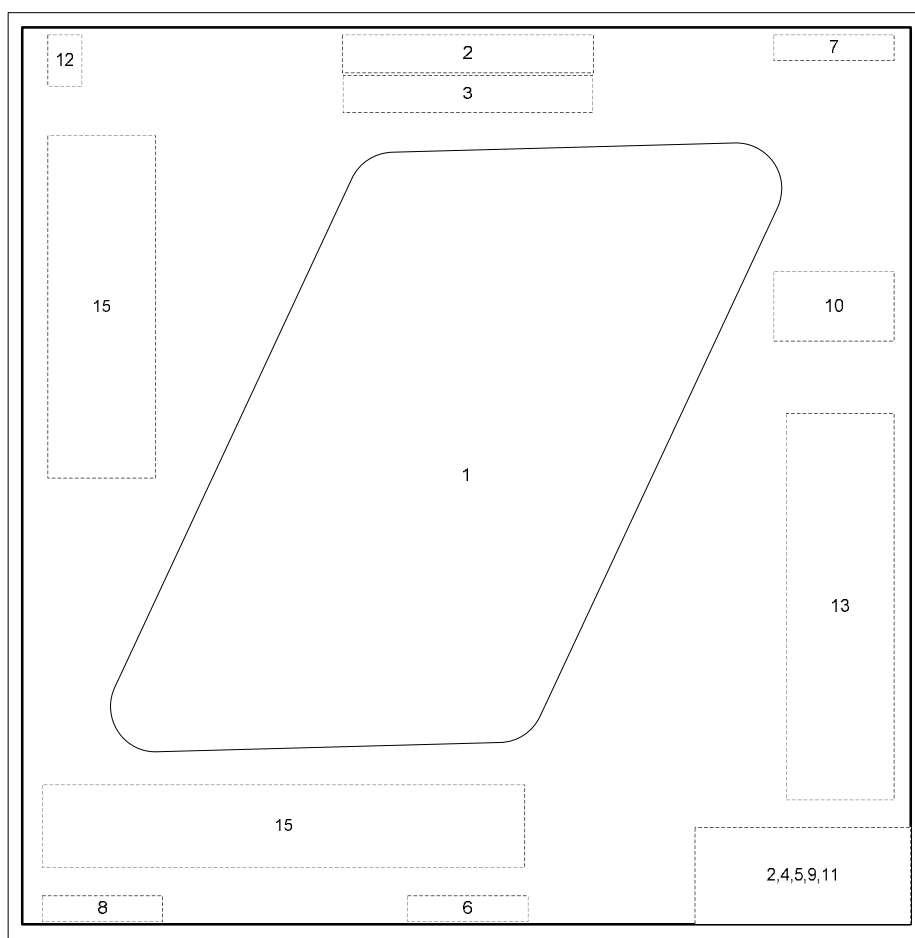


Рис. 5.5. Оформление картографических материалов ЗИС с неполным заполнением рамки [27] (обозначения областей оформления – как и на рис.5.4)

При полевом дешифрировании, отводе земель, разрешении земельных споров используются *фотокарты*. Для их создания выполняется компоновка цифрового ортофотоплана, векторных объектов цифровой земель-

но-кадастровой карты (плана) или БГД Локальной ЗИС, объектов проекта полевых работ и зарамочного оформления (рис. 5.6). Символизация векторных объектов выполняется упрощенными условными знаками, цветовое и графическое оформление которых обеспечивает их однозначное визуальное восприятие на фоне черно-белого полутонного изображения ортофотоплана.

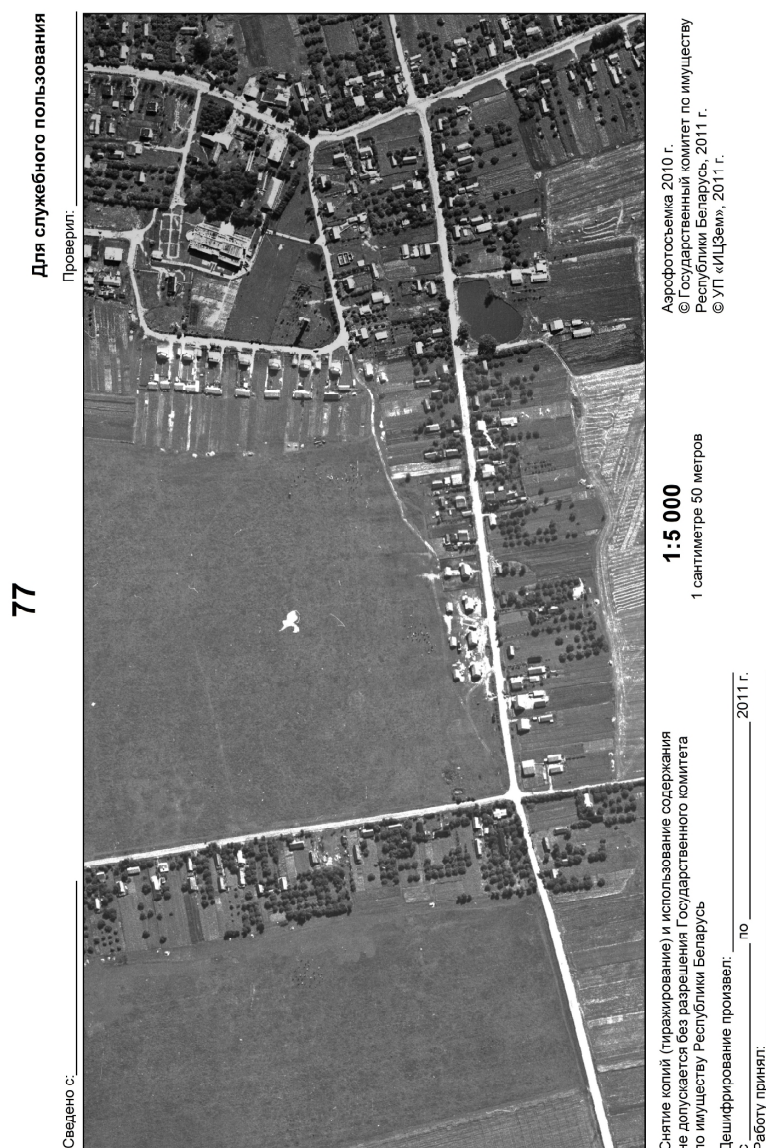


Рис. 5.6. Образец оформления фотокарты [27]

Земельно-кадастровые карты формируются для планово-картографического обеспечения текущего учета состояния и использования земельных ресурсов районов и населенных пунктов Республики Беларусь. На них отображаются цифровые слои контуров объектов адми-

нистративно-территориального деления, земельных участков, аннотаций, объектов и символов, коммуникаций, ограждений, мелиоративного состояния земель, контуров земель, земельного покрытия и пересечений. Для символизации объектов земельно-кадастровой карты применяются специальные условные обозначения [27]. На карте создаются подписи объектов административно-территориального деления, номеров землепользователей, объектов земельного покрытия, объектов слоев коммуникации, объектов и символов, а также площадей (в гектарах с точностью до двух знаков после запятой), объектов слоя пересечений и прочих подписей слоя аннотаций.

При создании *почвенной карты* в процесс дизайна и компоновки вовлекаются слои АТЕ, земельных участков землепользования и посторонних землепользователей, меток границ смежных земельных участков, контуров земель, земельного покрытия, мелиоративного состояния земель, почвенных характеристик, почвенных контуров, пересечений слоев Land, Melio и Soil_Clip, а также аннотации. Слои почвенных характеристик карты выполняются с помощью запросов к слою «Почвы»: увлажнение, эрозия, подстиление, гранулометрический состав. Для символизации объектов почвенной карты применяются специальные условные обозначения [15, 27]. В формировании подписей участвуют объекты слоев АТЕ, земельных участков землепользования, меток границ смежных земельных участков. Кроме того, создаются подписи кодов земель и мелиоративного состояния, а также номера почвенных контуров.

На почвенной карте размещаются таблицы: 1) номенклатурный список почв; 2) земельные участки смежных землепользователей с указанием начальных и конечных меток границ и их наименований.

По данным атрибутивной таблицы слоя пересечений формируются текстовые приложения почвенной карты: 1) экспликация земель по почвенным разновидностям; 2) экспликация качественного состояния земель.

Карта района – это генерализованная земельно-кадастровая карта района Республики Беларусь. Она предназначена для планово-картографического обеспечения деятельности землеустроительной и геодезической службы соответствующего района, области и страны в целом. В ее составлении участвуют цифровые слои контуров АТЕ, меток границ смежных районов, земельных участков (выборка наиболее крупных землепользователей района (сельскохозяйственные, лесохозяйственные предприятия, крестьянские, подсобные хозяйства, садоводческие товарищества и т. д.)), аннотаций, коммуникации (выборка осевых улучшенных дорог и водотоков шириной более 10 м), зон ограничения

землепользования (выборка земель, подвергшихся радиоактивному загрязнению), земельного покрытия (выборка объектов площадью не менее 2,5 га). Для символизации объектов карты района применяются специальные условные обозначения [27]. На карте должны присутствовать подписи АТЕ района и смежных с ним районов, названия или номера землепользователей, водоемов, дорог и водотоков. Кроме того, на карте района размещается таблица наименований землепользователей, землепользования, порядковые номера которых отображены на карте. Оформление листа карты района должно соответствовать форме, приведенной на рис. 5.5.

Земельно-кадастровая карта (план) в пределах конкретного землепользования называется *планом землепользования*. Предназначен он для планово-картографического обеспечения хозяйственной деятельности юридического или физического лица – правообладателя землепользования, а также для согласования границ земельных участков землепользования при их установлении или восстановлении. План землепользования может изготавливаться либо точно в границах земельных участков, либо с использованием буферной зоны шириной 200 м вокруг них.

В случае изготовления плана землепользования в границах земельных участков он содержит слои контуров АТЕ, земельных участков землепользования и посторонних землепользователей, меток границ смежных земельных участков, аннотаций, объектов и символов, коммуникаций, ограждений, мелиоративного состояния земель, контуров земель, земельного покрытия в пределах землепользования и пересечений. Для символизации объектов плана землепользования применяются специальные условные обозначения [27]. На карте создаются подписи: АТЕ; земельных участков землепользования, посторонних и смежных; земельного покрытия, коммуникаций, объектов и символов, а также площадей (в гектарах с точностью двух знаков после запятой) объектов слоя пересечений и прочие подписи по слою аннотации. На плане землепользования размещается список посторонних и смежных землепользователей.

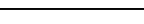
При подготовке плана землепользования для согласования результатов работ по установлению или восстановлению границ земельных участков он снабжается еще одним текстовым приложением – экспликацией земель землепользования. Оформление листа плана землепользования должно соответствовать форме, приведенной на рис. 5.5.

План границ земельных участков представляет собой графическое приложение правоустанавливающих документов землепользования (землеустроительных дел по установлению или восстановлению границ земельных участков). В его формировании участвуют слои поворотных

точек границ земельных участков землепользования, границ земельных участков землепользования, земельных участков землепользования и посторонних землепользователей, меток границ смежных земельных участков, зон ограничений землепользования в пределах земельных участков землепользования, аннотации. Условные обозначения, применяемые для символизации объектов планов границ земельных участков приведены в табл. 5.2 и 5.3. В качестве подписей присутствуют номера поворотных точек, земельные участки землепользования, их площади и порядковые номера посторонних землепользователей, метки границ смежных земельных участков, типы и площади зон ограничения.

Таблица 5.2

Символизация и аннотирование объектов слоев границ земельных участков [27]

Слой	Объект	Символизация	Подпись	
			Содержание	Шрифт
Поворотные точки границ земельных участков	Закрепленные на местности	О 1.0	Номера точек	Arial 6-8pt
	Незакрепленные на местности	· 0.8		Arial 6-8pt
Границы земельных участков	Землевладения	0.2 	--	--
		0.2 	--	--
	Смежных	5.0 0.6  А	Символьные метки границ смежников: А–Я	Arial 13pt
Земельные участки	Землевладения	Участок № 1 25.05	Номера и площади участков, га	Arial 9pt
	Посторонние	② 6.0	Номер по списку	Arial 10pt

Примечания:

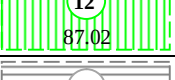
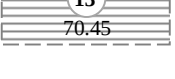
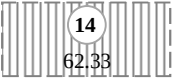
1. Все размеры приведены в мм.
2. Черным цветом отображаются суходольные участки границ земельных участков, зеленым – проходящие по берегам водоемов и водотоков, ручьям, канавам.
3. Нумерация участков не выполняется, если в землепользовании только один участок.

На плане границ земельных участков размещаются таблицы: 1) земельных участков смежных землепользователей с указанием начальных

и конечных меток границ и их наименований; 2) земельных участков посторонних землепользователей с указанием их наименований и площадей участков. Оформление плана границ земельных участков должно соответствовать форме, приведенной на рис. 5.5.

Таблица 5.3

**Символизация и аннотирование объектов слоя
«Ограничения землепользования» [27]**

Слой	Символизация	Подпись	
		Содержание	Шрифт
Водоохранные зоны рек и водоемов		Код зоны: 1 (рек) или 2 (водоемов); площадь, га	Arial 7-8pt
Прибрежные полосы рек и водоемов			
Зоны санитарной охраны поверхностных и подземных источников водоснабжения хозяйственно-питьевого назначения		Код зоны – 3; площадь, га	
Санитарно-защитные полосы водоводов		Код зоны – 4; площадь, га	
Охранные зоны линий связи и радиодиффракции		Код зоны – 5; площадь, га	
Охранные зоны линий электропередачи		Код зоны – 6; площадь, га	
Охранные зоны магистральных трубопроводов, систем газоснабжения и других линейных инженерных сооружений		Код зоны – 7; площадь, га	
Земли, подвергшиеся радиоактивному загрязнению		Код зоны – 8; площадь, га	
Земли оздоровительного назначения		Код зоны – 9; площадь, га	
Земли рекреационного назначения		Код зоны – 10; площадь, га	
Земли историко-культурного назначения		Код зоны – 11; площадь, га	Arial 7-8pt
Земли природоохранного назначения		Код зоны – 12; площадь, га	
Земли, имеющие ограничения по строительству, благоустройству и т. п.		Код зоны – 13; площадь, га	
Земли, имеющие прочие ограничения		Код зоны – 14; площадь, га	

Выкопировки из картографических материалов, подготовленных по информации БГД Локальной ЗИС, как правило, используются в качестве пространственной основы различного назначения землеустроительной документации. Они содержат тот же состав слоев и в том же графическом представлении, что и исходный картографический материал. Изготавливаются они на листах необходимого формата портретной или альбомной ориентации с использованием шаблона оформления с неполным заполнением рамки (см. рис. 5.5). При этом название картографического документа в штампе следует начинать со слов «Выкопировка из ...», название же в верхней части листа будет названием землеустроительного документа, выполненного на основе данной выкопировки, а в штампе, в пустых его строках, – имена и подписи исполнителей документа.

Вопросы для самопроверки:

1. Обозначьте общие рекомендации по созданию карт, в том числе и с помощью ГИС.
2. Каковы основные элементы карты?
3. Перечислите основные этапы процесса дизайна и компоновки готовой карты в ГИС.
4. Какие внешние и внутренние факторы картографического дизайна необходимо учитывать при создании карт в ГИС?
5. Каковы особенности использования векторных моделей представления пространственных данных для ГИС-картографирования земель?
6. Какие операции векторного ГИС-анализа используются при формировании классов пространственных объектов для БГД схемы землеустройства района в Республике Беларусь?
7. Какого порядка подготовки рекомендуется придерживаться при создании каждой карты в схеме землеустройства района в Республике Беларусь?
8. Каковы особенности оформления и символизации земельно-кадастровых карт с помощью ГИС в Республике Беларусь?

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЮ ЗЕМЕЛЬ

Практические задания позволяют студентам освоить основные ГИС-операции и технологии, применяемые при геоинформационном картографировании земель в Республике Беларусь. ГИС-практикум является непосредственным продолжением курса лекций и содержит авторские методические разработки по лабораторным, практическим и контролируемым самостоятельным работам. Практикум разработан под использование лицензионной линейки программных продуктов ESRI Inc. (ArcGIS в комплектации ArcInfo с дополнительными модулями). Исходные данные для выполнения работ включают фактические и цифровые материалы, предоставленные для учебного процесса Государственным комитетом по имуществу Республики Беларусь, а также цифровые материалы, находящиеся в свободном доступе в сети Internet.

Задание 1. Формирование базы геоданных (на примере создания фрагмента БГД Локальной ЗИС Республики Беларусь)

Цель задания: освоить алгоритм формирования баз геоданных в среде ArcCatalog ГИС ArcGIS (на примере создания фрагмента БГД Локальной ЗИС Клецкого района Минской области).

Основные понятия и их определения:

Базы геоданных (БГД) – это реляционные базы данных, содержащие географическую информацию.

Классы пространственных объектов хранят географические объекты, представленные с помощью точек, линий, полигонов, аннотаций, объектов, размеров, составных объектов и их атрибутов.

Классы пространственных объектов могут быть собраны в **набор классов**, но могут существовать и по отдельности внутри БГД. *Все классы объектов в наборе классов имеют общую систему координат.* Таблицы могут содержать дополнительные атрибуты для класса пространственных объектов или пространственную информацию, такую как адреса или координаты X, Y, Z.

Многие объекты в базе геоданных могут быть связаны друг с другом. Чтобы явно определить отношения между объектами БГД, необходимо создать **класс отношений**. Отношения позволяют использовать атрибуты, хранящиеся в связанном объекте, для отображения, надписывания или запросов к классу пространственных объектов.

Атрибутивные домены – это правила, которые описывают допустимые (т. е. правильные с точки зрения выполняемой задачи) значения поля таблицы (атрибута). Один хранящийся в базе данных атрибутивный домен может использоваться несколькими классами пространственных объектов и таблицами. Однако совсем не обязательно, чтобы все объекты одного класса пространственных объектов или таблицы использовали один и тот же атрибутивный домен.

Подтипы используются для разделения групп объектов внутри класса объектов. Подтипы могут иметь значения по умолчанию и домены в виде диапазона, которые отражают эти отличия. Два подтипа внутри объектного класса могут быть связаны с разными топологиями и правилами связности, и часто имеют разные значения по умолчанию для определенных атрибутов.

Ход выполнения задания:

Шаг 1. Откройте ArcCatalog ГИС ArcGIS. Создайте базу геоданных *ЗИС-Клецк* в своей папке. Для этого сделайте клик правой клавишей мышки по папке, в которой собираетесь создать базу геоданных → **Новый** → *Персональная база геоданных* (рис. 6.1).

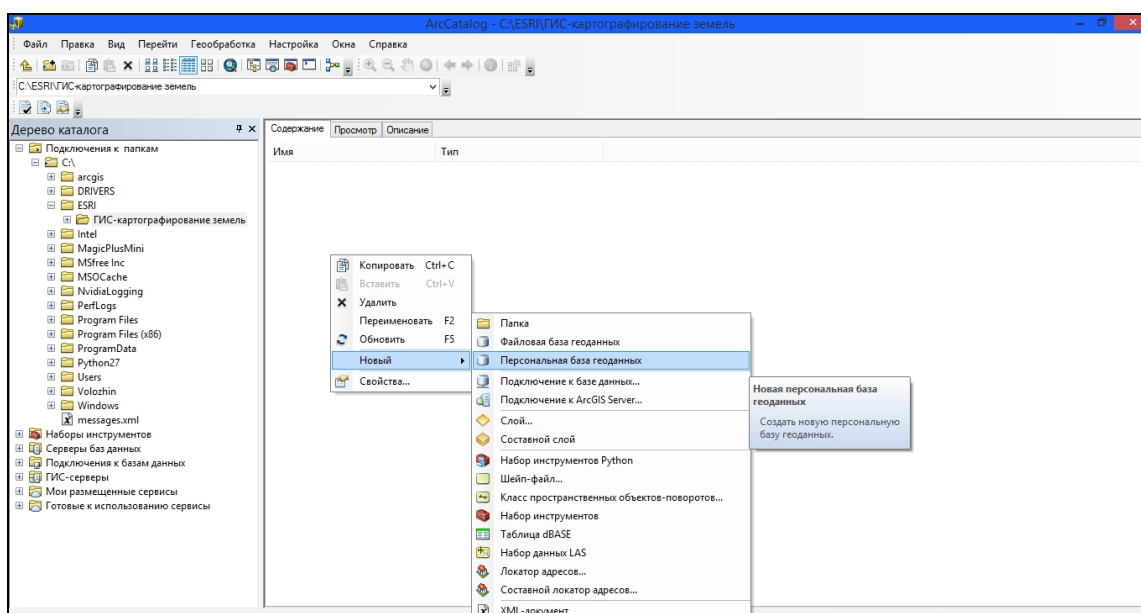


Рис. 6.1

Шаг 2. В базе геоданных «ЗИС-Клецк» создайте набор классов объектов *ALLMS*. Для этого сделайте клик правой клавишей мыши по базе геоданных «ЗИС-Клецк» → **Новый** → *Набор классов объектов* (рис. 6.2).

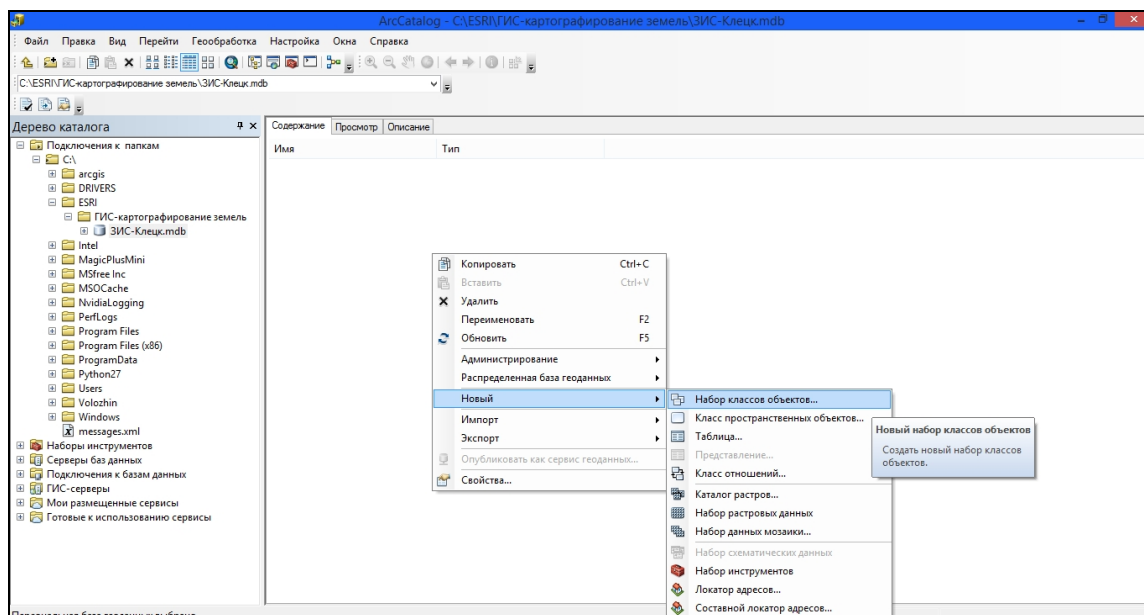


Рис. 6.2

Выберите для создаваемого набора классов *систему координат* WGS_1984_UTM_Zone_35N (используется для учебных целей, в процессе формирования БГД Локальной ЗИС Республики Беларусь используется СК-63). Необходимая система координат находится в разделе Системы координат проекций → Utm → WGS 1984 → Северное полушарие → WGS_1984_UTM_Zone_35N. Вертикальную систему координат не выбирайте. Примите значения допуска *XY, Z и M* по умолчанию.

Шаг 3. Аналогичным образом, как и в шаге 2, в базе геоданных «ЗИС-Клецк» создайте набор классов *Objects*.

Шаг 4. В наборе классов объектов *ALLMS* создайте *следующие классы пространственных объектов* (выполните клик правой клавишей мыши по набору классов объектов, в котором собираетесь создать класс пространственных объектов → Новый → *Класс пространственных объектов* (табл. 6.1, рис. 6.3)):

Таблица 6.1

Класс	Тип геометрии
Admi	Полигон
Lots1	Точка
Lots2	Линия
Lots3	Полигон
Serv	Полигон
Land	Полигон
Meleo	Полигон
CrosTab	Полигон

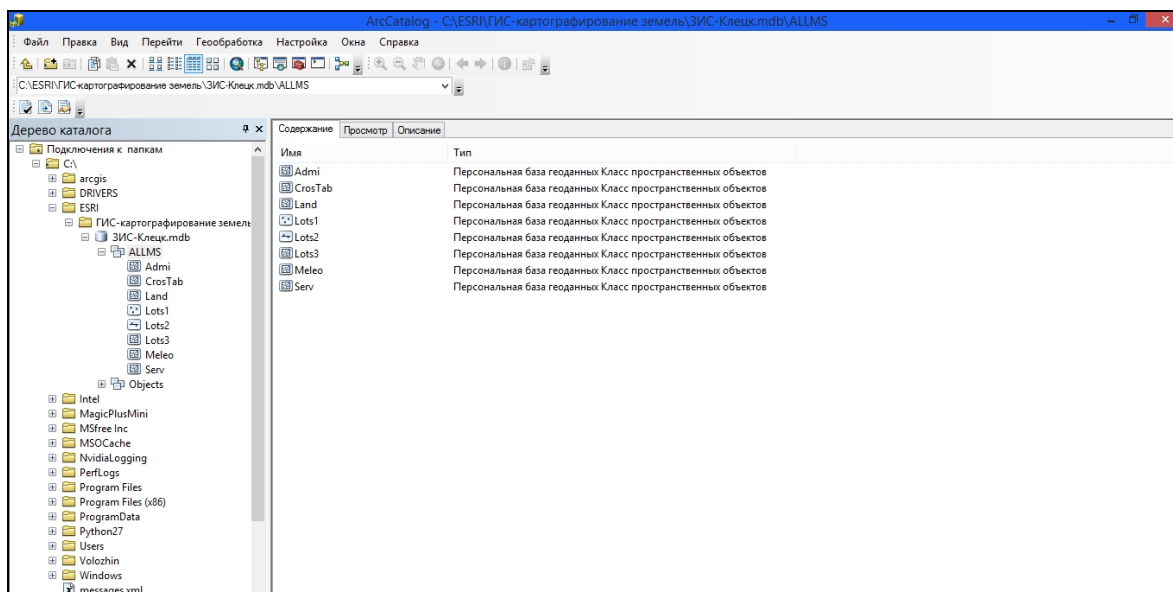


Рис. 6.3

Шаг 5. Аналогичным образом, как и в шаге 4, в классе пространственных объектов *Objects* БГД «ЗИС-Клецк» создайте *классы пространственных объектов* (табл. 6.2):

Таблица 6.2

Класс	Тип геометрии
Comm	Линия
Fence	Линия
Obj	Точка
Texts	Точка
MapLis	Полигон

Шаг 6. Создайте *поля атрибутивной таблицы* для класса пространственных объектов *Land*. Для этого выполните двойной клик мышью по классу пространственных объектов *Land* → *Свойства* → закладка *Поля*. Добавьте атрибутивные поля путем заполнения пустой записи в списке полей окна *Свойства класса пространственных объектов* (табл. 6.3, рис. 6.4).

Таблица 6.3

Имя поля	Тип данных	Пояснение
LandType	Short Integer	Тип земель
LandCode	Short Integer	Подтип земель
Texts	Text (длина 20)	Уточняющая подпись
Name	Text (длина 20)	Название

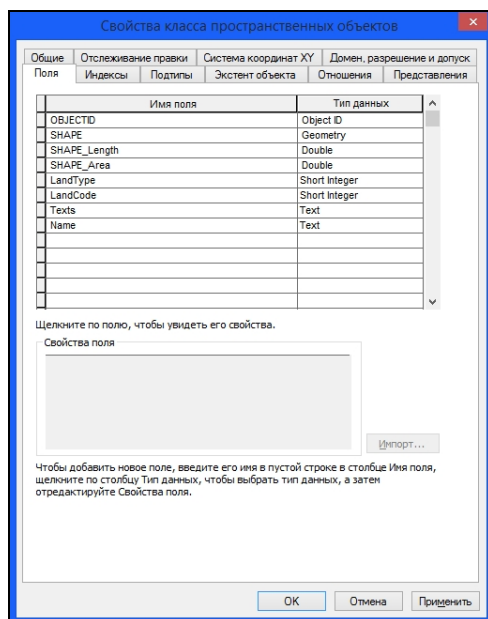


Рис. 6.4

Шаг 7. Создайте *атрибутивные домены* для класса пространственных объектов *Land* в базе геоданных «ЗИС-Клецк». Для этого выполните клик правой клавишей мыши по базе геоданных «ЗИС-Клецк» → Свойства → закладка *Домены*. В разделе *Имя домена* окна «Свойства» базы геоданных в пустой строке сформируйте домен (описание – типы земель). В разделе *Свойства домена* установите его свойства как показано на рисунке 6.5.

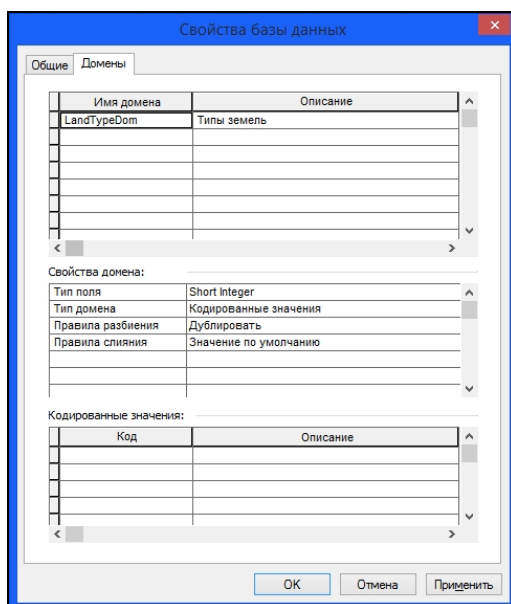


Рис. 6.5

В разделе *Кодированные значения* создайте коды типов земель БГД Локальной ЗИС и их описания согласно табл. 6.4.

Таблица 6.4

Код	Описание
101	Пахотнопригодные
102	Многолетние
103	Луговые
201	Леса
202	Посадки
203	Поросль
204	Прочие лесопокрытые
205	Прочие лесонепокрытые
206	Болота
301	Водотоки
302	Водоемы
401	Дороги
402	Железные дороги
403	Элементы коммуникаций
501	Площади и улицы
502	Зеленые насаждения
503	Дворы
504	Здания
505	Сооружения
601	Нарушенные земли
602	Неиспользуемые земли
701	Улучшаемые земли
702	Разработки и стройплощадки
703	Свалки
704	Захоронения
705	Другие земли

Аналогичным образом, формируя в пустой строке *Имя домена* окна *Свойства базы геоданных* домен, соответствующий типу земель (например, *Plants101*, описание *Пахотнопригодные*), **определяя его свойства (идентичные домену *LandTypeDom*)** и создавая кодированные значения подтипов земель в разделе *Кодированные значения*, создайте домены подтипов земель (табл. 6.5, рис. 6.6).

Таблица 6.5

Имя домена	Описание	Кодированные значения	
		Код	Описание
Plants101	Пахотнопригодные	3	Пахотные
		4	Залежные
Plants102	Многолетние	5	Прочие постоянные
		6	Сады
		7	Ягодники
		8	Плантации
		9	Плодопитомники
Plants103	Луговые	111	Заливные чистые
		112	Заливные закустаренные
		113	Заливные улучшенные
		114	Заливные прочие
		121	Суходольные чистые
		122	Суходольные закустаренные
		123	Суходольные улучшенные
		124	Суходольные прочие
		131	Заболоченные чистые
		132	Заболоченные закустаренные
		134	Заболоченные прочие
Forest201	Леса	291	Хвойный
		301	Лиственный
		311	Смешанный
		326	Без уточнения породы
Forest 202	Посадки	294	Хвойные
		304	Лиственные
		314	Смешанные
		327	Без разделения по породе
Forest 203	Поросль	295	Хвойная
		305	Лиственная
		315	Смешанная
		328	Без различия по породе
Forest 204	Прочие лесопокрываемые	321	Древесно-кустарниковая растительность
		322	Лесополосы и полосы кустарников
Forest 205	Прочие лесонепокрываемые	324	Вырубки
		325	Гари
		329	Прочие лесные

Forest 206	Болота	34	Верховые
		35	Переходные
		36	Низинные
Water301	Водотоки	40	Реки и ручьи
		43	Каналы и канавы
Water302	Водоемы	39	Прочие водные объекты
		41	Озера
		42	Водохранилища и пруды
Roads401	Дороги	441	Дороги полевые, лесные
		444	Просеки
		445	Дороги проселочные
		446	Дороги улучшенные
		447	Обочины
		448	Кюветы
		449	Откосы
		450	Разделительные полосы
		704	Скотопрогоны
Roads 402	Железные дороги	701	Полотно
		702	Кюветы
		703	Откосы
		705	Платформы
Roads 403	Элементы коммуникаций	440	Прочие под коммуникациями
		442	Трубопроводы
		443	Мосты, путепроводы, эстакады
Building501	Площади и улицы	451	Площади
		452	Улицы и проезды
		453	Проезжие части улиц
		454	Тротуары и пешеходные дорожки
		458	Крыльца и отмостки зданий
		459	Лестницы
Building 502	Зеленые насаждения	455	Бульвары
		456	Газоны и клумбы
		460	Парки и скверы
Building 503	Дворы	67	Усадебные земли
		457	Прочие места общего пользования
		461	Хоздворы
		463	Открытые склады

		473	Загоны
Building 504	Здания	464	Жилые огнестойкие
		465	Жилые неогнестойкие
		466	Жилые смешанные
		467	Нежилые огнестойкие
		468	Нежилые неогнестойкие
		469	Нежилые смешанные
Building 505	Сооружения	470	Постройки легкого типа
		471	Теплицы, парники
		472	Другие сооружения
		462	Силосные ямы
		661	Дамбы
		667	Откосы
Bedland601	Нарушенные земли	48	Прочие нарушенные
		49	При добыче полезных ископаемых
		50	При добыче торфа и сапропелей
		51	При строительстве
Bedland602	Неиспользуемые земли	53	Прочие неиспользуемые
		54	Пески
		55	Овраги и промоины
		56	Валы корчевания
		58	Выгоревшие торфяники
		59	Загрязненные радионуклидами
		662	Курганы
		663	Ямы
		664	Вымочки
Others701	Улучшаемые земли	23	Мелиорация
		24	Восстановление плодородия
Others 702	Разработки и стройплощадки	37	Разработки торфа и сапропелей
		665	Отвалы и терриконы
		668	Карьеры
		669	Стройплощадки
Others703	Свалки	62	Прочие свалки
		63	Бытовых отходов
		64	Промышленных отходов
		65	Загрязненных радионуклидами земель
Others 704	Захоронения	60	Кладбища
		61	Скотомогильники
Others 705	Другие земли	57	Под бровками
		666	Другие земли

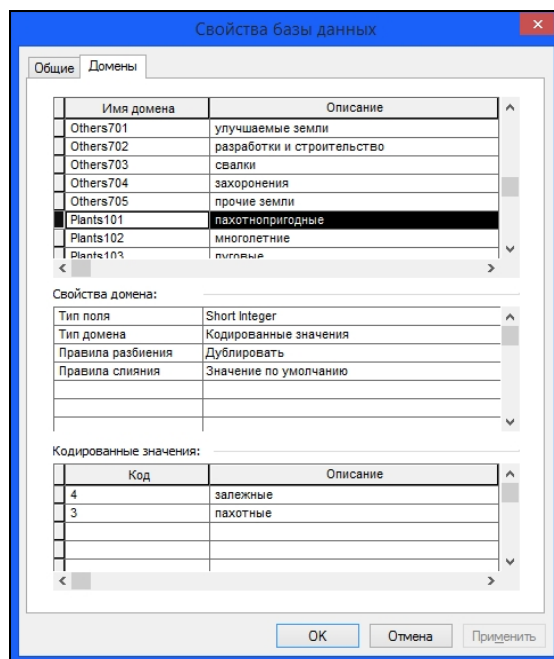


Рис. 6.6

Шаг 8. Установите домен *LandTypeDom* для поля *LandType* в свойствах класса пространственных объектов *Land*. Для этого выполните клик правой клавишей мыши по классу пространственных объектов *Land* → Свойства класса пространственных объектов → закладка *Поля* (рис. 6.7).

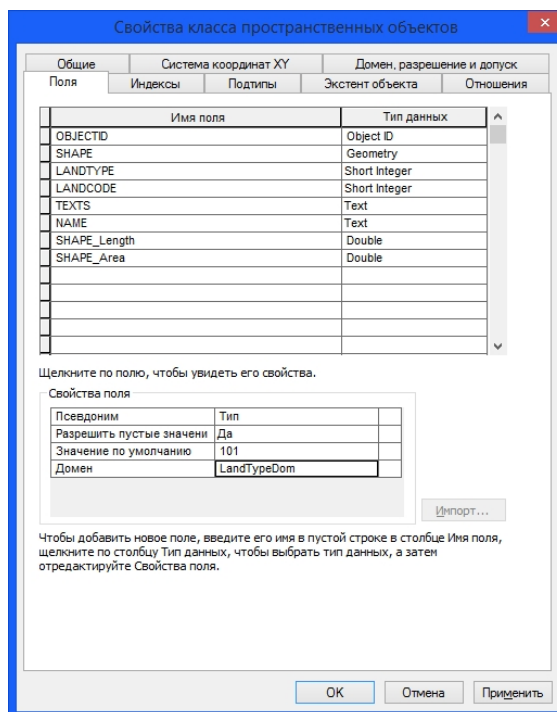


Рис. 6.7

Шаг 9. В разделе *Подтипы* окна *Свойства класса пространственных объектов*, отражающего свойства класса, *создайте подтипы для атрибутивного поля LandType*. Установите для каждого подтипа в атрибутивном поле *LandCode* соответствующий ему домен (табл. 6.6, рис. 6.8). Таким образом, произойдет связывание двух атрибутивных полей. При выборе определенного типа земель в поле *LandType* в поле *LandCode* можно будет выбрать лишь те подтипы земель, которые присущи только этому выбранному типу.

Таблица 6.6

Код подтипа	Описание подтипа	Домен для поля LANDCODE
101	Пахотнопригодные	Plants101
102	Многолетние	Plants102
103	Луговые	Plants103
201	Леса	Forest201
202	Посадки	Forest202
203	Поросль	Forest203
204	Прочие лесопокрываемые	Forest204
205	Прочие лесонепокрываемые	Forest205
206	Болота	Forest206
301	Водотоки	Water301
302	Водоемы	Water302
401	Дороги	Roads401
402	Железные дороги	Roads402
403	Элементы коммуникаций	Roads403
501	Площади и улицы	Building501
502	Зеленые насаждения	Building502
503	Дворы	Building503
504	Здания	Building504
505	Сооружения	Building505
601	Нарушенные земли	Bedland601
602	Неиспользуемые земли	Bedland602
701	Улучшаемые земли	Others701
702	Разработки и стройплощадки	Others702
703	Свалки	Others703
704	Захоронения	Others704
705	Другие земли	Others705

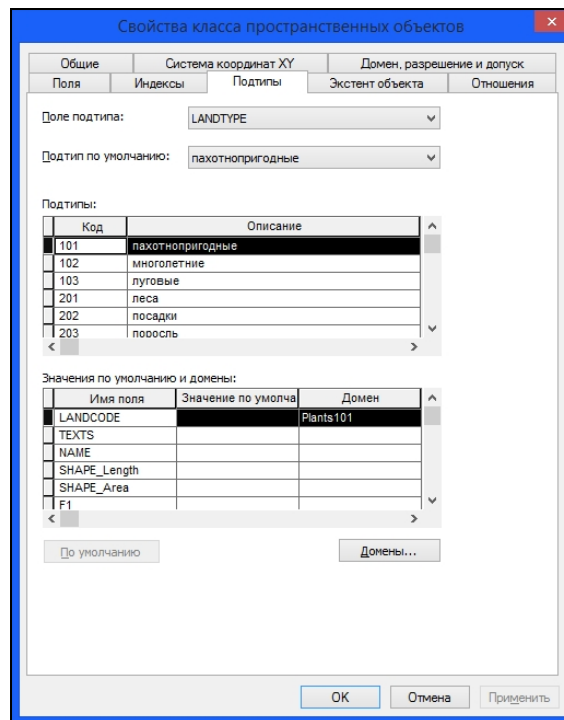


Рис. 6.8

Контрольные вопросы:

1. Какие типы геометрии можно устанавливать для класса пространственных объектов базы геоданных? Дайте краткую характеристику каждому из типов.
2. Какие типы атрибутивных полей можно устанавливать для атрибутов класса пространственных объектов базы геоданных? Дайте краткую характеристику каждому из типов атрибутивных полей.
3. Какие типы доменов можно создавать в базе геоданных? Приведите примеры использования для типов доменов.

Задание 2. Формирование топологии в базе геоданных (на примере создания топологии БГД Локальной ЗИС Республики Беларусь)

Цель задания: освоить алгоритм формирования топологии базы геоданных в среде ArcCatalog ГИС ArcGIS (на примере создания топологии БГД ЗИС Клецкого района Минской области).

Основные понятия и их определения:

Топология представляет собой набор правил и отношений, которые в совокупности с инструментами и технологиями редактирования позволяют более точно моделировать в базе геоданных реальные пространственные отношения. Топология включает три набора параметров: правила, ранги и кластерные допуски.

Правила определяют допустимые пространственные отношения между объектами. **Кластерный допуск** определяет минимальное допустимое расстояние между вершинами объектов и ограничивает возможное перемещение вершин объектов во время проверки. Если вершины находятся на расстоянии, которое меньше заданного, то они будут считаться совпадающими. **Ранги** определяют, какие объекты могут быть перемещены при совмещении вершин в результате проверки топологии.

Ошибки и исключения хранятся в виде объектов в слое топологии и позволяют отображать и управлять теми случаями, когда пространственные объекты не подчиняются заданным правилам топологии. Некоторые ошибки могут быть допустимы, в таком случае ошибочные объекты могут быть помечены как исключения.

Ход выполнения задания:

Шаг 1. Откройте ArcCatalog ГИС ArcGIS. Щелкните правой кнопкой по набору классов объектов *ALLMS* БГД «ЗИС-Клецк», созданной вами в задании 1, укажите *Новый* и выберите *Топология* (рис. 6.9).

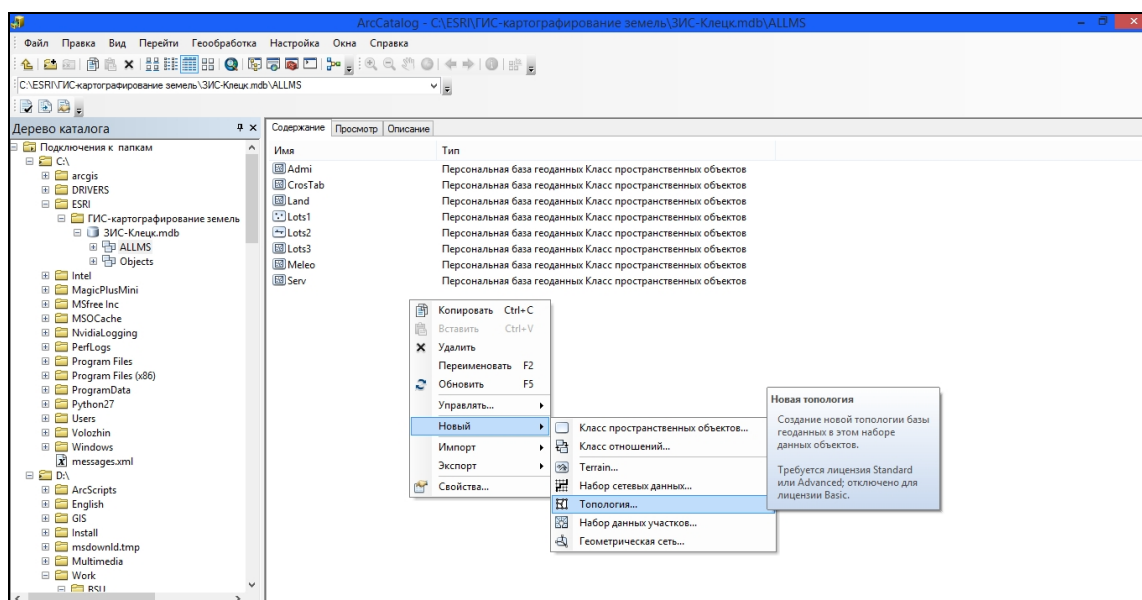


Рис. 6.9

Шаг 2. В окне *Новая топология* укажите «Имя топологии» – *LLMS_Topology*, а также задайте *кластерный допуск* – 0,001 м. Установите *слои, которые будут участвовать в топологии* (рис. 6.10). *Число рангов* в топологии – 3. Укажите следующие *ранги* для классов объектов: 1-й ранг – *Lots1, Lots2, Lots3*, 2-й ранг – *Admi, Land*, 3-й ранг – *Melio, Serv* (рис. 6.11).

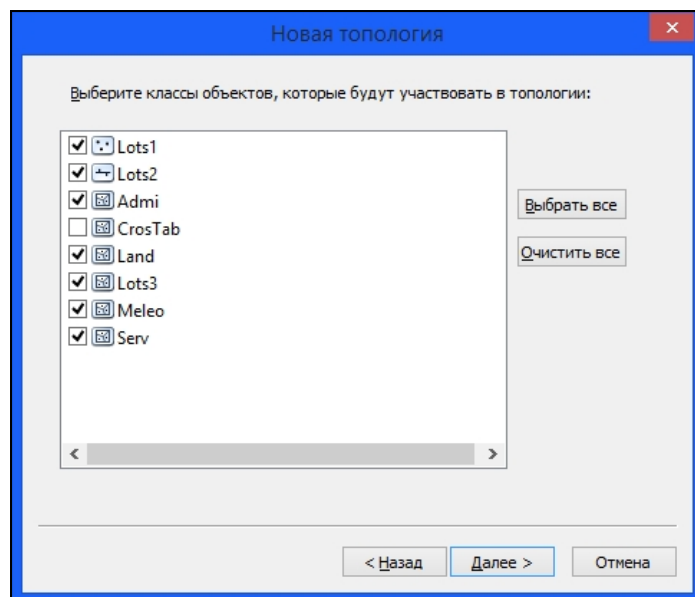


Рис. 6.10

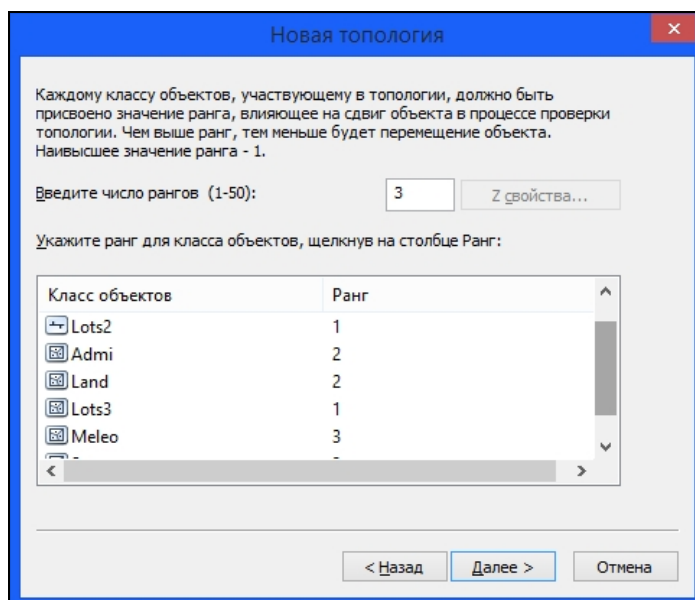


Рис. 6.11

Шаг 3. Создайте правила топологии. Для создания каждого правила следует нажать кнопку *Добавить правило*. В окне *Добавить правило* необходимо выбрать в закладке *Объект* класса требуемый класс пространственных объектов, в закладке *Правило* – создаваемое правило топологии, а в закладке *Класс объектов* (если необходимо) – требуемый второй класс пространственных объектов (рис. 6.12). Задайте правила топологии согласно табл. 6.7. После создания всех правил нажмите кнопку *Закончить*. После этого программа начнет создание топологии. Как только этот процесс завершится, вам предложат проверить топологию. Откажи-

тес, так как классы пространственных объектов пока не содержат векторных объектов.

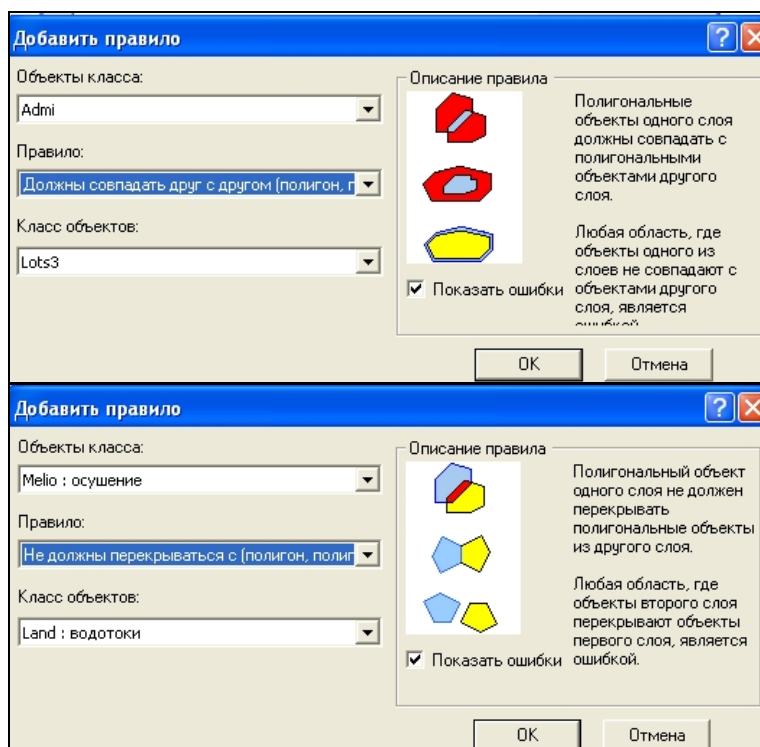


Рис. 6.12

Таблица 6.7

Класс 1	Правило	Класс 2
Admi	Не должны перекрываться (полигон)	
Admi	Должны совпадать друг с другом (полигон, полигон)	Lots3
Lots1	Точка должна лежать на линии (точка, линия)	Lots2
Lots2	Конечные точки должны совпадать с (линия, точка)	Lots1
Lots2	Не должны иметь псевдоузлов (линия)	
Lots2	Не должны пересекаться (линия)	
Lots2	Должны состоять из одной части (линия)	
Lots2	Не должны пересекаться или касаться (линия)	
Lots2	Не должны пересекать сами себя (линия)	
Lots3	Границы должны совпадать с (полигон, линия)	Lots2
Lots3	Должны совмещаться с (полигон, полигон)	Admi
Lots3	Не должны перекрываться (полигон)	
Lots3	Не должны иметь пробелов (полигон)	

Окончание таблицы 6.7

Land	Должны совмещаться с (полигон, полигон)	Lots3
Land	Не должны перекрываться (полигон)	
Land	Не должны иметь пробелов (полигон)	
Melio	Не должны перекрываться (полигон)	
Melio (Осушение, Орошение, Двойное регулирование)	Не должны перекрываться с (полигон, полигон)	Land (Водотоки, Водоемы, Железные дороги)

Шаг 4. Познакомьтесь с особенностями каждого правила топологии путем клика правой клавишей мыши по топологии набора классов ALLMS → Свойства → закладка *Правила* → щелчок по правилу.

