

Лекция 2. Источники данных для ГИС

ГИС-картографирование земель на основе дистанционных методов исследований

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. ДДЗ систематизируют по нескольким параметрам: 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 БПЛА; 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 сверх крупномасштабные (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 сверх крупномасштабные 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. 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 заранее 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, в частности при определении нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI). Одни комбинации спектральных зон лучше показывают земли под растительностью, другие - под антропогенными объектами, третьи - под водными объектами и т. д.

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, спектральной 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 пикселей) и пригодны к непосредственной обработке и дешифрированию в ГИС. Пространственное разрешение таких данных зависит от размера пикселя.

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 пикселя 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.

ГИС-картографирование земель на основе наземных инструментальных методов исследований

Основными работами топографо-геодезического характера для целей ГИС-картографирования земель являются изыскания по установлению (восстановлению) границ земельных участков. Согласно ст. 1 Кодекса Республики Беларусь о земле 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. 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. 2.1).

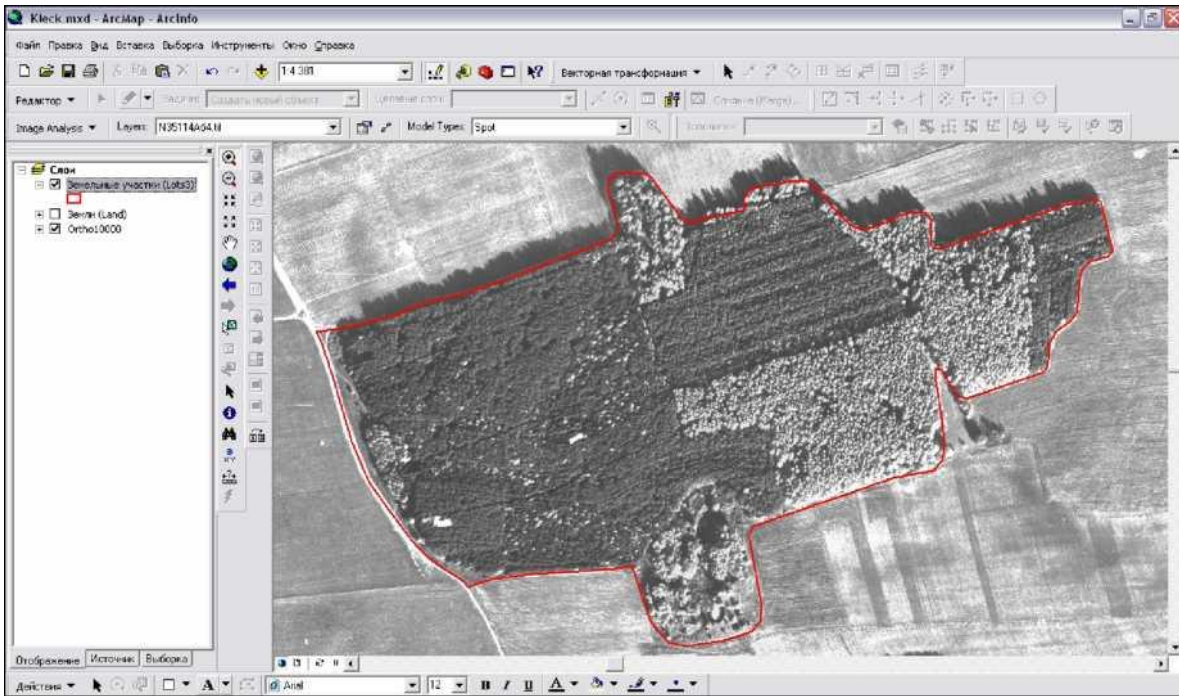


Рис. 2.1. Установление границы земельного участка государственного лесохозяйственного учреждения аэрофотогеодезическим способом

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).

Квалифицированное использование геоинформационных систем позволяет исключить инструментальные ошибки и ошибки перехода от масштаба к масштабу. Технологическая схема применения инструментария ГИС для дешифрирования космо- и аэрофотоснимков выглядит следующим образом:

1. Сканирование фотоснимка;
2. Регистрация полученного растрового изображения;
3. Трансформация растрового изображения;
4. 3D моделирование рельефа местности с драпировкой трансформированным снимком;
5. Дешифрирование снимка;
6. Заверка результатов дешифрирования на местности.

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

При **комбинированном способе** границы земельных участков устанавливаются по материалам аэрофотосъемки с применением геодезических приборов и систем (рис. 2.2).