Шаг 5. Создайте правила топологии для классов пространственных объектов Comm, Fence и Obj набора классов Objects. Название топологии – *Objects_Topology*, кластерный допуск – 0,001 м. У всех классов одинаковый ранг – 1. Правила топологии – согласно табл. 6.8.

Таблица 6.8

Класс 1	Правило	Класс 2
Fence	Не должны пересекаться (линия)	
Fence	Должны состоять из одной части (линия)	
Fence	Не должны пересекаться или касаться (линия)	
Fence	Не должны пересекать сами себя (линия)	
Comm	Не должны иметь псевдоузлов (линия)	
Comm	Не должны пересекаться (линия)	
Comm	Должны состоять из одной части (линия)	
Comm	Не должны пересекаться или касаться (линия)	
Comm	Не должны пересекать сами себя (линия)	
Obj (Опоры)	Точка должна лежать на линии (точка, линия)	Comm (ЛЭП и ЛЭС)
Comm (ЛЭП и ЛЭС)	Конечные точки должны совпадать с (линия, точка)	Obj (Опоры)

Контрольные вопросы:

1. Для каждого созданного правила топологии сформируйте его описание и перечислите возможные ошибки.
2. Перечислите основные параметры топологии и приведите их характеристику.
3. В чем особенность векторно-топологической модели представления пространственных данных в ГИС в отличие от векторно-нетопологической.
4. Какие пространственные задачи решаются в ГИС с помощью создания топологии?

Задание 3. Визуальное дешифрирование типов и подтипов земель базы геоданных Локальной ЗИС Республики Беларусь по материалам аэрофотосъемки

Цель задания: освоить алгоритмы визуального дешифрирования типов и подтипов земель в среде ГИС ArcGIS на примере фрагмента Клецкого района Минской области.

Исходные данные:

- БГД «ЗИС-Клецк», сформированная в результате выполнения упражнений 1 и 2 (*ЗИС-Клецк.mdb*);
- шейп-файл, содержащий границу фрагмента Клецкого района (*Граница_района_Модуль2.shp*);
- таблица, содержащая координаты точек поворота углов границы населенного пункта, полученные в результате установления его границ геодезическим способом (*Nas_punkt* в базе данных *населенный пункт.mdb*);
- шейп-файл, содержащий границы земельных участков, полученные в результате установления их геодезическим способом (*Geodesy.shp*);
- цветной и прозрачный шаблоны легенды слоя Land (*Land.lyr*);
- ортотрансформированный и геопривязанный фотоплан (масштаб 1 : 10 000) фрагмента Клецкого района (*Ортофотоплан_Мод_2.tif*);
- непривязанный фрагмент топографической карты масштаба 1 : 100 000 (*topo.tif*);
- ортотрансформированные и геопривязанные многозональные космические снимки, полученные съемочной системой ETM+ спутника Landsat 7 (10 – 1 канал, видимый режим, синий спектральный диапазон, пространственное разрешение 30 м; 20 – 2 канал, видимый режим, зеленый спектральный диапазон, пространственное разрешение 30 м; 30 – 3 канал, видимый режим, красный спектральный диапазон, пространственное разрешение 30 м; 40 – 4 канал, ближний инфракрасный (ИК) режим, ближний ИК диапазон, пространственное разрешение 30 м; 50 – 5 канал, коротковолновый ИК режим, средний ИК диапазон, пространственное разрешение 30 м; 70 – 7 канал, коротковолновый ИК режим, средний ИК диапазон, пространственное разрешение 30 м; 80 – 8 канал, панхроматический режим, пространственное разрешение 15 м);
- результаты полевого дешифрирования земель фрагмента Клецкого района (*Полевое обследование_ортофотоплан.tif*).

3.1. Подготовка исходных данных для визуального дешифрирования земель. Предварительный анализ территории исследований

Цель задания: освоить алгоритмы добавления и символизации данных в ГИС, геопривязки растровых изображений, координатной оцифровки и комбинирования каналов многозональных снимков; выполнить предварительный анализ территории исследований по исходным растровым данным.

Ход выполнения задания:

Шаг 1. Откройте ArcCatalog ГИС ArcGIS. *Загрузите* в класс пространственных объектов *Land* БГД «ЗИС-Клецк» данные шейп-файла *Граница_района_Модуль2.shp*. Для этого сделайте клик клавишей мыши по классу пространственных данных *Land* → Загрузить → *Загрузить данные* (рис. 6.13).

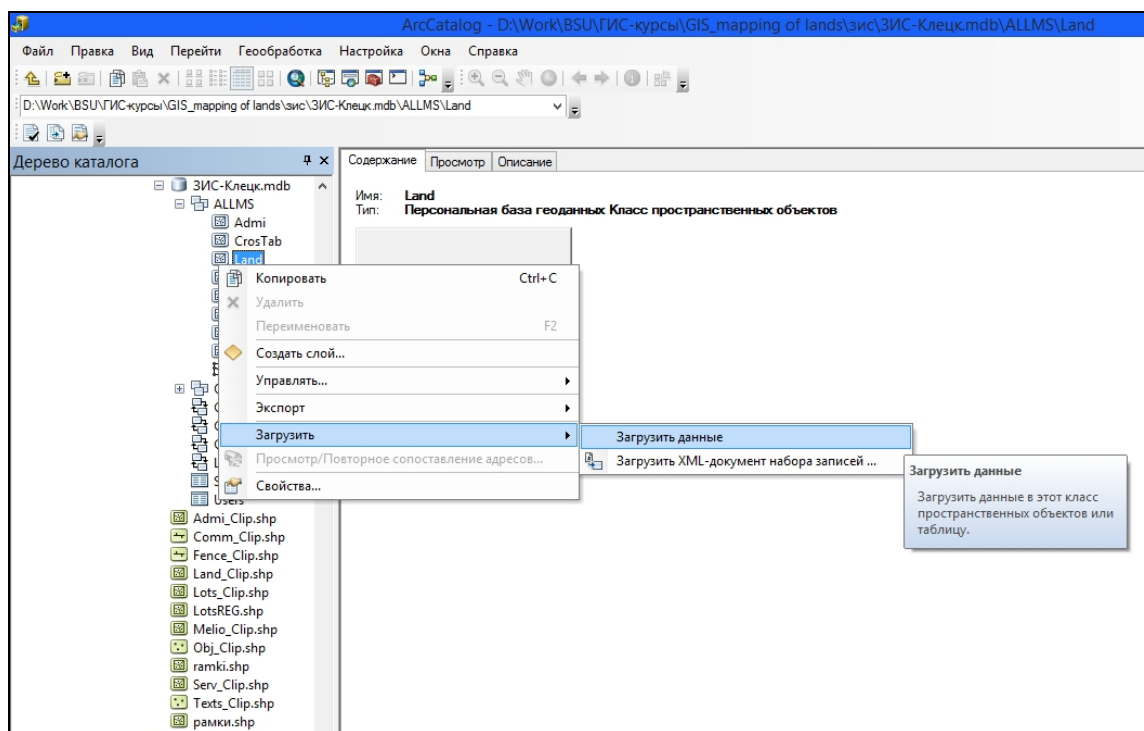


Рис. 6.13

В окне *Простой загрузчик данных* нажмите кнопку *Далее*. В следующем шаге загрузки выберите в качестве *входных данных* шейп-файл «Граница_района_Модуль2.shp» (рис. 6.14) и нажмите кнопку *Добавить*.

Параметры следующих шагов загрузки оставьте по умолчанию. В конце нажмите кнопку *Закончить*.

Шаг 2. Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Создайте проект *Визуальное дешифрирование земель*. Для этого используйте опцию *Сохранить как* в меню *Файл*. Проект сохраните в своей папке.

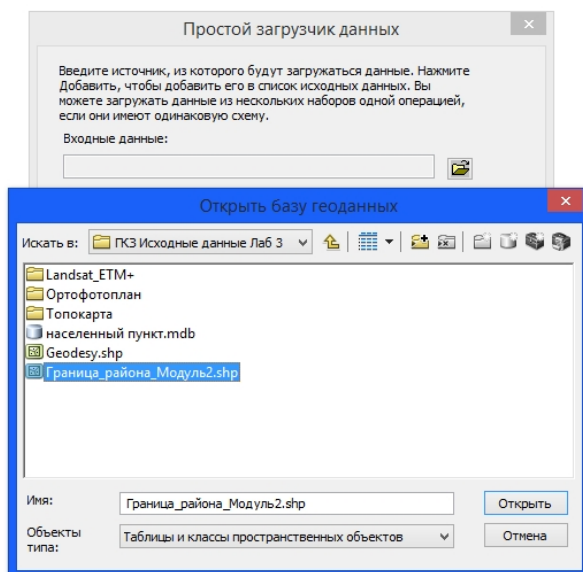


Рис. 6.14

Добавьте в проект исходные *растровые* (Ортофотоплан_Мод_2.tif, topo.tif, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 80) и *векторные* (набор классов ALLMS БГД «ЗИС-Клецк») данные, воспользовавшись пиктограммой  «Добавить данные». *Пирамидальные слои* для растров не стройте. Оставьте *на визуализации* только слои topo.tif и Land (оставьте галочки только для этих слоев в таблице содержания). *Спрячьте* все легенды слоев. Приблизьте экстенд фрейма данных к слою Land (клик правой клавишей мыши по слою → Приблизить к слою).

Шаг 3. Осуществите *геопривязку* фрагмента топографической карты масштаба 1 : 100 000 (topo.tif). Выполняя пространственную привязку набора растровых данных, вы определяете его местоположение в координатах карты и устанавливаете систему координат. Привязанные растровые данные можно отображать и анализировать вместе с другими географическими данными.

Откройте панель инструментов *Пространственная привязка* (Настройка → Панели инструментов → Пространственная привязка). Оттяните панель в верхнюю часть рабочего окна в удобное для вас место.

В *установке набора растровых данных* (рис. 6.15) выберите геопривязываемый растр topo.tif. Затем выполните операцию *Подогнать к отображаемому экстенду* (Пространственная привязка → Подогнать к отображаемому экстенду). Тем самым вы переместите растр topo.tif к обла-

ти нужной привязки. Кроме того, отметьте галочкой опцию *Автонастройка* (Пространственная привязка → Автонастройка).

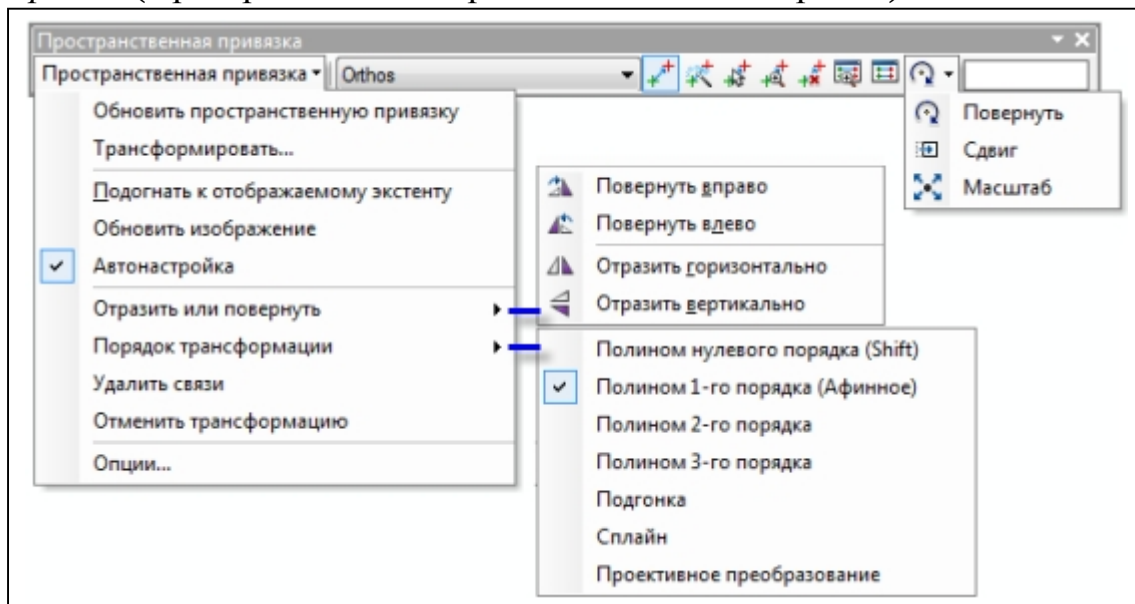


Рис. 6.15

Выполните *символизацию* слоя Land. Для этого откройте окно *Свойства слоя* (клик правой клавишей мыши по слою Land → Свойства). Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него *Цвет заполнения* – нет цвета, *Цвет контура* – красный марс, *Ширина контура* – 1 (рис. 6.16).

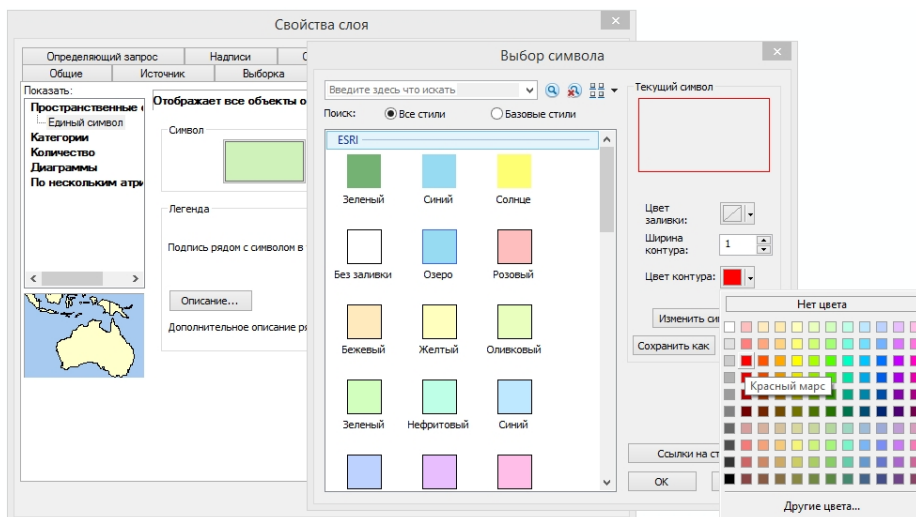


Рис. 6.16

Откройте панель инструментов *Замыкание* (Настройка → Панели инструментов → Замыкание). Оттяните панель в верхнюю часть рабочего

окна в удобное для вас место. Установите доступным только опцию *Замыкание на вершины*.

Привяжите границу района дешифрирования на растре toro.tif (обозначена фиолетовым контуром, рис. 6.17, а) к границе района дешифрирования, находящейся в слое Land (символизирована красным цветом, рис. 6.17, б).

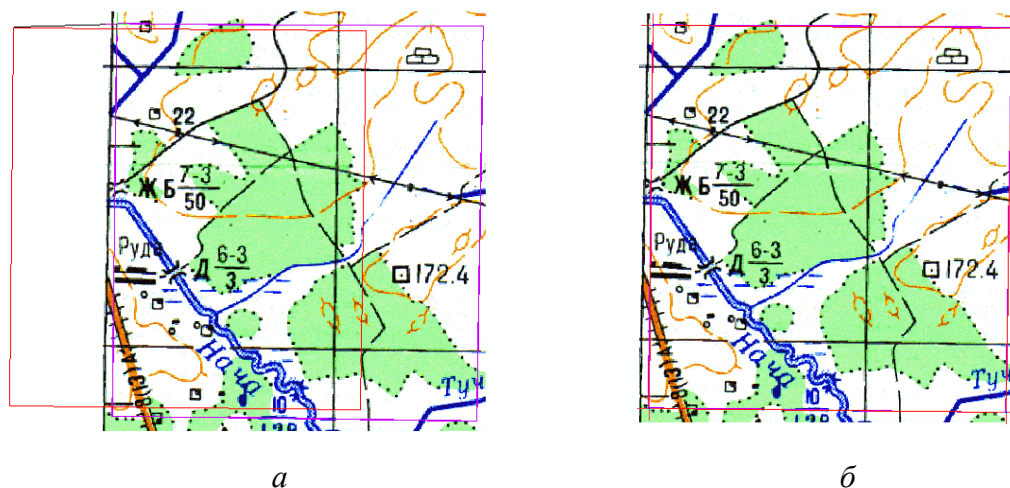


Рис. 6.17

Для этого используйте пиктограмму  *Добавить опорные точки (связи)* на панели инструментов «Пространственная привязка». После нажатия пиктограммы курсор превратится в перекрестье. Разместите курсор на верхнем левом углу границы района исследований, обозначенном на растре, и сделайте щелчок левой кнопкой мыши. На опорной точке останется перекрестье зеленого цвета.

Найдите эквивалентный угол границы района исследований в векторном слое Land (Вы символизировали ее красным контуром). Переместите курсор на соответствующую опорную точку векторного слоя. Как только сработает опция замыкания, щелкните на ней. Растровое изображение сместится и произойдет соединение опорной точки на растре и на векторном слое. Этот сдвиг изображения представляет собой трансформацию по одной точке, основанную на комбинации одной контрольной точки на растре и соответствующей опорной точки в целевых данных (в нашем случае это векторный слой Land), и называется *связью*.

Проделайте аналогичные действия с другими опорными точками, представляющими собой углы границы района исследований на растре, и свяжите их с теми же углами в векторном слое. В случае ошибки вы можете удалить опорные точки, открыв окно  *Таблица связей* на панели инструментов «Пространственная привязка».

После создания всех опорных точек (связей) выполните операцию «Пространственная привязка» → *Обновить пространственную привязку*.

Шаг 4. Добавьте точки поворота углов границы населенного пункта «Руда», находящегося в районе исследований, снятые на местности геодезическим способом, используя операцию *Добавить данные XY* в меню Файл → Добавить данные. В окне *Добавить данные XY* выберите таблицу *Nas_punkt* из базы данных *населенный пункт.mdb*. Определите поля таблицы *Nas_punkt*, содержащие координату X и координату Y. Установите систему координат WGS_1984_UTM_Zone_35N, она находится в разделе Системы координат проекций → Utm → WGS 1984 → Северное полушарие → WGS_1984_UTM_Zone_35N (рис. 6.18). В результате во фрейме данных появится точечный слой *Nas_punkt События*.

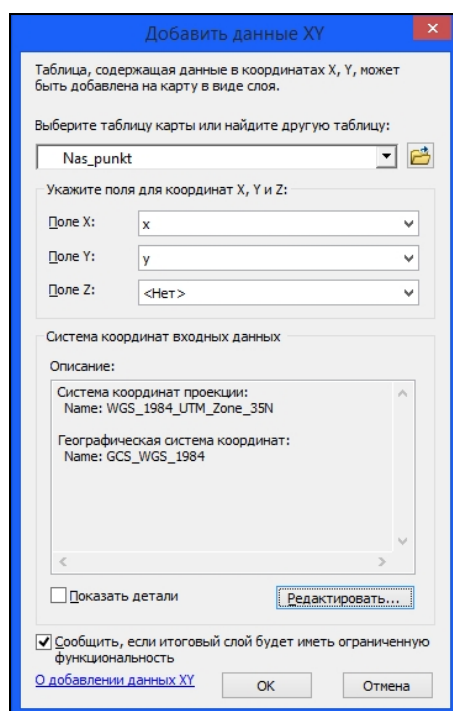


Рис. 6.18

Шаг 5. Подпишите номера точек поворота углов границы населенного пункта и символизируйте надписи. Для этого зайдите в *Свойства слоя* «Nas_punkt События», в закладке *Надписи* отметьте галочкой опцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи *OBJECTID_1* и символизируйте надписи удобным для вас шрифтом и его размером (рис. 6.19).

Шаг 6. Создайте векторный полигональный объект населенного пункта «Руда» в слое *Admi* по его точкам поворота углов границы (слой «Nas_punkt События»). Для этого используйте инструменты панели *Ре-*

дактор (Настройка → Панели инструментов → Редактор), показанные на рис. 6.20.

Начните *сеанс редактирования* (Редактор → Начать редактирование). Выберите для редактирования *персональную базу геоданных ЗИС-Клецк*. В окне *Создать объекты* (появляется автоматически после начала сеанса редактирования), рис. 6.21, выберите слой, которому будут принадлежать новые объекты. Этим слоем будет слой *Admi* (административно-территориальное деление). В качестве *Инструмента построения* выберите *Полигон*.

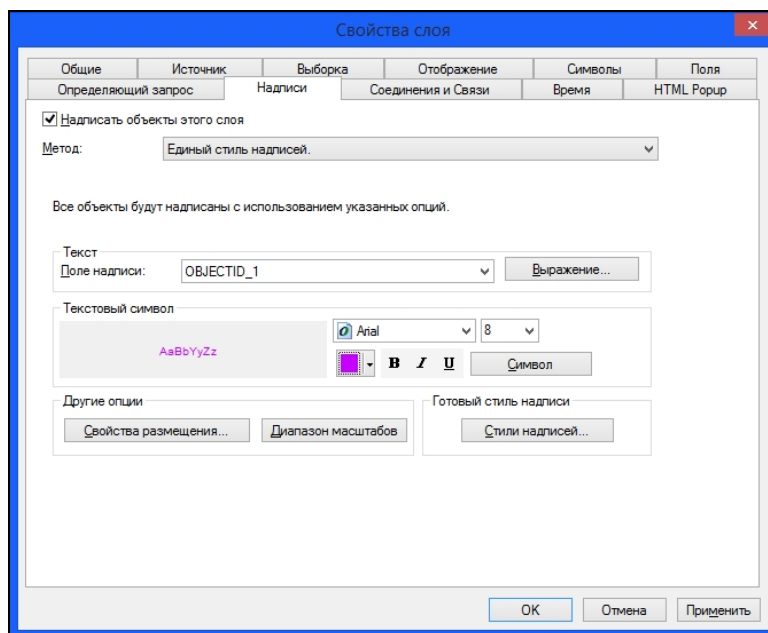


Рис. 6.19

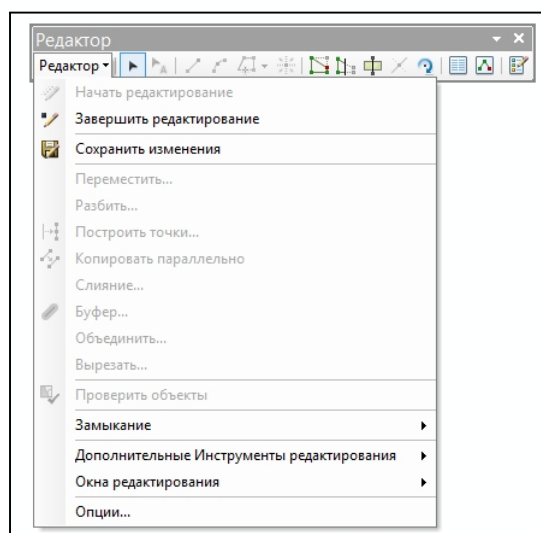


Рис. 6.20

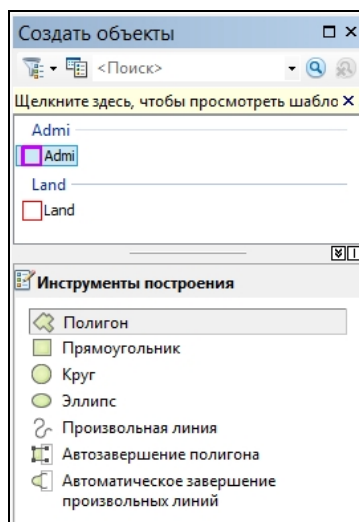


Рис. 6.21

Поскольку вы будете создавать новый объект на основе другого слоя, то необходимо, чтобы вершины скетча нового объекта соответствовали точкам слоя «Nas_punkt События». Для этого следует настроить опцию *Замыкание на точки* на панели инструментов *Замыкание*, рис. 6.22.

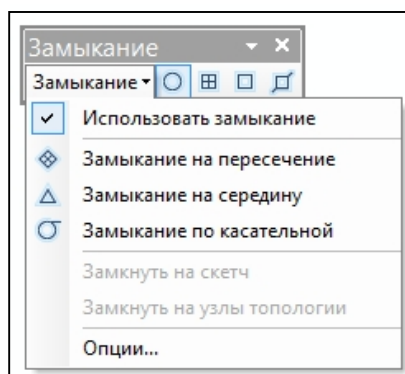


Рис. 6.22

Теперь вы можете приступить к созданию границы населенного пункта. Увеличьте экстенд фрейма данных в районе первой точки поворота углов границы населенного пункта и замкнитесь на ней (клик левой клавишей мыши).

Продолжайте замыкаться на каждой последующей точке слоя «Nas_punkt События», производя один клик левой клавишей мыши. Экстенд карты можно варьировать используя инструменты  *Увеличить*,  *Уменьшить*,  *Фиксированное увеличение*,  *Фиксированное уменьшение*,  *Переместить*. Если вы поставили вершину скетча в неправильном месте, ее можно удалить, сделав правый клик мышкой

возле этой вершины и отметив *Удалить вершину*. На последней точке необходимо сделать *двойной клик левой клавишей мыши* (рис. 6.23). Таким образом, граница населенного пункта «Руда» в слое Admi по точкам углов поворота его границы создана. *Завершите сеанс редактирования* (Редактор → Завершить редактирование). Выберите удобный для вас символ для слоя Admi.

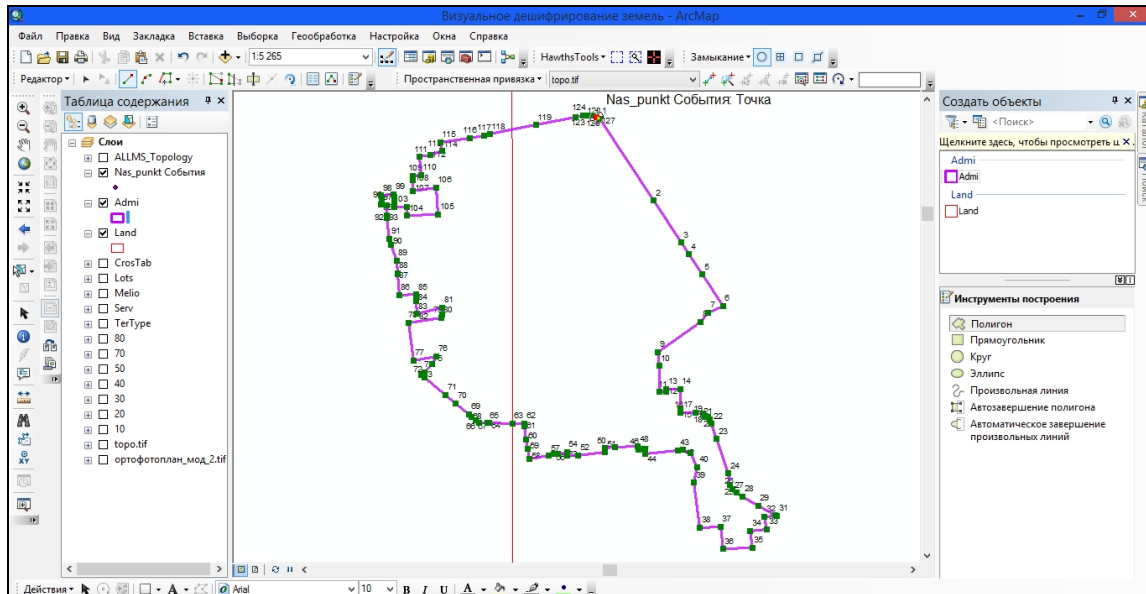


Рис. 6.23

Шаг 7. Произведите объединение каналов многозонального космического снимка, полученного съемочной системой ETM+ спутника Landsat 7. Для комбинирования каналов используйте инструмент *Объединить каналы*. Откройте окно  *ArcToolbox*, найдите необходимый инструмент (Управление данными → Растр → Обработка растра → Объединить каналы). В окне инструмента в разделе *Входные данные* следует последовательно выбрать первый, второй и третий растры, соответствующие нужным каналам для объединения.

Для комбинации 4-го, 3-го и 2-го каналов (комбинация «искусственные цвета») последовательно выбираем следующие растры, добавленные вами в проект: 40, 30 и 20 (рис. 6.24). *Выходной растр* с объединенными каналами необходимо сохранить в БГД *ЗИС-Клецк* под именем 432. После необходимых расчетов, программа добавит в проект растр с объединенными каналами.

Данную последовательность операций повторите для объединения 3-го, 2-го и 1-го каналов (комбинация «естественные цвета»).

Шаг 8. Сохраните проект «Визуальное дешифрирование земель» (Файл → Сохранить).

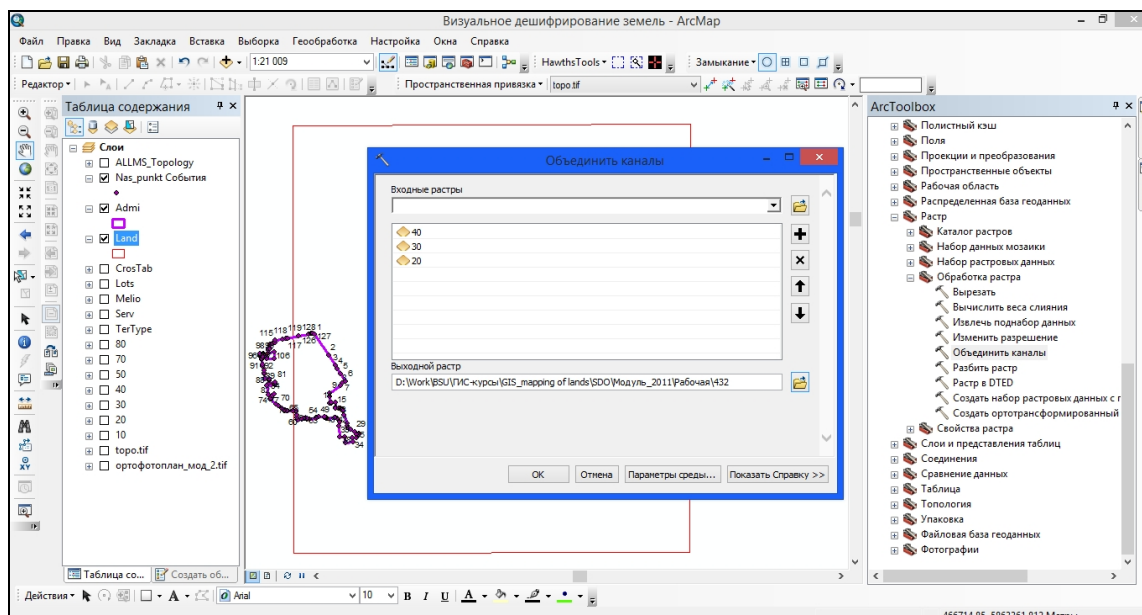


Рис. 6.24

Шаг 9. Используя все исходные растровые данные, а также растры, полученные путем объединения каналов, выполните в ГИС предварительный анализ района исследований на предмет пространственного расположения видов земель.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основную последовательность шагов по геопривязке растрового изображения в ГИС ArcGIS. Опишите структуру мирового файла.
2. Перечислите основную последовательность шагов по созданию векторного объекта в ГИС ArcGIS на основе уже существующих векторных объектов. В чем заключается сущность функции замыкания?
3. Какие комбинации каналов (кроме комбинаций «естественные цвета» и «искусственные цвета» возможно производить с многозональными снимками Landsat ETM+? Каким образом в различных комбинациях будут отражаться виды земель?

3.2. Визуальное дешифрирование типов и подтипов земель

Цель задания: освоить алгоритмы редактирования, оверлейных операций, загрузки данных из одного класса в другой в процессе визуального дешифрирования типов и подтипов земель в среде ГИС ArcGIS на примере фрагмента Клецкого района Минской области.

Ход выполнения задания:

Шаг 1. Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Откройте проект *Визуальное дешифрирование земель.mxd*, созданный при выполнении упражнения 3.1 (Файл → Открыть).

Шаг 2. Организуйте векторные данные в *составной слой*. Все слои проекта могут быть организованы в составные слои. Во-первых, это позволяет объединять несколько слоев, а во-вторых, отображать их в экстенсте карты или не отображать. Для создания составного слоя сделайте клик правой клавишей мыши по *фрейму данных Слои* и выберете *Новый составной слой*. Переименуйте его в *ЗИС*. Путем перетаскивания слоев ALLMS_Topology, а также Admi, Land, Lots1, Lots2, Lots3, Melio, Serv и CrosTab вверх к составному слою ЗИС поместите их в данный составной слой.

Таким же образом, как и составной слой ЗИС, для растровых данных создайте следующие составные слои: *Ортофотоплан* (должен содержать слой Ортофотоплан_Мод_2.tif), *Топокарта* (слой topo.tif), *Landsat_ETM+* (слои 10, 20, 30, 40, 50, 70, 80), *Объединение каналов Landsat_ETM+* (слои 432 и 321) (рис. 6.25).

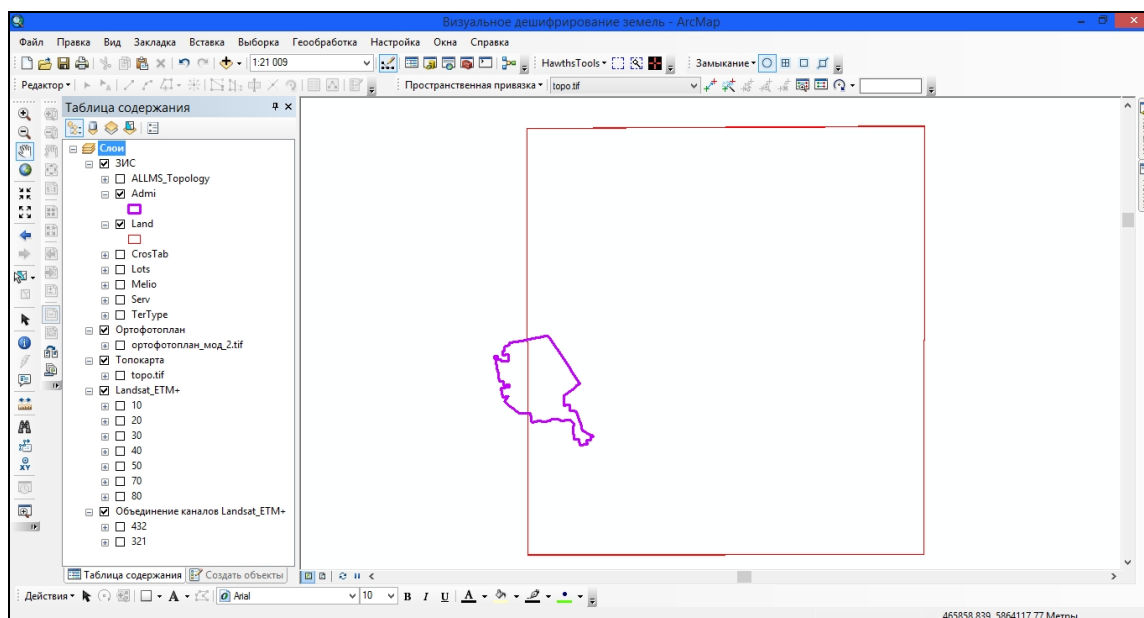


Рис. 6.25

Шаг 3. Добавьте в проект слой *Geodesy.shp* в котором содержатся границы земельных участков, полученные в результате их установления геодезическим способом и соответствующие видам земель (используйте пиктограмму  *Добавить данные*).

Осуществите *оверлейную операцию наложения* полигонального объекта, представляющего собой границу фрагмента Клецкого района и находящегося в слое Land и полигонов слоя *Geodesy.shp*. Для этого используйте инструмент *Идентичность*, находящийся в группе инструментов Анализ → Наложение  ArcToolbox. В окне инструмента *Входным объектом* отметьте слой Land, *Объектом идентичности* – слой *Geodesy.shp*,

Выходным классом объектов – Land_Identity1 (сохраните в базе геоданных ЗИС-Клецк), атрибуты – All (Все) (рис. 6.26). После необходимых расчетов программа добавит в проект слой *Land_Identity1*.

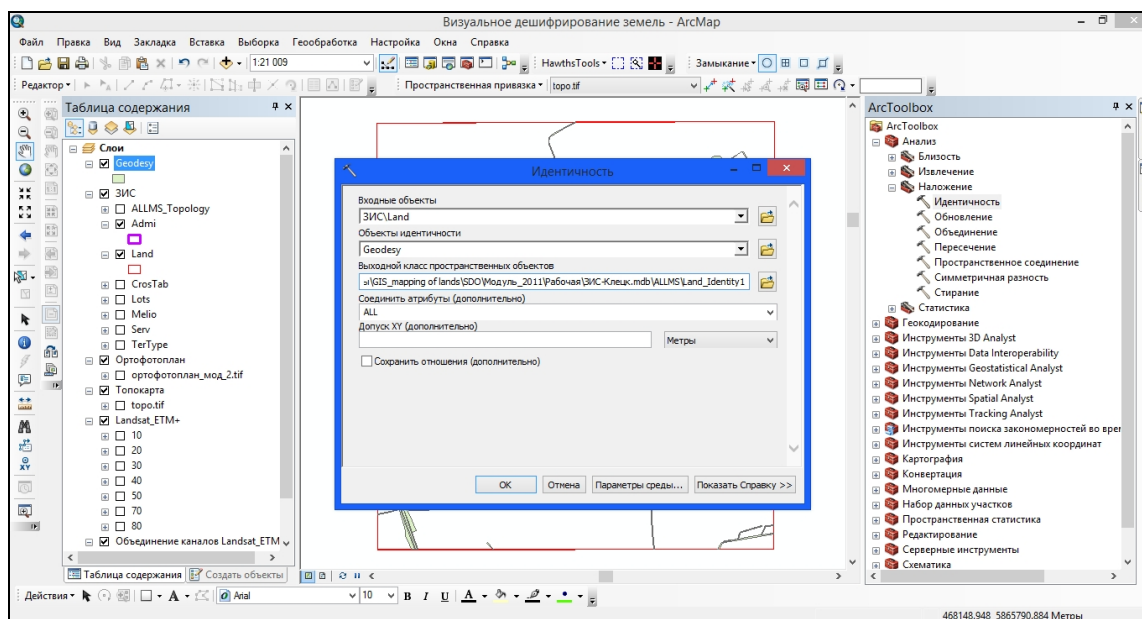


Рис. 6.26

Начните редактирование БГД «ЗИС-Клецк» (Редактор → Начать редактирование). Установите опцию отображения «Таблицы содержания»



По выборке (кнопка находится в ее верхней части). Сделайте доступными для выборки только объекты слоя *Land*. Выделите единственный объект, находящийся в этом слое (граница фрагмента Клецкого района), используя инструмент  *Выбрать объекты* (рис. 6.27), и удалите его, нажав на клавиатуре клавишу *Del*. Закончите редактирование, сохранив все изменения (Редактор → Завершить редактирование). Удалите слой *Land* из проекта (клик правой клавишей мыши по слою в таблице содержания → Удалить).

Закройте ArcMap, предварительно сохранив проект «Визуальное дешифрирование земель».

Шаг 4. Откройте ArcCatalog ГИС ArcGIS. Загрузите в класс пространственных объектов *Land* БГД «ЗИС-Клецк» данные класса объектов *Land_Identity1*. Для этого сделайте клик клавишей мыши по классу пространственных объектов *Land* → Загрузить → Загрузить данные. В окне Простой загрузчик данных нажмите кнопку *Далее*. В следующем шаге загрузки выберите в качестве входных данных класс *Land_Identity1* и нажмите кнопку *Добавить*. Установите для целевого атрибутивного поля *LANDTYPE* класса объектов *Land* поле источника ***LANDTYPE_1*** класса

объектов Land_Identity1. Аналогично для поля LANDCODE – поле **LANDCODE_1** (рис. 6.28). После загрузки данных **закройте** ArcCatalog.

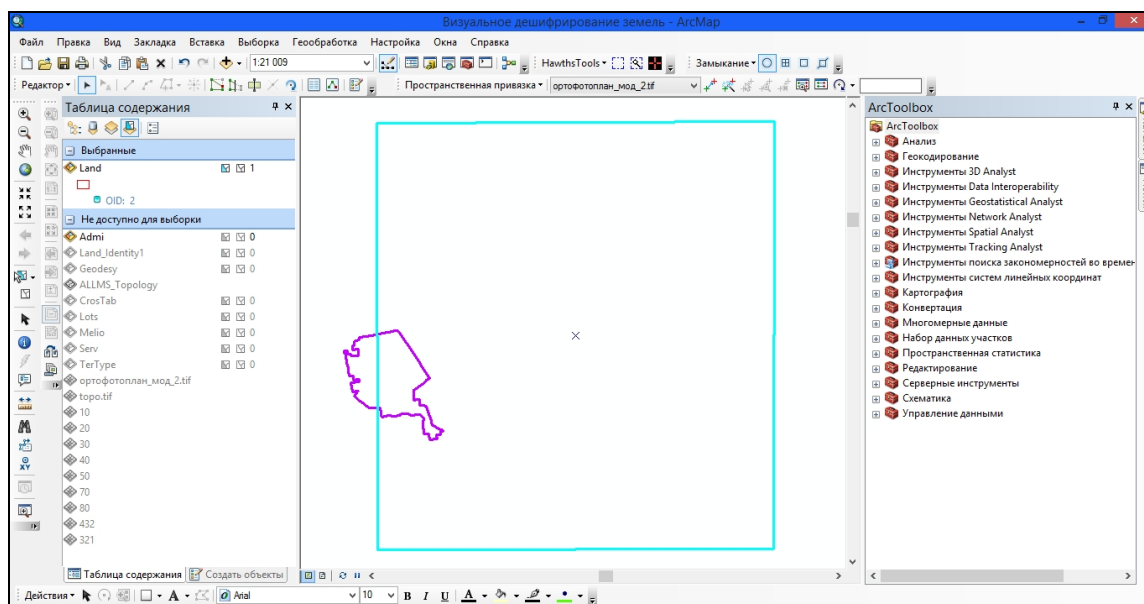


Рис. 6.27

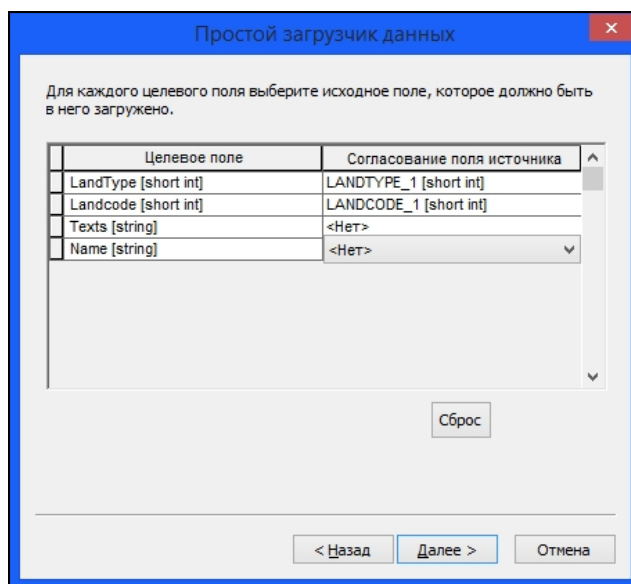


Рис. 6.28

Шаг 5. Откройте ArcMap. *Добавьте* в проект (в составной слой «ЗИС») файл Land.lyr (используйте пиктограмму  *Добавить данные*). Данный файл содержит цветную символизацию для всех типов и подтипов слоя Land.

Установите *источником данных* для слоя Land.lyr класс пространственных объектов *Land* БГД «ЗИС-Клецк». Для этого зайдите в *Свойства* слоя Land.lyr (клик правой клавишей мыши по слою → *Свойства*), выбо-

рите закладку *Источник* и нажмите кнопку *Установить источник данных*.

Шаг 6. Добавьте следующие дополнительные инструменты редактирования: *Топология* и *Расширенное редактирование* (Редактор → Дополнительные инструменты редактирования) (рис. 6.29, 6.30) и перетащите их в верхнюю часть рабочего окна в удобное для вас место.



Рис. 6.29



Рис. 6.30

Шаг 7. Начните сеанс редактирования (Редактор → Начать редактирование). Выберите для редактирования *персональную базу геоданных ЗИС-Клецк*.

Установите опцию отображения «Таблицы содержания»  По выборке. Сделайте доступными для выборки только объекты слоя *Land*. Инструментом  *Выбрать объекты* выберите единственный незакодированный объект слоя *Land*, представляющий собой результат предыдущего наложения слоя *Land* и слоя *Land_Identity1* (рис. 6.31).

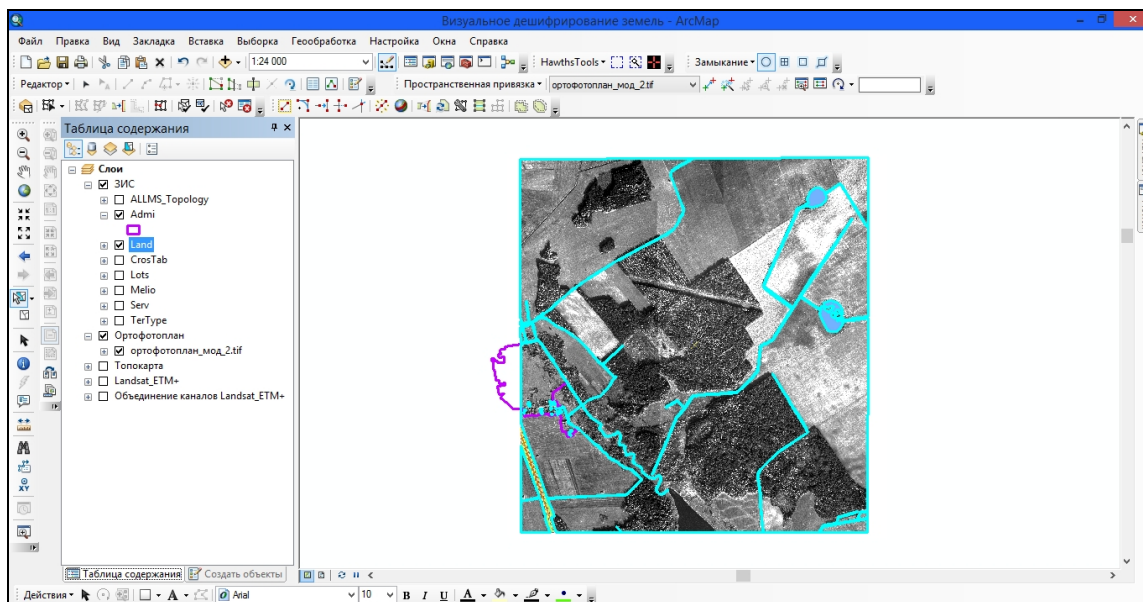


Рис. 6.31

Данный объект является *составным*. Для его *раздробления* используйте инструмент  *Раздробить составной объект* на панели инструментов *Расширенное редактирование*. Составной полигон разобьется на серию простых.

Шаг 8. На панели инструментов *Замыкание* настройте опцию *Замыкание на вершины*. Также установите опцию *Замкнуть на скетч*, выбрав *Замыкание* → *Замкнуть на скетч*.

Шаг 9. Осуществите визуальное дешифрирование типов и подтипов земель в пределах населенного пункта «Руда». *Приблизьте экстенд фрейма* данных к населенному пункту, используя инструмент  «Увеличить». *Включите отображение* составного слоя «Ортофотоплан».

Начните с дешифрирования *улиц и дорожек*. По прямому дешифровочному признаку дорожной сети – светлыми линиями (полосами) на ортофотоплане, а также косвенному признаку – заборам индивидуальных участков (темные прямые линии) создайте полигональный объект типа земель *Площади и улицы* и детализируйте его в подтип *Улицы и проезды*.

Для создания векторного объекта с помощью инструмента  *Выбрать объекты* **выберите** незакодированный полигональный объект слоя Land, который находится на месте улицы в населенном пункте.

Используя инструмент  *Резать полигоны* панели инструментов *Редактор* и нажав на клавиатуре клавишу V (позволяет видеть все вершины существующих векторных объектов слоев Land и Admi) начните **разрезать** выбранный незакодированный полигон, поставив первую вершину скетча за пределами выбранного полигона, последующие – в пределах выбранного полигона и замыкаясь на вершинах слоев Land и Admi, и последнюю – за границами выбранного полигона (рис. 6.32).

После создания последней вершины скетча двойным кликом мыши **завершите** разрезание полигона. *Такая последовательность операций применяется, если объект разрезания находится у границ области редактирования.*

Инструментом  *Выбрать объекты* выберите только что созданный полигональный объект. Используя инструмент  *Атрибуты* на панели инструментов *Редактор* выберите для созданного объекта необходимый тип (*Площади и улицы*) и подтип (*Улицы и проезды*) земель (рис. 6.33).

Начните дешифрирование типа земель *Здания* в населенном пункте «Руда». По основному дешифровочному признаку – геометричности форм, а также изображенным на ортофотоплане теням найдите здания и создайте новые объекты типа земель «Здания» в слое Land *путем разрезания незакодированного полигона*.

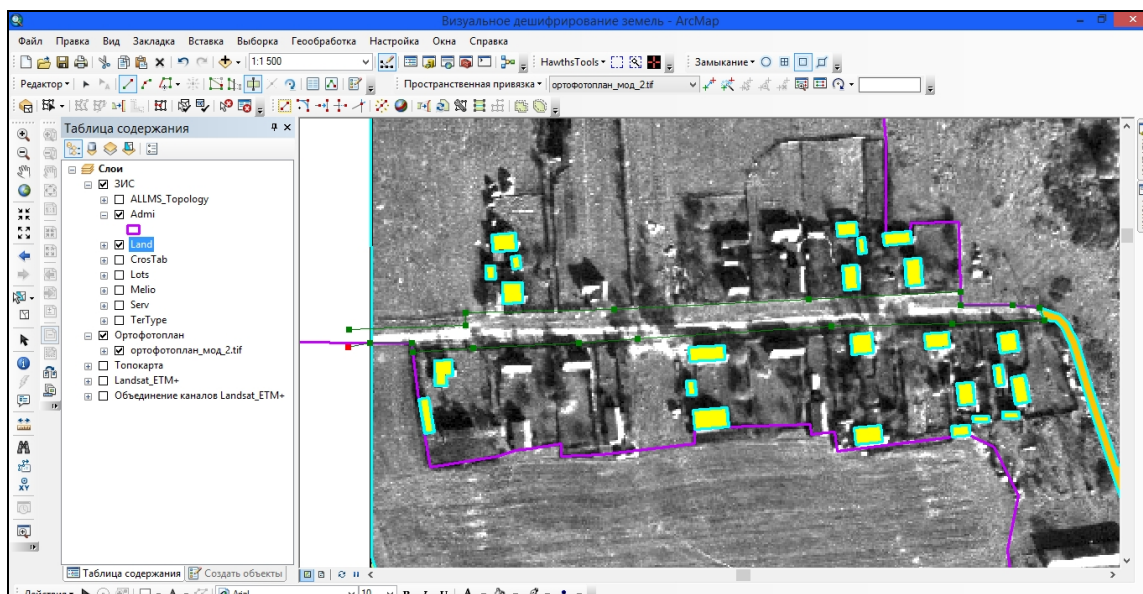


Рис. 6.32

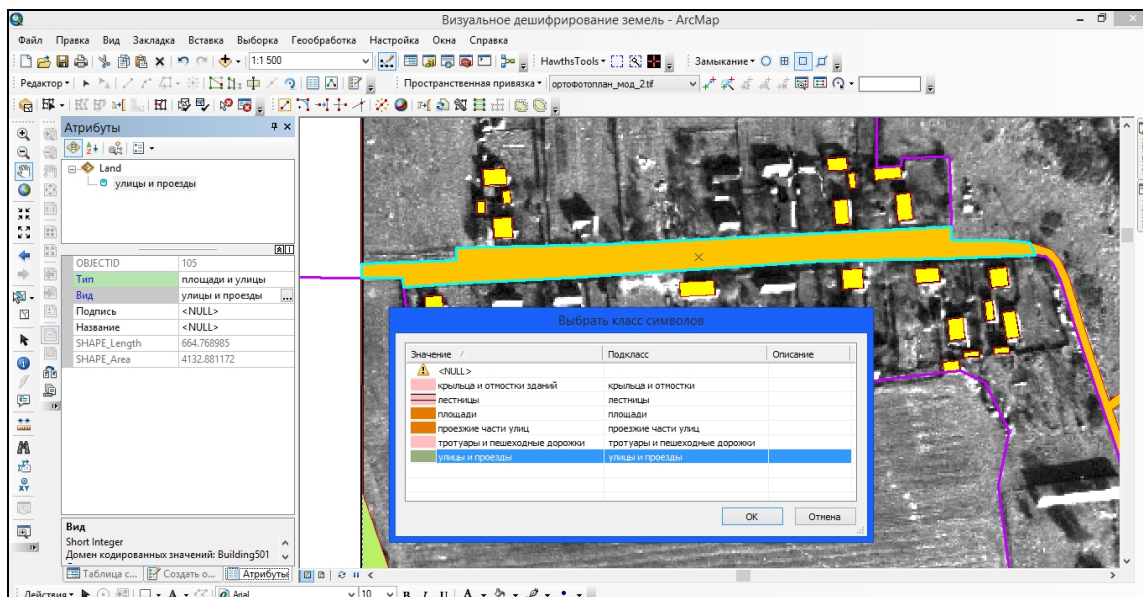


Рис. 6.33

Для этого с помощью инструмента  *Выбор объектов* выберите незакодированный полигональный объект слоя Land, который находится на месте объекта «Здания», по прямым и косвенным дешифровочным признакам. Используя инструмент  *Резать полигоны* панели инструментов *Редактор*, начните разрезать выбранный полигон. Поставьте все вершины скетча в углах дешифрируемого здания (рис. 6.34). Последнюю вершину следует замкнуть на первой и сделать двойной клик мышью для завершения скетча. Такая последовательность операций применяется,

если объект разрезания находится внутри границ области редактирования.

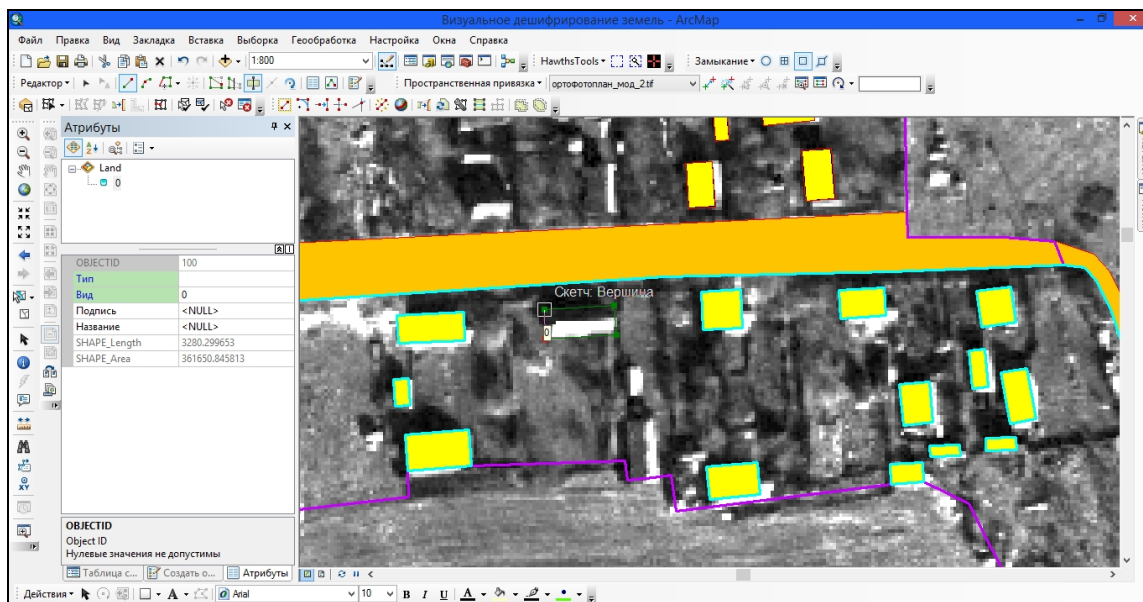


Рис. 6.34

Отдешифрируйте все земли типа *Здания* в пределах населенного пункта «Руда» путем вырезания полигональных объектов из незакодированного полигона. Здания, находящиеся вблизи улицы, отнесите в подтип *Жилые неогнестойкие*, находящиеся в отдалении от улицы – *Нежилые неогнестойкие* (рис. 6.35). Для этого используйте инструмент .

Так же осуществите дешифрирование земель подтипа *Усадебные земли* типа *Дворы*. Для усадебных земель характерными прямыми дешифровочными признаками являются: своеобразие формы, специфичность текстуры, геометричность размеров. Усадебные земли хорошо распознаются и по косвенным признакам – по наличию заборов, ограничивающих участки отдельных землепользователей и землевладельцев. На черно-белом снимке они представляют собой темные геометричные полосы. Еще одним косвенным признаком является наличие на усадебных землях зданий.

Используя инструмент  *Резать полигоны*, выделите три массива *Усадебных земель* в пределах населенного пункта «Руда» из незакодированного полигона (рис. 6.36). Замыкайтесь на уже отдешифрированных объектах слоя Land и границе населенного пункта в слое Admi.

Шаг 10. Выполните дешифрирование земель под дорогами. Большинство из земель под дорогами в пределах района исследований было предварительно отснято инструментальными методами. Проанализируйте

особенности проявления на ортофотоплане прямых и косвенных дешифровочных признаков данных земель.

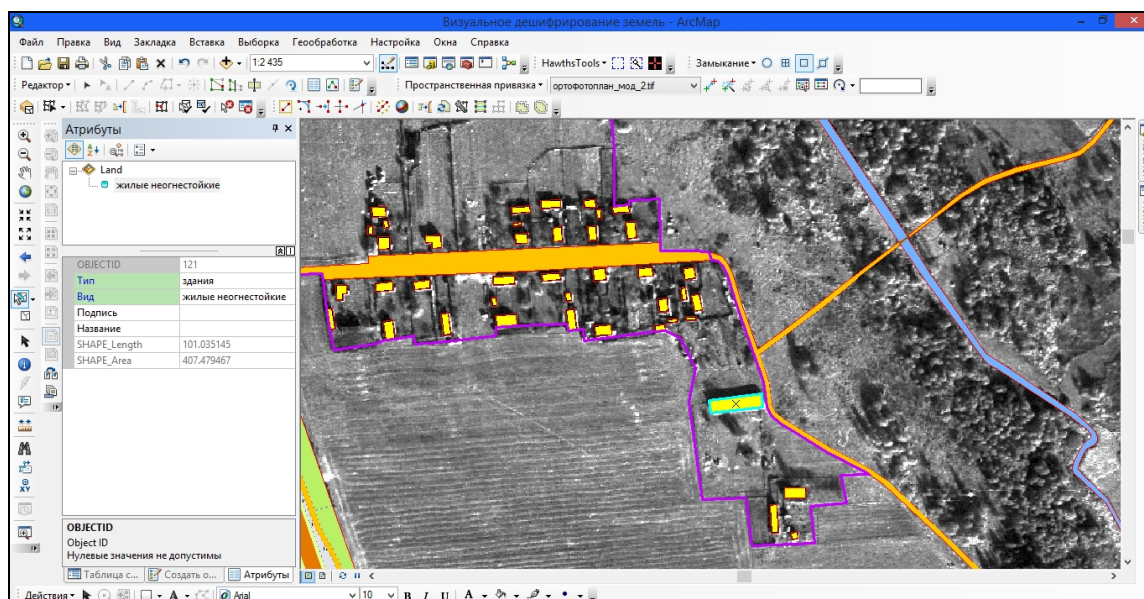


Рис. 6.35

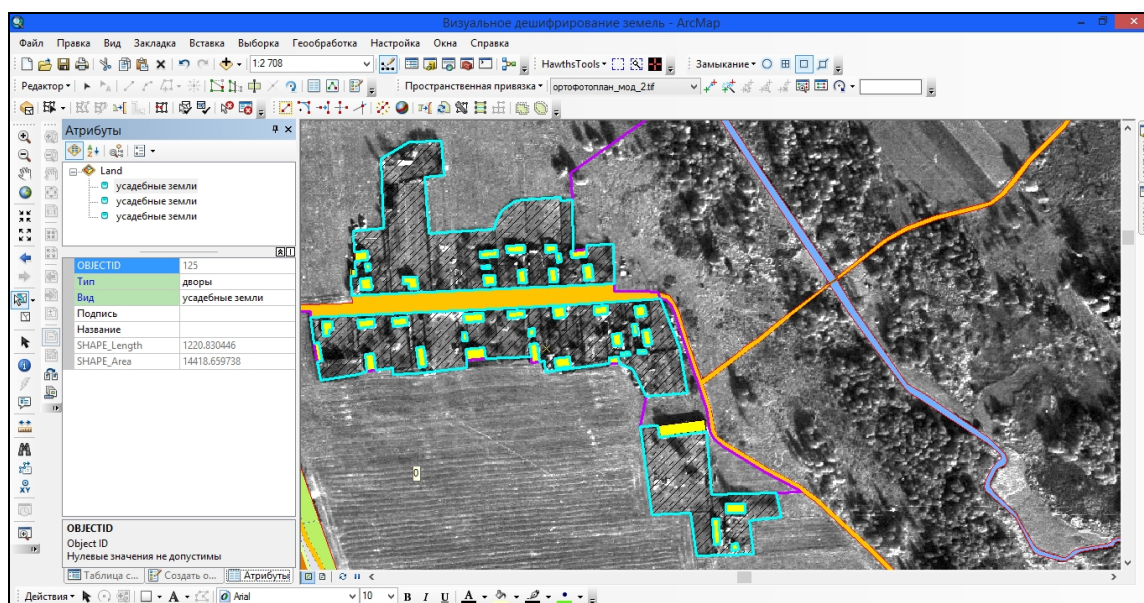


Рис. 6.36

Обратите внимание, что на обычных черно-белых аэрофотоснимках дороги отображаются светлыми линиями (полосами). Кроме того, на улучшенной дороге (юго-западная часть района) видна даже разметка дороги и количество полос движения. Полевые и лесные дороги на снимке видны менее отчетливо. Косвенные дешифровочные признаки дорог заключаются в положении их на местности, связи с другими топографическими объектами, наличии обслуживающих дороги сооружений,

характере пересечения с другими объектами, размещении сопутствующей древесно-кустарниковой растительности.

Используя инструмент  *Резать полигоны*, выделите на основе дешифрирования ортофотоплана тип земель *Дороги*, подтип *Дороги полевые, лесные* из незакодированного полигона (рис. 6.37, 6.38). Замыкайтесь на определенных инструментально отснятых объектах слоя Land.

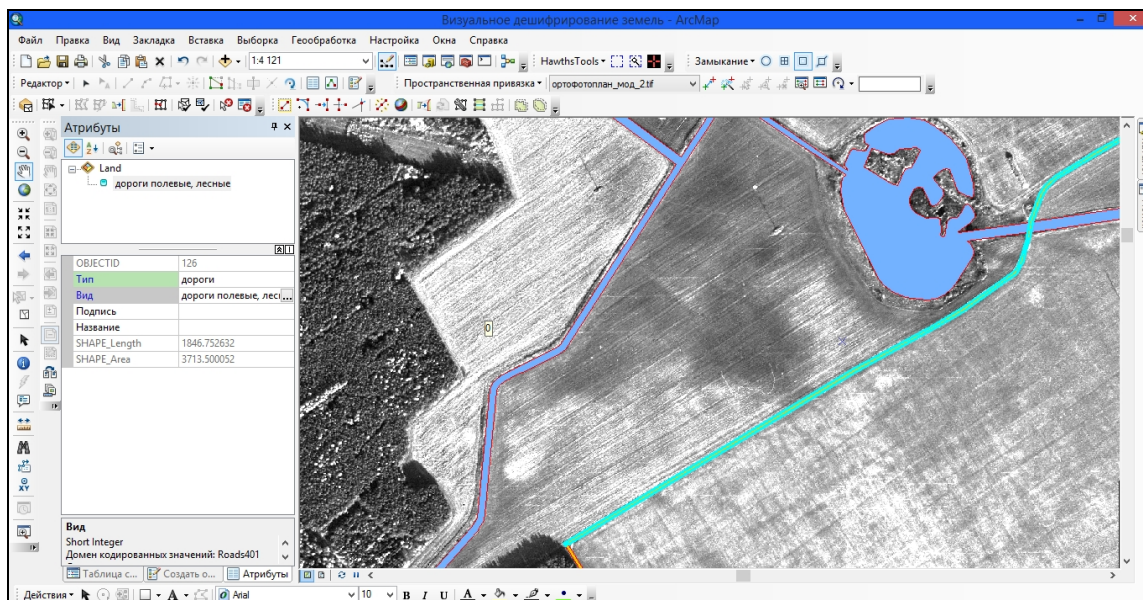


Рис. 6.37

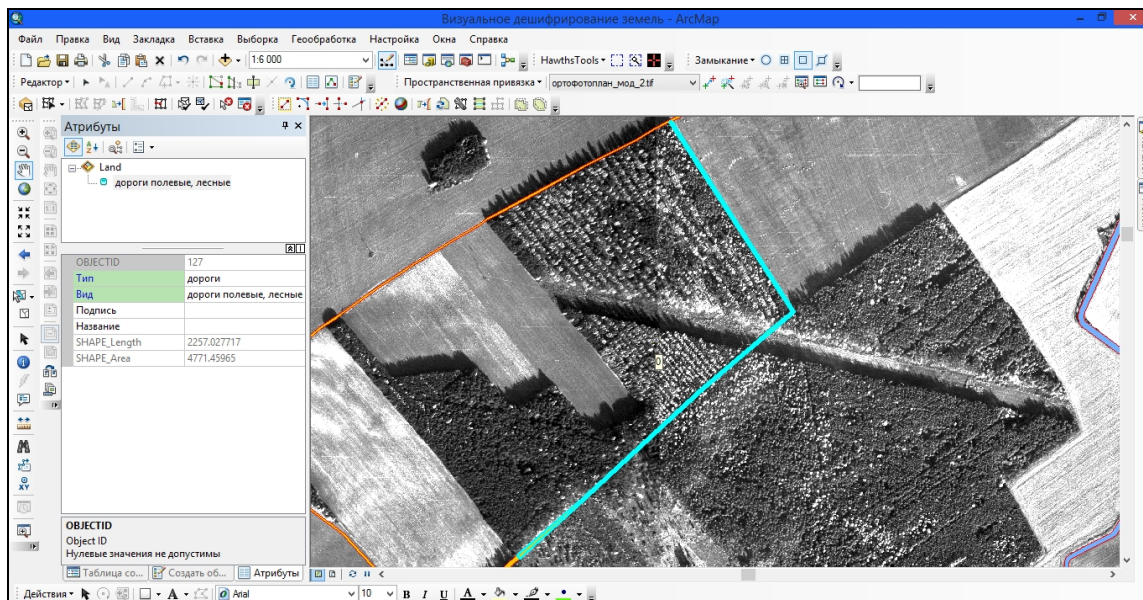


Рис. 6.38

Шаг 11. Выполните дешифрирование земель под водными объектами. Они с высокой степенью достоверности дешифрируются на черно-белых и особенно надежно – на цветных аэрофотоснимках по прямым дешиф-

ровочным признакам. Большинство земель под водотоками и водоемами в пределах района исследований было предварительно отснято инструментальными методами. Проанализируйте особенности проявления на ортофотоплане прямых дешифровочных признаков земель под водоемами и водотоками. Кроме этого, используя растры объединения различных каналов снимка Landsat ETM+, а также ортофотоплан, постарайтесь распознать водотоки и водоемы, которые остались невыделенными, и выполните их вырезание из незакодированного полигона слоя Land, кодируя вырезанные полигональные векторы как тип земель *Водоемы*, подтип *Водохранилища и пруды* (рис. 6.39).

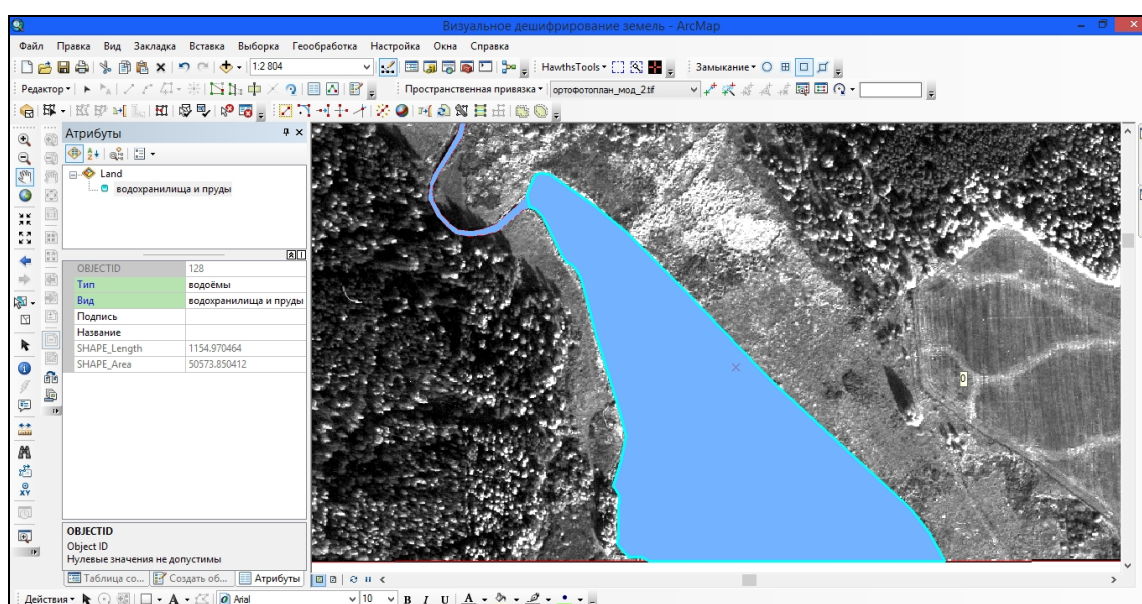


Рис. 6.39

Так же отдешифрируйте и вырежьте из незакодированного полигона слоя Land объектов, относящиеся к типу земель *Водотоки*, подтипу *Каналы и каналы* (рис. 6.40).

Шаг 12. Выполните дешифрирование вида земель под болотами. Основным дешифровочным признакам болот является текстура изображения. Она, в зависимости от типа болот, их закустаренности (залесенности), проходимости, очень разнообразна и неоднородна, но в большинстве случаев достаточно специфична. Косвенные дешифровочные признаки болот – приуроченность к обширным плоско-горизонтальным участкам местности, отсутствие следов сельскохозяйственной обработки, наличие проселочных и полевых объездных дорог, а также наличие торфопереработок.

Отдешифрируйте и вырежьте из незакодированного полигона слоя Land объекты, которые можно отнести к типу земель *Болота*. Поскольку

вы не имеете информации о подтипах болот, закодируйте их как *Переходные* (рис. 6.41).

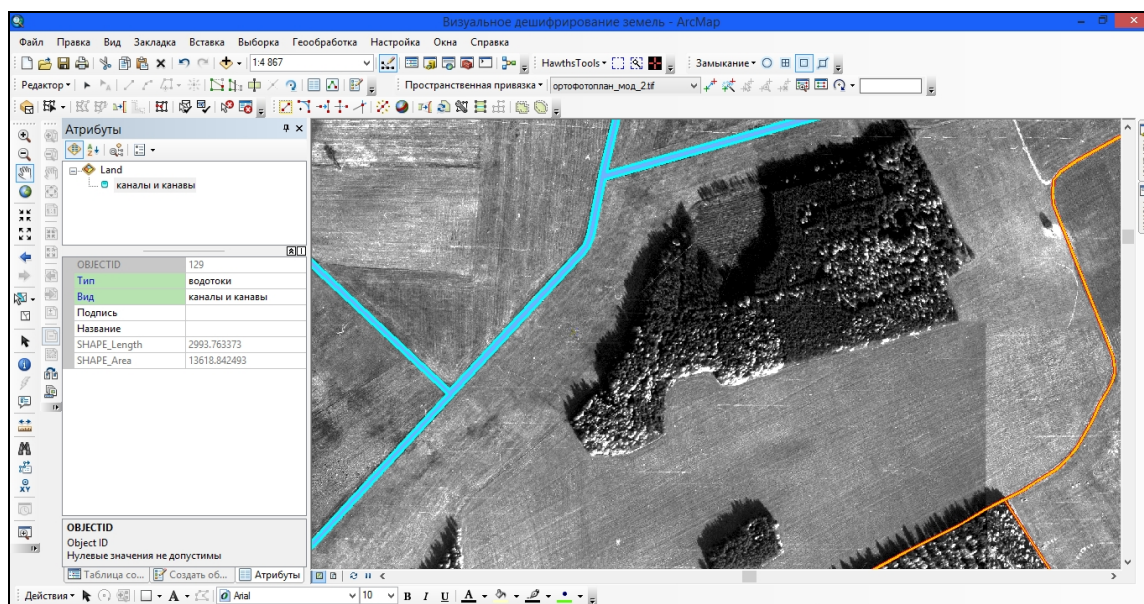


Рис. 6.40

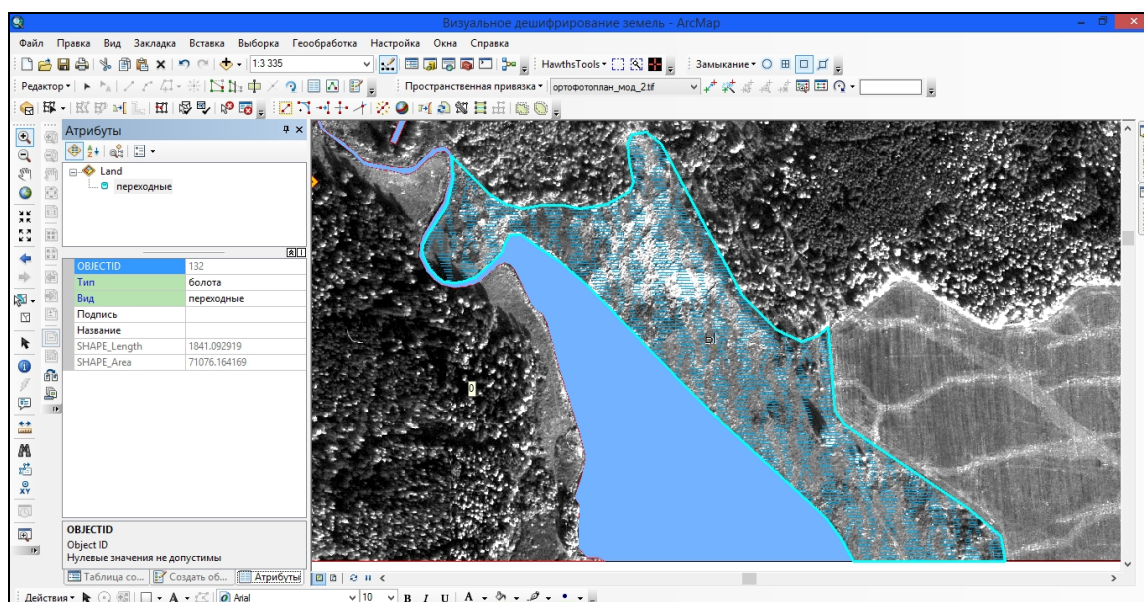
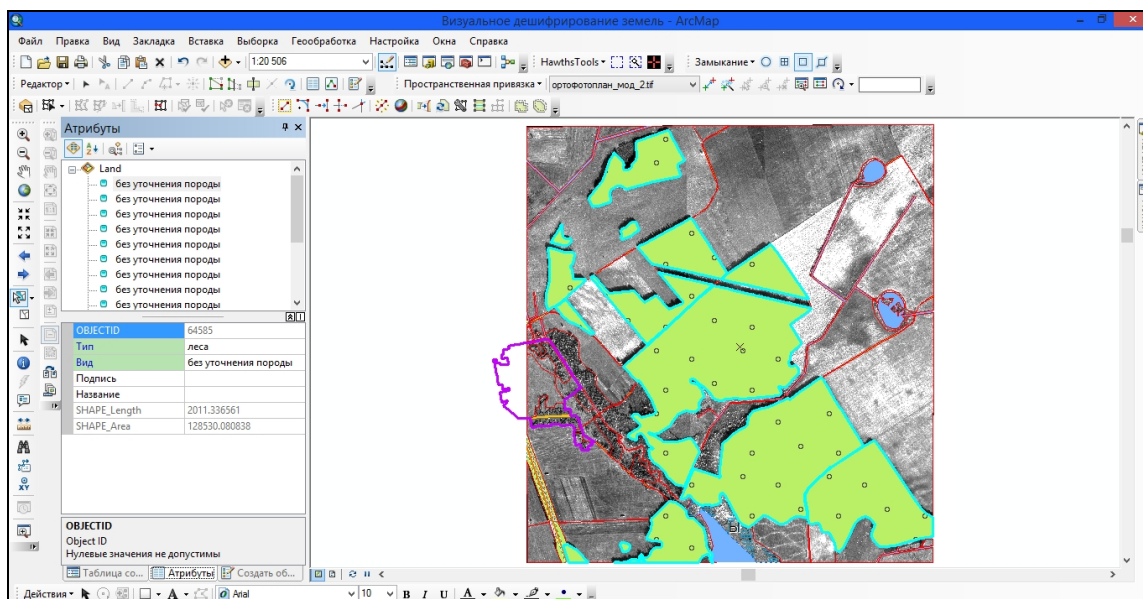
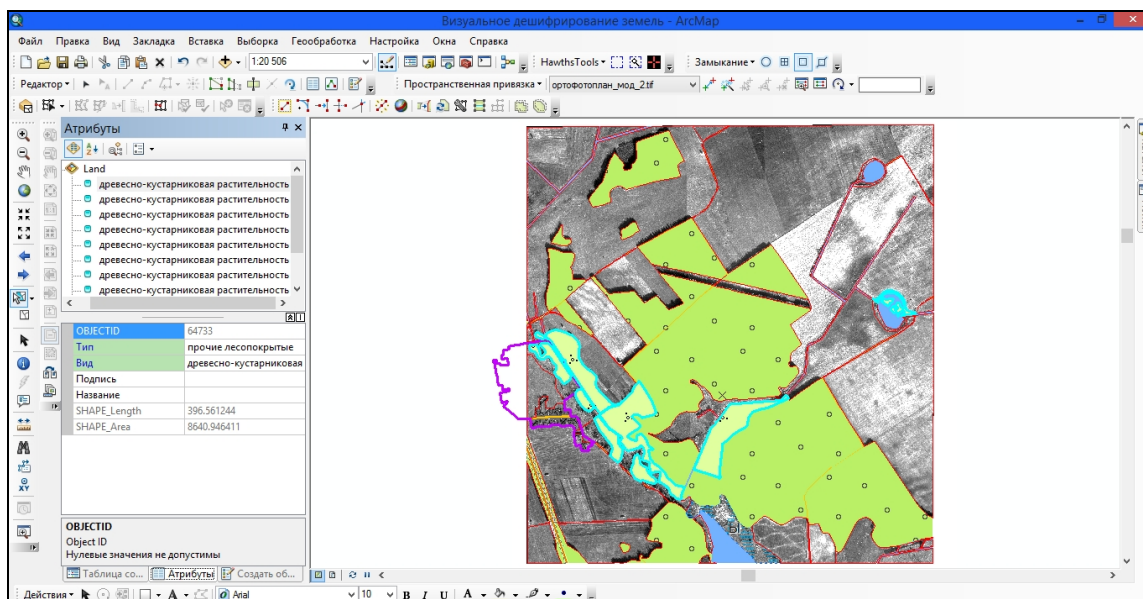


Рис. 6.41

Шаг 13. Выполните дешифрирование и вырезание из незакодированных полигонов слоя Land объектов типа земель *Леса*. Используйте как вспомогательный материал растры объединения каналов снимка Landsat ETM+. В качестве подтипа используйте *Без уточнения породы*, так как вы не можете судить о составе пород лесных массивов (рис. 6.42). Помните, что основным дешифровочным признаком лесов и кустарников является текстура фотоизображения.



Выполните дешифрирование и вырезание типа земель *Прочие лесопокрытые*. В качестве подтипа используйте *Древесно-кустарниковая растительность* (рис. 6.43).



Шаг 14. Основными дешифровочными признаками пашни являются: четкость границ, определенная геометричность формы полей, текстура изображения, цвет изображения. Осуществите дешифрирование и вырезание из незакодированных полигонов слоя Land типа земель *Пахотно-пригодные*. Используйте как вспомогательный материал растры объеди-

нения каналов снимка Landsat ETM+. В качестве подтипа используйте *Пахотные* (рис. 6.44).

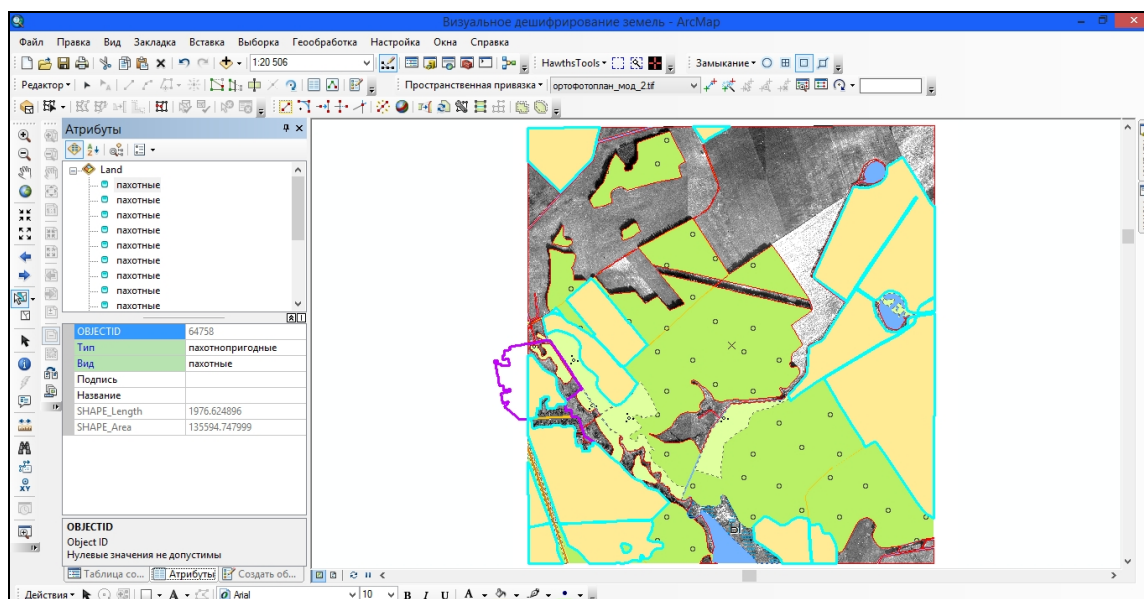


Рис. 6.44

Шаг 15. Выполните дешифрирование и вырезание объектов типа земля *Луговые* (рис. 6.45). В качестве подтипа используйте *Заливные прочие*, так как вы не можете судить о состоянии луговых земель по данным дистанционного зондирования. Помните, что форма и размеры луговых участков неопределенные, поскольку их границами служат границы пашни, залежи, леса, а также топографические элементы местности, а текстура изменяется в зависимости от качественных характеристик.

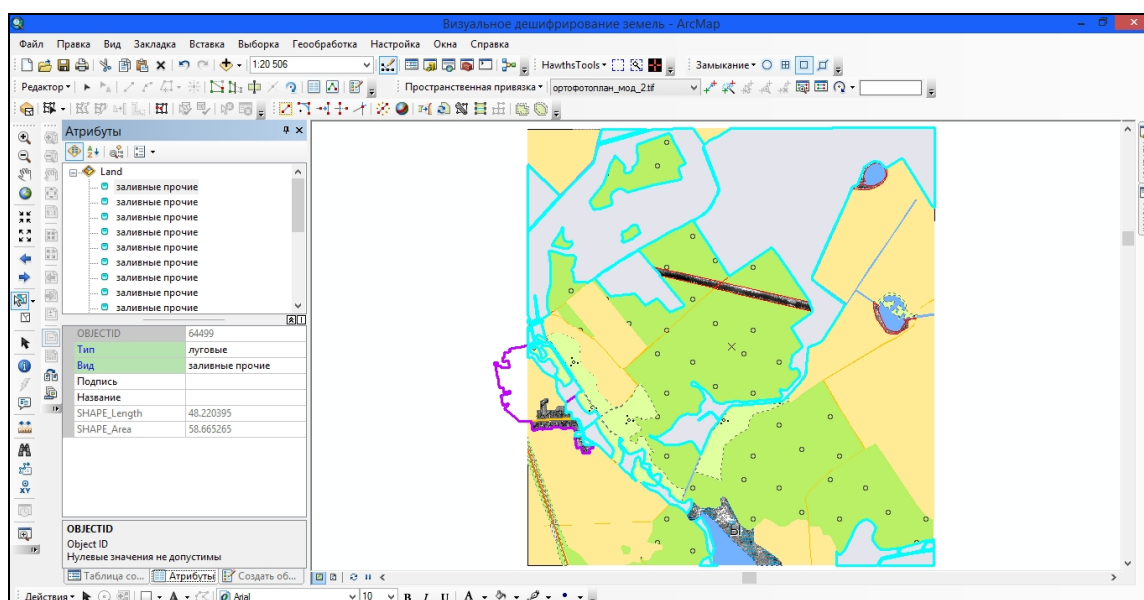


Рис. 6.45

Шаг 16. Оставшиеся незакодированными земли интерпретируйте в атрибутах как тип *Прочие земли*, подтип *Другие земли* (рис. 6.46).

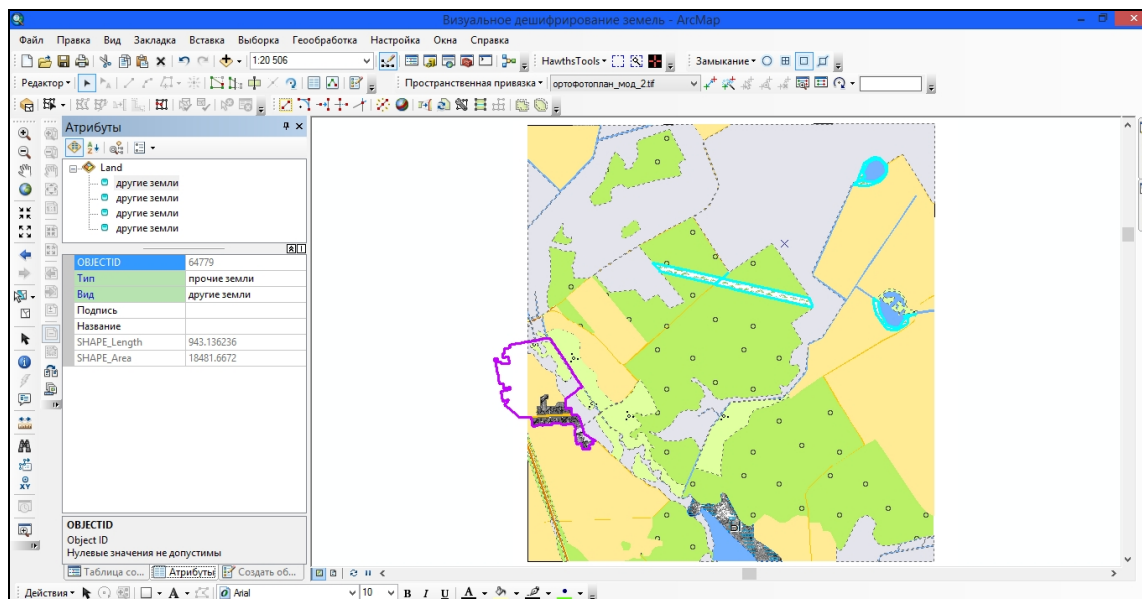


Рис. 6.46

Шаг 17. Осуществите *проверку и редактирование топологии* БГД «ЗИС-Клецк». Для этого в таблице содержания включите отображение слоя ALLMS_Topology. Приблизьте экстенд фрейма данных к слою *Land*. С помощью инструмента  *Проверить топологию в текущем экстен-те*, находящегося на панели инструментов «Топология», проверьте то-пологию БГД. Откройте инструмент  *Инспектор ошибок*. С помо-щью инструмента  *Исправить ошибки топологии* выделите экстенд всех слоев. В окне *Инспектор ошибок* появятся ошибки топологии (ес-ли они есть). Исправьте все ошибки. *Сохраните редактирование* БГД, сохранив все изменения (Редактор → Завершить редактирование). *Со-храните проект* (Файл → Сохранить).

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основную последовательность шагов по созданию векторных объ-ектов путем вырезания фрагментов существующего полигонального вектора в ГИС ArcGIS.
2. Какой инструмент используется для внесения изменений в атрибуты векторов в ГИС ArcGIS? Каким образом функционируют домены и подтипы базы геоданных?
3. Какова последовательность действий по проверке и редактированию топологии в ГИС ArcGIS? Где хранятся ошибки топологии?
4. На основе предложенного преподавателем участка территории Клецкого района самостоятельно по ортофотоплану выполните визуальное дешифрирование типов и подтипов земель.

3.3. Исправление результатов визуального (контурного) дешифрирования по результатам полевого дешифрирования

Цель задания: освоить алгоритмы редактирования векторов, их атрибутов, проверки и редактирования топологии в среде ГИС ArcGIS на примере исправления результатов визуального дешифрирования по результатам полевого во фрагменте территории Клецкого района Минской области.

Ход выполнения задания:

Шаг 1. Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Откройте проект *Визуальное дешифрирование земель.mxd*, созданный при выполнении задания 3.1 и 3.2 (Файл → Открыть).

Шаг 2. Добавьте в проект негеопривязанный растр *Полевое обследование_ортофотоплан.tif* (используйте пиктограмму  «Добавить данные»). На этом растре, представляющем собой территорию визуального дешифрирования земель в Клецком районе Минской области, отражены результаты *полевого дешифрирования*. Фиолетовым контуром на растре отмечены и подписаны красным цветом все полигональные объекты, *требующие редактирования* по сравнению с визуальным дешифрированием, проведенным в рамках задания 3.2 (рис. 6.47).

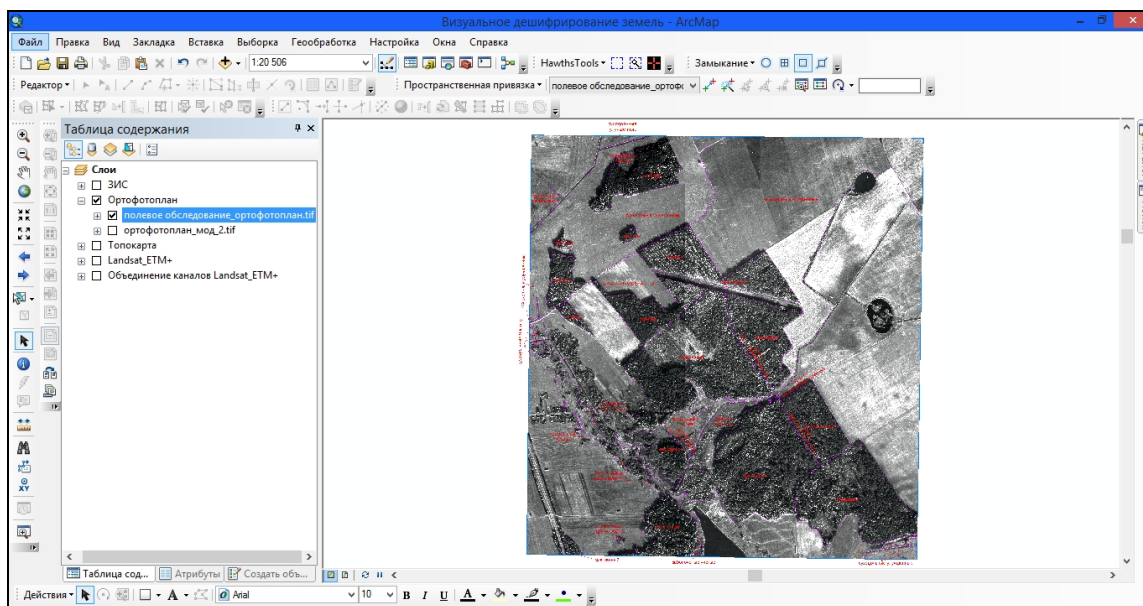


Рис. 6.47

Шаг 3. Выполните геопривязку растра *Полевое обследование_ортофотоплан.tif* по координатам известных на нем четырех точек (табл. 6.9). В таблице содержания нажмите правой клавишей мыши по слою «Полевое обследование_ортофотоплан.tif» и выберите *Приблизить*

к слою. На панели инструментов *Пространственная привязка* в установке набора растровых данных выберите привязываемый растр «Полевое обследование_ортофотоплан.tif».

Таблица 6.9

Углы растра	X	Y
Верхний левый	466425,999	5865961,643
Верхний правый	469060,353	5865977,094
Нижний правый	469052,923	5863143,323
Нижний левый	466429,674	5863142,250

Приблизьте экстенд карты к нужному углу, например верхнему левому. На растре граница фрагмента Клецкого района обозначена голубым контуром. Поставьте исходную опорную точку на угол голубого контура на растре (пиктограмма  *Добавить опорные точки (связи)*). На опорной точке останется перекрестье зеленого цвета. Для установки координат конечной опорной точки сделайте клик правой клавишей мыши и выберите *Входные X и Y*. В окне *Ввести координаты* наберите координаты привязки данного угла растра (рис. 6.48). После окончания ввода нажмите *ОК*.

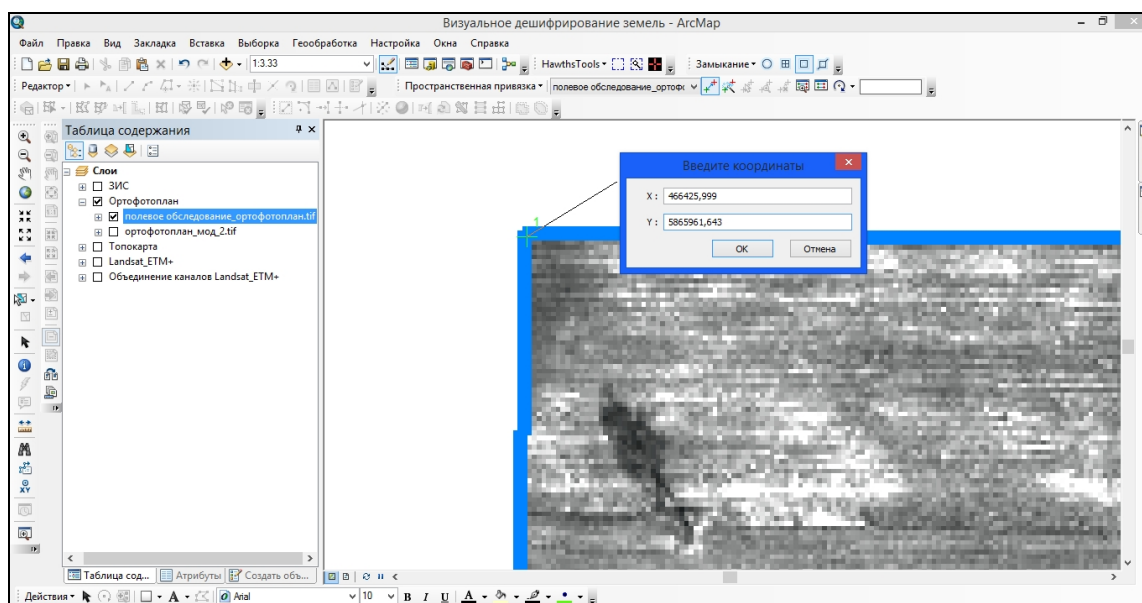


Рис. 6.48

После выполнения данной операции растр «Полевое обследование_ортофотоплан.tif» переместится в область фрагмента Клецкого района. В таблице содержания нажмите правой клавишей мыши по слою «Полевое обследование_ортофотоплан.tif» и выберите *Приблизить к слою*. Повторите данный алгоритм операций для остальных углов растра «Полевое обследование_ортофотоплан.tif» (рис. 6.49).

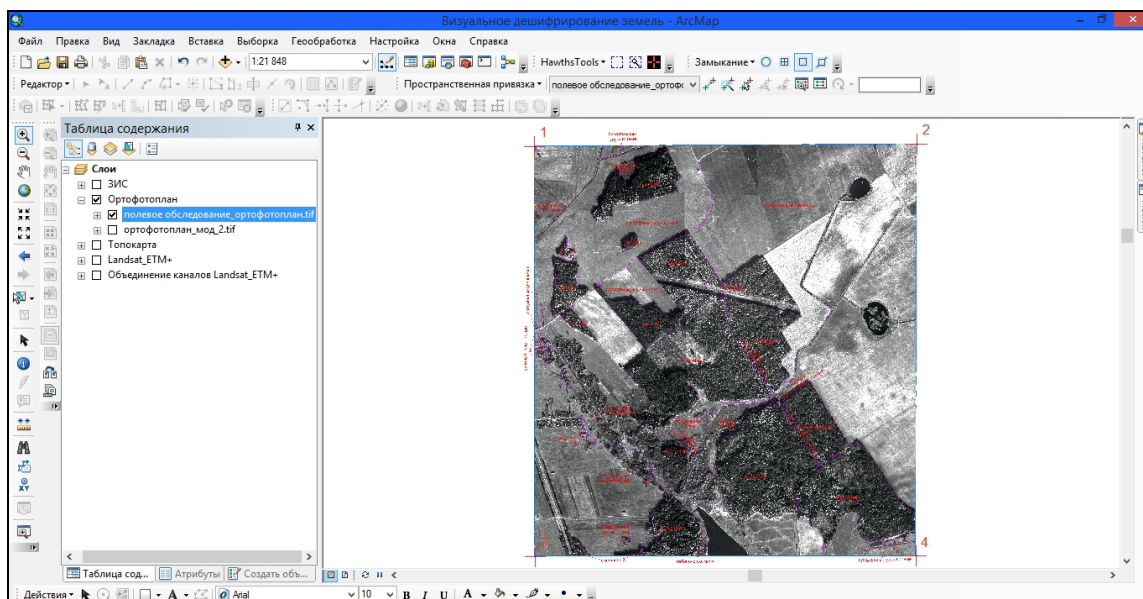


Рис. 6.49

После создания всех опорных точек (связей) выполните трансформацию растра с помощью операции Пространственная привязка → Порядок трансформации → *Проективное преобразование*. Создайте файл привязки выполнив Пространственная привязка → *Обновить пространственную привязку*.

Шаг 4. Загрузка прозрачной легенды для слоя Land (Земли).

Удалите слой Land из проекта (клик правой клавишей мыши по слою в таблице содержания → Удалить). Добавьте в проект (в составной слой ЗИС) файл Land_ч_б.lyr (используйте пиктограмму  «Добавить данные»). Этот файл содержит прозрачную символизацию для всех типов и подтипов слоя Land.

Установите *источником данных* для слоя Land.lyr класс пространственных объектов Land БГД «ЗИС-Клецк». Для этого зайдите в *Свойства* слоя Land.lyr (клик правой клавишей мыши по слою → Свойства), выберите закладку *Источник* и нажмите кнопку *Установить источник данных* (рис. 6.50).

Шаг 5. Выполните редактирование объектов, отнесенных после полевого дешифрирования в другой тип и подтип земель по сравнению с визуальным дешифрированием. Такие объекты имеют подпись типа и подтипа земель на растре «Полевое обследование_ортофотоплан.tif».

Начните сеанс редактирования (Редактор → Начать редактирование). Выберите для редактирования *персональную базу геоданных ЗИС-Клецк*.

Установите опцию отображения «Таблицы содержания»  По выборке. Сделайте доступными для выборки только объекты слоя Land.

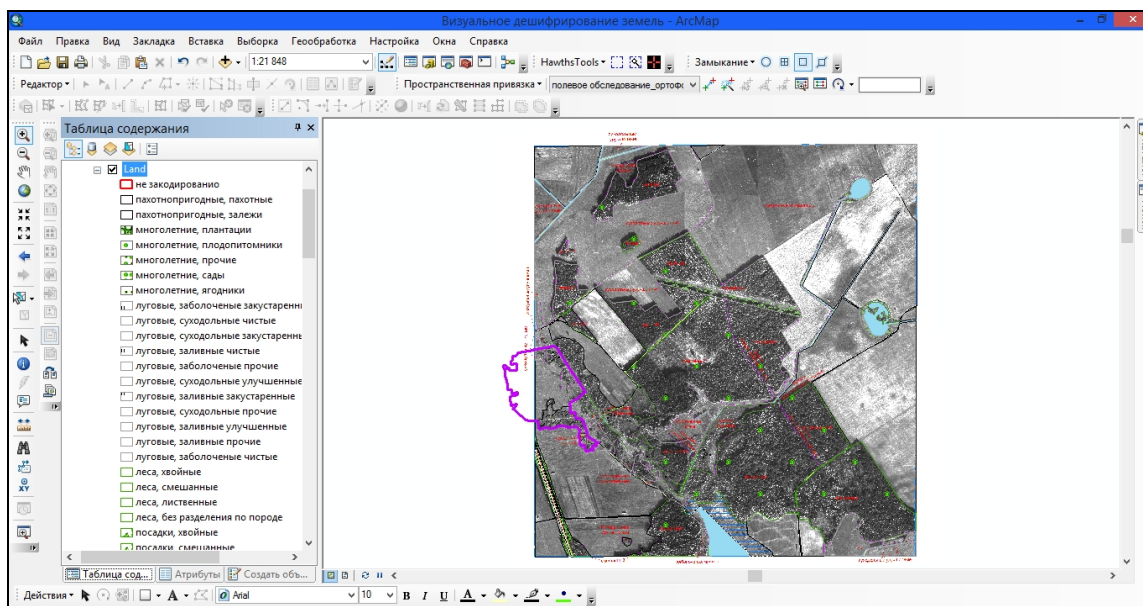


Рис. 6.50

Инструментом  **Выбрать объекты** выберите один из объектов, отнесенных после полевого обследования в другой тип и подтип земель по сравнению с визуальным дешифрированием. Используя инструмент  **Атрибуты** на панели инструментов **Редактор**, выберите для данного объекта необходимый тип и подтип земель (рис. 6.51).

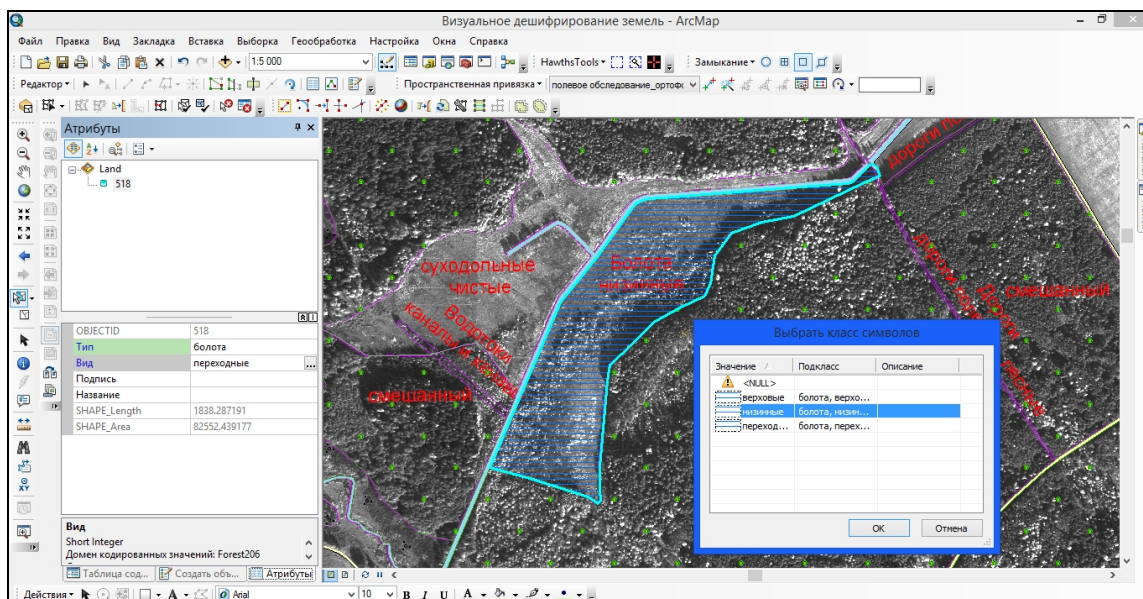


Рис. 6.51

Аналогичным образом выполните редактирование всех объектов слоя **Land** отнесенных после полевого дешифрирования в другой тип и подтип земель по сравнению с визуальным дешифрированием. Обратите внима-

ние на особенности отображения данных объектов на ортофотоплане. Проанализируйте дешифровочные признаки.

Шаг 6. Выполните редактирование объектов, отнесенных после полевого дешифрирования в другой подтип земель по сравнению с визуальным дешифрированием (тип земель не изменился). Такие объекты имеют подпись только измененного подтипа земель на растре «Полевое обследование_ортофотоплан.tif». Используя инструменты  *Выбрать объекты* и  *Атрибуты*, отнесите данные объекты в нужный подтип (рис. 6.52). Обратите внимание на особенности отображения данных объектов на ортофотоплане. Проанализируйте дешифровочные признаки.

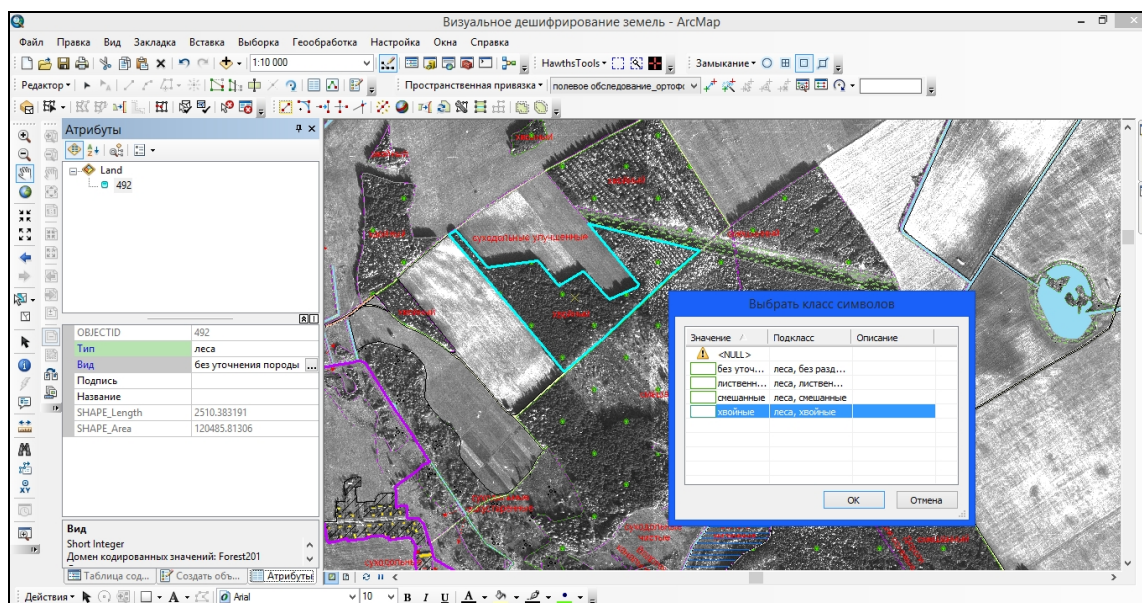


Рис. 6.52

Шаг 7. В процессе визуального дешифрирования некоторые земли достаточно *сложно идентифицируемы*. Они *выявляются* в процессе полевого дешифрирования, по результатам которого производится их *создание или редактирование* в базе геоданных Локальной ЗИС.

Для создания объектов, которые принадлежат типу земель *Луговые*, используйте уже знакомый алгоритм редактирования, заключающийся в **разрезании полигонов**.

На панели инструментов *Замыкание* настройте опцию *Замыкание на вершины*. Также установите опцию *Замкнуть на скетч*, выбрав *Замыкание* → *Замкнуть на скетч*.

Инструментом  *Выбрать объекты* **выберите** объект слоя Land, из которого необходимо вырезать новый. Используя инструмент  *Разрезать полигоны* на панели инструментов *Редактор* и нажав на клавиатуре клавишу *V* (позволяет видеть все вершины существующих векторных

объектов слоев Land и Admi), начните **разрезать** нужный участок выбранного полигона, замкнув первую вершину скетча на вершине выбранного полигона, последующие – в пределах выбранного полигона и последнюю – на вершине выбранного полигона (рис. 6.53). **Завершите** разрезание полигона двойным кликом мышки на последней вершине скетча. После создания нового объекта закодируйте нужные для него **Атрибуты**.

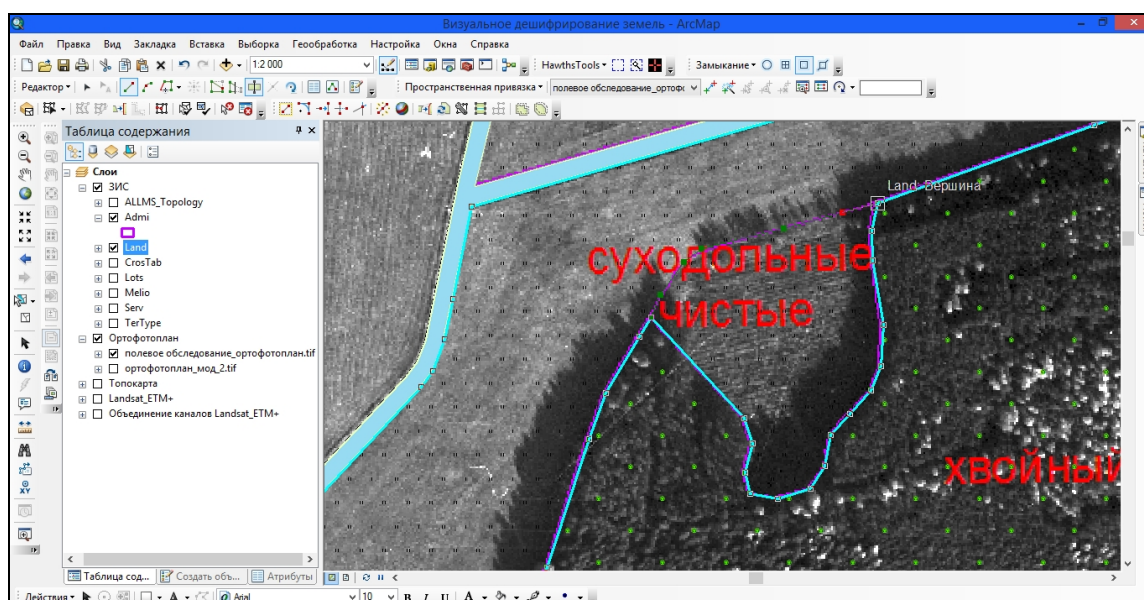


Рис. 6.53

Шаг 8. Для создания новых объектов, которые принадлежат типу земель *Дороги*, подтипу *Дороги полевые, лесные*, используйте новый алгоритм редактирования, заключающийся в **создании нового полигона, а затем обрезании по нему всех существующих в слое**.

Оставьте параметры *Выборки* и *Замыкания* такими же, как и в предыдущем шаге. В окне *Создать объекты*, выберите слой, которому будут принадлежать новые объекты. Этим слоем будет слой *Land (Дороги, полевые)*. В качестве *Инструмента построения* выберите *Полигон*. Нажав на клавиатуре клавишу *V* (позволяет видеть все вершины существующих векторных объектов слоев Land и Admi), начните создание нового полигона согласно материалам полевого обследования и замыкаясь на вершинах существующих векторных объектов слоя Land. Завершите создание нового полигона двойным кликом мышки на последней вершине скетча (рис. 6.54).

После создания вектора необходимо вырезать только что созданный полигон из всех пересекающих его и принадлежащих редактируемому слою.

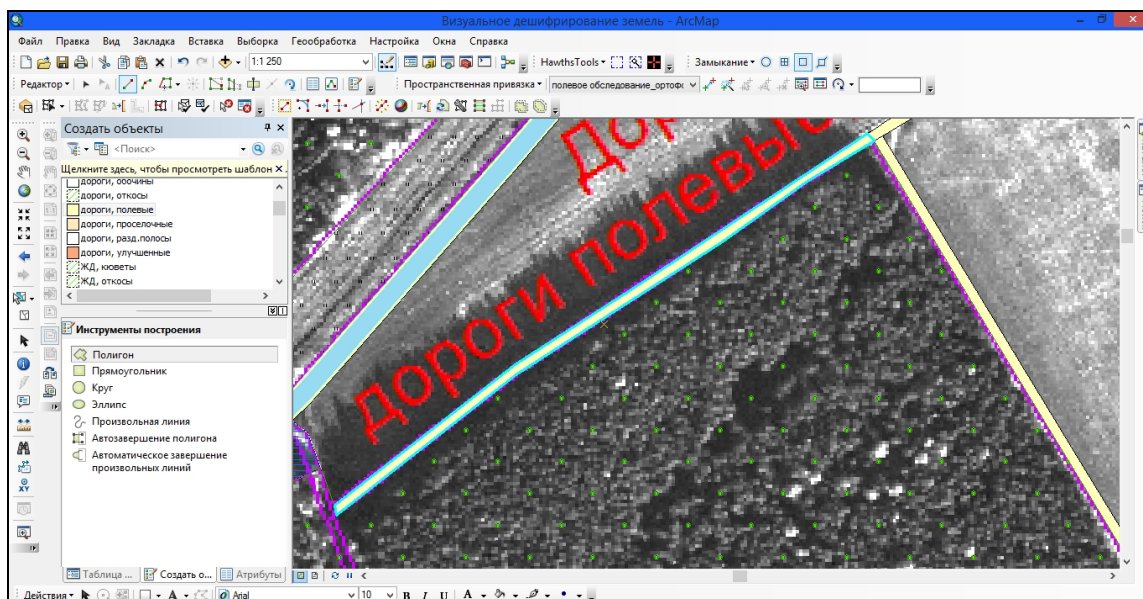


Рис. 6.54

Для этого инструментом  *Выбрать объекты* выберите только что созданный полигон (проконтролируйте в окне  *Атрибуты*, что был выбран только данный объект, в противном случае необходимо правым кликом мышки выполнить *Снять выборку*, как показано рис. 6.55). Для вырезания созданного объекта из перекрывающих его используйте инструмент *Вырезать* (Редактор → Вырезать). В параметрах вырезание используйте *Буферное расстояние* – 0.000, при вырезании объектов – *Удалять площадь пересечения*.

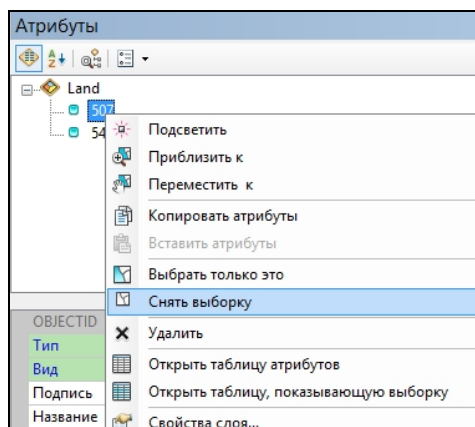


Рис. 6.55

После завершения процесса вырезания, в особенности в тех случаях, когда объект пересечения перекрывал несколько полигонов, могут образовываться *составные полигональные объекты* (рис. 6.56). Раздробите их на отдельные с помощью инструмента  *Раздробить составной объ-*

ект на панели инструментов *Расширенное редактирование* (рис. 6.57). После раздробления отредактируйте атрибуты этих полигонов, если это необходимо.

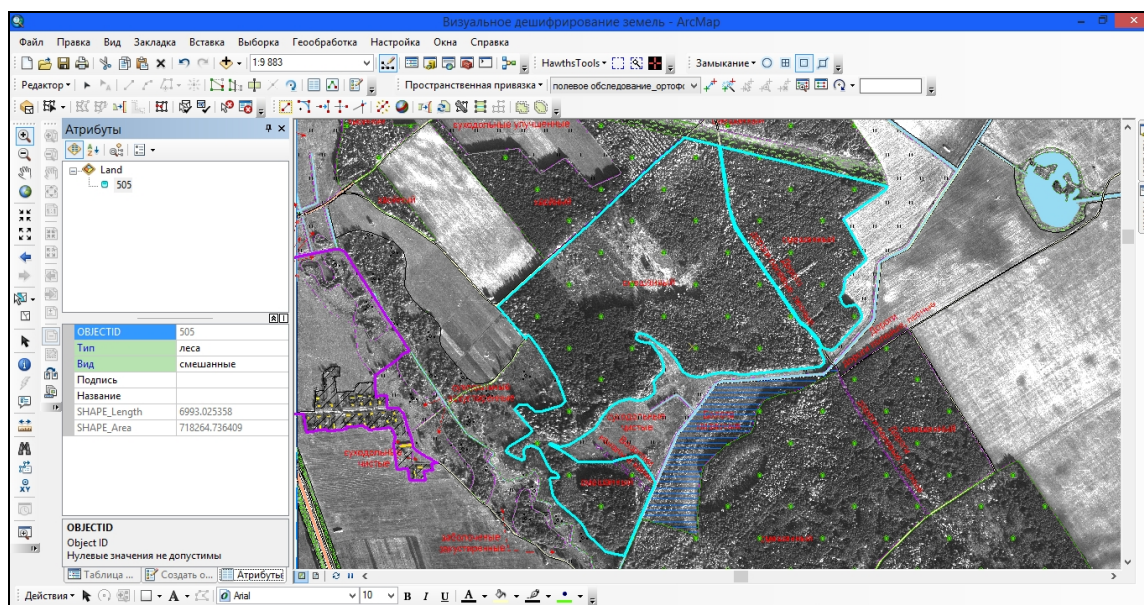


Рис. 6.56

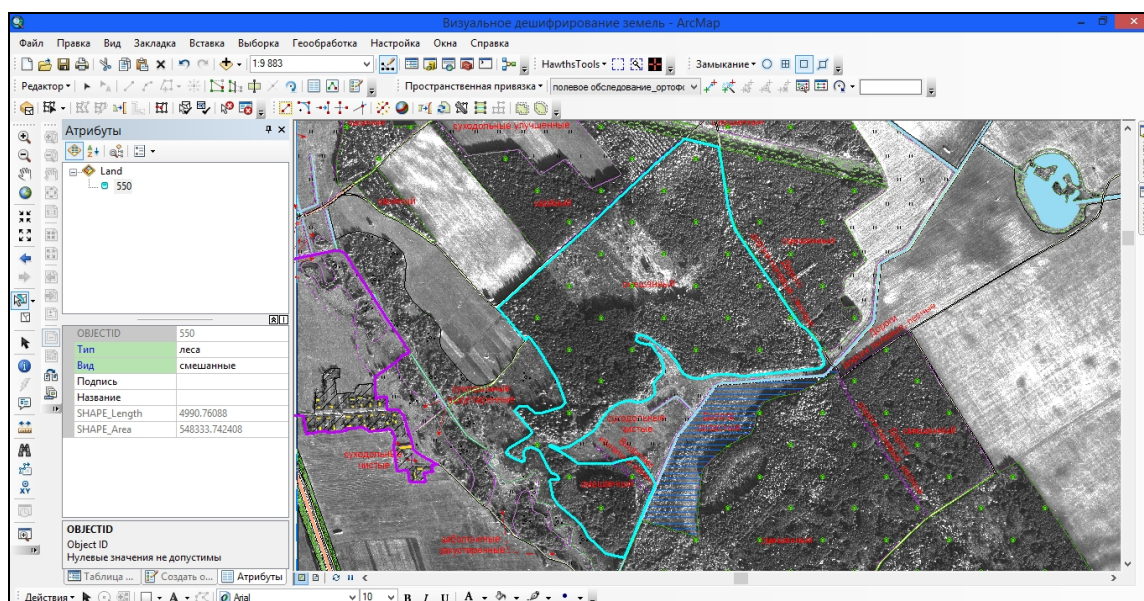


Рис. 6.57

Шаг 8. Аналогичным образом, как и в предыдущем шаге, создайте новые объекты, которые принадлежат типу земель *Водотоки*, подтипу *Каналы и канавы*. Для создания объектов используйте алгоритм редактирования, заключающийся в создании нового полигона, а затем в обрезании по нему всех существующих объектов в слое (рис. 6.58).

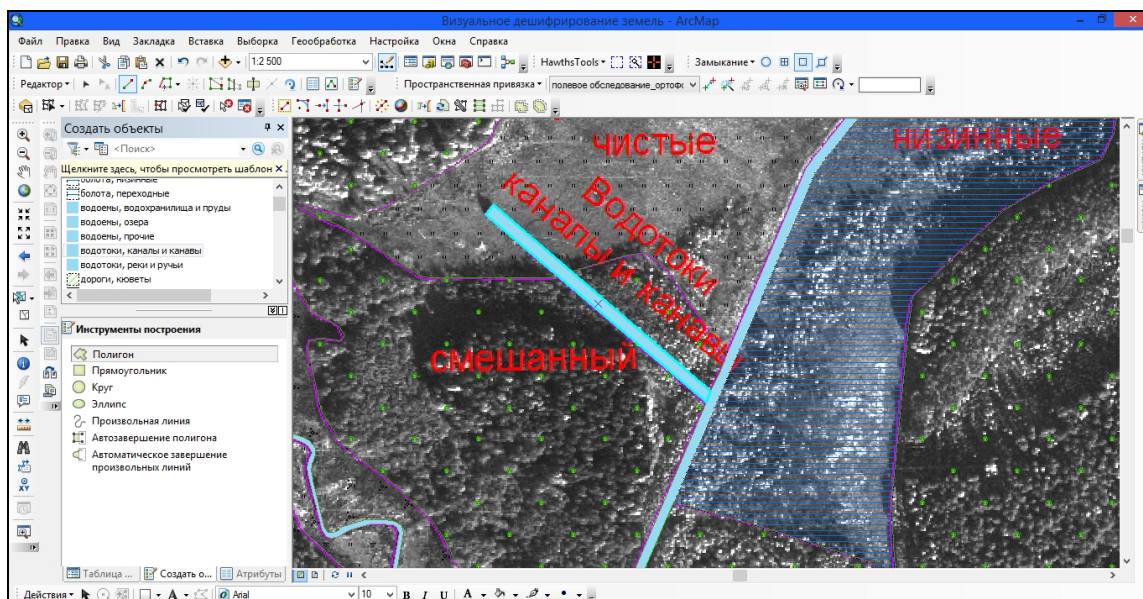


Рис. 6.58

Шаг 9. Осуществите проверку и редактирование топологии БГД «ЗИС-Клецк». Для этого в таблице содержания включите отображение слоя ALLMS_Topology. Приблизьте экстенд фрейма данных к слою *Land*.

С помощью инструмента  Проверить топологию в текущем экстен-те, находящегося на панели инструментов «Топология», проверьте то-пологию БГД. Откройте инструмент  Инспектор ошибок. С помо-

щью инструмента  Исправить ошибки топологии выделите экстенд всех слоев. В окне Инспектор ошибок появятся ошибки топологии (ес-ли они есть). Исправьте все ошибки. Сохраните редактирование БГД, сохранив все изменения (Редактор → Завершить редактирование). Со-храните проект (Файл → Сохранить).

Шаг 10. Загрузите цветную легенду для слоя Land (Земли). Для этого удалите слой Land из проекта (клик правой клавишей мыши по слою в таблице содержания → Удалить). Добавьте в проект (в составной слой ЗИС) файл Land.lyr (используйте пиктограмму  «Добавить данные»). Данный файл содержит цветную символизацию для всех типов и подти-пов слоя Land. Установите источником данных для слоя Land.lyr класс пространственных объектов Land БГД «ЗИС-Клецк». Для этого зайдите в Свойства слоя Land.lyr (клик правой клавишей мыши по слою → Свой-ства), выберите закладку Источник и нажмите кнопку Установить ис-точник данных (рис. 6.59).

Сохраните проект (Файл → Сохранить).

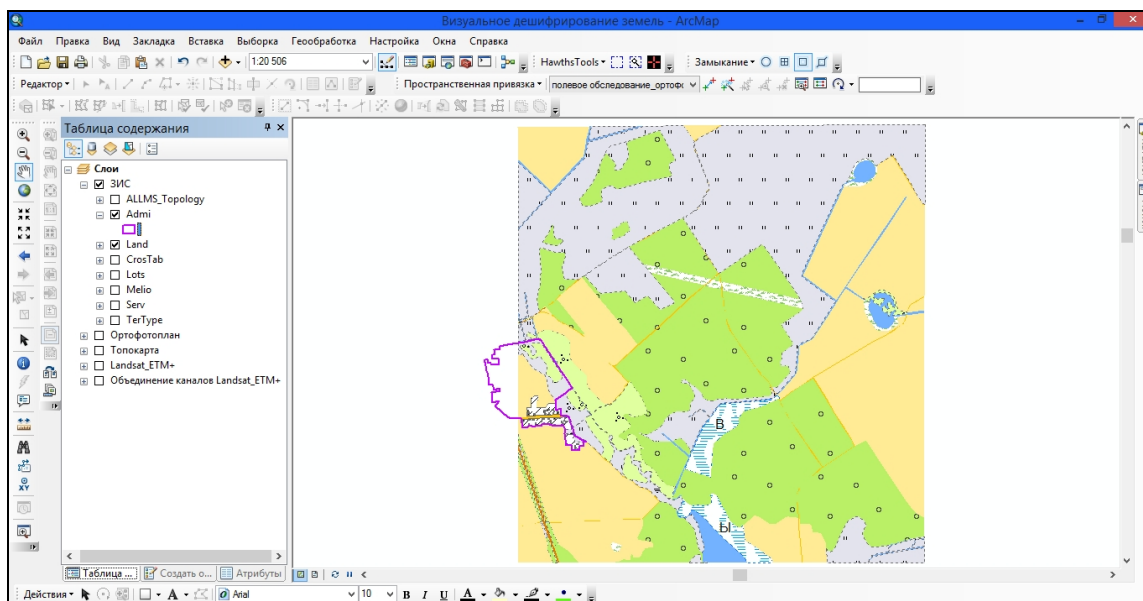


Рис. 6.59

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные дешифровочные признаки видов земель.
2. В чем отличие геопривязки растра к векторному слою и по точкам на растре с известными координатами?
3. Перечислите основную последовательность операций по созданию нового векторного объекта; вырезанию фрагмента из существующего вектора; созданию нового и обрезанию по нему всех существующих в ГИС ArcGIS.

Задание 4. Автоматизированное дешифрирование видов земель по многозональным космическим снимкам

Цель задания: освоить методику автоматизированного дешифрирования видов земель на основе материалов многозональной аэрокосмической информации с помощью ГИС ArcGIS (на примере фрагмента территории Клецкого района Минской области).

Исходные данные:

- класс пространственных объектов *БГД Автоматизированное дешифрирование*, содержащий границу фрагмента территории Клецкого района (*Граница*);
- набор растровых данных *БГД Автоматизированное дешифрирование*, содержащий комбинацию каналов «искусственные цвета» (4, 3 и 2) многозонального космического снимка Landsat 7 ETM+ (432);
- набор растровых данных *БГД Автоматизированное дешифрирование* фрагмента территории Клецкого района, отражающий фактическое

состояние земельного фонда в разрезе видов земель (данные получены в результате полевого обследования) (*land*).

Ход выполнения задания:

Шаг 1. Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Создайте проект *Автоматизированное дешифрирование земель*. Для этого используйте опцию *Сохранить как* в меню *Файл*. Проект сохраните в своей папке.

Шаг 2. Добавьте в проект набор растровых данных БГД *Автоматизированное дешифрирование*, содержащий комбинацию каналов «искусственные цвета» (4, 3 и 2) многозонального космического снимка Landsat 7 ETM+ (432), воспользовавшись пиктограммой  «Добавить данные».

Шаг 3. Зайдите в меню «Настройка» → *Дополнительные модули* и отметьте галочкой модуль *Spatial Analyst*. Откройте панель инструментов *Классификация изображений* (Настройка → Панели инструментов → Классификация изображений), рис. 6.60.

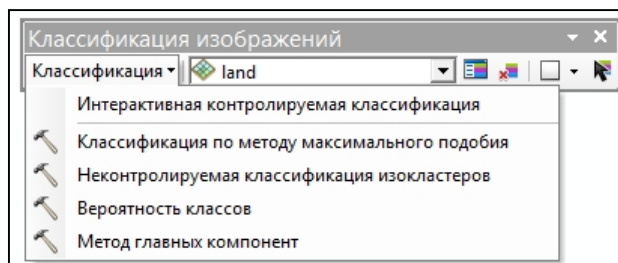


Рис. 6.60

Шаг 4. На панели инструментов *Классификация* включите  *Менеджер обучающей выборки*. Используя инструмент  *Нарисовать прямоугольник*, создайте эталонный участок, отображающий на комбинации каналов искусственные цвета (4, 3 и 2) многозонального космического снимка Landsat 7 ETM+ вид земель *пахотные* (бирюзовый цвет). В окне «Менеджер обучающей выборки» в поле *Имя класса* запишите «пахотные», в поле *Цвет* выберите оранжевый (рис. 6.61).

Создайте серию эталонных участков для пахотных земель, после чего объедините их с уже созданным ранее путем выделения их всех и нажатием кнопки  *Объединить обучающие выборки* в окне «Менеджер обучающей выборки».

Шаг 5. Используя вышеописанный алгоритм, создайте эталонные участки для других видов (групп видов) земель: луговые (красный цвет на снимке); лесные и под древесно-кустарниковой растительностью (ДКР) (бордовый); под водными объектами (черный); под дорогами, улицами, застройкой (зелено-голубой). В поле *Значение* присвойте им коды согласно рис. 6.62. В поле *Цвет* выберите соответствующие цвета.

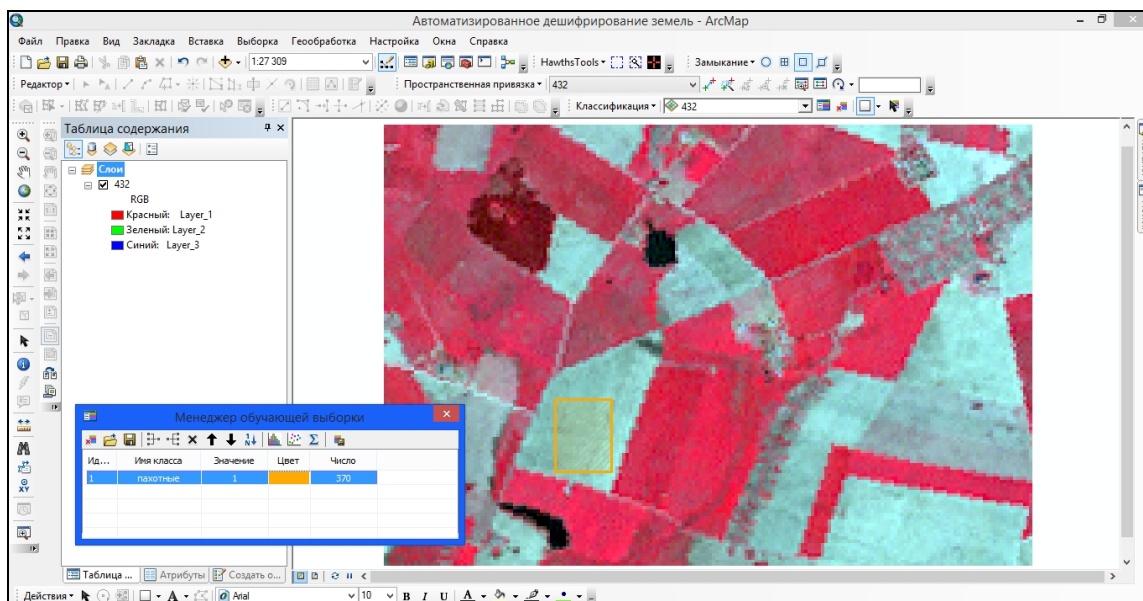


Рис. 6.61

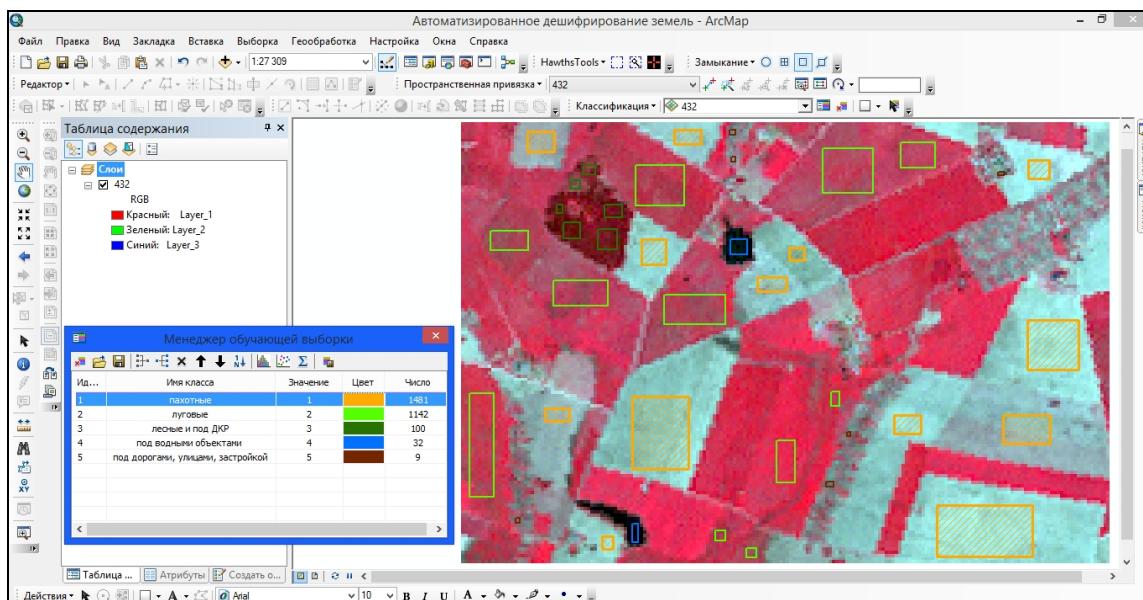


Рис. 6.62

Шаг 6. Сохраните эталонные участки как класс пространственных объектов в БГД «Автоматизированное дешифрирование» используя кнопку  Сохранить обучающую выборку в окне «Менеджер обучающей выборки».

Шаг 7. Выполните интерактивную контролируемую классификацию видов (групп видов) земель фрагмента Клецкого района по методу максимального правдоподобия, рис. 6.63. Используйте для этого инструмент

Интерактивная контролируемая классификация (Классификация → Интерактивная контролируемая классификация).

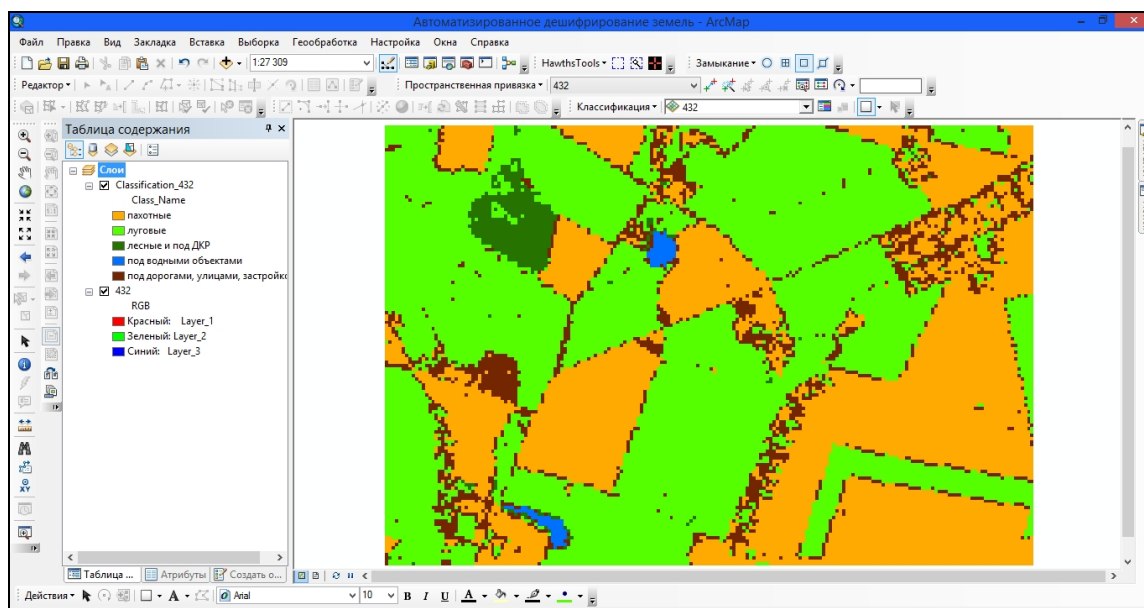


Рис. 6.63

Шаг 8. Закройте окно «Менеджер обучающей выборки» и нажмите кнопку  *Очистить обучающие выборки* на панели инструментов «Классификация».

Сохраните растр результатов классификации в БГД «Автоматизированное дешифрирование». Для этого сделайте клик правой клавишей мыши по слою «Classification_432» и выберите *Данные → Экспорт данных*. В окне «Экспорт растровых данных» в разделе *Путь* укажите местонахождение в БГД «Автоматизированное дешифрирование», в поле *Имя* оставьте в качестве имени файла «Classification_432». После этого нажмите *ОК*. Сохраненный растр будет автоматически добавлен в проект. Несохраненный растр удалите.

Шаг 9. Добавьте в проект растр фрагмента территории Клецкого района, отражающий фактическое состояние земельного фонда (данные получены в результате полевого обследования) *land*, воспользовавшись пиктограммой  «Добавить данные» (рис. 6.64). Загрузите легенду слоя. Для этого зайдите в «Свойства слоя» (клик правой клавишей мыши по слою в таблице содержания → Свойства) и выберите закладку «Символы». Выберите «Показать: Уникальные значения» и нажмите кнопку «Импорт». Выберите для растра легенду *land.lyr* из папки исходных данных.

Визуально сравните результаты контролируемой классификации с данными о фактическом состоянии земельного фонда.

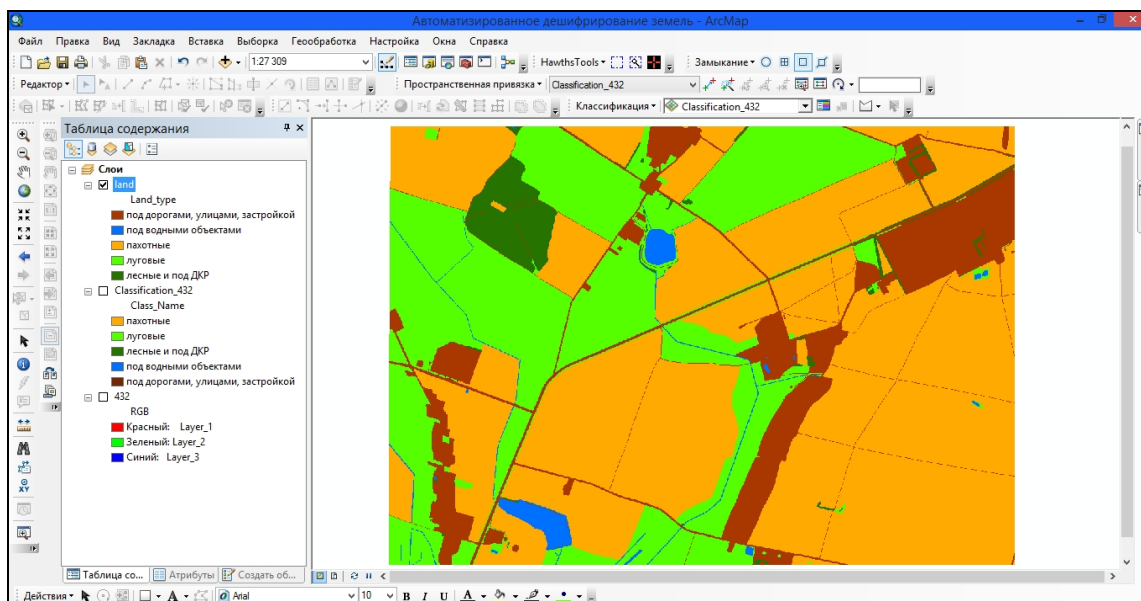


Рис. 6.64

Шаг 10. Проведите оценку точности контролируемой классификаций. Создайте точечный вектор, содержащий в себе 100 случайных точек в пределах фрагмента Клецкого района, по которому будет производиться оценка. Для этого откройте окно  **ArcToolbox**, найдите инструмент *Создать произвольно расположенные точки* (Управление данными → Классы пространственных объектов → Создать произвольно расположенные точки). В окне инструмента в разделе *Входное местоположение* выберите БГД «Автоматизированное дешифрирование», *Входным классом точечных объектов* обозначьте «Точки», *Ограничивающим классом пространственных объектов* – класс пространственных объектов БГД «Автоматизированное дешифрирование», содержащий границу фрагмента территории Клецкого района (Граница), *Число точек* – 100, *Максимально допустимое расстояние* – 10 м (рис. 6.65).

Шаг 11. Для каждой случайно созданной точки получите значения вида (группы видов) земель по данным полевого обследования (растр *land*) и по результатам контролируемой классификаций (растр *Classification_432*). Откройте окно  **ArcToolbox**, найдите инструмент *Извлечь по образцу* (Инструменты Spatial Analyst → Извлечение → Извлечь по образцу). В окне инструмента в качестве *Входных растров* выберите растр «land», а также растр «Classification_432», полученный в результате контролируемой классификации по методу максимального правдоподобия, *Входным растром или точечными объектами местоположений* определите класс пространственных объектов БГД «Автоматизированное дешифрирование» «Точки», *Выходную таблицу* сохраните в

БГД «Автоматизированное дешифрирование» под именем «Оценка_точности_дешифрирования» (рис. 6.66).

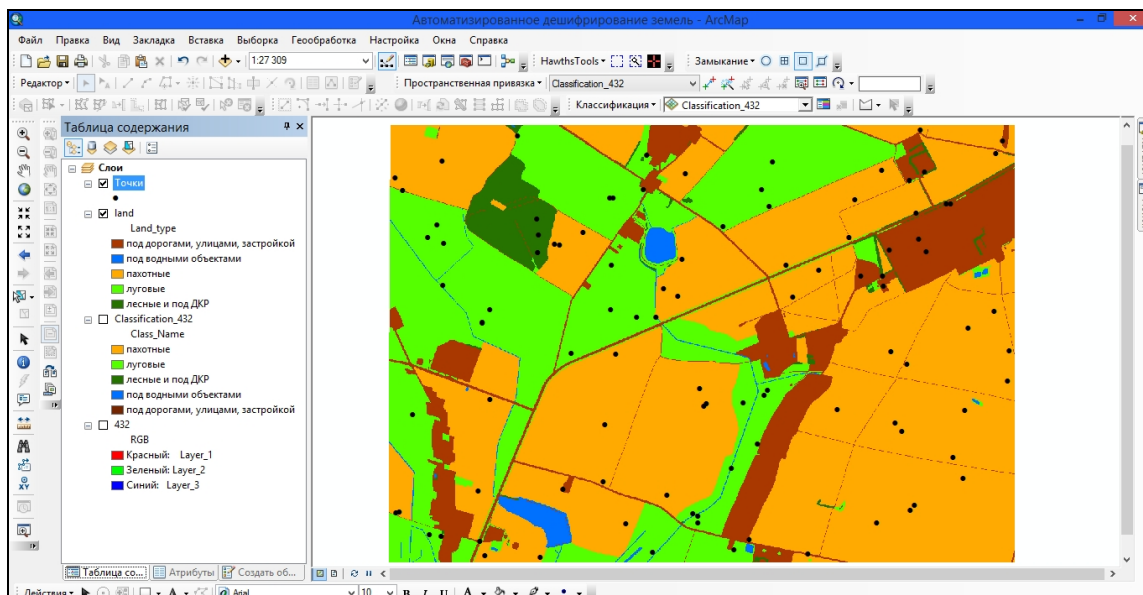


Рис. 6.65

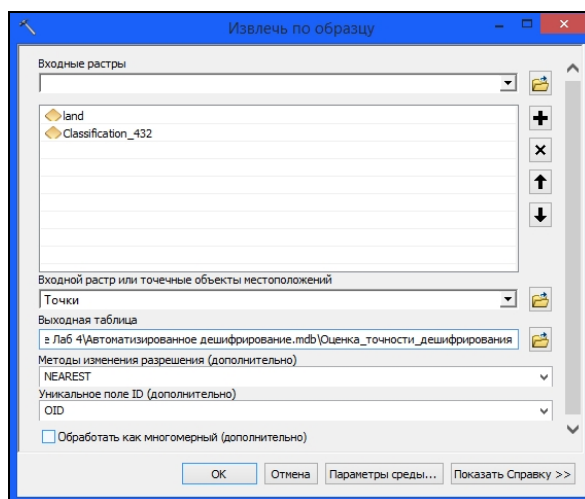


Рис. 6.66

После необходимых расчетов таблица *Оценка_точности_дешифрирования* будет добавлена в проект. Установите опцию отображения «Таблицы содержания»  По источникам. Откройте таблицу (клик правой клавишей мыши по таблице → Открыть). В таблице для каждой точки проставлен код вида (группы видов) земель из растра «land», а также из растра «Classification_432» (рис. 6.67). Коды видов (групп видов) земель можно уточнить, открыв атрибутивную таблицу соответствующего растра (клик правой клавишей мыши по растру → Открыть таблицу атрибутов).

ОБЪЕКТ ID *	Точки	X	Y	land	Classification_432
68	1	468761.066	5874501.4246	1	2
60	2	470513.2782	5874966.3191	1	5
38	3	467969.404	5875716.231	2	2
62	4	468727.1216	5874853.9585	1	2
64	5	469287.0515	5874598.4011	2	2
80	6	467551.7513	5873788.4745	1	2
77	7	469003.8557	5873966.2729	2	2
69	8	469914.8757	5874473.3115	1	1
76	9	470907.1778	5874061.6789	1	1
25	10	468932.1618	5876048.202	2	2
88	11	468716.3118	5873558.0074	2	2
70	12	471014.941	5874467.1981	1	1
27	13	467338.2373	5875975.6001	3	3
66	14	469104.4437	5874530.1819	2	2
16	15	467986.1726	5876295.6683	2	2
48	16	467961.9808	5875336.3463	2	2
51	17	468354.0867	5875272.4335	4	5
11	18	466103.4766	5876467.4891	1	2
8	19	470293.669	5876530.244	1	2
57	20	470372.1596	5874973.2097	1	2
42	21	470303.4075	5875620.7803	5	2

Рис. 6.67

Шаг 12. Для оценки точности автоматизированного дешифрирования необходимо создать *матрицу ошибок* (пример матрицы ошибок приведен в табл. 6.10).

По матрице ошибок можно судить о достоверности каждого конкретного объекта (класса) и о достоверности дешифрирования в целом. В ней указывается количество правильно классифицированных объектов определенного класса и количество объектов, по каким-либо причинам отнесенных к тому или иному классу. Критерием качества классификации в целом служит *доля правильно отдешифрированных объектов*. Она вычисляется путем деления суммы правильно определенных объектов, располагающихся по диагонали матрицы, на число всех проверенных объектов. Для данных, приведенных в таблице 6.10, это 67 %:

$$(28 + 32 + 3 + 1 + 3) / 100 = 67 \%$$

Таблица 6.10

Результат полевого обследования (растр «land»)	Результат дешифрирования (растр «Classification_432»)						
	Пахотные	Луговые	Лесные и под ДКР	Под водными объектами	Под дорогами, улицами, застройкой	Всего	Правильно отдешифрировано, %
Пахотные	28	20	0	0	2	50	56
Луговые	0	32	0	0	1	33	97
Лесные и под ДКР	0	1	3	0	0	4	75
Под водными объектами	0	0	0	1	0	1	100
Под дорогами, улицами, застройкой	5	4	0	0	3	12	25
Всего	33	57	3	1	6	100	67

Кроме этого, можно вычислить *достоверность распознавания каждого из объектов (классов)*. Так, отношение числа правильно классифицированных объектов вида пахотные (28) к сумме всех объектов, отнесенных к данному виду (50), характеризует достоверность дешифрирования этого класса (56 %).

После создания матрицы ошибок для контролируемой классификации по методу максимального правдоподобия оцените достоверности распознавания каждого из видов (групп видов) земель и определите основные причины неправильного распознавания некоторых контуров.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основную последовательность шагов по контролируемой классификации видов (групп видов) земель по многозональным космическим снимкам в ГИС ArcGIS.

2. Каким образом на модели комбинации каналов искусственные цвета (4, 3 и 2) многозонального космического снимка Landsat 7 ETM+ отображаются различные виды (группы видов) земель?

3. Перечислите основную последовательность шагов по оценке точности результатов автоматизированного дешифрирования.

4. На основе предложенного преподавателем участка территории Клецкого района самостоятельно по комбинации каналов 432 снимка Landsat 7 ETM+ выполните автоматизированное дешифрирование видов (групп видов) земель.

Задание 5. Создание плана границ земельного участка в ГИС по материалам наземной инструментальной съемки

Цель задания: освоить алгоритмы работы с данными наземной инструментальной съемки земельных участков в среде ГИС ArcGIS на примере создания плана границ земельного участка садоводческого товарищества Маяк (СТ «Маяк») в ГИС ArcGIS.

Исходные данные:

- шейп-файл, содержащий пункты государственной геодезической сети, служившие в качестве опорных для проложения теодолитного хода через СТ «Маяк» (*пункты_полигонометрии.shp*);

- шейп-файл, содержащий точки теодолитного хода (*точки_теодолитного_хода.shp*);

- шейп-файл, содержащий стороны теодолитного хода (*стороны_теодолитного_хода.shp*);

- шейп-файл, содержащий дополнительные пункты, измеренные полярным способом с точек теодолитного хода, необходимые для определения точек углов поворота границ земельного участка в местах их затрудненной видимости с точек теодолитного хода (*дополнительные_пункты.shp*);

- шейп-файл, содержащий точки углов поворота границ земельного участка внешней границы СТ «Маяк» и массивов участков граждан, измеренные полярным способом с точек теодолитного хода и дополнительных пунктов (*поворотные_точки.shp*);

- шейп-файл, содержащий полярные связи тахеометрической съемки (*полярные_связи.shp*).

- БГД *Садоводы.mdb*, содержащая классы пространственных объектов *Gardens* (в ней будет создаваться полигон земельного участка СТ «Маяк»), *Lots1* (поворотные точки внешней границы СТ, поворотные точки земельных участков граждан и поворотные точки земель общего пользования), *Lots2* (внешняя граница СТ, границы земельных участков граждан и границы земель общего пользования), *Lots3* (земельные участки граждан и земель общего пользования). Классы пространственных объектов участвуют в топологии (табл. 6.11).

Таблица 6.11

Класс 1	Правило	Класс 2
Gardens	Не должны перекрываться (полигон)	
Gardens	Граница должна совпадать с (полигон, линия)	Lots2
Gardens	Граница должна совпадать с границей (полигон, полигон)	Lots3
Lots2	Должны совпадать с границей (линия, полигон)	Lots3
Lots2	Не должны иметь висячих узлов (линия)	
Lots2	Не должны перекрывать сами себя (линия)	
Lots2	Не должны пересекать сами себя (линия)	
Lots2	Должны состоять из одной части (линия)	
Lots2	Не должны пересекаться или касаться (линия)	
Lots2	Конечные точки должны совпадать с (линия, точка)	Lots1
Lots3	Не должны перекрываться (полигон)	
Lots3	Граница должна совпадать с (полигон, линия)	Lots2
Lots3	Должны совмещаться с объектами (полигон, полигон)	Gardens

Ход выполнения задания:

Шаг 1. Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Откройте проект *Маяк.mxd*.

Восстановите потерявшиеся пути нахождения файлов для слоев проекта (данные операции необходимы, когда файлы проекта были перемещены в другое место на жестком диске или на другой диск). Установите источниками данных для слоев составного слоя *Геодезия* одноименные shp-файлы (клик правой клавишей по слою → Данные → Установить источник данных), рисунок 6.68. Для слоев составного слоя *Садоводы* также установите источниками одноименные классы пространственных объектов из набора классов *Garden* БГД «Садоводы».

Шаг 2. Изучите пространственные данные геодезической съемки садоводческого товарищества «Маяк» (рис. 6.69).

Работы по установлению границ СТ «Маяк» выполнялись в соответствии с требованиями [7]. Съемка внешней границы производилась полярным способом с точек теодолитного хода. В качестве опорных пунктов для положения теодолитного хода служили пункты полигонометрии 8422 и 9338. Горизонтальные углы и длины линий измерялись электронным тахеометром Trimble 3305DR. Поворотные точки массивов участков граждан измерялись полярным способом с точек теодолитного хода и ряда дополнительных пунктов.

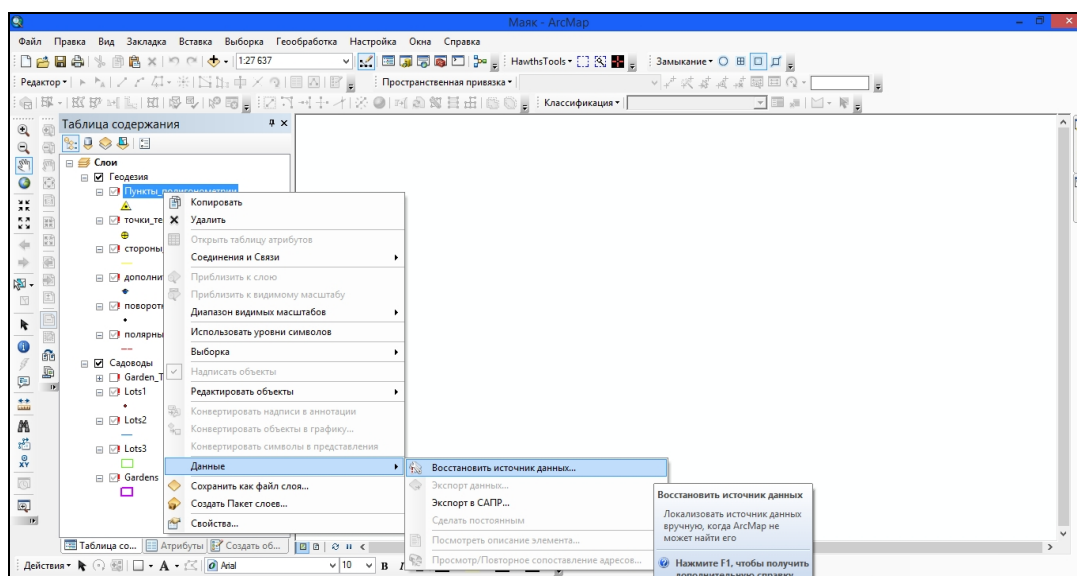
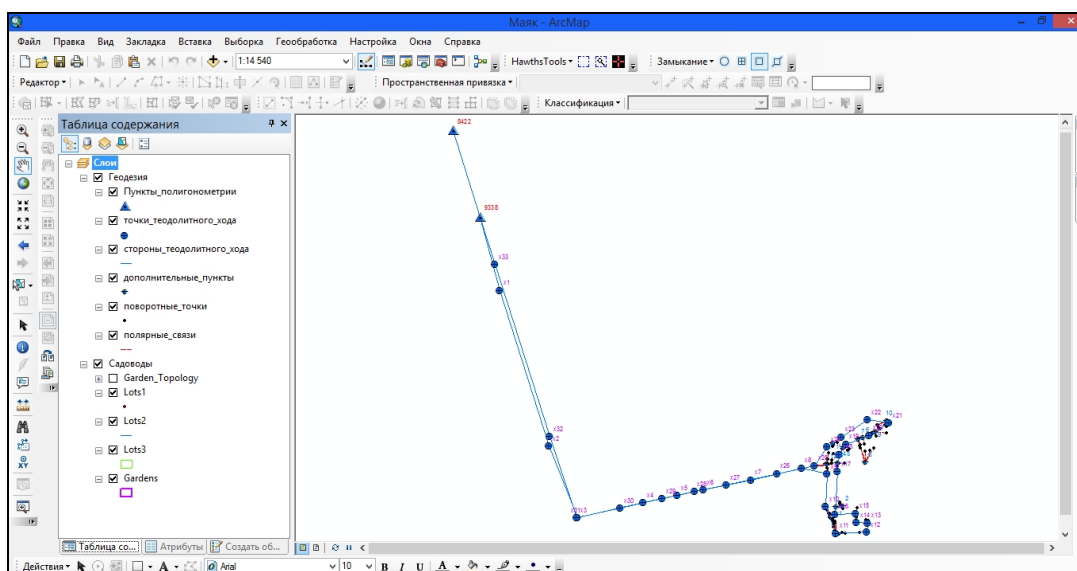


Рис. 6.68



Материалы геодезических измерений были импортированы в программу CREDO_DAT программного комплекса CREDO с электронного тахеометра Trimble 3305DR. Данная программа позволяет производить автоматизированную камеральную обработку полевых инженерно-геодезических данных. Первоначально был уравнен теодолитный ход. Абсолютная невязка составила 0,420 м, относительная ошибка 1 : 2 000, угловая невязка 7,0'', при допустимой 20,0''. Затем были вычислены координаты поворотных точек внешней границы СТ «Маяк», массивов участков граждан и земель общего пользования.

Все данные геодезических измерений были экспортированы из CREDO_DAT в ГИС ArcGIS в качестве shp-файлов (в проекте «Маяк.mxd» они размещены в составном слое «Геодезия»).

Шаг 3. Создайте земельный участок СТ «Маяк» по материалам геодезических измерений.

Осуществите *выбор поворотных точек границы СТ* из слоя «поворотные_точки.shp». Откройте *атрибутивную таблицу* данного слоя (клик правой клавишей мыши по слою в таблице содержания → Открыть таблицу атрибутов). Нажмите на кнопку  *Опции таблицы* и выберите инструмент *Выбрать по атрибуту* (рис. 6.70, а). В открывшемся окне *Выбрать по атрибутам* сформируйте запрос *"тип1" = 'точка поворота внешней границы'*.

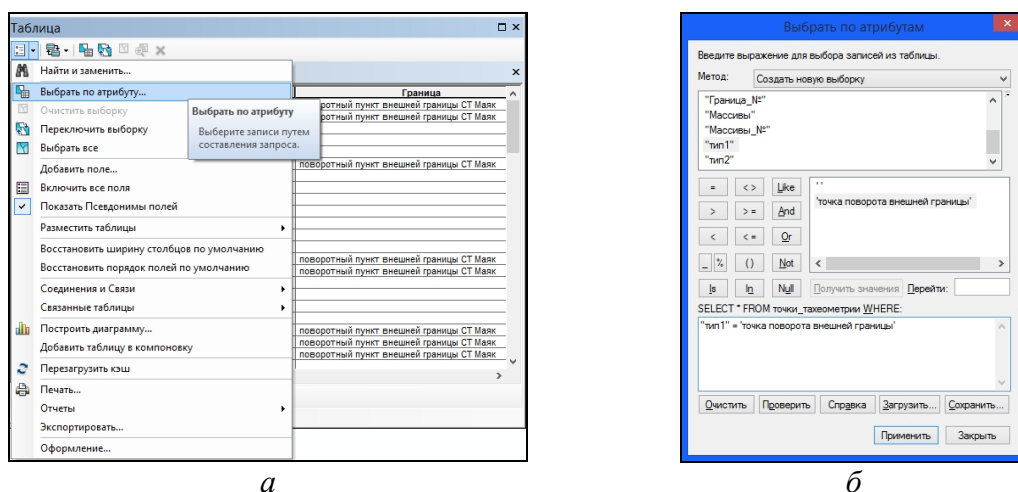


Рис. 6.70

Для этого выполните следующую последовательность: двойной клик мышью по полю атрибутивной таблицы *Тип1*, затем по оператору «=» и по значению *'точка поворота внешней границы'* (используйте кнопку *Получить значения*) (рис. 6.70, б). После этого нажмите кнопку *Применить*. В результате выборки все поворотные точки границы СТ «Маяк» будут выбраны.

Экспортируйте поворотные точки границы СТ из слоя «поворотные_точки.shp» в *отдельный shp-файл*. Для этого закройте атрибутивную таблицу слоя (обратите внимание, что выбранные по атрибутам объекты остаются выделенными в виде). Осуществите экспорт выбранных данных в отдельный класс пространственных объектов БГД «Садоводы» путем клика правой клавишей мышки по слою «поворотные_точки.shp», затем Данные → Экспорт данных (рис. 6.71). *Сохраните* векторные данные используя систему координат исходного слоя как класс пространственных объектов БГД «Садоводы» с именем **Поворотные точки границы СТ**. Согласитесь добавить экспортированные данные в проект. Также *снимите* выборку объектов слоя «поворотные_точки.shp» в меню Выборка → Очистить выбранные объекты.

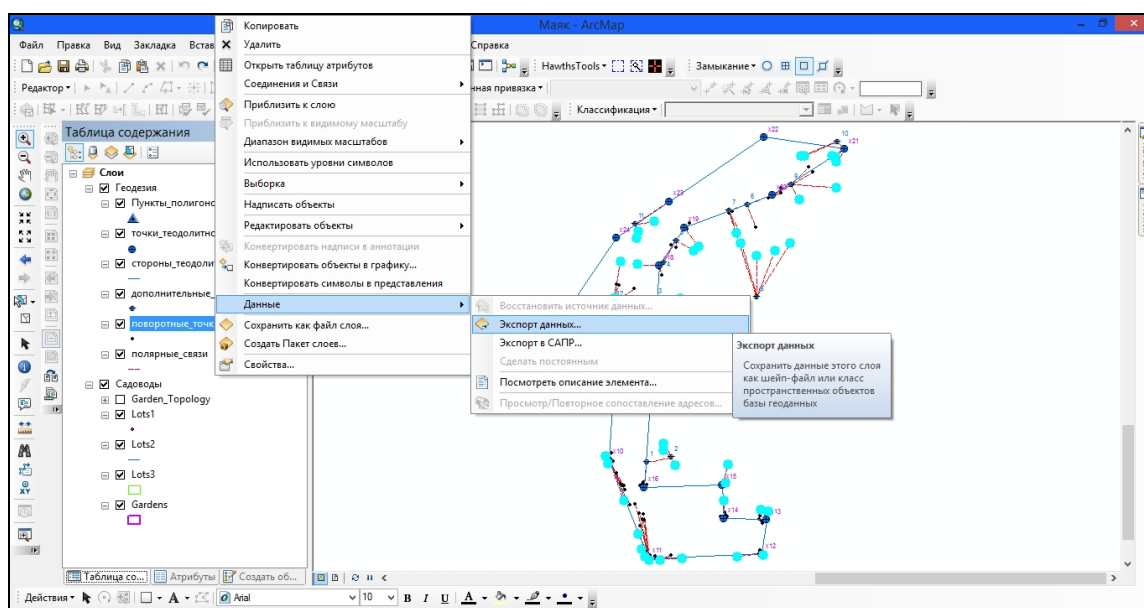


Рис. 6.71

Подпишите только что добавленный во фрейм данных слой *Поворотные точки границы СТ*. Зайдите в *Свойства слоя* (клик правой клавишей мыши по слою → Свойства). Перейдите в закладку *Надписи*, отметьте здесь галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи *Граница_№* и символизируйте надписи удобным для вас шрифтом и размером (рис. 6.72).

Отключите отображение составного слоя «Геодезия» и *спрячьте его легенду*.

Создайте полигональный объект земельного участка СТ «Маяк» в слое *Gardens* по поворотным точкам его границы, находящимся с слое *Поворотные точки границы СТ*. Для этого используйте инструменты панели *Редактор*.

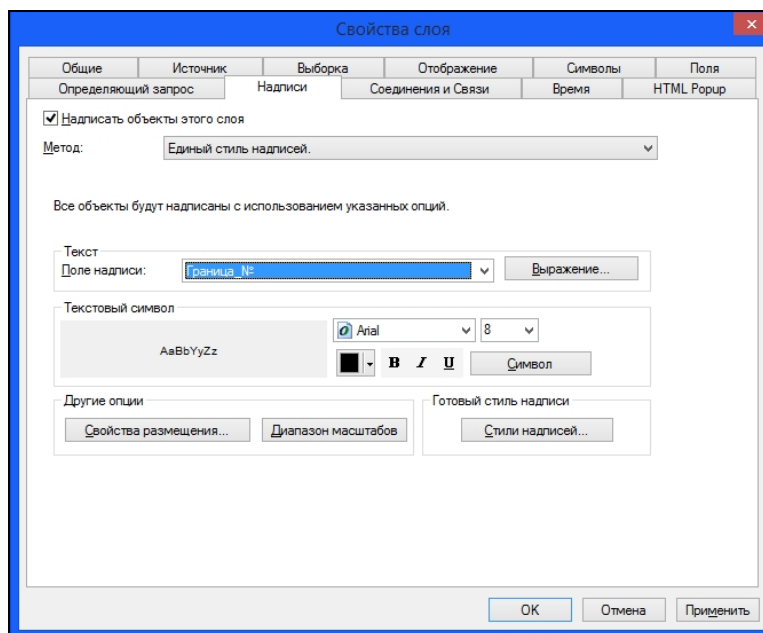


Рис. 6.72

Начните *сеанс редактирования* (Редактор → Начать редактирование). Выберите для редактирования *персональную базу геоданных Садоводы*. В окне *Создать объекты* (появляется автоматически после начала сеанса редактирования), выберите слой, которому будут принадлежать новые объекты. Этим слоем будет слой *Gardens*. В качестве *Инструмента построения* выберите *Полигон*.

Поскольку вы будете создавать новый объект на основе другого слоя (*Поворотные точки границы СТ*), то вам необходимо, чтобы вершины скетча нового объекта соответствовали точкам данного слоя. Для этого следует настроить опцию *Замыкание на точки* на панели инструментов *Замыкание*.

Теперь вы можете приступать к созданию земельного участка. Увеличьте экстенд фрейма данных в районе первой точки поворота углов границы СТ «Маяк» и замкнитесь на этой точке (клик левой клавишей мыши). Продолжайте замыкаться на каждой последующей точке слоя *Поворотные точки границы СТ*, производя один клик левой клавишей мыши. На последней точке необходимо сделать *двойной клик левой клавишей мыши*. Таким образом, земельный участок садоводческого товарищества в слое *Gardens* по точкам углов поворота его границы создан (рис. 6.73). *Завершите сеанс редактирования* (Редактор → Завершить редактирование).

Шаг 4. Аналогичным образом, как и в *шаге 3* осуществите выбор поворотных точек массивов участков граждан из слоя «поворотные_точки.shp» (атрибутивное поле *Tun2*, значение '*точка поворота*

массива участков граждан»). Экспортируйте поворотные точки в отдельный класс пространственных объектов БГД «Садоводы» под именем **Поворотные точки массивов участков граждан**. Согласитесь добавить экспортированные данные в проект. Снимите выборку объектов слоя «поворотные_точки.shp». Отключите отображение составного слоя «Геодезия» и спрячьте его легенду. Надпишите объекты слоя **Поворотные точки массивов участков граждан** по полю **Массивы_№**.

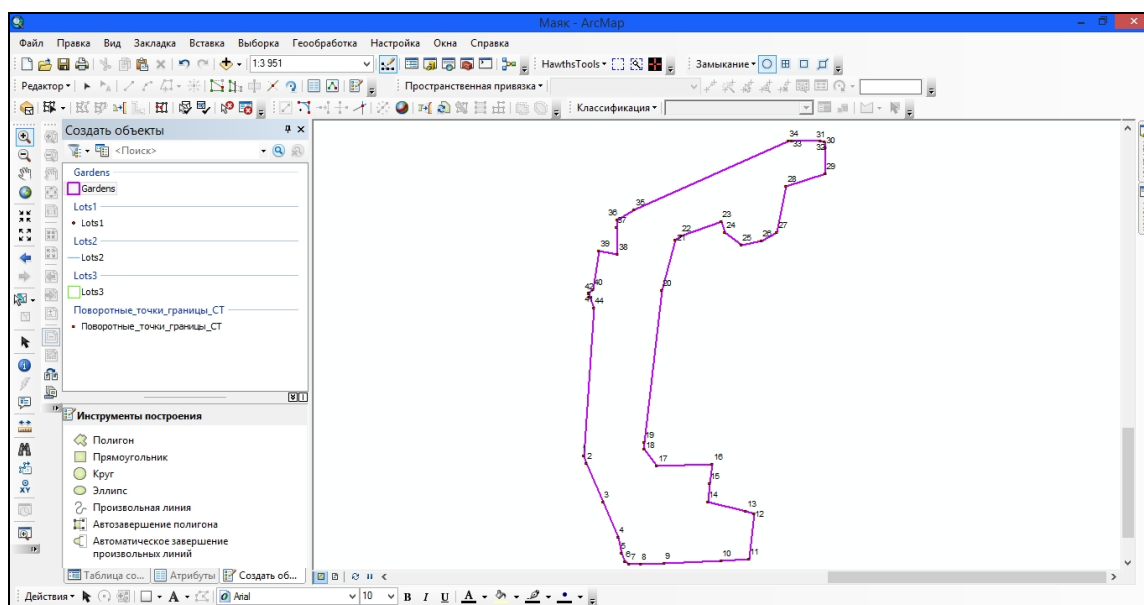


Рис. 6.73

Откройте атрибутивную таблицу слоя «Поворотные точки массивов участков граждан». Осуществите *выбор поворотных точек массива участков граждан № 1* из слоя (атрибутивное поле *Массивы*, значение '*поворотные точки массива участков 1*'). Закройте таблицу атрибутов. В результате данной операции в виде будут выбраны поворотные точки массива участков граждан 1.

Создайте полигональный объект массива участков граждан 1 в слое Lots3 по выбранным поворотным точкам. Для этого начните сеанс редактирования *персональной БГД Садоводы*.

В окне *Создать объекты*, выберите слой, которому будут принадлежать новые объекты. Этим слоем будет слой *Lots3*. В качестве *Инструмента построения* выберите *Полигон*.

Увеличьте экстенд фрейма данных в районе точек поворота границ массива №1 и создайте земельный участок (рис. 6.74). В окне  Атрибуты только что созданного объекта в поле *Name* напишите его название – «Массив участков 1».

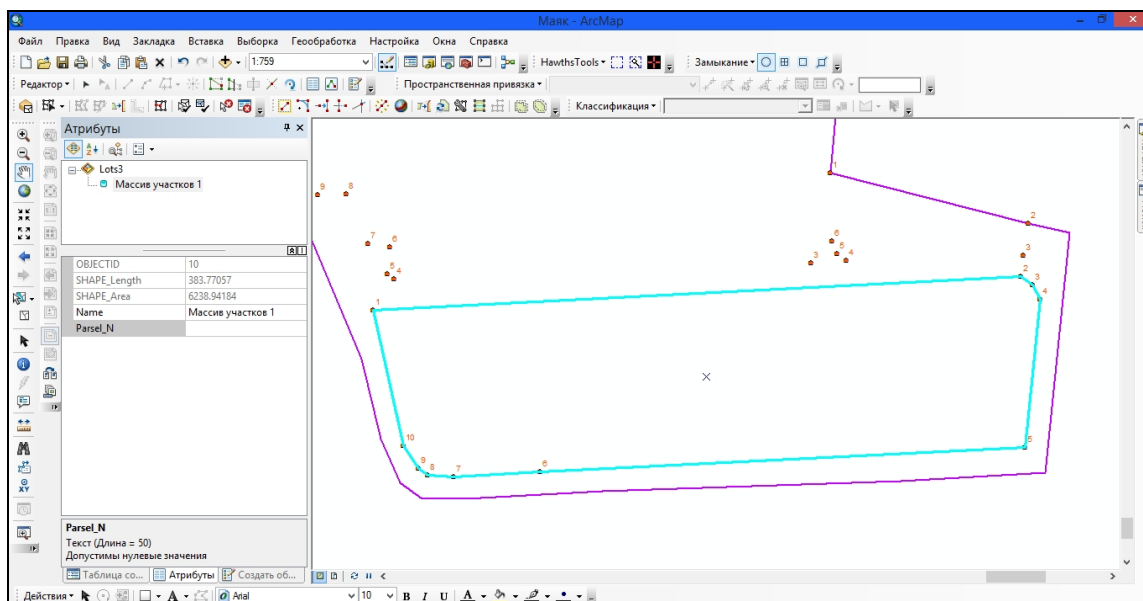


Рис. 6.74

По аналогии, создайте в слое Lots3 *остальные массивы участков граждан СТ «Маяк»* по материалам геодезических измерений. В поле атрибутивной таблицы *Name* слоя Lots3 задайте названия массивов. После создания всех земельных участков *завершите сеанс редактирования* сохранив изменения.

Подпишите объекты слоя Lots3. Для этого зайдите в свойства данного слоя. В закладке *Поля* нажмите на кнопку изменения числового формата поля SHAPE_Area. В окне *Числовые форматы* задайте округление *Число десятичных знаков* – 0. Теперь значения площади (в м²) массивов участков будут округляться до целых. Перейдите в закладку *Надписи*. Отметьте здесь галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя* и нажмите кнопку *Выражение*. Создайте выражение *[Name]&VBnewline&[SHAPE_Area]*. Часть выражения *VBnewline* набирается с клавиатуры и означает с новой строки, *&* также набирается с клавиатуры и означает «и». С помощью данного выражения надпись объектов слоя будет состоять из двух строк: в верхней строке – имя массива участков граждан, в нижней – площадь в м² (рис. 6.75).

Шаг 5. Закройте проект «Маяк.mxd» сохранив изменения. Откройте ArcCatalog ГИС ArcGIS.

Создайте линейную тему *Lots2* (граница земельного участка СТ «Маяк» и границы земельных участков массивов участков граждан) на основе созданных полигонов границы земельного участка СТ «Маяк» и массивов участков граждан. Для этого воспользуйтесь ГИС-инструментами конвертации полигональных объектов в линейные.

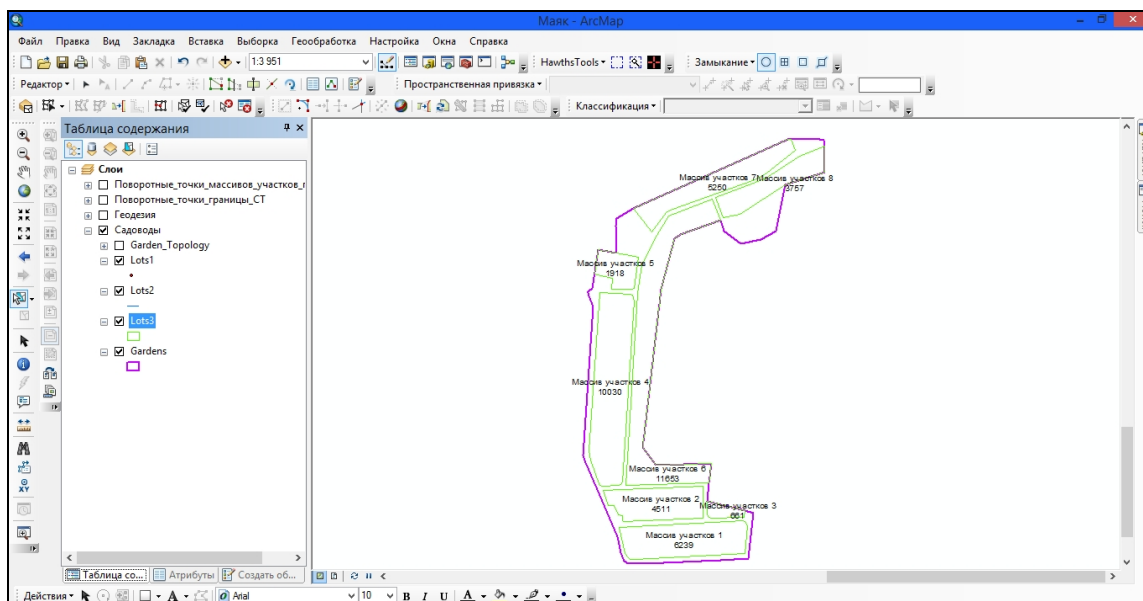


Рис. 6.75

Откройте окно  **ArcToolbox**. Откройте инструмент *Объект в линию* (Управление данными → Пространственные объекты → Объект в линию). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* выберите полигональный класс объектов **Gardens** БГД «Садоводы.mdb», *Выходной класс объектов* сохраните в той же базе под именем **Gardens_FeatureToLine**.

Данную последовательность операций повторите для полигонального класса **Lots3**. После необходимых расчетов, программа создаст линейный класс объектов **Lots3_FeatureToLine** в базе геоданных «Садоводы.mdb».

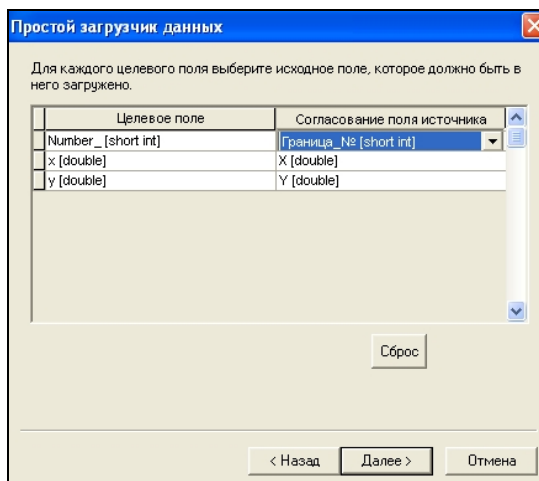
Следующая задача – разбиение двух линейных объектов классов **Gardens_FeatureToLine** и **Lots3_FeatureToLine** на множество отдельных линий (границ земельных участков). Для этого откройте инструмент **ArcToolbox Разбить линию на вершинах** (Управление данными → Пространственные объекты → Разбить линию на вершинах). В окне инструмента в разделе *Входной класс объектов* выберите полигональный класс объектов **Gardens_FeatureToLine** БГД «Садоводы.mdb», *Выходной класс объектов* сохраните в той же базе под именем **Gardens_FeatureToLine_SplitLine**.

Данную последовательность операций повторите для полигонального класса **Lots3_FeatureToLine**. После необходимых расчетов, программа создаст линейный класс объектов **Lots3_FeatureToLine_SplitLine** в базе геоданных «Садоводы.mdb».

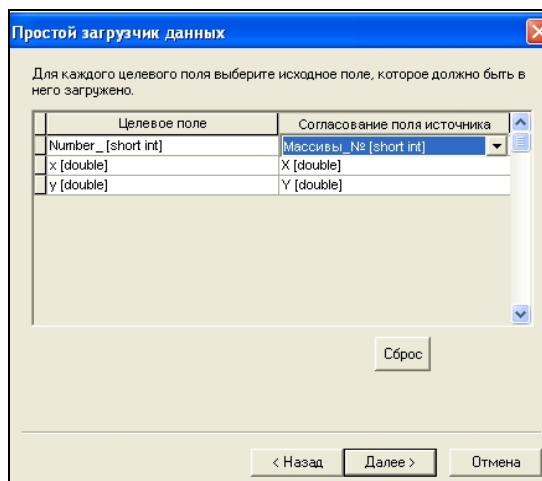
Созданные объекты *загрузите* в класс **Lots2**. Для этого кликните правой клавишей мыши по данному классу пространственных объектов в базе геоданных «Садоводы», выберите «Загрузить» → «Загрузить дан-

ные». Выберите входными данными класс *Gardens_FeatureToLine_SplitLine*, нажмите кнопку «Добавить», последующие шаги загрузки оставьте по умолчанию. Данную последовательность операций повторите для загрузки линейных объектов класса *Lots3_FeatureToLine_SplitLine* в класс пространственных объектов *Lots2*.

Шаг 6. Создайте точечную тему *Lots1* (поворотные точки земельного участка СТ «Маяк» и поворотные точки массивов участков граждан). Для этого осуществите *загрузку в данный класс* пространственных объектов точечных объектов из классов *Поворотные точки границы СТ* и *Поворотные точки массивов участков граждан* БГД Садоводы. Кликните правой клавишей мыши по классу объектов *Lots1* в базе геоданных Садоводы, выберите «Загрузить» → «Загрузить данные». Выберите входными данными класс *Поворотные точки границы СТ*, нажмите «Добавить». Установите согласования целевого поля и поля источника (рис. 6.76, а).



а



б

Рис. 6.76

Аналогично загрузите в класс объектов *Lots1* точечные объекты из класса *Поворотные точки массивов участков граждан*. Установите согласования целевого поля и поля источника (рис. 6.76, б).

Шаг 7. Создайте полигональный класс объектов *Земли общего пользования* путем *вырезания* класса объектов *Lots3* из класса *Gardens*. Для этого воспользуйтесь инструментом ArcToolbox *Стирание* (Анализ → Наложение). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* следует выбрать полигональный класс объектов *Gardens* БГД «Садоводы», в разделе *Стирающие объекты* – класс *Lots3*. *Выходной класс объектов* сохраните в базе «Садоводы» под именем *Земли_общего_пользования*.

Шаг 8. Закройте ArcCatalog. Откройте ArcMap ГИС ArcGIS, проект «Маяк.mxd».

В слоях *Lots1* и *Lots2* появились загруженные данные.

Добавьте в проект в составной слой «Садоводы» класс пространственных объектов *Земли_общего_пользования* из БГД «Садоводы.mdb», воспользовавшись пиктограммой  «Добавить данные».

Шаг 9. *Символизируйте* слои составного слоя «Садоводы».

Сделайте клик правой клавишей по слою *Земли_общего_пользования*, откройте «Свойства слоя». Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения «Пространственные объекты: Единый символ». Кликните по пиктограмме символа и выберите для него «Цвет заполнения» – Желтый оливин, «Цвет контура» – нет цвета, «Ширина контура» – 0.

Методом отображения объектов *Единый символ* символизируйте и остальные слои (*Lots1*, *Lots2*, *Lots3*, *Gardens*). Для слоя *Lots3* выберите «Цвет заполнения» – нет цвета, «Ширина контура» – 1, «Цвет контура» – Черный. Для слоя *Lots2* определите «Цвет» – Черный, «Ширина» – 1. Слой *Lots1* символизируйте следующим образом: «Категория» – Круг 2, «Цвет» – Красный марс, «Размер» – 5; слой *Gardens* – «Цвет заполнения» – нет, «Ширина контура» – 1,5, «Цвет контура» – Черный.

Шаг 10. Подпишите объекты в слоях. В свойствах слоя перейдите в закладку *Надписи*. Объекты слоя *Lots1* подпишите по полю *Number_* (шрифт – Arial, размер – 8, цвет – красный); слоя *Lots2* – по полю *SHAPE_Length* (в Свойствах слоя, разделе *Поля* установите округление до 2 десятичных знаков; шрифт Arial, размер – 8, цвет – черный. Надписями объектов слоя *Lots3* будет служить выражение, составленное в шаге 4; шрифт Arial, размер – 10, цвет – фиолетовый.

Шаг 11. В окне *Свойства фрейма данных* (Вид → Свойства фрейма данных) в закладке «Фрейм данных» установите для карты *Фиксированный масштаб*, равный 1 : 1 000 (рис. 6.77).

Шаг 12. Конвертируйте надписи слоев (*Lots1*, *Lots2*, *Lots3*) в аннотации. Для этого щелкните правой клавишей мыши по слою и выберите *Конвертировать надписи в аннотации*. Таким образом, вы сможете перевести интерактивные надписи в стабильную графику. Сохраняйте аннотации в документе карты (рис. 6.78).

Передвиньте надписи с помощью инструмента  *Выбрать элементы*, находящегося на основной панели инструментов таким образом, чтобы они не накладывались на другие надписи и на векторные объекты. Старайтесь размещать номера поворотных точек массивов участков граждан внутри массивов, размеры границ – по внешней стороне, номера поворотных точек внешней границы товарищества и размеры их границ – также по внешней стороне (рис. 6.74).

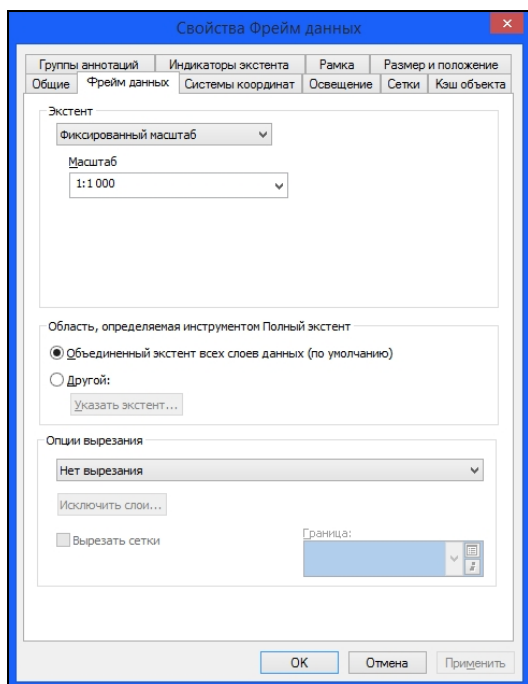


Рис. 6.77

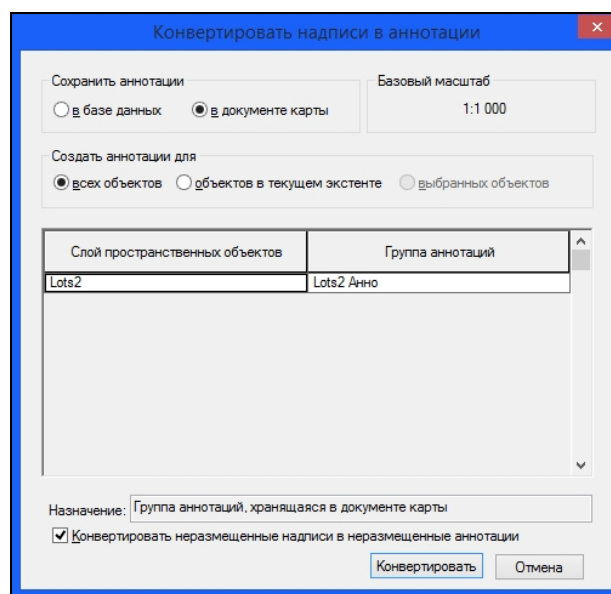


Рис. 6.78

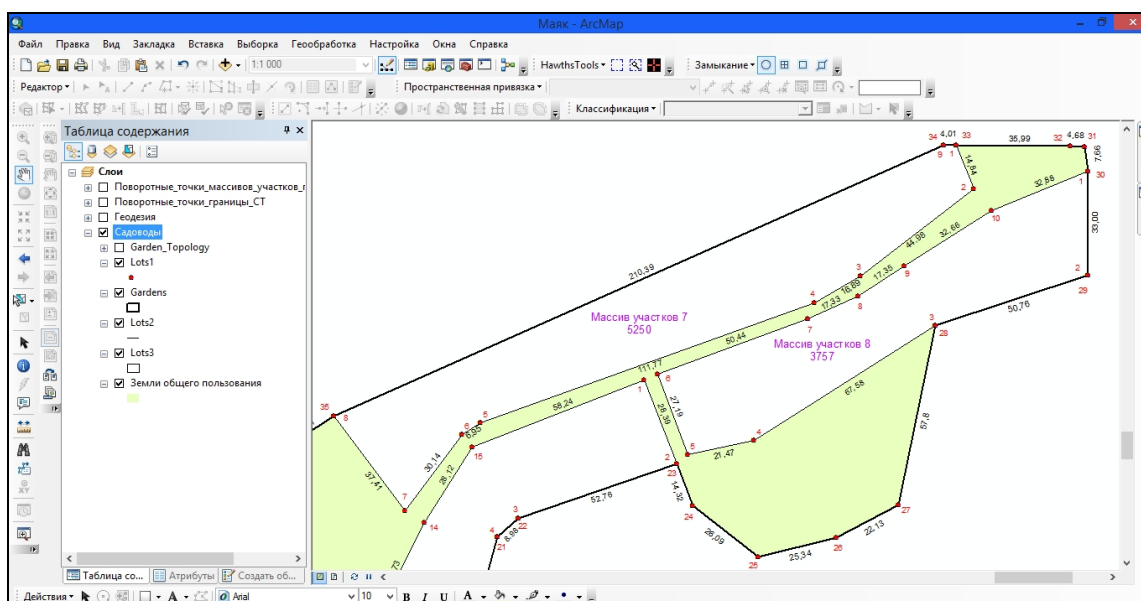


Рис. 6.79

Шаг 13. Выполните компоновку плана границ земель СТ «Маяк». Для этого перейдите в *Вид компоновки* (Вид → Вид компоновки). В меню *Файл* (Файл → Параметры страницы и печати) выставьте для плана границ лист формата A2 (рис. 6.80).

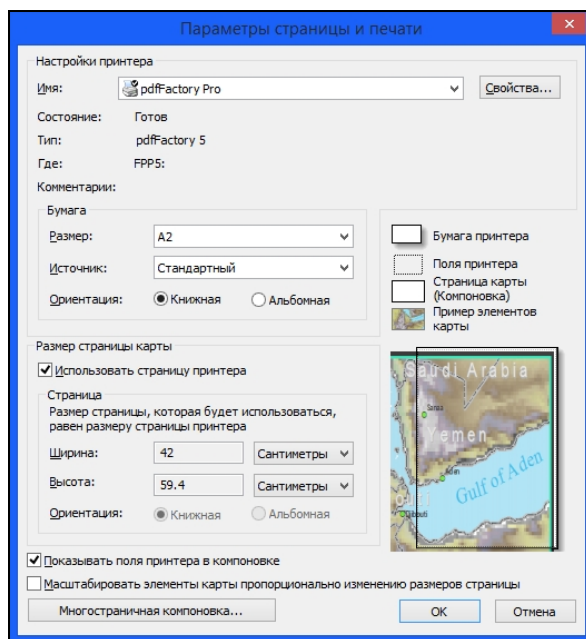


Рис. 6.80

Используя инструмент  *Выбрать элементы*, растяните фрейм данных по размеру страницы. С помощью инструмента  *Переместить* поместите земельный участок СТ «Маяк» в центр листа.

С помощью инструмента  *Новый текст*, находящегося на панели инструментов «Рисование», создайте текст «План границ земель общего пользования садоводческого товарищества "Маяк"» (шрифт Arial, размер – 28, цвет – черный). Инструментом  *Выбрать элементы* переместите созданную подпись сверху по центру.

Аналогичным образом создайте текст (шрифт Arial, размер – 20, цвет – черный) (рис. 6.81):

Общая площадь садоводческого товарищества 5,84 га.

Площадь земель общего пользования 1,46 га.

Площадь земель членов товарищества 4,38 га.

Вставьте внизу листа карты по центру *Текст масштаба* (Вставка → Текст масштаба). Используйте шрифт Arial, размер – 26, цвет – черный).

Создайте *Легенду* (Вставка → Легенда). Пунктами легенды определите слои Lots1, Lots3 и «Земли_общего_пользования». Переименуйте название указанных слоев (клик правой клавишей по слою → Свойства → закладка Общие → Имя слоя). Слой Lots1 назовите «Точки окружной границы и массивов участков граждан», Lots3 – «Массивы участков граждан», «Земли_общего_пользования» – «Земли общего пользования».

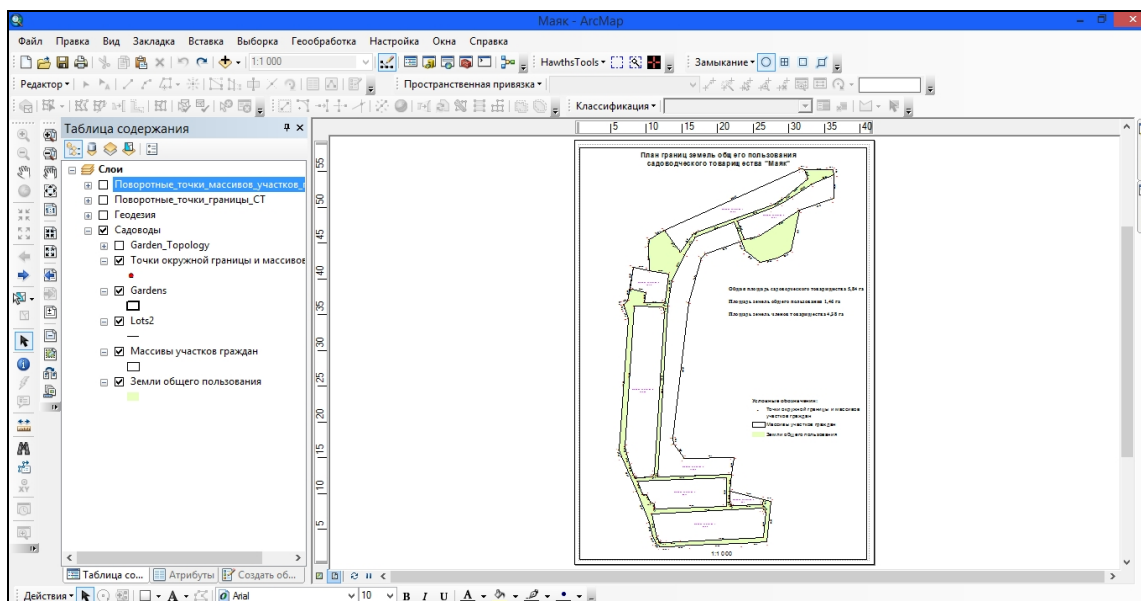


Рис. 6.81

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основную последовательность шагов по созданию компоновки карты и ее оформлению в ГИС ArcGIS.
2. Какие операции конвертации векторных объектов из одного типа в другой (например, полигон в линию) возможны в ГИС ArcGIS? В каких случаях это бывает необходимо?
3. Выполнение каких оверлейных операций возможно осуществить в ГИС ArcGIS? Для каких целей они применяются?

Задание 6. Автоматическая векторизация рельефа в ГИС при создании цифровой модели рельефа для цифровой базовой картографической модели местности на основе планово-картографических материалов

Цель задания: освоить алгоритмы автоматической векторизации средствами модуля Arc Scan ГИС ArcGIS (на примере создания цифровой модели рельефа фрагмента территории Клецкого района Минской области по планово-картографическим материалам).

Исходные данные:

- шейп-файл, содержащий границу участка территории Клецкого района (*granica.shp*);
- отсканированный, трансформированный и геопривязанный фрагмент расчлененного издательского оригинала топографической карты, содержащий горизонтали в пределах участка территории Клецкого района (*gorizontali1.tif*);

- отсканированный, трансформированный и геопривязанный фрагмент топоосновы (отметки высот и урезов воды, горизонтали и гидрография) участка территории Клецкого района (*topoosnova.tif*);
- шейп-файл, содержащий гидрографию участка (*Реки.shp*).

Ход выполнения задания:

Шаг 1. Откройте ArcCatalog ГИС ArcGIS. Создайте в своей папке базу геоданных *Рельеф_Клецк*. Для этого сделайте клик правой клавишей мыши по папке, в которой собираетесь создать базу геоданных → Новый → Персональная БГД.

В базе геоданных «Рельеф_Клецк» создайте набор классов объектов *Рельеф*. Для этого сделайте клик правой клавишей мыши по базе геоданных → Новый → Набор классов объектов. Выберите для создаваемого набора классов *систему координат* WGS_1984_UTM_Zone_35N (находится в разделе Системы координат проекций → Utm → WGS 1984 → Северное полушарие → WGS_1984_UTM_Zone_35N). Вертикальную систему координат не выбирайте. Примите значения допуска XY, Z и M по умолчанию.

В наборе классов объектов *Рельеф* создайте *классы пространственных объектов* и их атрибуты (табл. 6.12). Для создания нового класса выполните клик правой клавишей мыши по набору классов объектов, в котором вы собираетесь создать класс пространственных объектов → Новый → *Класс пространственных объектов*. Для создания атрибутивного поля выполните двойной клик мышью по классу пространственных объектов → Свойства → закладка *Поля*.

Таблица 6.12

Класс	Тип геометрии	Имя атрибутивного поля	Тип атрибутивного поля
Бровки	Линия	Н	Double
Горизонтالي	Линия	Н	Double
Отметки	Точка	Н	Double

Шаг 2. Щелкните правой кнопкой по набору классов объектов *Рельеф* БГД «Рельеф_Клецк», укажите «Новый» и выберите *Топология*.

В окне *Новая топология* укажите «Имя топологии» – *Рельеф_Topology*, а также задайте кластерный допуск – *0,001 м*. Установите слой, который будет участвовать в топологии слой *Горизонтали*, его ранг – 1.

Создайте *правила топологии*. Для создания каждого правила необходимо нажать кнопку *Добавить правило*. В окне «Добавить правило» необходимо выбрать в закладке «Объект класса» требуемый класс пространственных объектов, в закладке «Правило» – создаваемое правило

топологии, а в закладке «Класс объектов» (если необходимо) – требуемый второй класс пространственных объектов. Задайте правила топологии согласно таблице 6.13. После создания всех правил нажмите кнопку «Закончить». После этого программа начнет создание топологии. Как только этот процесс завершится, вам предложат проверить топологию. Откажитесь, так как классы пространственных объектов пока не содержат векторных объектов.

Таблица 6.13

Класс 1	Правило
Горизонтали	Не должны иметь псевдоузлов (линия)
Горизонтали	Не должны перекрывать сами себя (линия)
Горизонтали	Не должны пересекать сами себя (линия)
Горизонтали	Должны состоять из одной части (линия)
Горизонтали	Не должны пересекаться или касаться (линия)

Шаг 3. Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Создайте проект *Рельеф_Клецк*. Для этого используйте опцию *Сохранить как* в меню *Файл*. Проект сохраните в своей папке.

Добавьте в проект набор классов пространственных объектов *Рельеф* из только что созданной БГД «Рельеф_Клецк», воспользовавшись пиктограммой  «Добавить данные». В проект будут добавлены три слоя (бровки, горизонтали, отметки) и топология (*Рельеф_Topology*). Кроме того, добавьте *исходные растровые данные* без построения пирамидальных слоев (*topoosnova.tif*, *gorizontali1.tif*), а также шейп-файл *granica.shp*.

Снимите отображение со слоев «Бровки», *gorizontali1.tif* и «Рельеф_Topology», спрячьте их легенды в таблице содержания.

Шаг 4. Символизируйте векторные и растровые слои проекта.

Сделайте клик правой клавишей по слою *Горизонтали*, откройте «Свойства слоя». Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него цвет – Вишневая кола, ширина – 2 (рис. 6.82).

Методом отображения объектов *Единый символ* символизируйте слои «Отметки» и *granica.shp*. Для слоя *Отметки* выберите шаблон *Круг 2*, откорректируйте цвет – Вишневая кола, размер – 7, угол – 0. Слой *granica.shp* символизируйте следующим образом: цвет заливки – нет символа, ширина контура – 2, цвет контура – Красный марс.

Откройте свойства слоя *topoosnova.tif*. В закладке *Символы* и установите для слоя функцию отображения *RGB Композитный*. В разделе *Растяжка* выберите *Тип* – нет, уберите галочку с функции *Применить растяжку гаммы*.

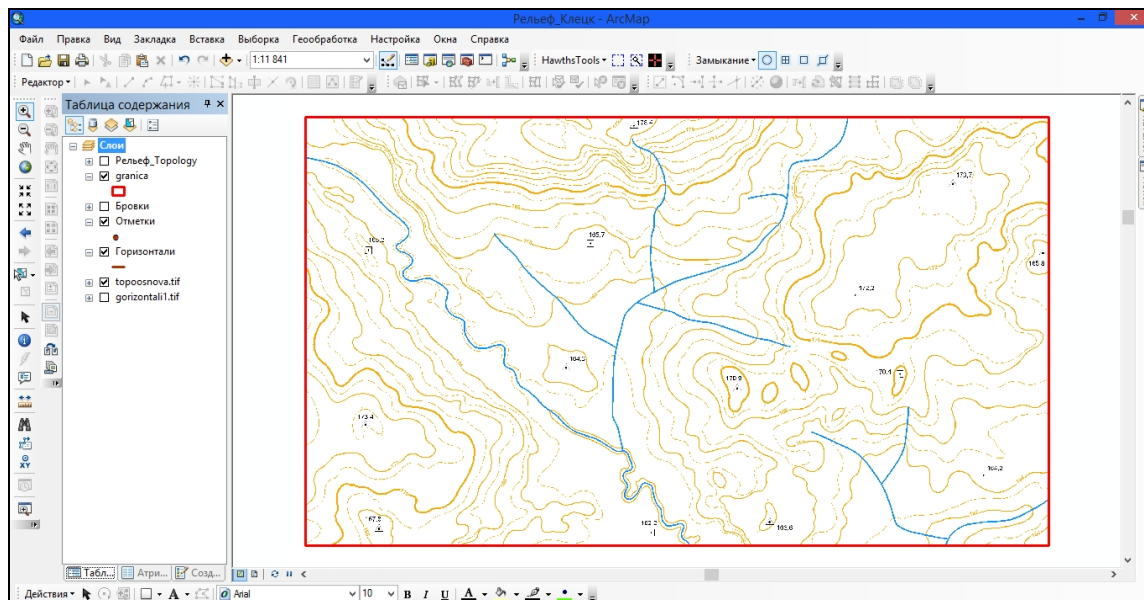


Рис. 6.82

Шаг 5. Подпишите объекты слоя *Отметки* по полю *Н*. Зайдите в *Свойства слоя* (клик правой клавишей по слою → *Свойства*). В закладке *Надписи*, отметьте галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи *Н* и символизируйте надписи удобным для вас шрифтом и его размером.

В режиме ручной оцифровки отвекторизируйте по растру *topoosnova.tif* **все отметки высот** в пределах участка Клецкого района. Для этого начните *сеанс редактирования* (Редактор → Начать редактирование). Выберите для редактирования *персональную базу геоданных Рельеф_Клец*.

Отключите опцию замыкания (Замыкание → Использовать замыкание). В окне *Создать объекты*, выберите слой, которому будут принадлежать новые объекты (*Отметки*). В качестве *Инструмента построения* выберите *Точка*.

После создания каждого точечного вектора в окне  *Атрибуты* в поле «Н» записывайте абсолютную высоту (рис. 6.83).

После оцифровки всех отметок высот завершите сеанс редактирования (Редактор → Завершить редактирование), сохранив изменения. Сохраните изменения в проекте (Файл → Сохранить).

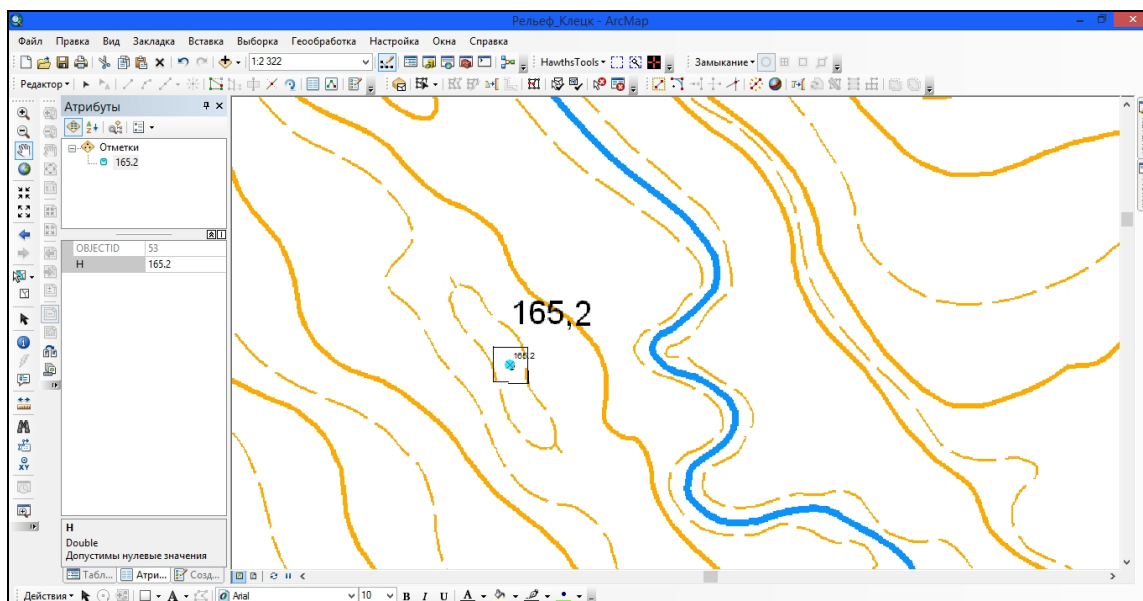


Рис. 6.83

Шаг 6. Зайдите в меню «Настройка» → *Дополнительные модули* и отметьте галочкой модуль ArcScan для того, чтобы в дальнейшем использовать его. Затем зайдите в меню «Настройка» → «Панели инструментов» и выберите *ArcScan*. Панель модуля будет добавлена к текущим инструментам.

Шаг 7. В таблице содержания *оставьте на отображении* только слои «Горизонтали», *granica.shp*, а также растр *gorizontali1.tif*.

Зайдите в «Свойства растра» *gorizontali1.tif*. В закладке «Символы» выберите *Показать: Уникальные значения*. Программа произведет классификацию растрового изображения и отобразит все уникальные цветовые значения данного растра. Так как он *битовый*, то классов окажется только два: 0 и 1 (рис. 6.84).

Начните сеанс редактирования слоев БГД «Рельеф_Клецк» (Редактор → Начать редактирование). Только после этого инструменты панели ArcScan будут активны. В меню *Очистка растра* панели инструментов ArcScan выберите *Начать очистку*. В том же меню откройте панель инструментов *Рисование растра* (рис. 6.85).

Установите рабочим растром на панели инструментов ArcScan растр *gorizontali1.tif* (рис. 6.86).

С помощью инструмента  *Ластик* (выберите подходящий для вас размер ластика с помощью инструмента «Размер ластика») на панели «Рисование растра», *удалите все подписи горизонталей* из растра *gorizontali1.tif* (рис. 6.87).

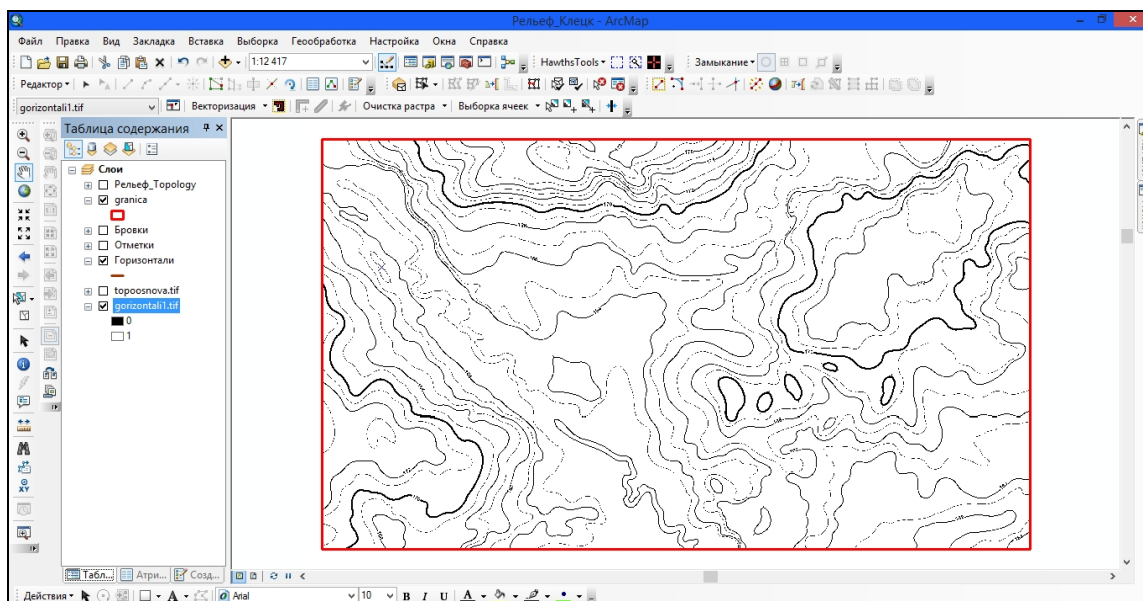


Рис. 6.84

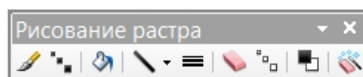


Рис. 6.85



Рис. 6.86

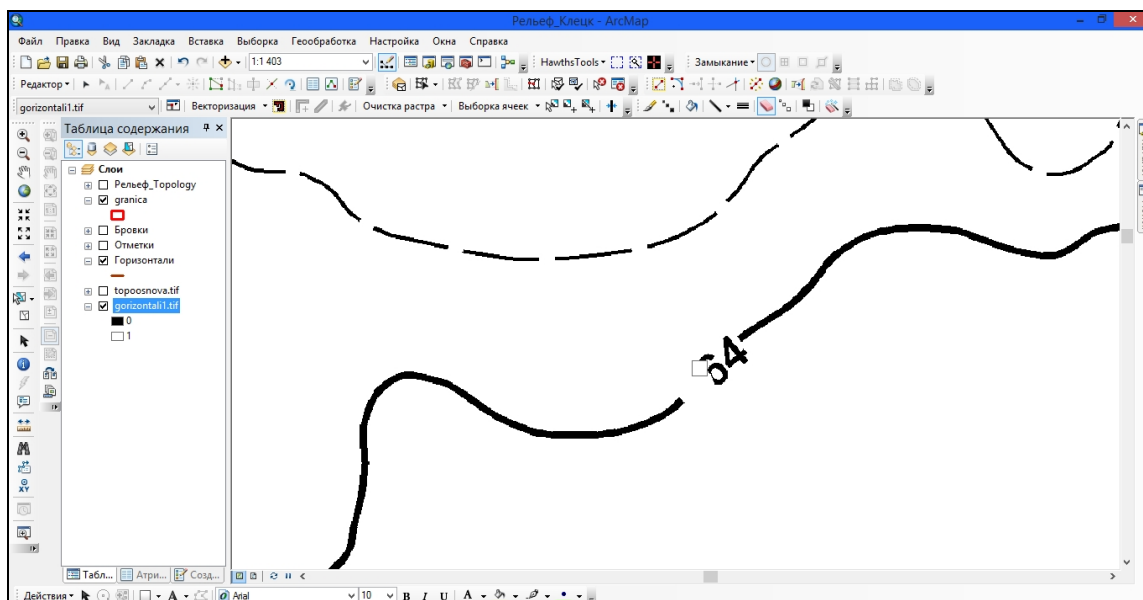


Рис. 6.87

После удаления всех надписей выполните сохранение изменений (Очистка раstra → *Сохранить*) и остановите очистку раstra (Очистка раstra → *Остановить очистку*).

Шаг 8. В меню «Очистка растра» панели инструментов ArcScan снова выберите *Начать очистку*. Удалите мусор на растре (появляется при сканировании) и бергштрихи. Для этого используйте опцию «Выборка ячеек» → *Выбрать смежные ячейки* на панели инструментов ArcScan. Данная опция позволяет выбрать из растра пиксели, площадь которых меньше или больше заданной. Используйте параметры выборки, как на рис. 6.88.

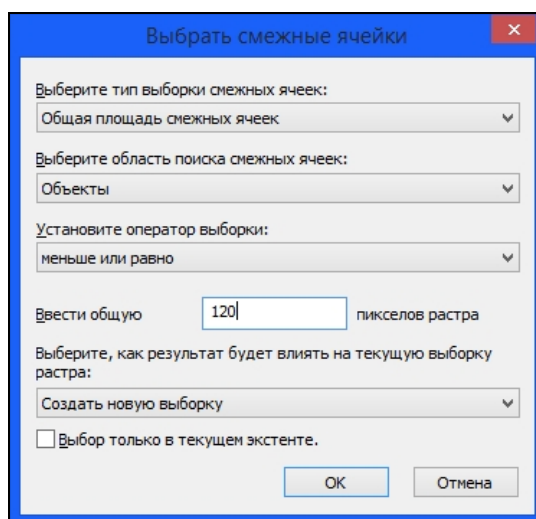


Рис. 6.88

После установки параметров запустите процедуру выборки. В результате *все бергштрихи и мусор* будут выбраны (рис. 6. 89).

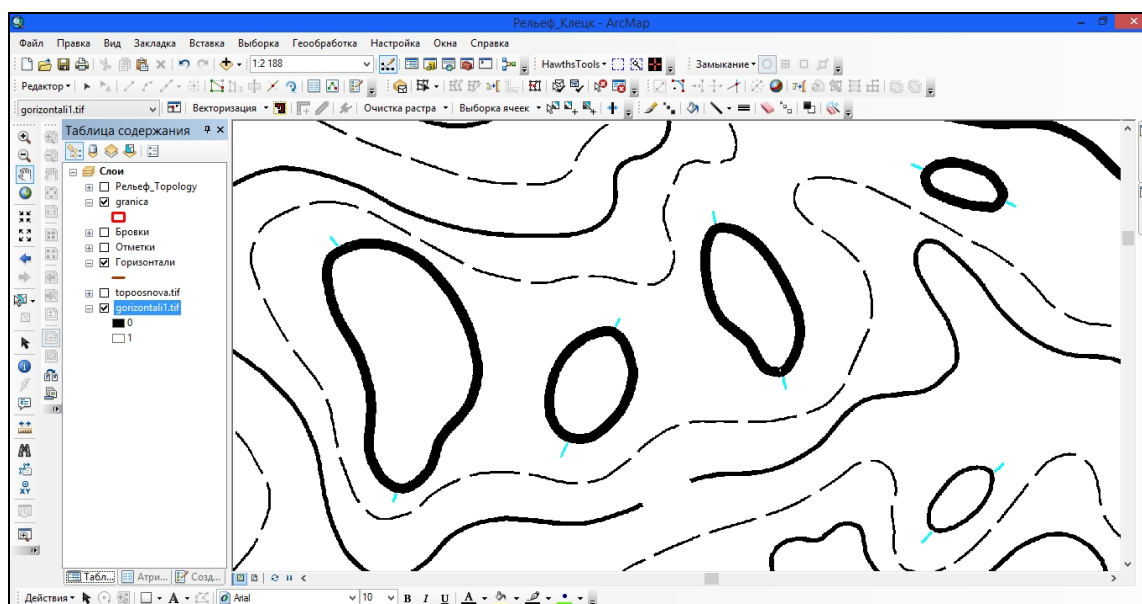


Рис. 6.89

Теперь можно их удалить из растра путем выбора опции «Очистка растра» → *Стереть выбранные ячейки* на панели инструментов ArcScan.

После удаления сохраните изменения (Очистка растра → *Сохранить*) и остановите очистку растра (Очистка растра → *Остановить очистку*).

Шаг 9. Автоматическую векторизацию лучше осуществлять в два приема. Для этого необходимо выделить в два отдельных растра основные горизонтали и полугоризонтالي из расчлененного издательского оригинала топографической карты, а затем осуществлять их последовательную векторизацию. Для выделения **основных горизонталей** используйте опцию «Выборка ячеек» → *Выбрать смежные ячейки* на панели инструментов ArcScan. Используйте параметры выборки, как на рис. 6.90.

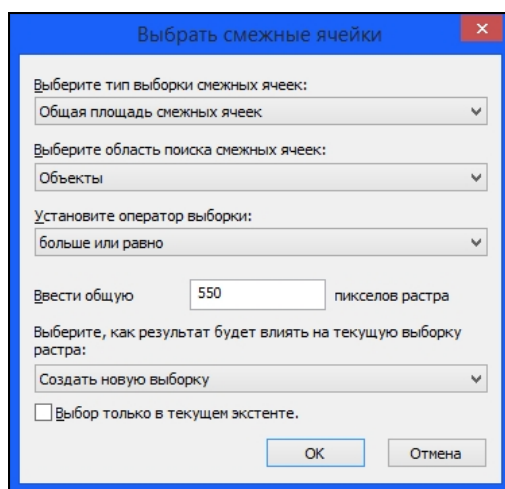


Рис. 6.90

После установки параметров запустите процедуру выборки. В результате все **основные горизонтали** будут выбраны (рис. 6.91).

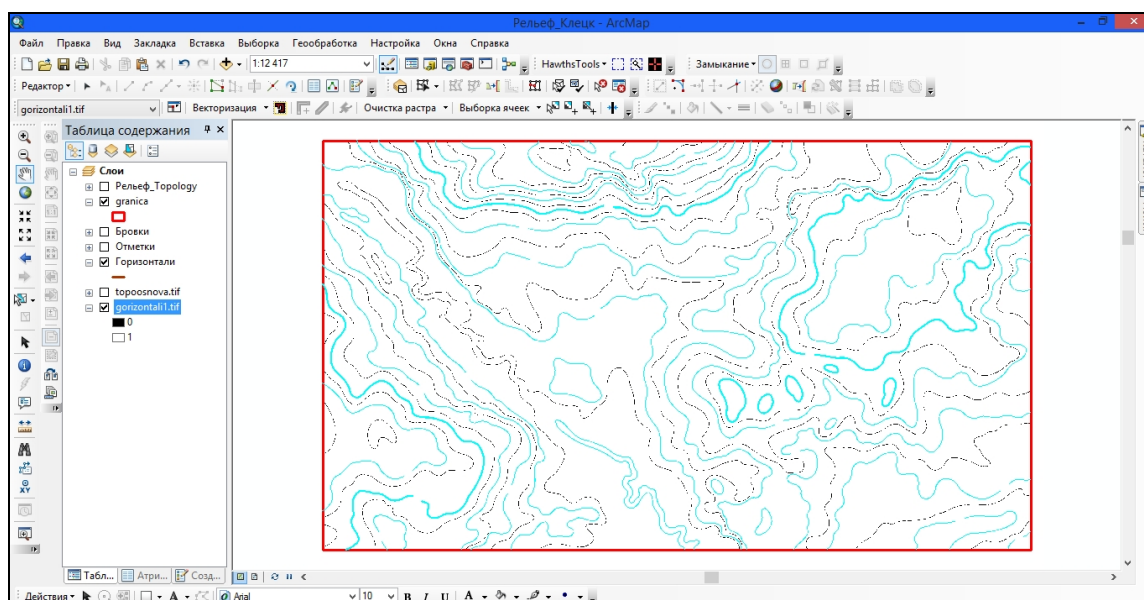


Рис. 6.91

Сохраните выборку в отдельный растр. Для этого выберите «Выборка ячеек» → *Сохранить выборку как* на панели инструментов ArcScan. Сохраните растр основных горизонталей под именем **Основные_горизонталей** (формат TIFF) в свою папку. Согласитесь с добавлением нового растра *Основные_горизонталей.tif* в проект. Отключите его отображение. Выполните «Выборка ячеек» → *Очистить выбранные ячейки*.

Для выделения **полугоризонталей** используйте опцию «Выборка ячеек» → *Выбрать смежные ячейки* на панели инструментов ArcScan. Используйте параметры выборки, как на рис. 6.92.

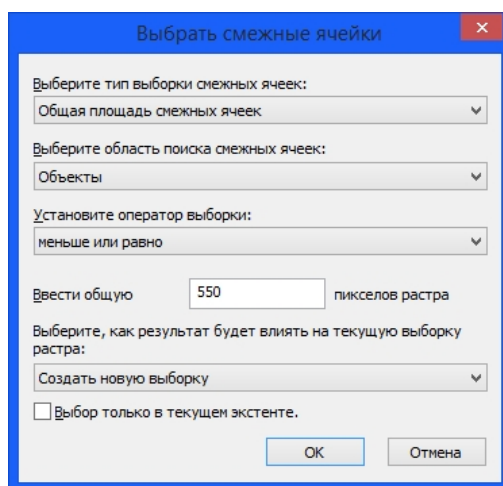


Рис. 6.92

После установки параметров запустите процедуру выборки. В результате все **полугоризонталей** будут выбраны (рис. 6.93).

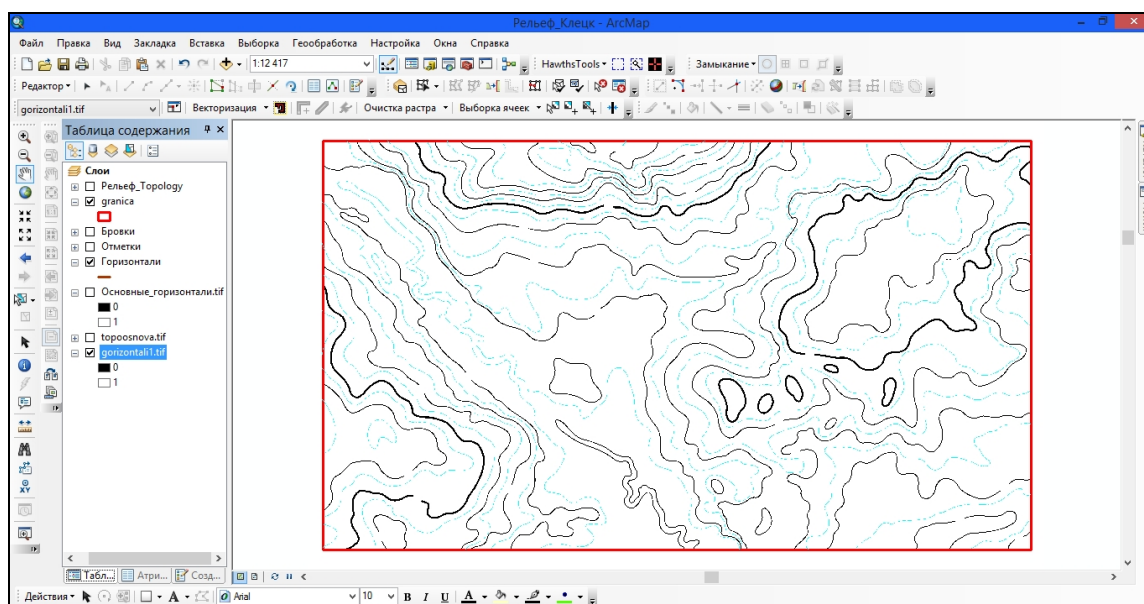


Рис. 6.93

Сохраните выборку в отдельный растр. Для этого выберите «Выборка ячеек» → *Сохранить выборку как* на панели инструментов ArcScan. Сохраните растр полугоризонталей под именем **Полугоризонтали** (формат TIFF) в свою папку. Согласитесь с добавлением нового растра *Полугоризонтали.tif* в проект. Отключите его отображение. Выполните «Выборка ячеек» → *Очистить выбранные ячейки*.

Шаг 10. Используя автоматическую векторизацию модуля ArcScan, создайте векторы **основных горизонталей**. Для этого отключите в таблице содержания отображение всех слоев кроме granica.shp, «Горизонтали» и «Основные_горизонтали.tif». **На панели инструментов ArcScan выберите рабочим растром Основные горизонтали.tif.** Создайте настройки автоматической векторизации (Векторизация → *Настройки векторизации* на панели ArcScan), как на рис. 6.94.

После установки настроек примените их и закройте панель «Настройки векторизации». В окне *Создать объекты*, выберите слой, которому будут принадлежать новые объекты (*Горизонтали*). В качестве *Инструмента построения* выберите *Линия*.

Включите *Предварительный просмотр векторизации* (Векторизация → *Предварительный просмотр*). Убедитесь, что все основные горизонтали будут отвекторизированы. Заметьте, что пробелы между горизонталями, в тех местах, где были подписи горизонталей, не являются помехой для векторизации. Это стало возможно из-за того, что в параметрах векторизации был настроен *допуск замыкания разрывов* (200), достаточный для того, чтобы горизонтали перескакивали через дыры, если угол между двумя концами одной горизонтали с дыркой составляет менее 60° .

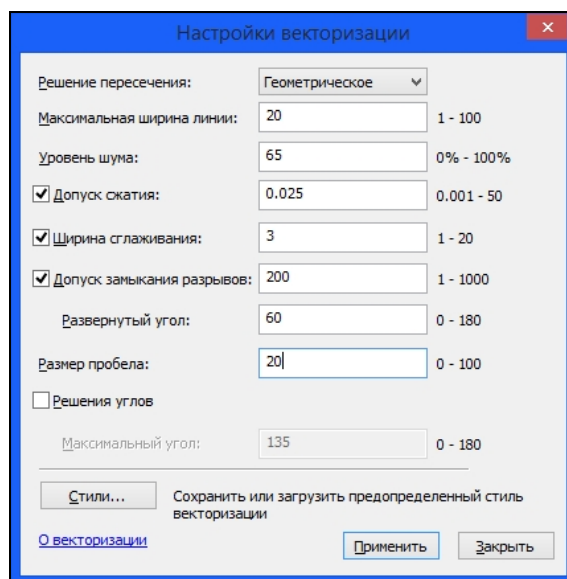


Рис. 6.94

Теперь сохраните векторы *основных горизонталей* в слой *Горизонталей*. Для этого используйте опцию «Векторизация» → *Создание объектов* (рис. 6.95).

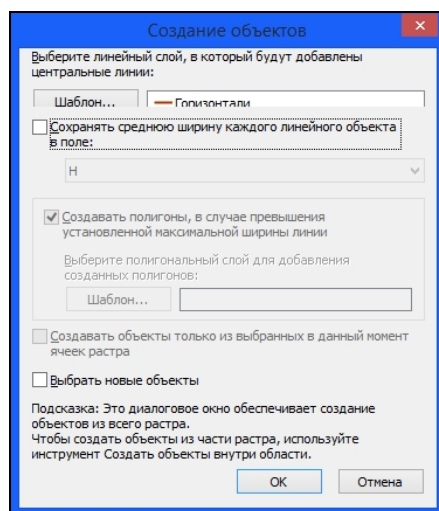


Рис. 6.95

Шаг 11. Отредактируйте и создайте атрибуты *основных горизонталей* в слое «Горизонталей». Для этого *отключите отображение* всех слоев кроме «Горизонталей» и *topoosnova.tif*.

Установите опцию отображения «Таблицы содержания»  По *выборке*. Сделайте доступными для выборки только объекты слоя *Горизонталей* (рис. 6.96).

Включите опцию замыкания (Замыкание → Использовать замыкание). На панели инструментов *Замыкание* настройте опции *Замыкание на вершины* и *Замыкание на конечные точки*. Также установите опцию *Замкнуть на скетч*, выбрав Замыкание → Замкнуть на скетч.

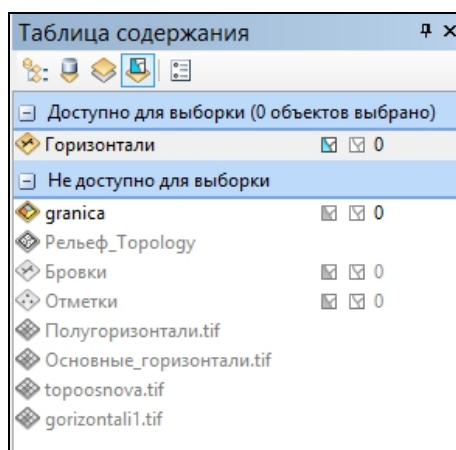


Рис. 6.96

Отредактируйте *ошибки геометрии* основных горизонталей. В случае *недовода* выберите нужную горизонталь кнопкой  *Редактировать* на панели инструментов «Редактор» (двойной клик левой кнопкой мыши по горизонтали). После этого появятся все вершины данного векторного объекта и панель инструментов *Редактировать вершины* (рис. 6.97, а). Если конечная точка (отмечается красным цветом) находится на стороне довода, то следует инструментом  *Продолжить объект* продолжить горизонталь (рис. 6.97, б) или замкнуться на конечной точке смежной горизонтали.

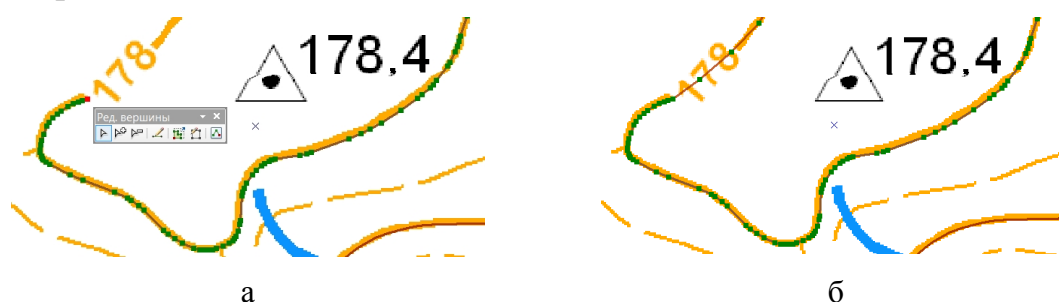


Рис. 6.97

Если же конечная точка находится у противоположной стороны, то необходимо, замкнувшись на последней вершине горизонтали, сделать клик правой клавишей мыши и выбрать *Перевернуть*. Начальная точка переместиться к противоположному, нужному краю. Затем инструментом  *Продолжить объект* необходимо продолжить горизонталь или замкнуться на конечной точке смежной горизонтали (рис. 6.98).

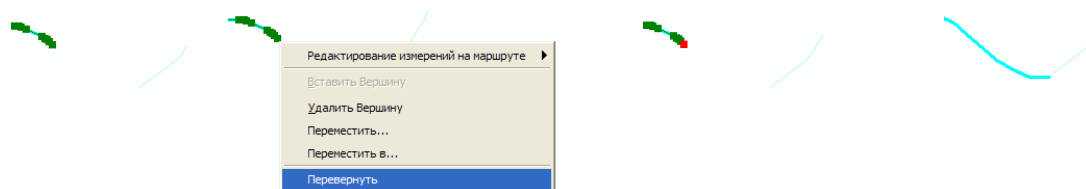


Рис. 6.98

Если по ошибке среди основных горизонталей оказался участок полу-горизонтали, выделите его с помощью инструмента  *Редактировать* (рис. 6.99) удалите нажатием клавиши *Del* на клавиатуре.



Рис. 6.99

В случае ошибочного замыкания одной горизонтали саму на себя выделите ее с помощью инструмента  *Редактировать*, выполните разбиение ошибочного отвекторизированного участка инструментом  *Разбить*, расположенном на панели инструментов «Редактор» (рис. 6.100, а), затем удалите обособленный вектор нажатием клавиши *Del* на клавиатуре (рис. 6.100, б).



Рис. 6.100

Надпишите объекты слоя «Горизонтالي» (клик правой клавишей по слою → Свойства). В закладке *Надписи*, отметьте галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи *H* и символизируйте надписи удобным для вас шрифтом и его размером. Нажмите клавишу *Свойства размещения*. Выберите вариант положения надписи *На линии*.

Создайте *атрибуты* слоя «Горизонтали» (рис. 6.101, 6.102). Для этого используйте растр *toroosnova.tif*, чтобы определить гипсометрию горизонтали, а также инструмент  *Атрибуты* на панели «Редактор».

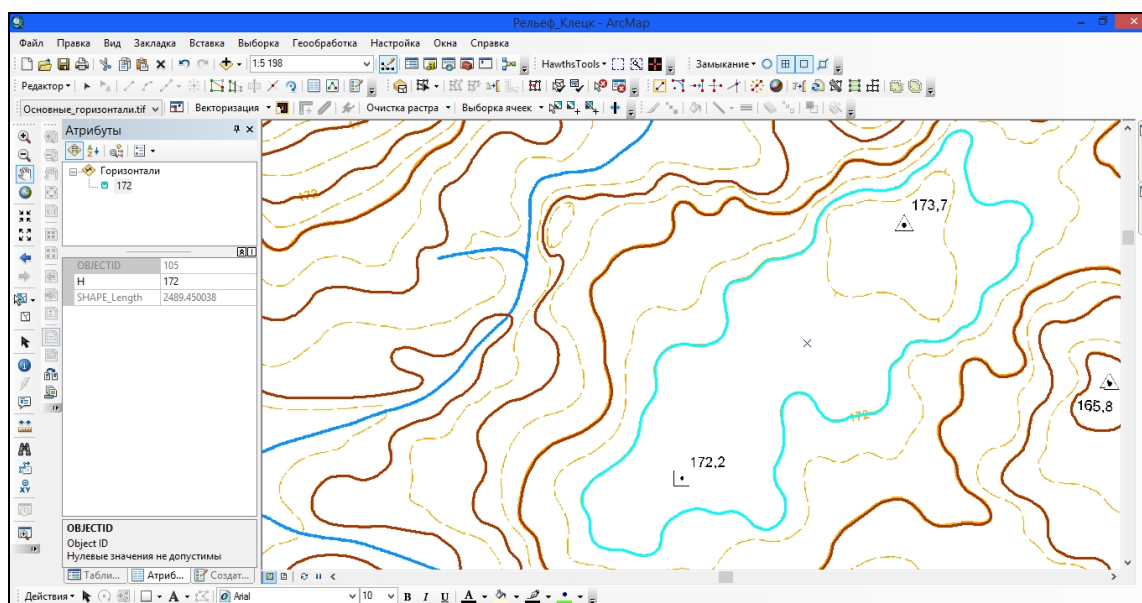


Рис. 6.101

После создания атрибутов и редактирования всех основных горизонталей сохраните результаты редактирования (Редактор → Сохранить изменения).

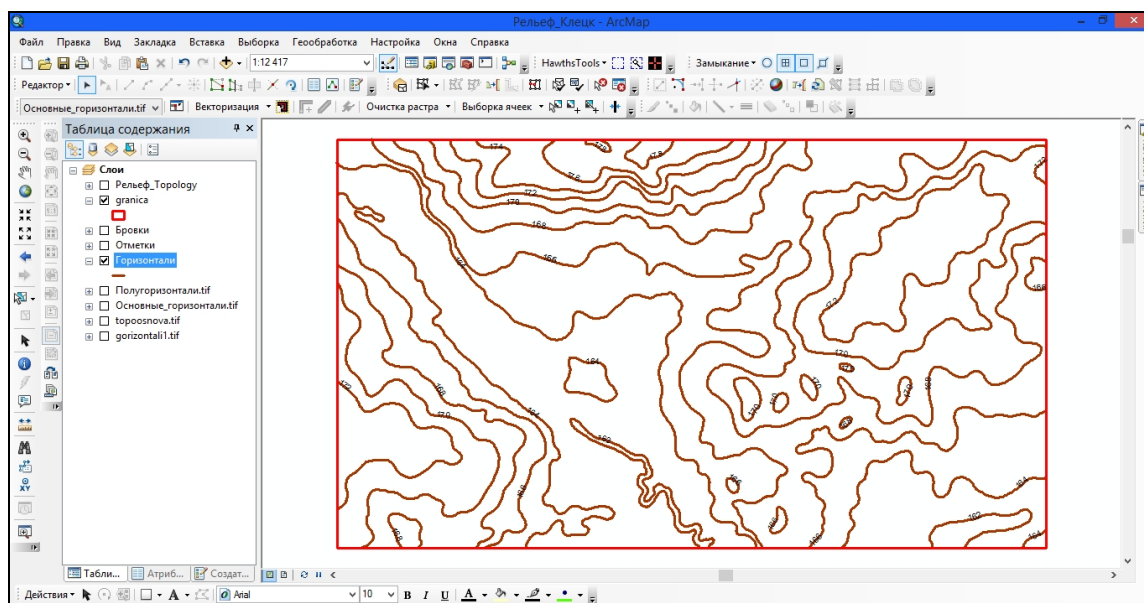


Рис. 6.102

Шаг 12. Используя автоматическую векторизацию модуля ArcScan, создайте векторы *полугоризонталей*. Для этого отключите в таблице содержания отображение всех слоев кроме granica.shp, «Горизонтали» и «Полугоризонталей.tif». **На панели инструментов ArcScan выберите рабочим растром Полугоризонталей.tif.** Создайте следующие настройки автоматической векторизации (Векторизация → Настройки векторизации на панели ArcScan), как представлено на рис. 6.103.

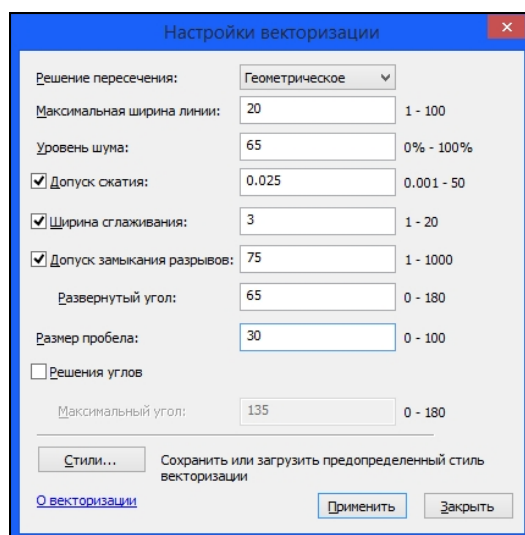


Рис. 6.103

После установки настроек примените их и закройте панель «Настройки векторизации». В окне *Создать объекты*, выберите слой, которому будут принадлежать новые объекты (*Горизонтали*). В качестве *Инструмента построения* выберите *Линия*.

Включите *Предварительный просмотр векторизации* (Векторизация → Предварительный просмотр). Убедитесь, что все *полугоризонтали* будут отвекторизированы (рис. 6.104). Заметьте, что пробелы между полугоризонталями не являются помехой для векторизации. Это стало возможно благодаря тому, что в параметрах векторизации был настроен *допуск замыкания разрывов* (75), достаточный для того, чтобы полугоризонтали «перескакивали» через «дыры», если угол между двумя концами одной полугоризонтالي составляет менее 65° . Сохраните векторы *полугоризонталей* в слой *Горизонтали*. Для этого используйте опцию «Векторизация» → *Создание объектов*.

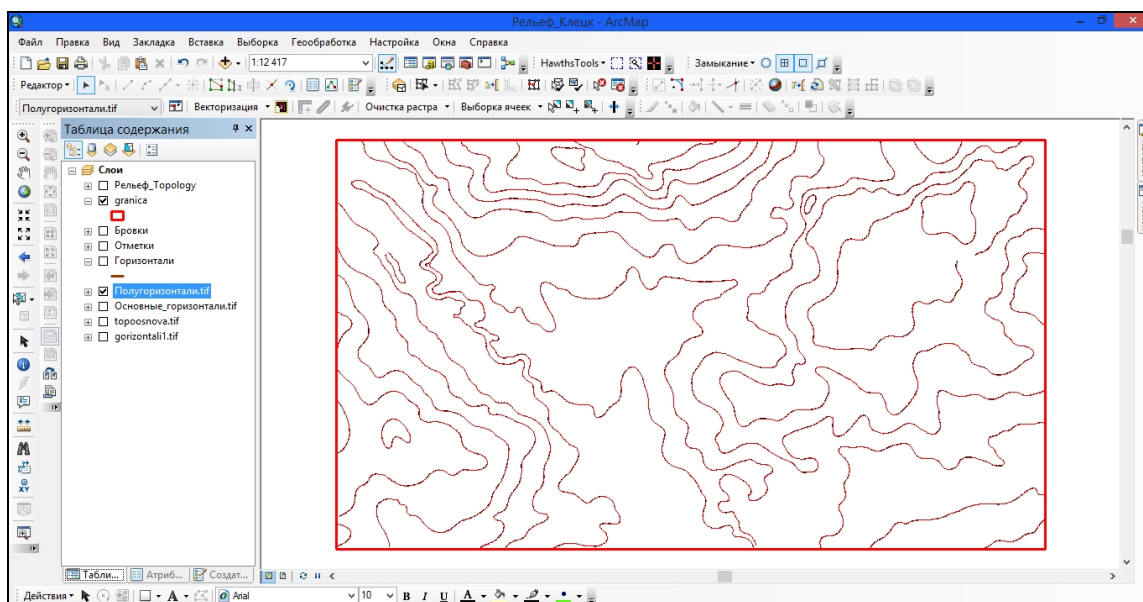


Рис. 6.104

Шаг 13. Отредактируйте и создайте атрибуты *полугоризонталей* в слое «Горизонтали». Для этого *отключите отображение* всех слоев кроме «Горизонтали» и topoosnova.tif.

Для редактирования *ошибок геометрии* полугоризонталей воспользуйтесь алгоритмами, описанными в *шаге 11*. Кроме этого, используйте функцию *Слияние* если необходимо объединить две части полугоризонталей в одну после доводки. Для этого выделите их инструментом  *Выбрать объекты*, а затем выберите опцию «Редактор» → *Слияние* (рис. 6.105). В окне слияния определите, атрибуты какого из исходных объектов будут принадлежать новому.



Рис. 6.105

Если необходимо разбить линию на две части, воспользуйтесь инструментом *Разбить*  на панели инструментов «Редактор», предварительно выбрав нужную для разбиения линию (рис. 6.106).



Рис. 6.106

Изменять вершины линейных объектов в пределах отдельной линии возможно с использованием инструмента  *Редактировать* на панели «Редактор». Выполните двойной клик левой клавишей мыши по горизонтали. После этого станут видимыми все ее вершины. Любую вершину теперь можно переместить в нужное место.

После завершения редактирования ошибок геометрии полугоризонталей создайте атрибуты (рис. 6.107). Для этого используйте растр *toroosnova.tif*, чтобы определить гипсометрию полугоризонталей, а также инструмент  *Атрибуты* на панели «Редактор».

После обновления атрибутов всех полугоризонталей сохраните результаты редактирования (Редактор → Сохранить изменения).

Шаг 14. Проверьте *топологию* и исправьте все топологические ошибки слоя «Горизонталей». Для этого откройте панель инструментов «Топология». Отключите отображение всех слоев кроме «Горизонталей» и «Рельеф_Topology».

Приблизьте экстенд фрейма данных к слою «Горизонталей». С помощью инструмента  *Проверить топологию в текущем экстенде* проверьте топологию набора классов *Рельеф* БГД «Рельеф_Клецк». От-

Шаг 15. Откройте ArcCatalog ГИС ArcGIS. Откройте окно  ArcToolbox, найдите инструмент *Вершины объекта в точки* (Управление данными → Пространственные объекты → Вершины объекта в точки). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* следует выбрать класс объектов «Горизонтали» базы «Рельеф_Клецк.mdb», *Выходной класс объектов* сохраните как класс *Точки* в базе геоданных.

Загрузите все объекты точечного класса *Отметки* базы геоденных-данных «Рельеф_Клецк.mdb» в класс «Точки». Для этого кликните правой клавишей мыши по классу «Точки» и выберите «Загрузить» → *Загрузить данные*. Входными данными определите класс «Отметки» и нажмите кнопку «Добавить». Установите согласования целевого поля и поля источника, как показано на рис. 6.109.

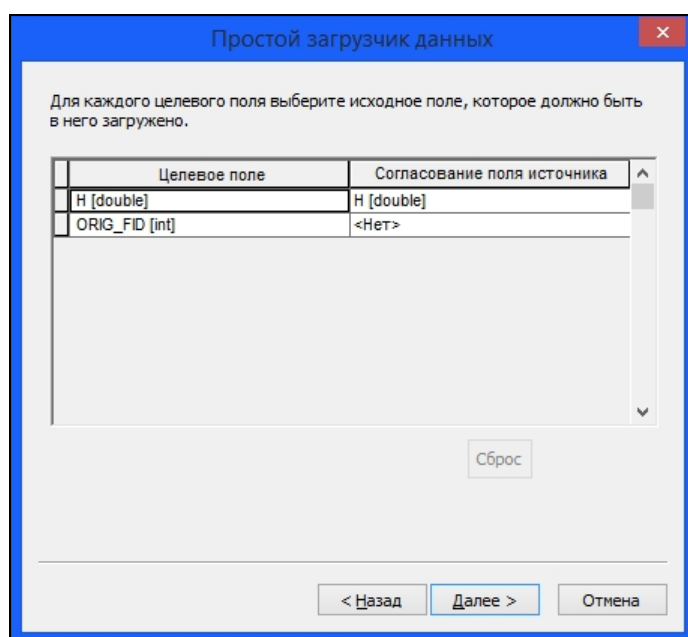


Рис. 6.109

Таким образом, вы преобразовали все вершины класса объектов «Горизонтали» в точки и добавили к этой точечной теме объекты из класса «Отметки». Именно класс «Точки» будет служить исходным для построения трехмерной модели рельефа.

Закройте ArcCatalog.

Шаг 16. Откройте ArcMap, проект «Рельеф_Клецк». Добавьте в проект тему *Точки* из базы данных «Рельеф_Клецк.mdb». Отключите отображение всех слоев кроме «Точки» и grpnica.shp (рис. 6.110). Приблизьте экстенд фрейма данных к слою «Точки».

Откройте модуль *Spatial Analyst* ГИС ArcGIS. Для этого зайдите в меню «Настройки» → *Дополнительные модули* и отметьте галочкой модуль Spatial Analyst для того, чтобы использовать его.

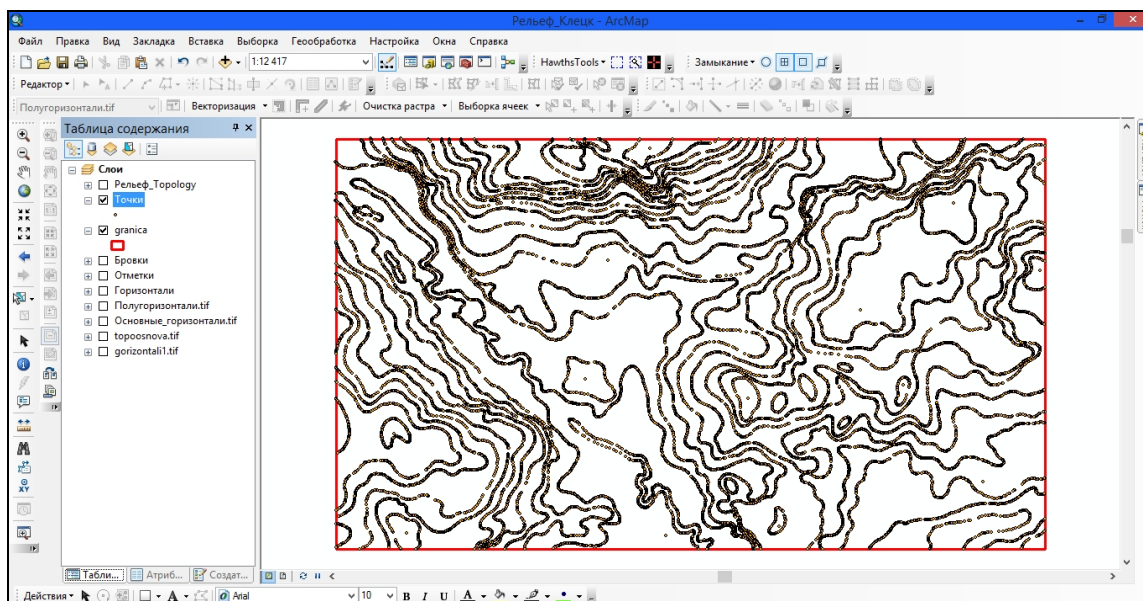


Рис. 6.110

На основе темы *Точки* создайте грид-модель рельефа. Для этого откройте окно  *ArcToolbox* и найдите инструмент *ОВР* (Инструменты Spatial Analyst → Интерполяция → ОВР). Он позволяет создавать грид-модели по методу обратно взвешенных расстояний.

В окне инструмента в разделе *Входные точечные объекты* следует выбрать класс объектов «Точки» базы «Рельеф_Клецк.mdb», в качестве *Поля значений Z* выберите «Н», *Выходной растр* сохраните в базе геоданных «Рельеф_Клецк.mdb» под именем «ОВР_Точки», *Размер выходной ячейки* установите равным 3.

Нажмите кнопку *Параметры среды*. В окне «Параметры среды» в разделе *Экстенция обработки* выберите в качестве экстенции выходной грид-модели *Как у отображаемой области*, рис. 6.111.

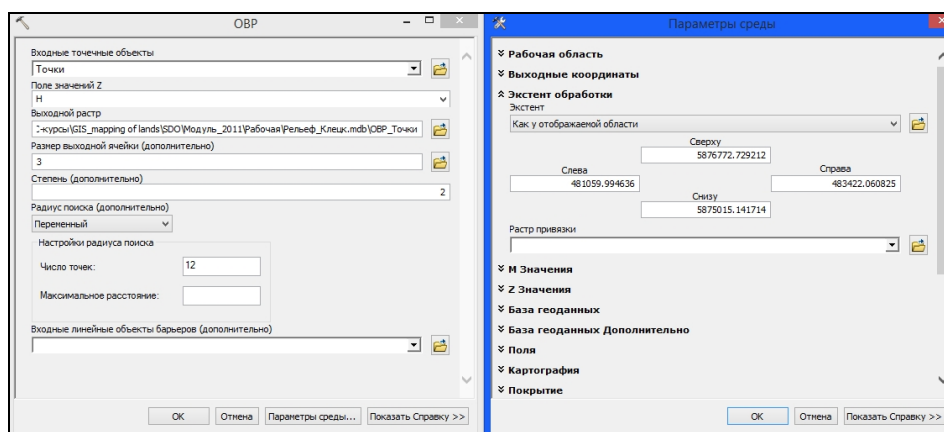


Рис. 6.111

После необходимых расчетов грид-модель будет создана (рис. 6.112).

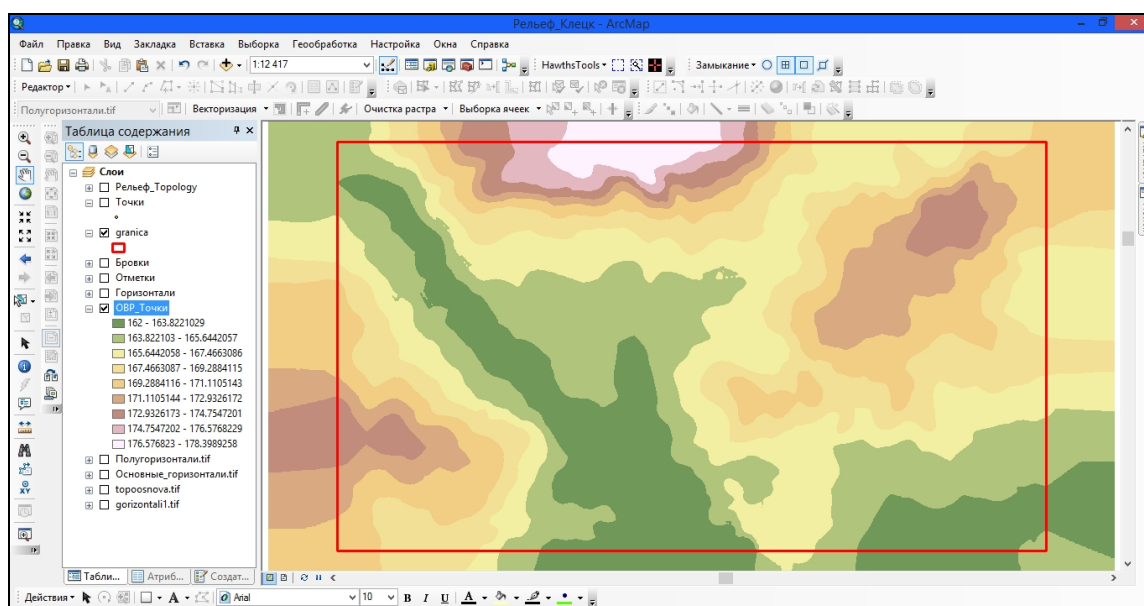


Рис. 6.112

Теперь необходимо вырезать ее по теме *gratica.shp*. Для этого откройте окно  *ArcToolbox*, зайдите в блок инструментов Spatial Analyst Tools → Извлечение. Там находится инструмент *Извлечь по маске*, который следует открыть. В появившемся окне инструмента в разделе *Входной растр* следует выбрать растр «ОВР_Точки», в разделе *Входные векторные или растровые данные маски* следует выбрать тему *gratica.shp*. *Выходной растр* сохраните под именем *3D* в БГД «Рельеф_Клецк.mdb». После необходимых расчетов, программа создаст грид (рис. 6.113).

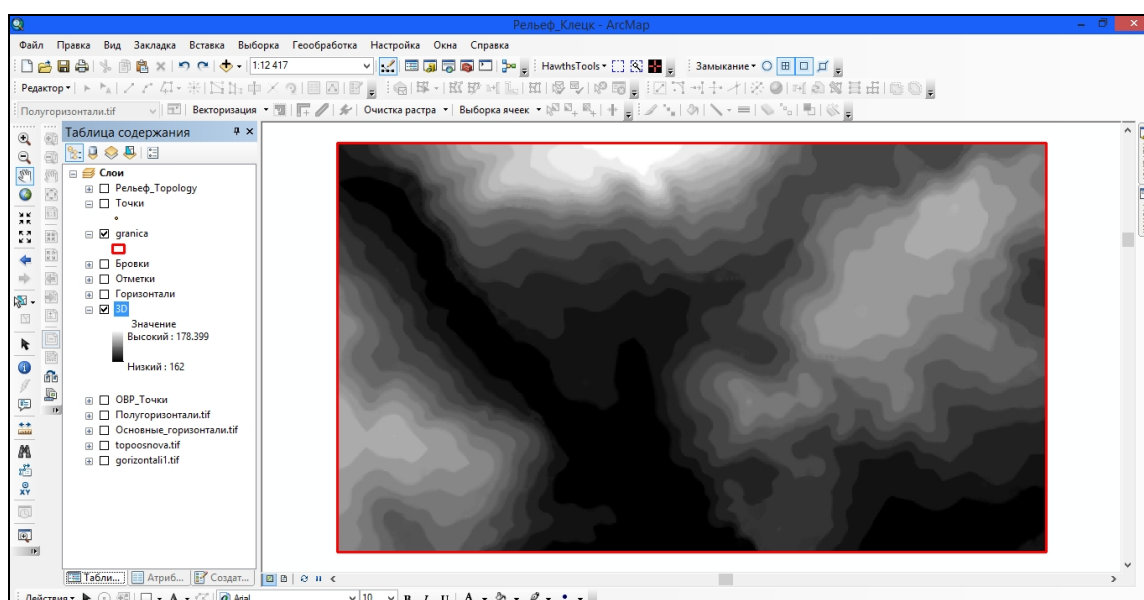
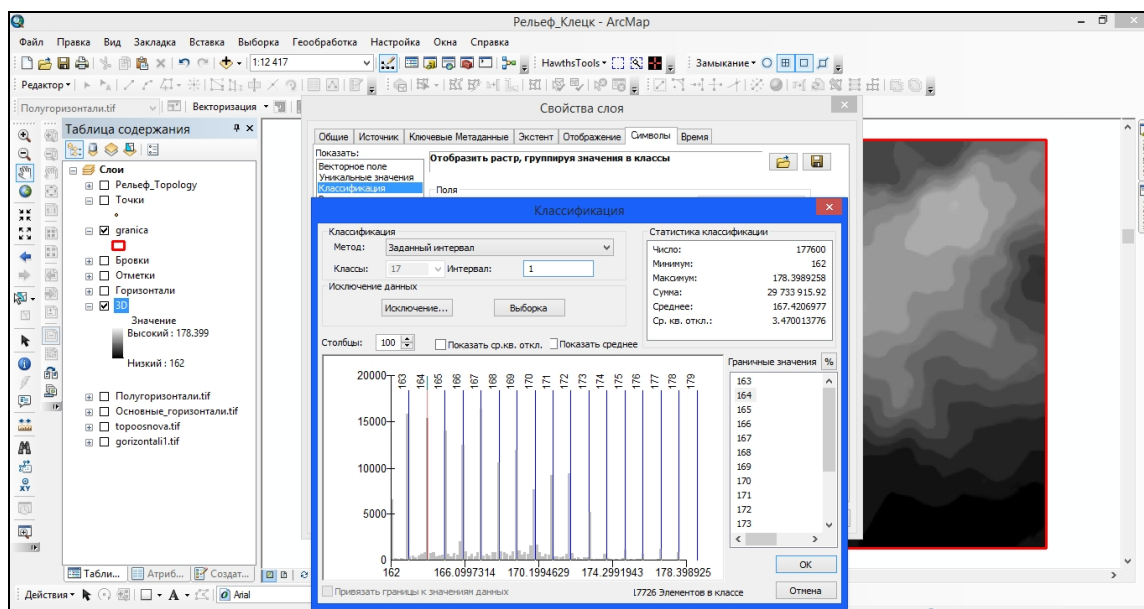
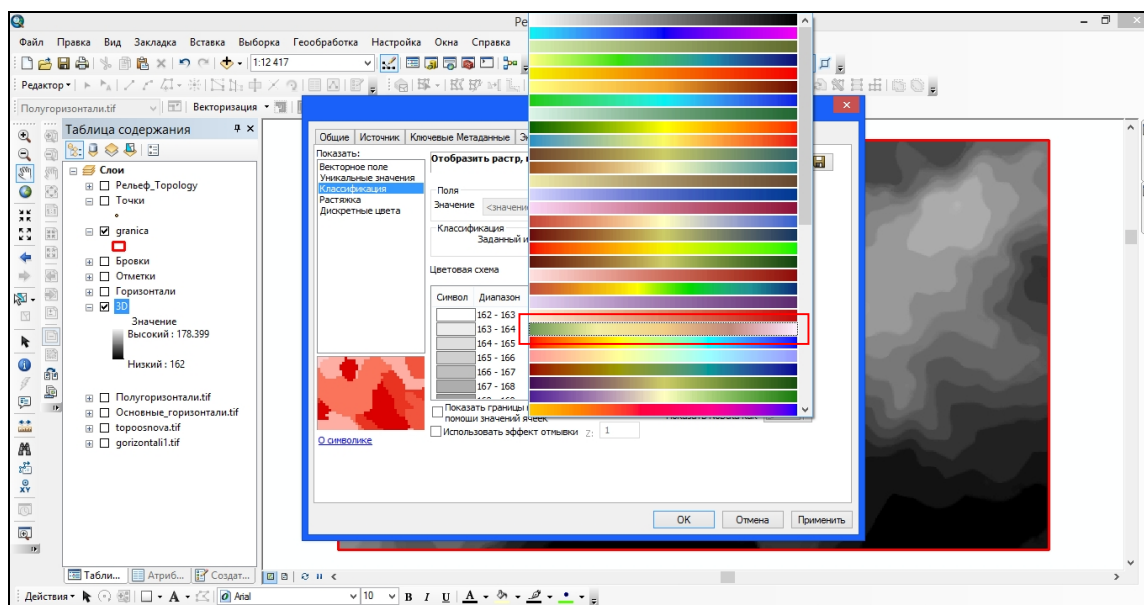


Рис. 6.113

Удалите из проекта грид «ОВР_Точки». Грид 3D необходимо *классифицировать*. Зайдите в свойства слоя 3D (клик правой клавишей по слою → Свойства). Выберите *Показать: Классификация*. Классифицируйте грид по методу *Заданный интервал* через 1 м (рис. 6.114).



Выберите для грида 3D цветовую схему, как показано на рис. 6.115.



Сохраните файл слоя грида под именем 3D.lyr в свою папку. Для этого выберите *Сохранить файл слоя* (правый клик мышью по слою) (рис. 6.116).

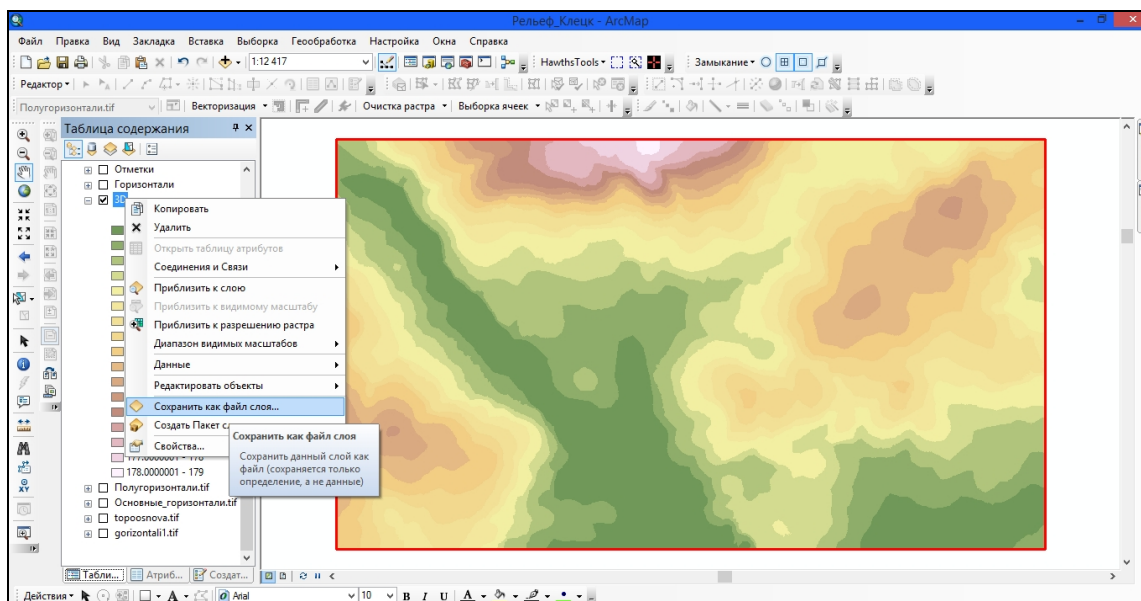


Рис. 6.116

Сохраните проект. Закройте ArcMap.

Шаг 17. Откройте ArcScene ГИС ArcGIS. Добавьте в проект сохраненный файл слоя *3D.lyr*, воспользовавшись пиктограммой «Добавить данные». Также добавьте в проект и шейп-файл *Реки.shp*. Выберите для него следующую символизацию (клик правой клавишей по слою → Свойства, закладка «Символы»): цвет синий, ширина линии – 2.

С помощью инструмента «Управление» на панели инструментов «Инструменты» поверните верхнюю часть грида строго на север (рис. 6.117).

Зайдите в свойства слоя *3D.lyr* (клик правой клавишей по слою → Свойства). В закладке *Базовые высоты* в пункте *Высоты из поверхностей* отметьте вариант *Плавающие на пользовательской поверхности*: и выберите в списке грид-модель *3D*. В пункте *Высоты объектов* задайте *Коэффициент конвертации значений высот слоя в единицы сцены*: равным 25 (рис. 6.118).

Аналогичным образом в закладке *Базовые высоты* свойств слоя «реки.shp» отметьте в пункте *Высоты из поверхностей* вариант *Плавающие на пользовательской поверхности*: и выберите в списке грид-модель *3D*. Также в пункте *Высоты объектов* задайте *Коэффициент конвертации значений высот слоя в единицы сцены*: равным 25

Используя базовые инструменты управления 3D-сценой, рассмотрите трехмерную модель из разных точек наблюдения и в разных масштабах (рис. 6.119, 6.120).

Сохраните проект.

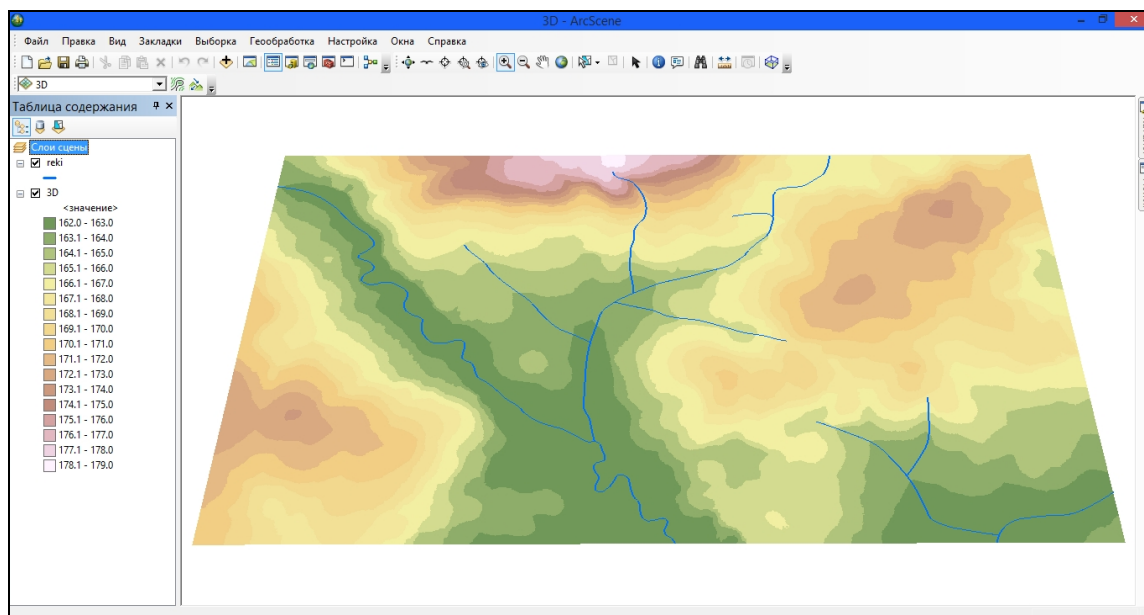


Рис. 6.117

Свойства слоя

Общие Источник Экстент Отображение Символы Базовые высоты Время 3D Визуализация

Высоты из поверхностей

☐ Нет значений высот из поверхности

☒ Плавающие на пользовательской поверхности:

D:\Work\BSU\ГИС-курсы\GIS_mapping of lands\SDO\Модуль_2011\Рабочая\Рельеф_

Разрешение растра...

Высоты объектов

☒ Нет высот, связанных с объектами

☐ Использовать значения высот в объектах слоя

Коэффициент конвертации значений высот слоя в единицы сцены: другие 25.0000

☐ Использовать постоянное значение или выражение:

0

Смещение слоя

Добавить постоянную величину смещения высот в единицы сцены: 0

[О задании базовых высот](#)

OK Отмена Применить

Рис. 6.118

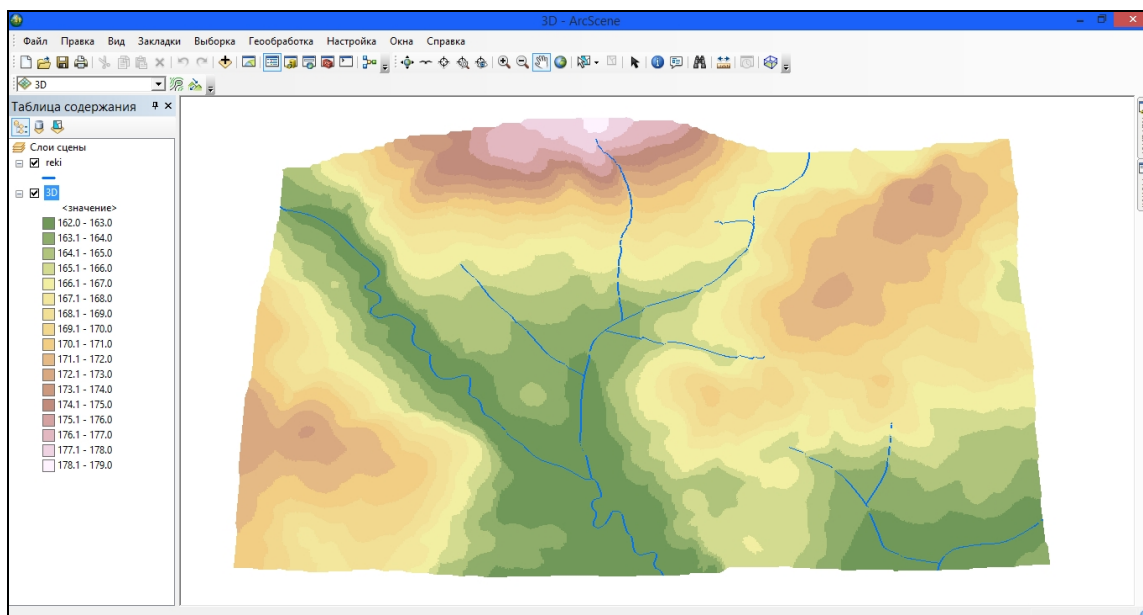


Рис. 6.119

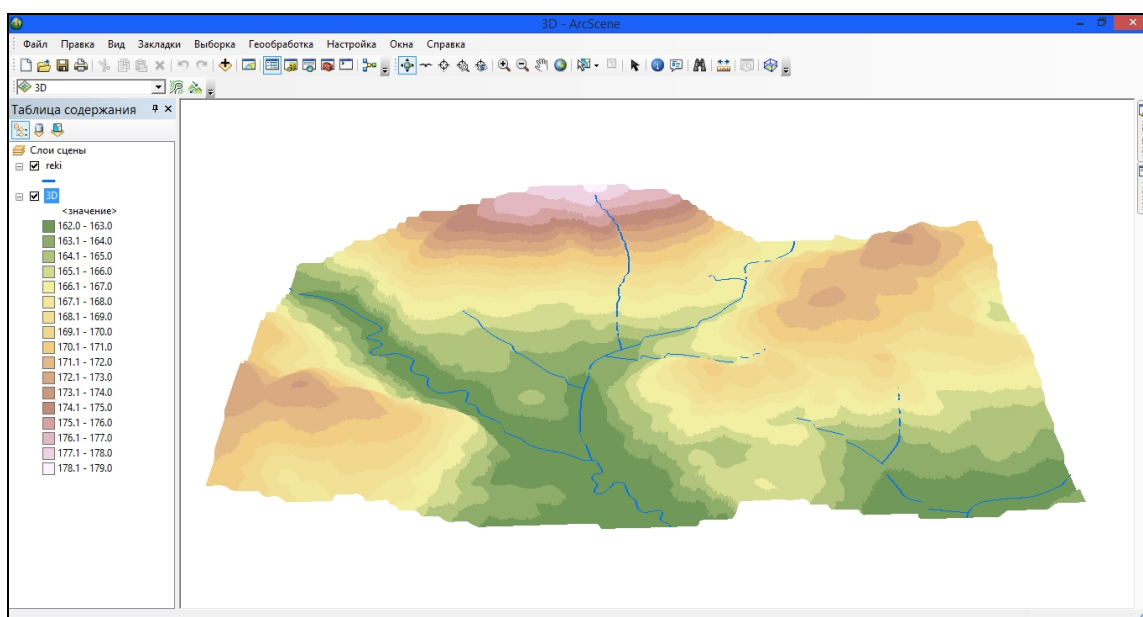


Рис. 6.120

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основную последовательность операций по созданию цифровой модели рельефа путем автоматической векторизации планово-картографических материалов.
2. Какие методы интерполяции грид-моделей применяются в ГИС ArcGIS? В чем заключаются их сходства и различия?
3. Приведите примеры прикладного использования цифровой модели рельефа.

Задание 7. Создание каталога координат углов поворота границ и плана границ земельного участка в ГИС на основе планово-картографических материалов

Цель задания: освоить алгоритмы работы с отсканированными планово-картографическими материалами в среде ГИС ArcGIS на примере плана границ земель садоводческого товарищества «Заря» (СТ «Заря»).

Исходные данные:

- БГД *Садоводы.mdb*, содержащая классы пространственных объектов *Gardens*, *Lots1*, *Lots2*, *Lots3*, топологию *Gardens_Topology*. Структура и содержание БГД аналогичны использованной в задании 5;
- отсканированный «План границ земель общего пользования СТ Заря» (*План границ СТ Заря.tif*);
- каталог координат внешней границы СТ «Заря» (таблица *Поворотные_точки_границы* в базе данных «СТ Заря.mdb»).

Ход выполнения задания:

В организацию, в которой вы работаете, пришла заявка. Член СТ «Заря» Иванова Надежда Викторовна желает получить в частную собственность свой земельный участок № 168 в СТ «Заря». Главный специалист вашей организации посетил архив отдела по земельным ресурсам и землеустройству и обнаружил, что в нем имеются *Материалы по установлению границ и подготовке каталогов координат с целью оформления правоудостоверяющих документов на земли общего пользования садоводческого товарищества «Заря» (1988 г.)*. В данных материалах имеется каталог координат внешней границы СТ «Заря» и План границ земель общего пользования СТ «Заря». С точки зрения экономической целесообразности этих материалов оказывается достаточно для оформления дела *Материалы по передаче в частную собственность земельного участка № 168 члену садоводческого товарищества «Заря» Ивановой Надежде Викторовне*, так как никаких изменений внешней границы СТ «Заря» и границ участков граждан с момента установления границ геодезическим способом в 1988 г. не произошло. Главный специалист организации поручил вам выполнить это дело. На первом этапе вы отсканировали *План границ земель общего пользования СТ «Заря»* (*План границ СТ Заря.tif*) и с помощью программы Microsoft Access создали базу данных *СТ Заря.mdb* с таблицей «Поворотные_точки_границы», в которую внесли координаты поворотных точек внешней границы товарищества.

Шаг 1. Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Создайте проект СТ Заря. Для этого используйте опцию *Сохранить как* в меню *Файл*. Проект сохраните в своей папке.

Добавьте в проект набор классов пространственных объектов *Garden* из БГД «Садоводы», воспользовавшись пиктограммой  «Добавить данные». В проект будут добавлены четыре слоя (Lots1, Lots2, Lots2, Gardens) и топология (Garden_Topology).

Символизируйте добавленные слои, как представлено на рис. 6.121.

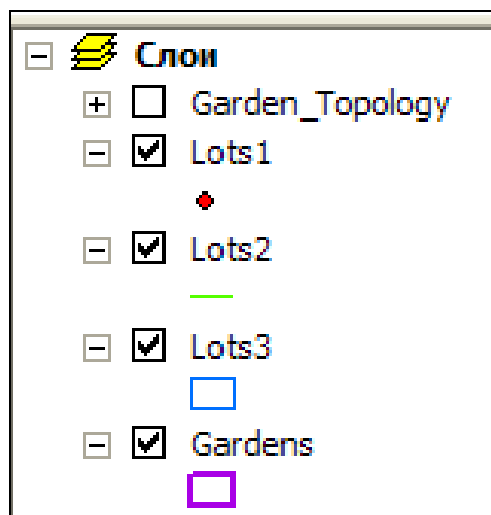


Рис. 6.121

Шаг 2. Добавьте поворотные точки внешней границы СТ «Заря», снятые на местности геодезическим способом используя операцию *Добавить данные XY* в меню Файл → Добавить данные. В окне *Добавить данные XY* выберите таблицу *Поворотные_точки_границы* из базы данных «СТ Заря.mdb». Определите поля таблицы «Поворотные_точки_границы», содержащие координату X и координату Y. Установите систему координат WGS_1984_UTM_Zone_35N, она находится в разделе Системы координат проекций → Utm → WGS 1984 → Северное полушарие → WGS_1984_UTM_Zone_35N (рис. 6.18). В результате во фрейме данных появится точечный слой *Поворотные_точки_границы События*.

Шаг 3. Скопируйте объекты слоя «Поворотные_точки_границы» в слой Lots1. Для этого зайдите в таблицу атрибутов слоя «Поворотные_точки_границы События» (клик правой клавишей мыши по слою в таблице содержания → *Открыть таблицу атрибутов*). Нажмите на кнопку *Опции таблицы* и выберите инструмент *Выбрать все*. После выборки закройте атрибутивную таблицу.

Начните *сеанс редактирования* (Редактор → Начать редактирование). Выберите для редактирования БГД «СТ Заря.mdb». Выполните Правка → *Копировать*. Теперь все объекты слоя «Поворотные_точки_границы События» скопированы в буфер обмена. Вставьте эти объекты с помо-

щью команды «Правка» → *Вставить*. В окне *Вставить* в качестве *Целевого слоя* выберите «Lots1».

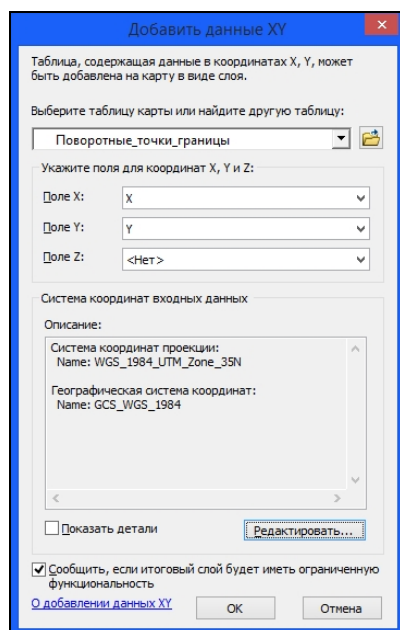


Рис. 6.122

Снимите выборку со всех объектов (Выборка → *Очистить выбранные объекты*). Откройте атрибутивную таблицу слоя Lots1. Заметьте, что кроме самих объектов были скопированы и их атрибуты. Присвойте значения поля OBJECTID полю Number_. Сделайте клик правой клавишей мыши по названию поля Number_ и выберите *Калькулятор поля*. В окне Калькулятора поля определите присвоение полем Number_ значений поля OBJECTID (рис. 6.123)

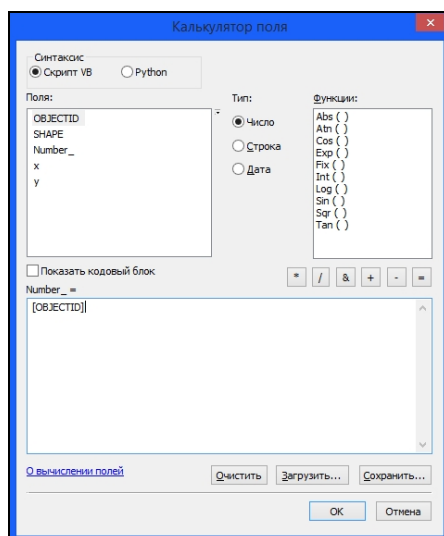


Рис. 6.123

Закройте атрибутивную таблицу слоя Lots1. Сохраните изменения редактирования (Редактор → Сохранить изменения). Удалите из проекта слой «Поворотные_точки_границы События» (клик правой клавишей мыши по слою → Удалить).

Шаг 4. Зайдите в «Свойства» слоя Lots1. В меню *Надписи* отметьте галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи *Number_* и символизируйте надписи удобным для вас шрифтом и его размером (рис. 6.124).

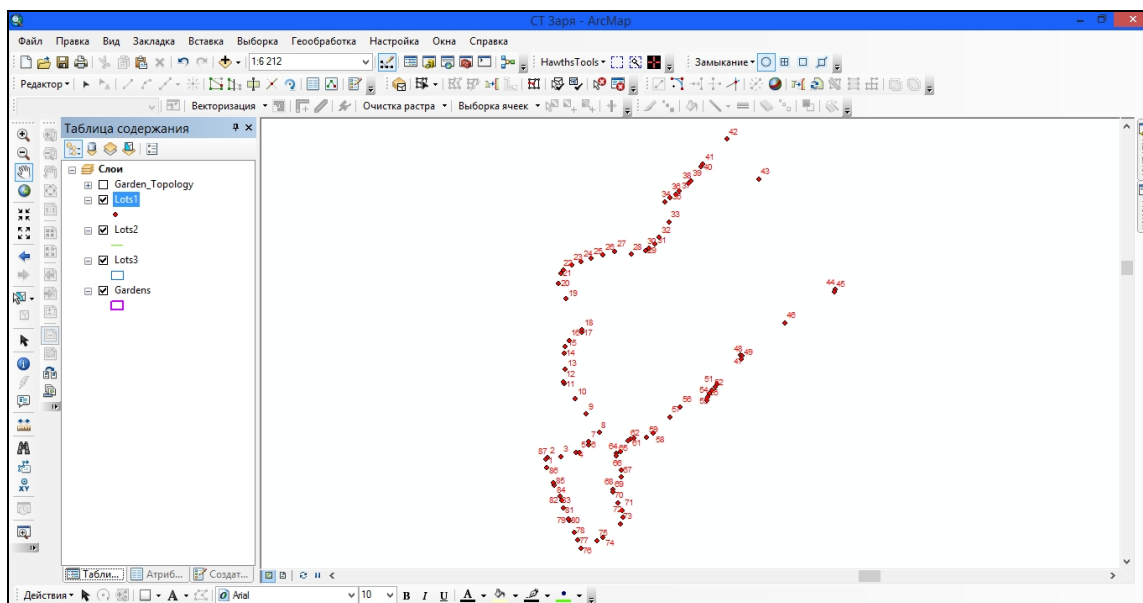


Рис. 6.124

Шаг 5. Создайте полигональный объект земельного участка СТ «Заря» в слое *Gardens* по поворотным точкам внешней границы товарищества, находящимся в слое Lots1. Для этого в окне *Создать объекты* выберите слой, которому будут принадлежать новые объекты. Этим слоем будет слой *Gardens*. В качестве *Инструмента построения* выберите *Полигон*.

Поскольку вы будете создавать новый объект на основе другого слоя (Lots1), то вам необходимо, чтобы вершины скетча нового объекта соответствовали точкам данного слоя. Для этого следует настроить опцию *Замыкание на точки* на панели инструментов *Замыкание*.

Увеличьте экстенд фрейма данных в районе первой точки поворота углов границы СТ «Заря» и замкнитесь на этой точке (клик левой клавишей мыши). Продолжайте замыкаться на каждой последующей точке слоя *Lots1*, производя один клик левой клавишей мыши. На последней точке необходимо сделать *двойной клик левой клавишей мыши*.

В окне  Атрибуты созданного в поле *Name* определите имя полигонального объекта – *СТ «Заря»* (рис. 6.125). Подпишите объекты слоя *Gardens*. Для этого зайдите в свойства данного слоя. В закладке *Поля* нажмите на кнопку изменения числового формата поля *SHAPE_Area*. В окне *Числовые форматы* задайте округление *Число десятичных знаков* – 0. Теперь значения площади (в м²) будут округляться до целых. Перейдите в закладку *Надписи*. Отметьте здесь галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя* и нажмите кнопку *Выражение*. Создайте выражение *[Name]&VBnewline&[SHAPE_Area]*.

Завершите сеанс редактирования (Редактор → Завершить редактирование).

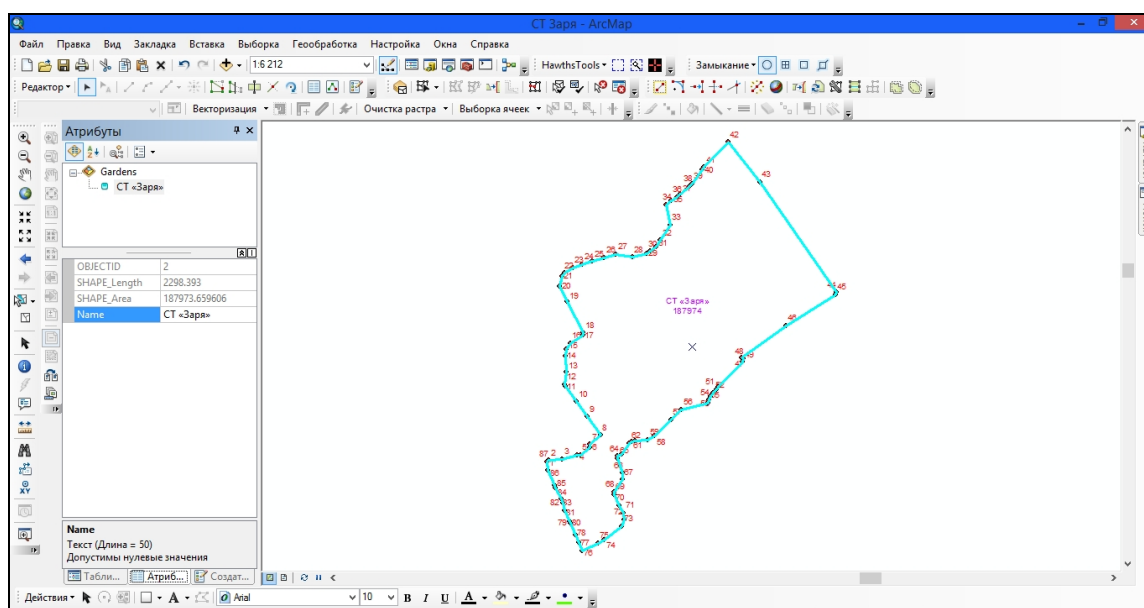


Рис. 6.125

Шаг 6. Добавьте в проект отсканированный план границ товарищества *План границ СТ Заря.tif*, воспользовавшись пиктограммой  «Добавить данные».

Откройте панель инструментов *Пространственная привязка* (Настройка → Панели инструментов → Пространственная привязка).

В установке набора растровых данных выберите геопривязываемый растр «План границ СТ Заря.tif». Затем выполните операцию *Подогнать к отображаемому экстенду* (Пространственная привязка → Подогнать к отображаемому экстенду). Тем самым вы переместите растр к области нужной привязки. Кроме того, отметьте галочкой опцию *Автонастройка* (Пространственная привязка → Автонастройка).

Выполните геопривязку растра «План границ СТ Заря.tif» к поворотным точкам внешней границы, находящимся в слое *Lots1*. На панели ин-

струментов *Замыкание* настройте опцию *Замыкание на точки*. Увеличьте экстент в районе расположения 42-й точки поворота границы товарищества на растре. Нажмите пиктограмму  *Добавить опорные точки (связи)* на панели инструментов «Пространственная привязка». После нажатия пиктограммы курсор превратится в перекрестье. Разместите курсор на поворотной точке на растре и сделайте щелчок левой кнопкой мыши. На опорной точке останется перекрестье зеленого цвета.

Найдите эквивалентную поворотную точку границы в векторном слое *Lots1*. Переместите курсор на соответствующую опорную точку векторного слоя. Как только сработает опция замыкания, щелкните на ней. Растровое изображение сместится и произойдет соединение опорной точки на растре и на векторном слое.

Продолжите геопривязку растра по поворотным точкам 44, 8 и 20. Это необходимо для того, чтобы растр имел опорные точки с разных сторон, иначе, если вы будете осуществлять привязку последовательно с 1-й по 87-ю точку, могут возникнуть сильные искажения растра. Поле этого проконтролируйте привязку растра по всем поворотным точкам внешней границы товарищества. В случае необходимости добавьте дополнительные опорные точки (опцию замыкания можно включать и выключать) (рис. 6.126).

В случае ошибки вы можете удалить опорные точки, открыв окно  *Таблица связей* на панели инструментов «Пространственная привязка». После создания всех опорных точек (связей) выполните трансформацию растра с помощью операции Пространственная привязка → Порядок трансформации → *Проективное преобразование*. Создайте файл привязки выполнив Пространственная привязка → *Обновить пространственную привязку*.

Шаг 7. Начните сеанс редактирования (Редактор → *Начать редактирование*). Выберите для редактирования персональную базу геоданных «Садоводы.mdb».

На панели инструментов *Замыкание* настройте опции *Замыкание на вершины* и *Замыкание на точку*.

В окне *Создать объекты*, выберите слой, которому будут принадлежать новые объекты. Этим слоем будет слой *Lots3*. В качестве *Инструмента построения* выберите *Полигон*. Увеличьте экстент в районе массива земельных участков 166, 167, 168 и создайте данный массив целиком, замыкаясь на поворотных точках внешней границы товарищества (рис. 6.127).

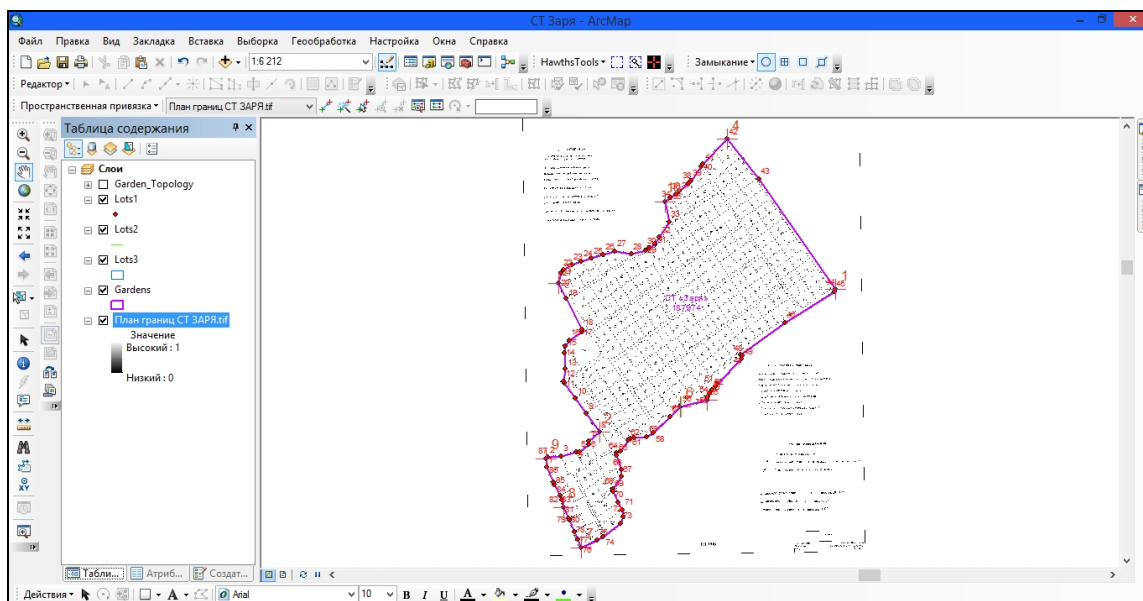


Рис. 6.126

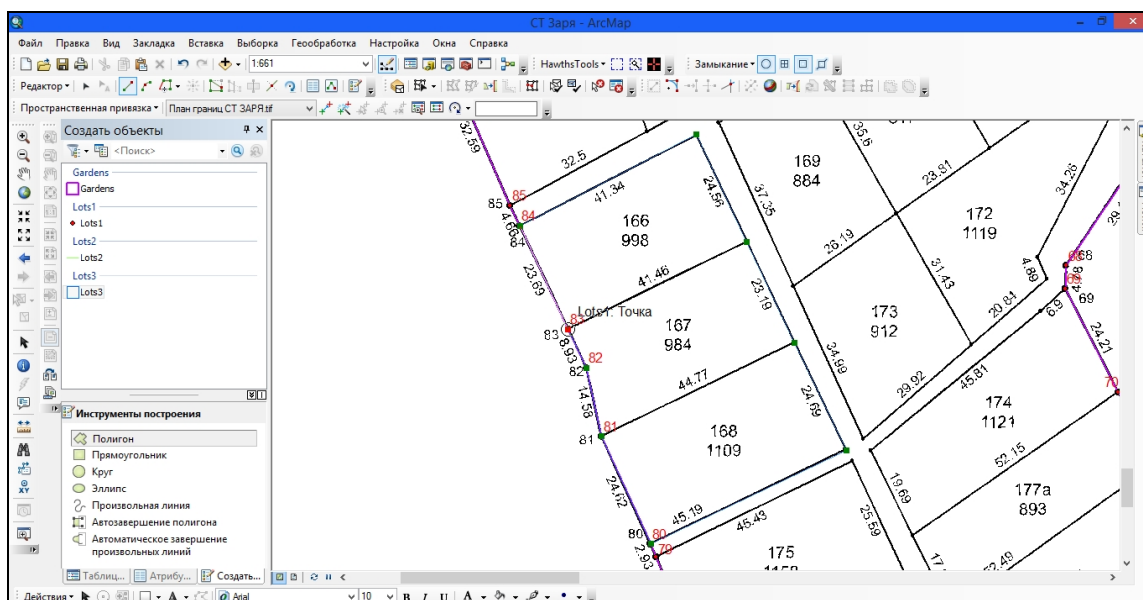


Рис. 6.127

Установите опцию отображения «Таблицы содержания» *По выборке* . Сделайте доступными для выборки только объекты слоя *Lots3*. Инструментом  *Выбрать объекты*, выделите только что созданный полигон.

Используя инструмент *Резать полигоны*  панели инструментов *Редактор* и нажав на клавиатуре клавишу *V* (позволяет видеть все вер-

шины существующих векторных объектов) разрежьте массив на части, соответствующие земельным участкам (рис. 6.128).

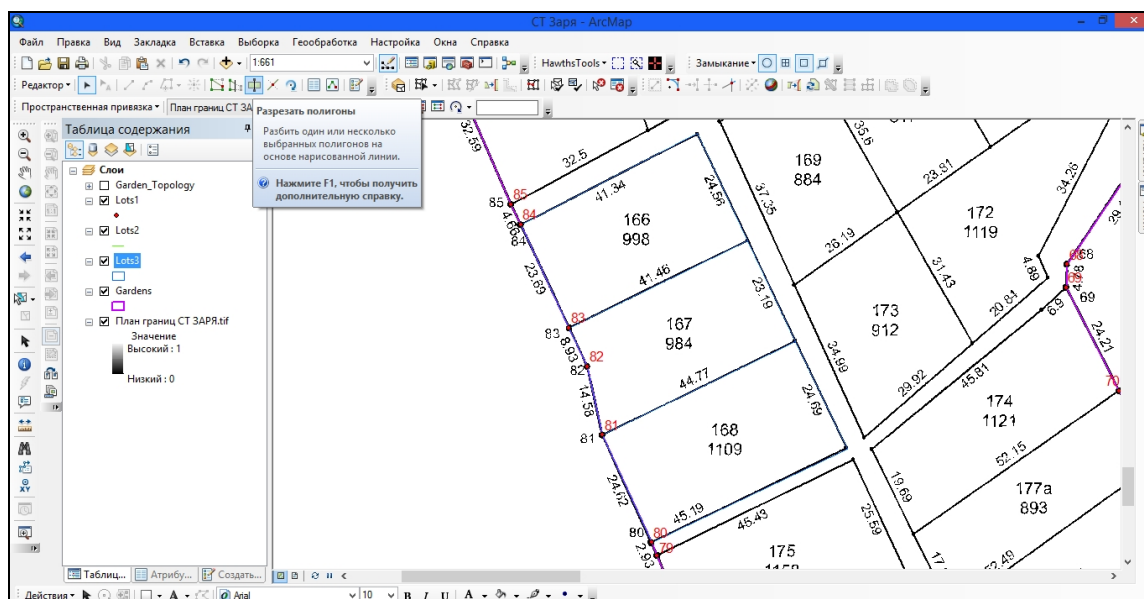


Рис. 6.128

Такой же последовательностью операций создайте земельные участки соседнего массива, расположенного восточнее (рис. 6.129).

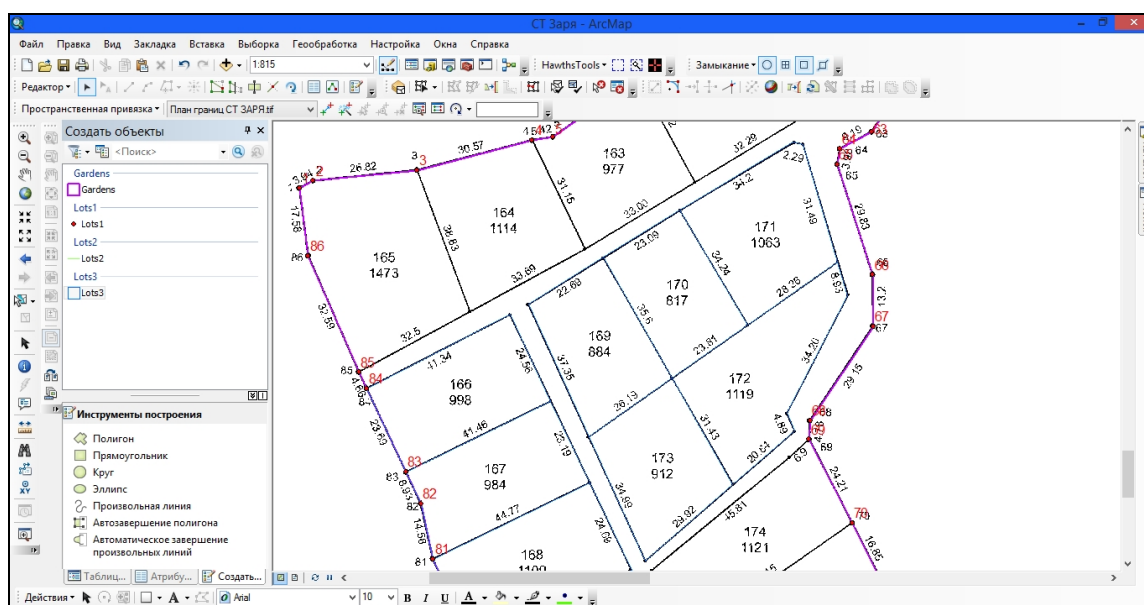


Рис. 6.129

С созданием земельных участков в самом южном массиве СТ «Заря» поступим другим способом. Используя окно *Создать объекты* создайте один земельный участок в этом массиве (рис. 6.130).

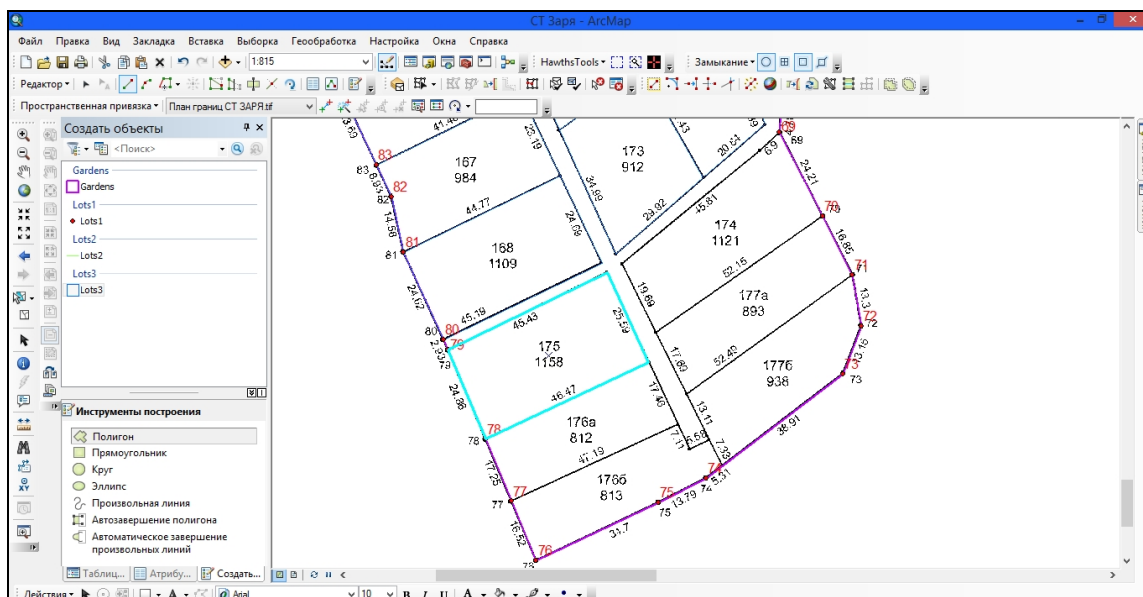


Рис. 6.130

Далее, используя инструмент построения  *Автозавершение полигона* в окне *Создать объекты*, создайте земельный участок рядом, замкнувшись только на общих вершинах соседствующего полигона (рис. 6.131). Таким образом, создайте все земельные участки в рамках этого массива. Если необходимо, включайте опцию *Замыкание на ребро* на панели инструментов *Замыкание*.

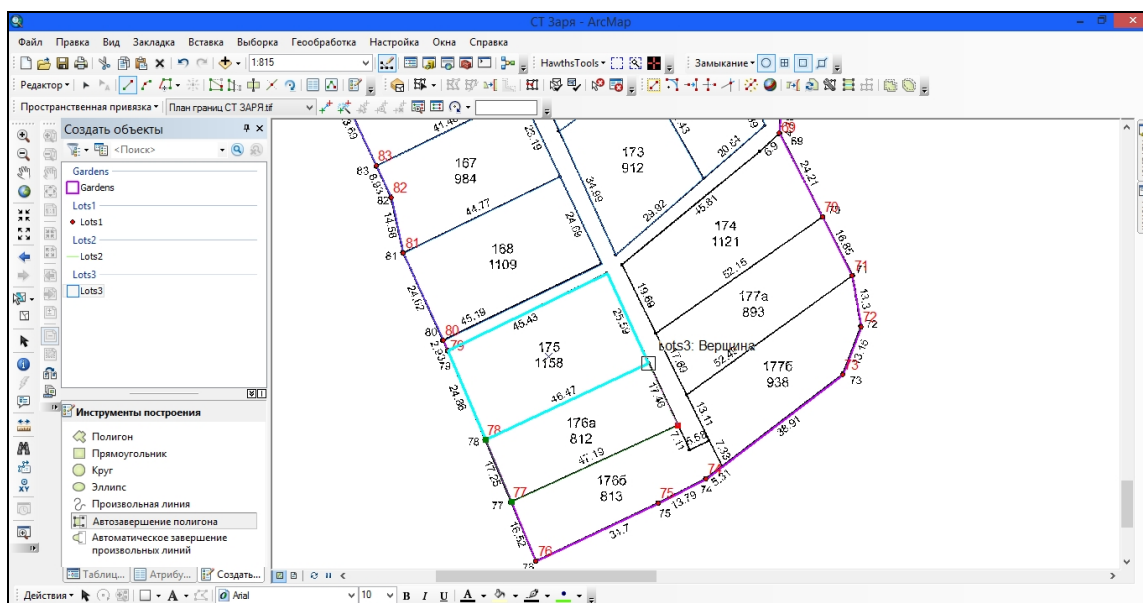


Рис. 6.131

После создания земельных участков запишите в окне  Атрибуты в поле *Parsel_N* номер каждого земельного участка согласно внутренней их нумерации в садоводческом товариществе (рис. 6.132).

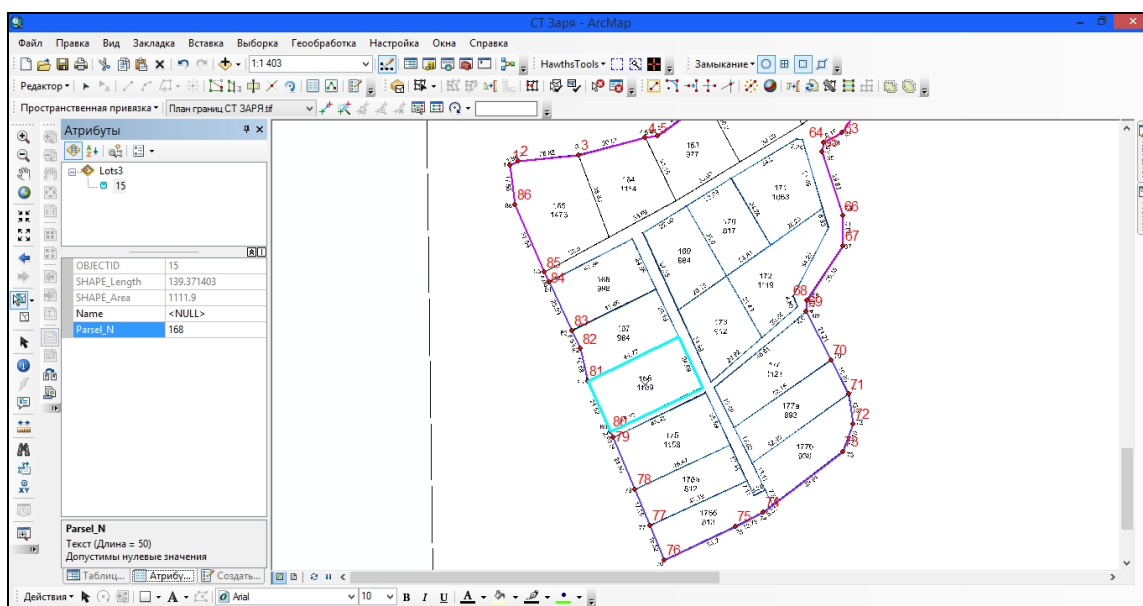


Рис. 6.132

Подпишите объекты слоя *Lots3* (рис. 6.133). Для этого зайдите в свойства данного слоя. В закладке *Поля* нажмите на кнопку изменения числового формата поля *SHAPE_Area*. В окне *Числовые форматы* задайте округление *Число десятичных знаков* – 0. Теперь значения площади (в м²) будут округляться до целых. Перейдите в закладку *Надписи*. Отметьте здесь галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя* и нажмите кнопку *Выражение*. Создайте выражение *[Parsel_N]&VBnewline&[SHAPE_Area]*.

Шаг 8. Создайте на основе земельных участков слоя *Lots3* их границы в слое *Lots2*. Для этого зайдите в таблицу атрибутов слоя *Lots3* (клик правой клавишей мыши по слою в таблице содержания → *Открыть таблицу атрибутов*). Нажмите на кнопку *Опции таблицы* и выберите инструмент *Выбрать все*. После выборки закройте атрибутивную таблицу.

Выполните «Правка» → *Копировать*. Теперь все объекты слоя *Lots3* скопированы в буфер обмена. Вставьте эти объекты с помощью команды «Правка» → *Вставить*. В окне *Вставить* в качестве *Целевого слоя* выберите «*Lots2*».

Снимите выборку со всех объектов (Выборка → *Очистить выбранные объекты*).

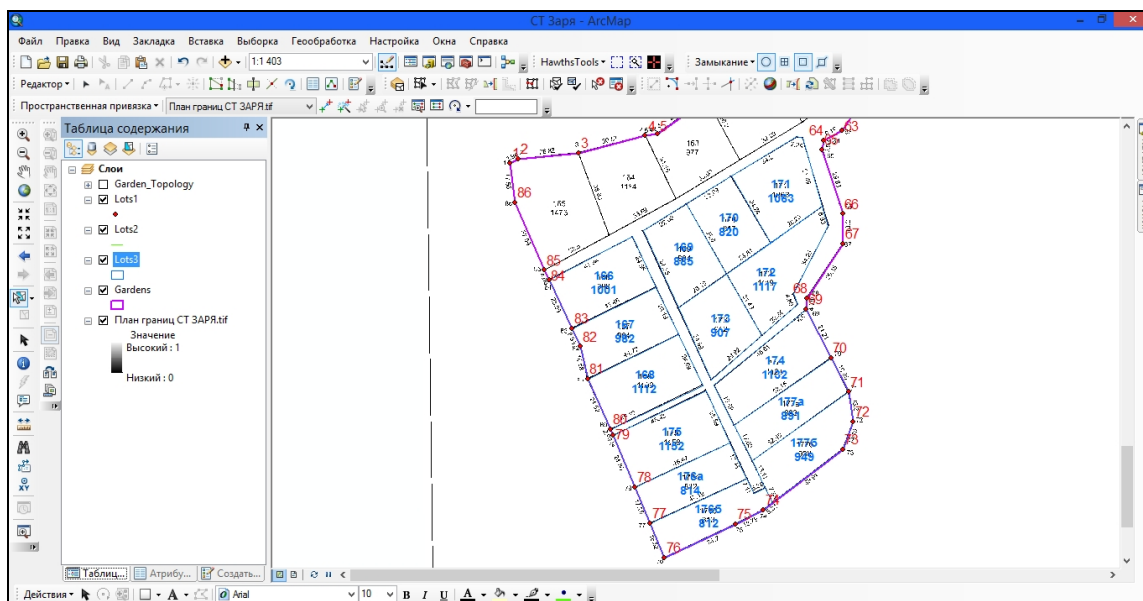


Рис. 6.133

Теперь вам необходимо, чтобы каждый сегмент границы был отдельной линией. Для этого нужно *разбить все линии по их вершинам*. Зайдите в таблицу атрибутов слоя Lots2 и выберите все объекты этого слоя (Опции таблицы → Выбрать все). После выборки нажмите инструмент *Разбить линии на пересечении*  на панели инструментов *Расширенное редактирование* (Редактор → Дополнительные инструменты редактирования → Расширенное редактирование).

Подпишите слой Lots2 по полю *SHAPE_Length*. Предварительно в разделе Поля свойств слоя для поля *SHAPE_Length* задайте округление *Число десятичных знаков* – 2. Теперь все длины линий (в м) земельных участков будут округляться до двух знаков после запятой (рис. 6.134).

Ввиду того, что не все стороны границ земельных участков имеют трехстороннее пересечение друг с другом (прежде всего это крайние участки массивов), необходимо выполнить их разбиение в ручном режиме. Для этого установите опцию отображения «Таблицы содержания» *По выборке* . Сделайте доступными для выборки только объекты слоя Lots2. Инструментом *Выбрать объекты* , выделите сторону границы земельного участка, где не произошло полного разбиения сегментов автоматическим способом. Выполните разбиение отдельных сторон инструментом *Разбить* , расположенном на панели инструментов «Редактор».

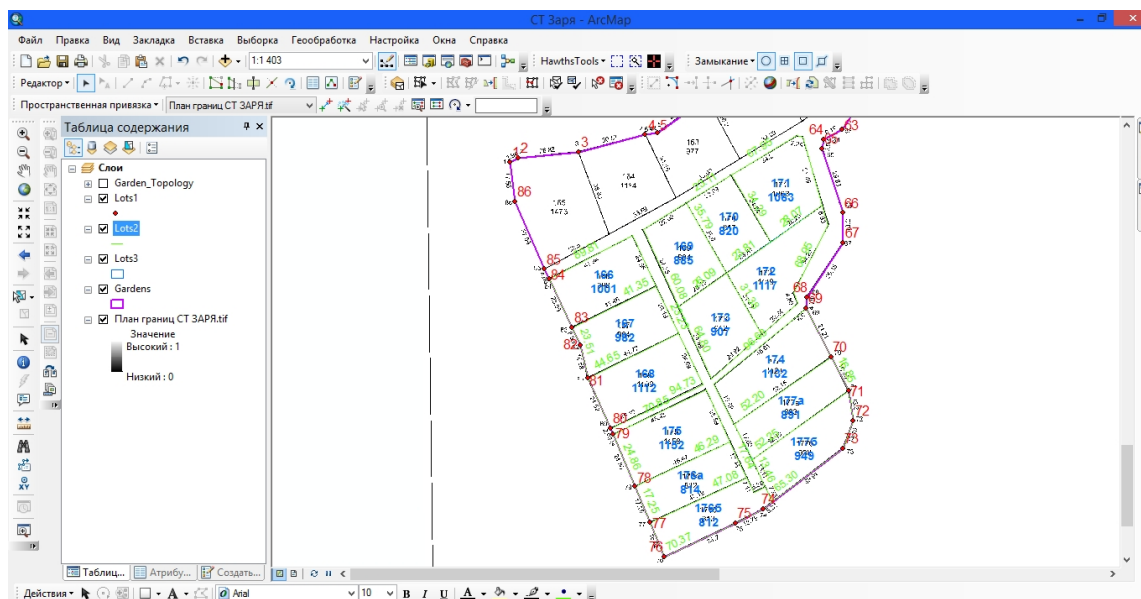


Рис. 6.134

Шаг 9. Создайте поворотные точки границы земельного участка № 168, принадлежащего гражданке Ивановой Надежде Викторовне. Для этого окне *Создать объекты* выберите слой, которому будут принадлежать новые объекты. Этим слоем будет слой *Lots1*. В качестве *Инструмента построения* выберите *Точка*.

Создавая поворотные точки в окне  *Атрибуты* в поле *Number_* пометайте их номер, начиная от нижней левой в пределах земельного участка, а затем нумерацию продолжайте по часовой стрелке (рис. 6.135).

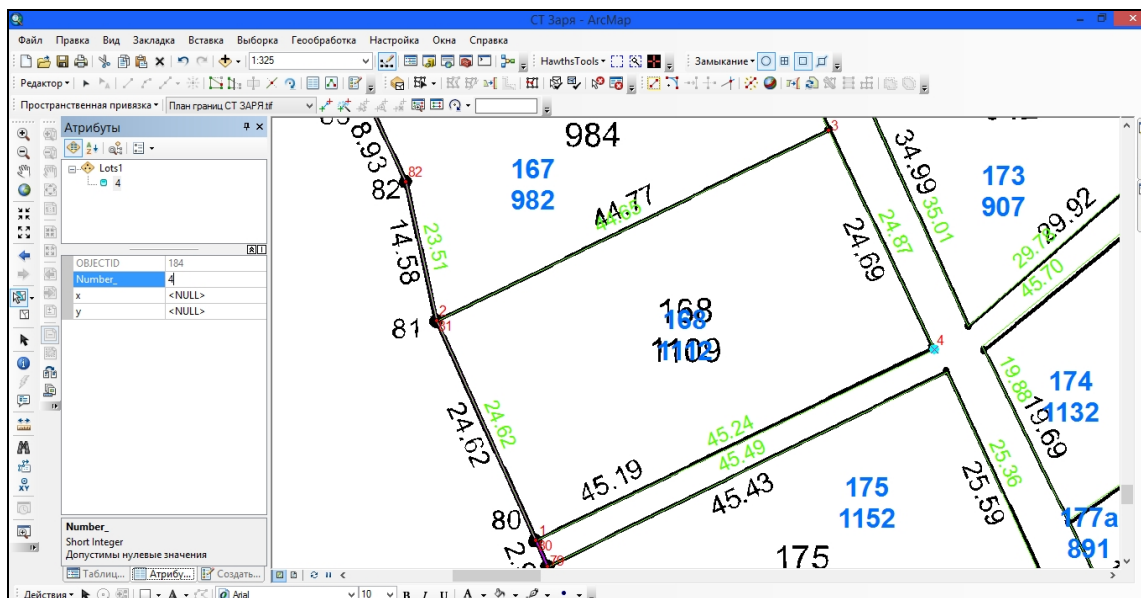


Рис. 6.135

Шаг 10. При первоначальной оцифровке достаточно тяжело получить нужные площади земельных участков и длины линий их границы. Вашей задачей является *получение полного соответствия векторных слоев тем размерам, которые указаны на бумажном плане*, т. е. чтобы каждая векторная линия границы имела ту же длину, что указана на плане, также и с площадью каждого земельного участка. Для достижения этого наиболее удобным является использование инструмента *Редактировать топологию*  на панели инструментов *Топология*.

Инструмент «Редактировать топологию» позволяет *одновременно редактировать объекты всех слоев, участвующих в топологии*. Процедура использования этого инструмента следующая: необходимо выбрать данный инструмент, после чего кликнуть на вершину, которую вы хотите отредактировать. Она подсветится фиолетовым цветом (рис. 6.136, а). После этого вы можете перемещать эту вершину в нужное для вас место. Вместе с вершиной будут перемещаться все вершины слоев, участвующих в топологии (рис. 6.136, б).

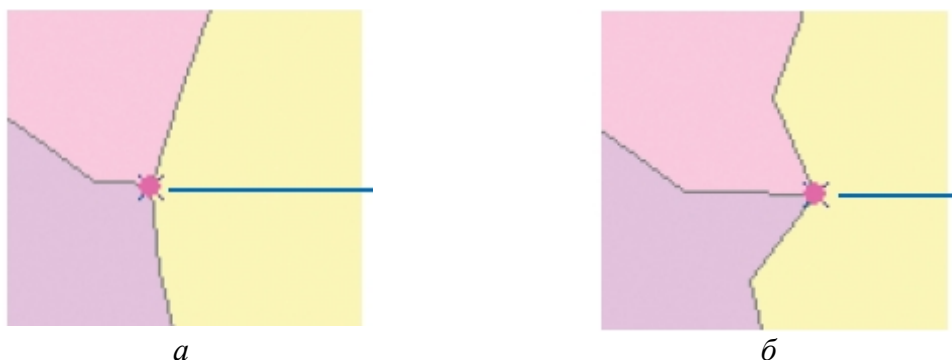


Рис. 6.136

Отключите опцию замыкания (Замыкание → Использовать замыкание). Используя инструмент *Редактировать топологию*  добейтесь того, чтобы все векторные линии границы земельного участка № 168, а также площадь этого участка соответствовали указанным на растровом плане (рис. 6.137). При этом не подвержайте топологическому редактированию те поворотные точки земельного участка, которые соответствуют поворотным точкам внешней границы садового товарищества.

Таким же образом отредактируйте все длины линий и все земельные участки оцифрованных вами трех массивов участков граждан (рис. 6.138). Не подвержайте топологическому редактированию те стороны границ земельного участка, которые сторонам внешней границы садового товарищества.

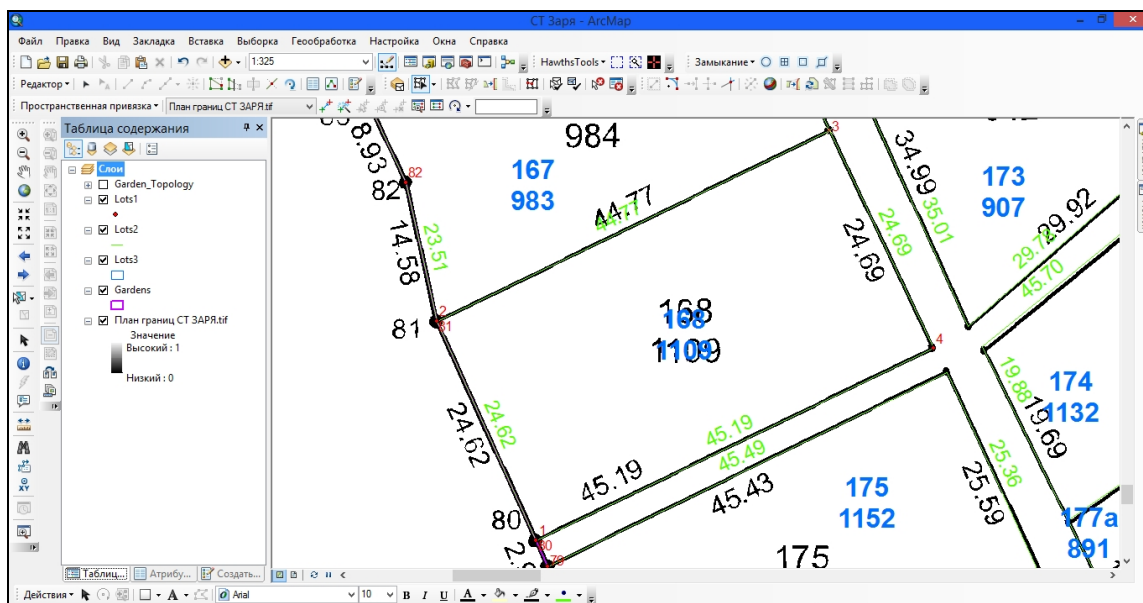


Рис. 6.137

После топологического редактирования сохраните изменения редактирования (Редактор → Сохранить изменения).

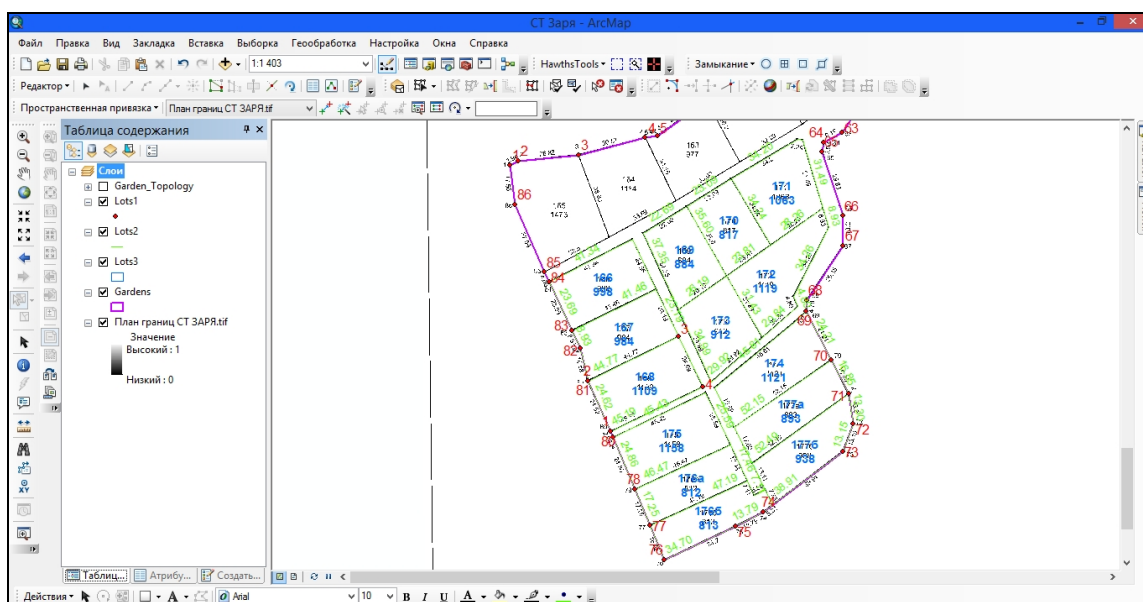


Рис. 6.138

Шаг 11. Приблизьте экстенд фрейма данных к слою «Gardens». Включите отображение слоя Garden_Topology. С помощью инструмента  Проверить топологию в текущем экстенде (находится на панели инструментов «Топология») проверьте топологию. Откройте инструмент  Инспектор ошибок. С помощью инструмента  Исправить ошиб-

ки топологии выделите весь экстенд слоя «Горизонтали». В окне «Инспектор ошибок» появятся ошибки топологии

Группу ошибок *Граница должна совпадать с (полигоны Gardens, линии Lots2)* пометьте как исключения. Для этого выделите эти ошибки и сделайте клик правой клавишей мыши → *Пометить как исключение* (рис. 6.139).

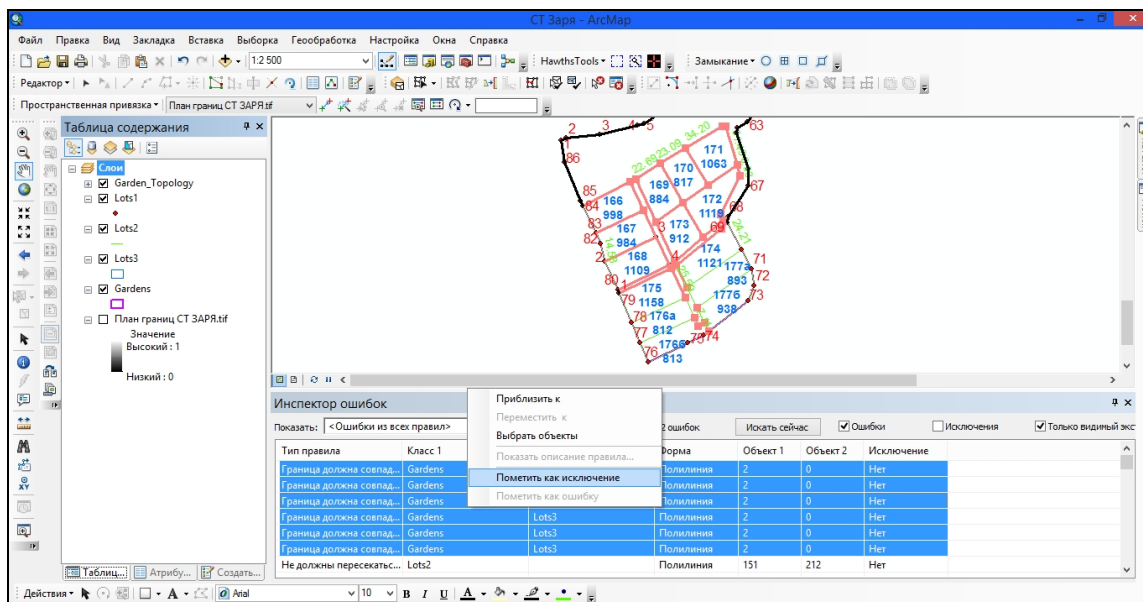


Рис. 6.139

Таким же образом пометьте как исключения группу ошибок *Конечные точки должны совпадать с (линии Lots2, точки Lots1)* (рис. 6.140).

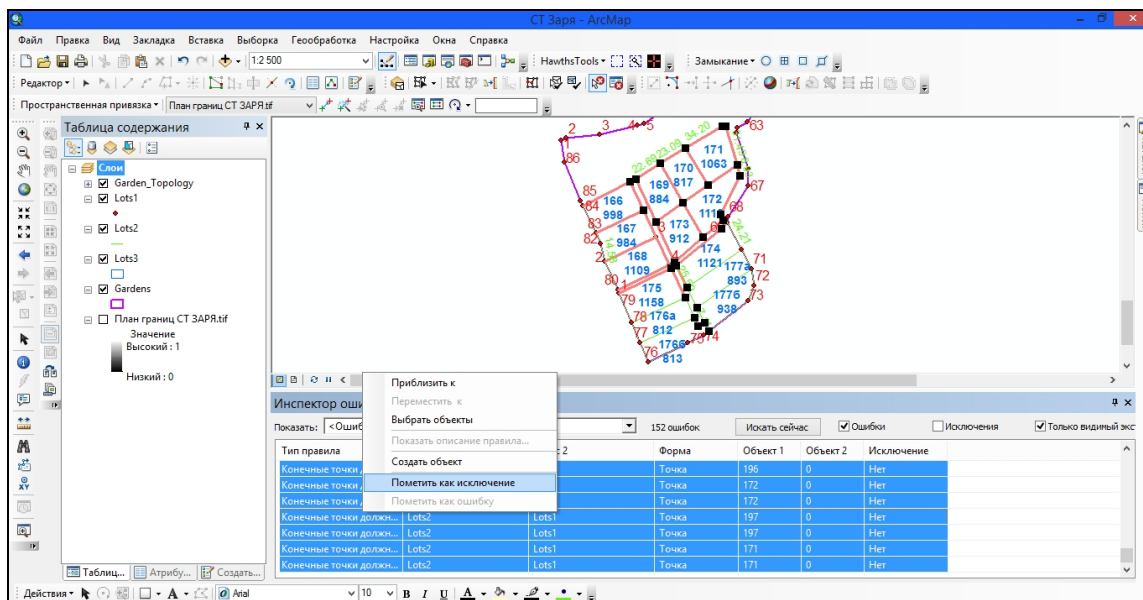


Рис. 6.140

Оставшуюся группу ошибок *Не должны пересекаться или касаться (линия Lots2)* необходимо исправить с помощью вычитания (рис. 6.141).

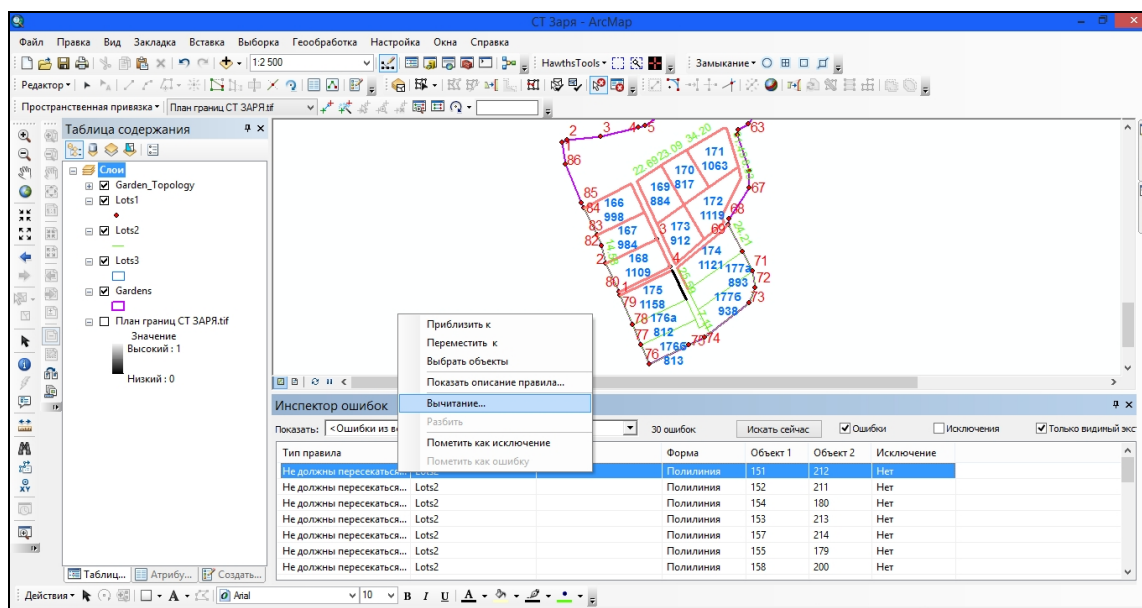


Рис. 6.141

После исправления всех ошибок топологии закройте *Инспектор ошибок*, отключите отображение слоя *Garden_Topology* и сохраните изменения редактирования (Редактор → Сохранить изменения).

Шаг 12. Откройте атрибутивную таблицу слоя *Lots1*, выделите точки, являющиеся поворотными точками границ земельного участка № 168 и нажмите кнопку *Показать выбранные записи*. Вычислите координату *X* для выбранных точек (правый клик мышкой по названию поля *X* → *Вычислить геометрию*) (рис. 6.142). В окне *Вычислить геометрию* выберите в разделе «Свойства» выражение *X координата точки* (рис. 6.143).

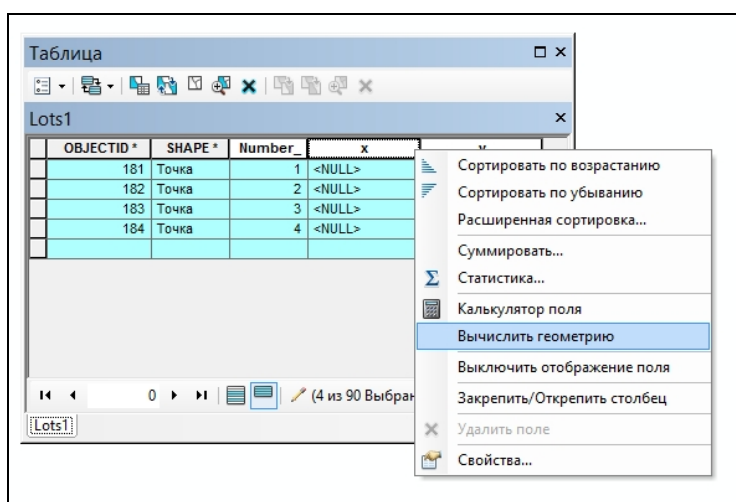


Рис. 6.142

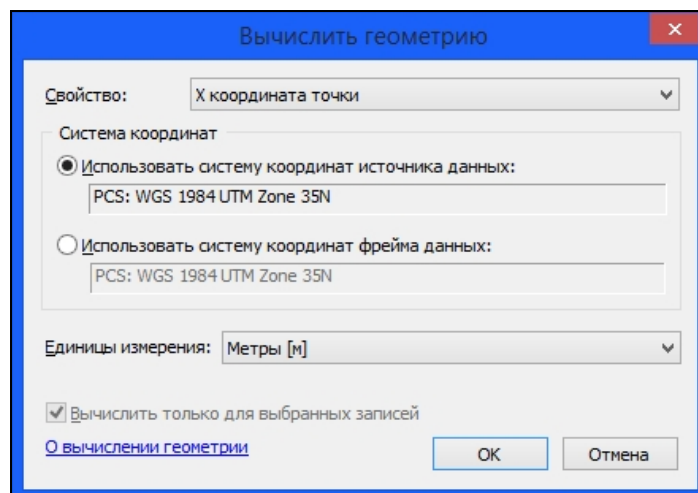


Рис. 6.143

Аналогичным образом вычислите *координату Y* в поле Y, выбрав в окне *Вычислить геометрию* в разделе «Свойства» выражение *Y координата точки*.

Завершите сеанс редактирования (Редактор → Завершить редактирование).

Шаг 13. Экспортируйте координаты выбранных точек как текстовый файл. Для этого в таблице атрибутов выберите «Опции таблицы» → *Экспортировать* (рис. 6.144). Сохраните записи как текстовый файл в своей папке под именем *168* (рис. 6.145). Не добавляйте результат экспорта в проект.

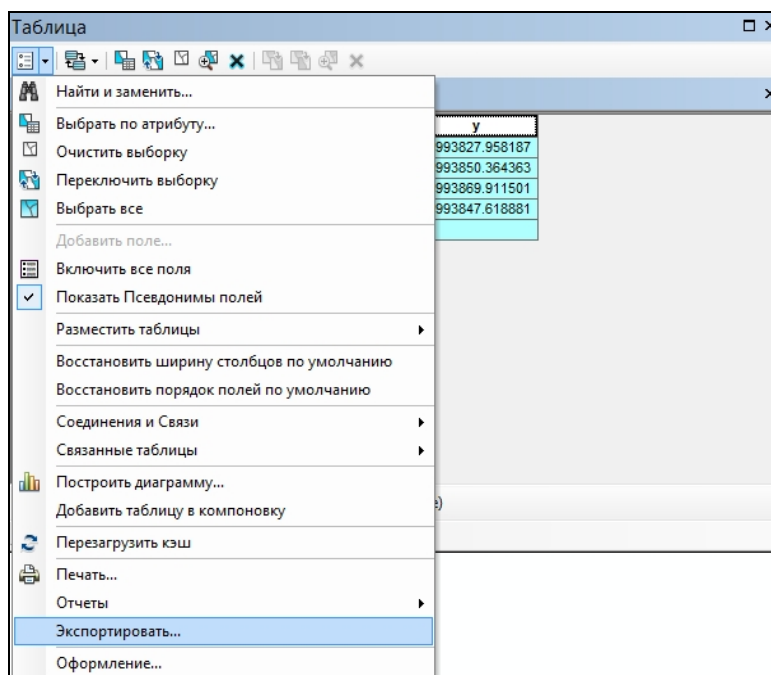


Рис. 6.144

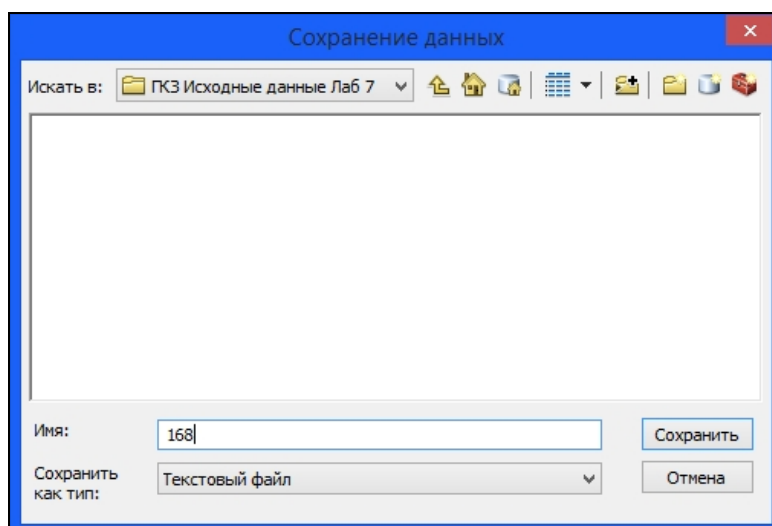


Рис. 6.145

Шаг 14. Откройте Microsoft Excel. Запустите опцию Данные → Из текста. Загрузите экспортированный из таблицы атрибутов ГИС ArcGIS текстовый файл поворотных точек границы земельного участка № 168. В качестве символа-разделителя используйте запятую.

Путем копирования данных из таблицы Microsoft Excel создайте в Microsoft Word каталог координат, как показано ниже.

Каталог координат точек поворота границ земельного участка № 168, предоставленного в частную собственность Ивановой Надежде Викторовне в садоводческом товариществе «Заря» система координат UTM зона 35N		
№ точки	Координата X	Координата Y
1	XXX	XXX
2	XXX	XXX
3	XXX	XXX
4	XXX	XXX
Площадь участка XXX м² Составил _____ Иванов Д. А. Проверил _____ Петров И. Г.		

Шаг 15. Экпортируйте поворотные точки и границу земельного участка № 168 в отдельные шейп-файлы. Для этого откройте атрибутивную

таблицу слоя *Lots1* и выделите только поворотные точки границ земельного участка № 168 (рис. 6.146).

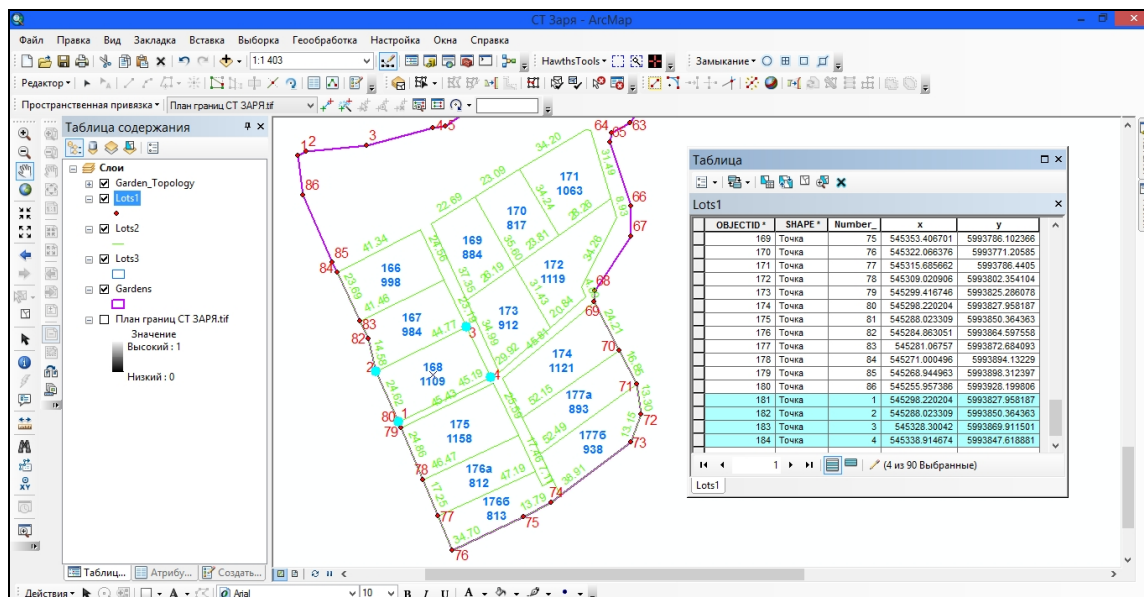


Рис. 6.146

Закройте атрибутивную таблицу. Экпортируйте объекты слоя *Lots1* (клик правой клавишей мыши по слою *Lots1* → Данные → Экспорт данных) в шейп-файл с именем *Points_168* в свою папку. Согласитесь с добавлением нового шейп-файла в проект.

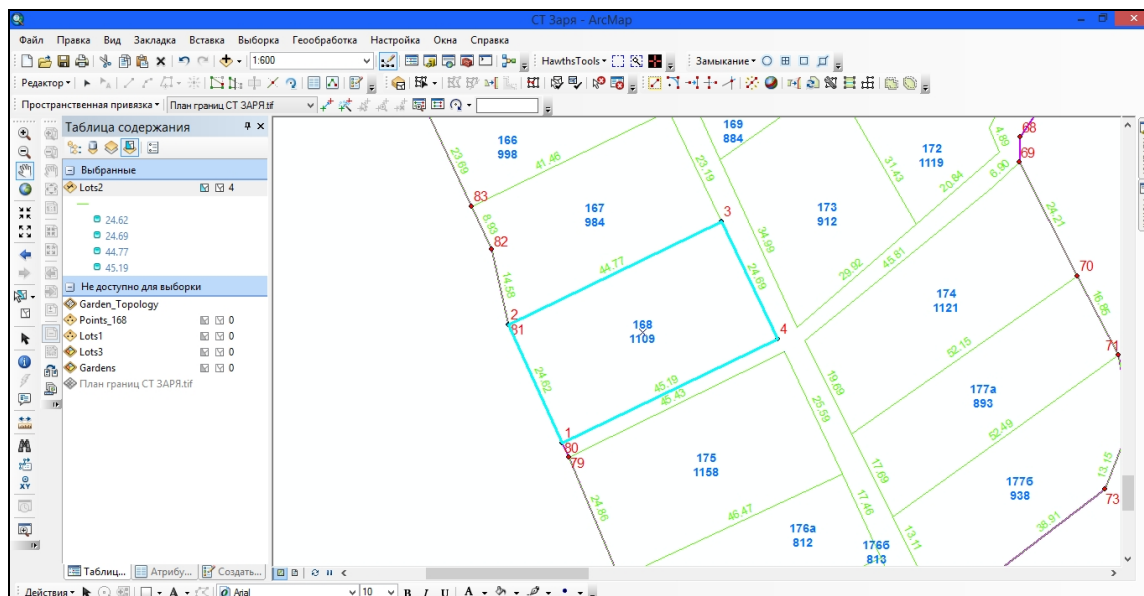


Рис. 6.147

Установите опцию отображения «Таблицы содержания»  По выборке. Сделайте доступными для выборки только объекты слоя *Lots2*.

Инструментом  *Выбрать объекты* выберите все фрагменты границы земельного участка 168 (рис. 6.147). Экпортируйте объекты слоя *Lots2* (клик правой клавишей мыши по слою *Lots2* → Данные → Экспорт данных) в шейп-файл с именем *Lines_168* в свою папку. Согласитесь с добавлением нового шейп-файла в проект.

Шаг 16. В таблице содержания оставьте на визуализации следующие слои: *Points_168*, *Lines_168*, *Gardens* и *Lots3*. Сделайте клик правой клавишей по слою *Points_168*, откройте «Свойства слоя». Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения «Пространственные объекты: Единый символ». Кликните по пиктограмме символа и выберите для него категорию *Круг 2*, цвет – черный, размер – 5.

Методом отображения объектов *Единый символ* символизируйте и остальные слои (*Lines_168*, *Gardens* и *Lots3*). Для слоя *Lines_168* определите цвет – черный, ширина – 0,2. Слой *Gardens* символизируйте следующим образом: цвет заполнения – нет, ширина контура – 0,5, цвет контура – черный. Для слоя *Lots3* выберите цвет заполнения – нет, ширина контура – 0,2, цвет контура черный.

Шаг 17. Подпишите объекты в слоях. В свойствах слоя перейдите в закладку *Надписи*. Объекты слоя *Points_168* подпишите по полю *Number_*, шрифт *Arial*, цвет – черный, размер – 14; слоя *Lines_168* – по полю *SHAPE_Length* (предварительно в закладке «Поля» для поля *SHAPE_Length* задайте округление «Число десятичных знаков – 2»), шрифт – *Arial*, цвет – черный, размер – 16. Объекты слоя *Lots3* надпишите по выражению "*Участок № "&[Parsel_N]&VBnewline&[SHAPE_Area]*". Предварительно в закладке «Поля» для поля *SHAPE_Area* задайте округление «Число десятичных знаков – 0». Шрифт надписи – *Arial*, полужирный, цвет – черный, размер – 18.

Шаг 18. В меню *Вид* (*Вид* → *Свойства фрейма данных*) в закладке «Фрейм данных» установите для карты *Фиксированный масштаб*, равный 1 : 500.

Конвертируйте надписи слоев *Points_168*, *Lines_168*, *Lots3* в *аннотации*. **Аннотация** – это одна из опций ArcGIS для хранения текстов, размещаемых на картах. В аннотации хранятся одновременно сама текстовая строка, ее местоположение и свойства отображения. В отличие от них у *надписи* текст и местоположение генерируются динамически в соответствии с набором правил размещения.

Для конвертации надписей слоя в аннотации сделайте клик правой клавишей мыши → *Конвертировать надписи в аннотации*. В окне «Конвертировать надписи в аннотации» выберите *Сохранить аннотацию в документе карты*.

После конвертации в аннотации надписей слоев Points_168, Lines_168, Lots3 разместите их, как показано на рис. 6.148 с помощью инструмента  *Выбрать элементы*, расположенного на панели инструментов «Инструменты» или «Рисование».

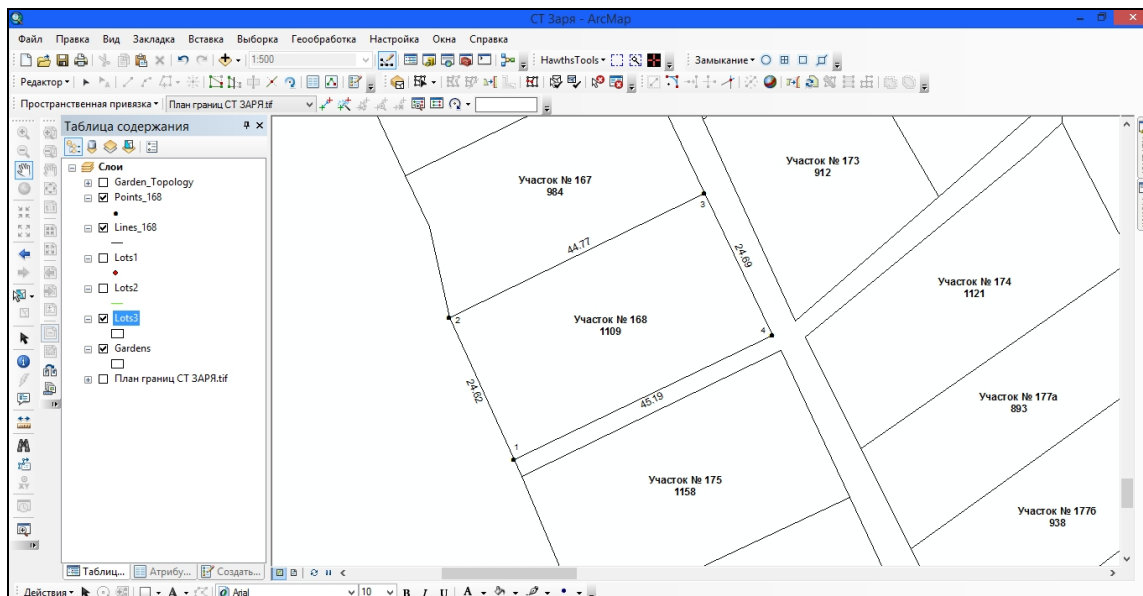


Рис. 6.148

Создайте с помощью инструмента  *Новый текст* на панели инструментов «Рисование» создайте графические надписи смежных землепользователей (рис. 6.149), а затем разместите их с помощью инструмента *Выбрать элементы* и *Повернуть* на той же панели инструментов.

Выбрать шрифт и особенности выравнивания графических надписей можно, сделав клик правой клавишей мыши по надписи инструментом  *Выбрать элементы* и выбрать «Свойства».

Шаг 19. Выполните компоновку плана границ земель. Для этого перейдите в *Вид компоновки* (Вид → Вид компоновки). В меню *Файл* (Файл → Параметры страницы и печати) выставите для плана границ лист формата А4.

Используя инструмент  *Выбрать элементы*, разместите фрейм данных по центру страницы. С помощью инструмента  *Переместить* поместите земельный участок № 168 в центр листа.

Вставьте внизу листа карты по центру *Текст масштаба* (Вставка → Текст масштаба). Используйте шрифт Arial, размер – 22, цвет – черный).

С помощью инструмента  *Новый текст*, находящегося на панели инструментов «Рисование», создайте текст «ПЛАН (по материалам

оцифровки) границ земельного участка № 168, предоставленного в частную собственность гражданке Ивановой Надежде Викторовне в садоводческом товариществе «Заря» (шрифт – Arial, размер – 22, цвет – черный). Аналогично – текст «План границ земельного участка составил: ФИО».

Разместите элементы компоновки плана границ, как показано на рис. (рис. 6.149).

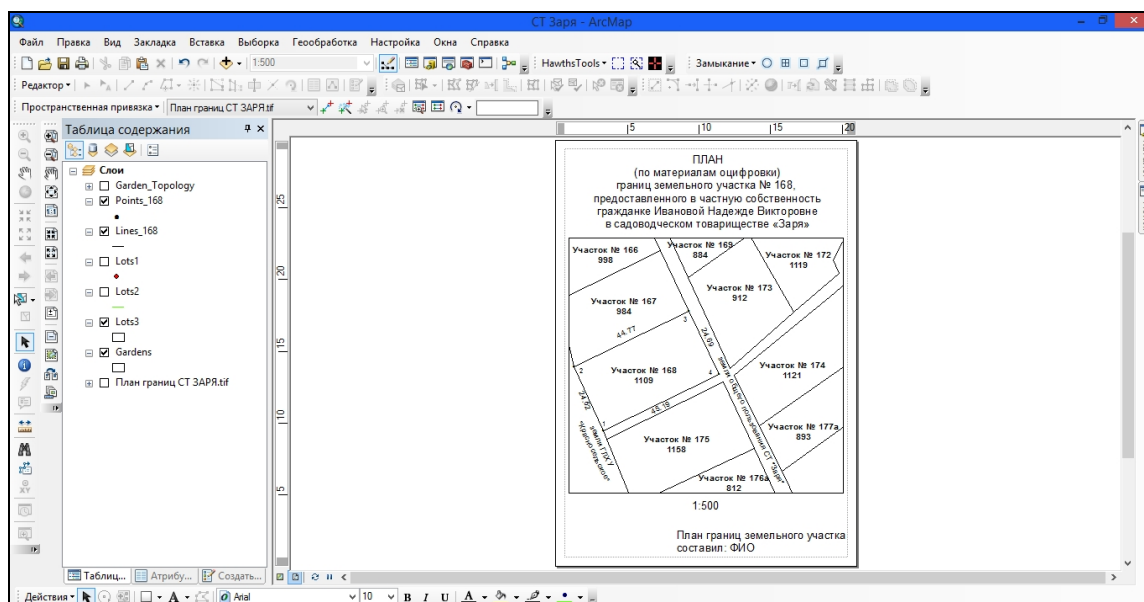


Рис. 6.149

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основную последовательность шагов по геопривязке, трансформированию и оцифровке планово-картографических материалов в ГИС ArcGIS.
2. Что в ГИС ArcGIS понимается под подписью, а что – под аннотацией? Имеются ли между ними отличия в хранении и отображении?
3. Чем отличается топологическое редактирование векторных объектов в ГИС ArcGIS от нетопологического?
4. На основе предложенного преподавателем участка в пределах СТ «Заря» самостоятельно сформируйте его каталог координат и план границ по результатам оцифровки планово-картографических материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Андрианов, В. Свойства данных дистанционного зондирования // ArcReview. 2001. № 2(17). С. 3.
2. Берлянт, А. М. Геоинформационное картографирование. М., 1997.
3. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Ю. Б. Баранов и др. М., 1999.
4. Геоинформатика : учебник для вузов: в 2-х кн. / под ред. В. С. Тикунова. М., 2010.
5. ДеМерс, Майкл Н. Географические информационные системы. Основы : пер. с англ. М., 1999.
6. Ильинский, Н. Д., Обиралов, А. И., Фостиков, А. А. Фотограмметрия и дешифрирование снимков : учебник для вузов. М., 1986.
7. ТКП 289-2015 Установление и восстановление границ земельных участков. Порядок проведения: утв. Государственным комитетом по имуществу Респ. Беларусь 12.11.2015 г., № 244.
8. Инструкция о порядке разработки схем землеустройства районов: утв. Государственным комитетом по имуществу Респ. Беларусь 29.05.2008, № 43 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2006. № 8. – 19288.
9. Инструкция по дешифрированию аэрофотоснимков и фотопланов масштаба 1 : 10 000 (временная) : утв. Государственным комитетом по земельным ресурсам, геодезии и картографии Респ. Беларусь 12.04.1999 г., № 01-4/51.
10. Кашкин, В. Б., Сухинин, А. И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений : учебное пособие. М., 2001.
11. Клебанович, Н. В. Земельный кадастр: учеб. пособие для вузов по спец. География». Мн., 2007.
12. Кодекс Республики Беларусь о земле от 23.07.2008 г. № 425-З с изм. и доп. 6.11.2008 г. № 447-З, 29.12.2009 г. № 73-З, 28.12.2009 г. № 96-З, 6.05.2010 г. № 120-З, 7.01.2011 № 232-З, 22.01.2013 № 17-З, 4.01.2014 № 107-З.
13. Кравцова, В. И. Космические методы исследования почв : учебн. пособие для студентов вузов. – М., 2005.
14. Лабутина, И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков : учебн. пособие для студентов вузов. – М., 2004.
15. Методические рекомендации на выполнение работ по созданию тематического слоя «Почвы» земельно-информационной системы. Мн., 2006.

16. Методы обработки многозональных снимков ASTER [Электронный ресурс] / Новосибирский региональный центр геоинформационных технологий. Режим доступа : http://www.nrcgit.ru/aster/methods/content_metods.htm. Дата доступа : 1.03.2010.

17. Мясникович, М. В. Космические технологии в системе управления народохозяйственным комплексом Республики Беларусь // Информатика. 2007. № 3. – С. 6–13.

18. Ольшевский, А. Выбор оптимального метода классификации космоснимков для целей автоматизированного дешифрирования видов земель // Земля Беларуси. 2010. № 1. С. 42–48.

19. Подготовить методическое пособие по разработке схем землеустройства административных районов : отчет о НИР (заключит.) / РУП БелНИЦзем». Мн., 2006. № ГР 2006640.

20. Провести исследования и подготовить Методические рекомендации и формы документов для разработки схем землеустройства районов: отчет о НИР (заключит.) / РУП БелНИЦзем». – Мн., 2008. № ГР 20083431.

21. Проект INTAS по разработке автоматизированной технологии классификаций земных покрытий : научные задачи, основные результаты и перспективы / Л. Бродский и др. // Космічна наука і технологія. 2009. Т. 15. № 2. С. 36–48.

22. Прусс, П. Подсистема Кадастровый редактор» ГИС ArcGIS // Земля Беларуси. 2008. № 3. С. 26–28.

23. Разработка схемы землеустройства Пинского административного района. 2 этап (апробирование и утверждение руководства (методических рекомендаций) по эколого-экономической оптимизации сельскохозяйственных земель) : отчет о НИР (заключит.) / РУП БелНИЦзем». – Мн., 2008. № ГР 200773269.

24. Серебряная, О. Л. Основы составления карт // ArcReview. 2009. № 1(48). С. 4–5.

25. ТКП 010-2005 Земельно-информационная система Республики Беларусь. Основные положения : утв. Комитетом по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Респ. Беларусь 10.08.2005 г., № 141, внесен Госстандартом Респ. Беларусь в Реестр государственной регистрации 17.08.2005 г., № 35.

26. ТКП 055-2006 Земельно-информационная система Республики Беларусь. Порядок создания : утв. Государственным комитетом по имуществу Респ. Беларусь 30.12.2006 г., № 314, внесен Государственным комитетом по стандартизации Респ. Беларусь в Реестр государственной регистрации 18.01.2007 г., № 154.

27. ТКП ОР (проект) Земельно-информационная система Республики Беларусь. Правила графического отображения.

28. Цифровая базовая картографическая модель местности. Руководство по созданию : утв. Комитетом по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Респ. Беларусь от 01.10.2002 г., № 144.

29. Экспериментальная схема землеустройства Браславского района : стратегия устойчивого землепользования / Е. Я. Гарцуева и др. // Земля Беларуси. 2009. № 3. С. 39–48.

30. CORINE Land Cover [Электронный ресурс] / European Environment Agency. Режим доступа : <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>. Дата доступа : 1.03.2010.

31. Principles of Remote Sensing : An Introductory Textbook / edit. board N. Kerle et al.. Enschede, 2007.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ	4
1. ВЕДЕНИЕ В ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ	5
1.1. Геоинформационное картографирование земельных ресурсов	5
1.2. Становление и развитие ГИС-методов картографирования земельных ресурсов	7
1.3. Рынок программного обеспечения ГИС-картографирования земельных ресурсов	10
1.4. ГИС-картографирование земельных ресурсов в Республике Беларусь	12
1.4.1. Земельно-информационная система Республики Беларусь	12
1.4.2. Автоматизированная система государственного земельного кадастра	24
1.4.3. Землеустройство	26
2. ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	30
2.1. Данные дистанционного зондирования, применяемые для целей ГИС-картографирования земельных ресурсов	30
2.2. Предварительная обработка цифровых снимков	34
2.3. Способы и методы дешифрирования	40
2.4. Визуальное дешифрирование. Особенности визуального дешифрирования земельных ресурсов	45
2.5. Автоматизированное дешифрирование. Особенности автоматизированного дешифрирования земельных ресурсов	57
3. ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ НАЗЕМНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	65
3.1. Основные топографо-геодезические работы, применяемые для ГИС-картографирования земель	65
3.2. Этапы проведения мероприятий по установлению и восстановлению границ земельных участков	68
4. ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ПЛАНОВО-КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	79
4.1. Этапы ГИС-картографирования земель на основе планово-картографических материалов	79
4.2. Использование планово-картографических материалов при ГИС-картографировании земельных ресурсов в Республике Бе-	

ларусь	83
4.2.1. Формирование слоя Почвы» БГД ЗИС Республики Беларусь	83
4.2.2. Формирование ЦМР при создании ГИС Трехмерная модель» ЦБКММ	87
4.2.3. Создание планов границ земель садоводческих товариществ (дачных кооперативов)	94
5. ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНЫХ ДАННЫХ. СИМВОЛИЗАЦИЯ И ОФОРМЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНО-КАДАСТРОВЫХ КАРТ В ГИС	98
5.1. Общие рекомендации по составлению карт. Основные элементы карты	98
5.2. Этапы дизайна и компоновки карты в ГИС. Внешние и внутренние факторы картографического дизайна	101
5.3. Использование векторных моделей представления пространственных данных для ГИС-картографирования земель	106
5.4. Особенности оформления и символизации земельно-кадастровых карт с помощью ГИС в Республике Беларусь	113
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЮ ЗЕМЕЛЬ	123
Задание 1. Формирование базы геоданных (на примере создания фрагмента БГД Локальной ЗИС Республики Беларусь)	123
Задание 2. Формирование топологии в базе геоданных (на примере создания топологии БГД Локальной ЗИС Республики Беларусь)	134
Задание 3. Визуальное дешифрирование типов и подтипов земель базы геоданных Локальной ЗИС Республики Беларусь по материалам аэрофотосъемки	139
3.1. Подготовка исходных данных для визуального дешифрирования земель. Предварительный анализ территории исследований	140
3.2. Визуальное дешифрирование типов и подтипов земель	149
3.3. Исправление результатов визуального (контурного) дешифрирования по результатам полевого дешифрирования	164
Задание 4. Автоматизированное дешифрирование видов земель по многозональным космическим снимкам	173
Задание 5. Создание плана границ земельного участка в ГИС по материалам наземной инструментальной съемки	181
Задание 6. Автоматическая векторизация рельефа в ГИС при	

создании цифровой модели рельефа для цифровой базовой картографической модели местности на основе планово-картографических материалов	194
Задание 7. Создание каталога координат углов поворота границ и плана границ земельного участка в ГИС на основе планово-картографических материалов	218
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ	240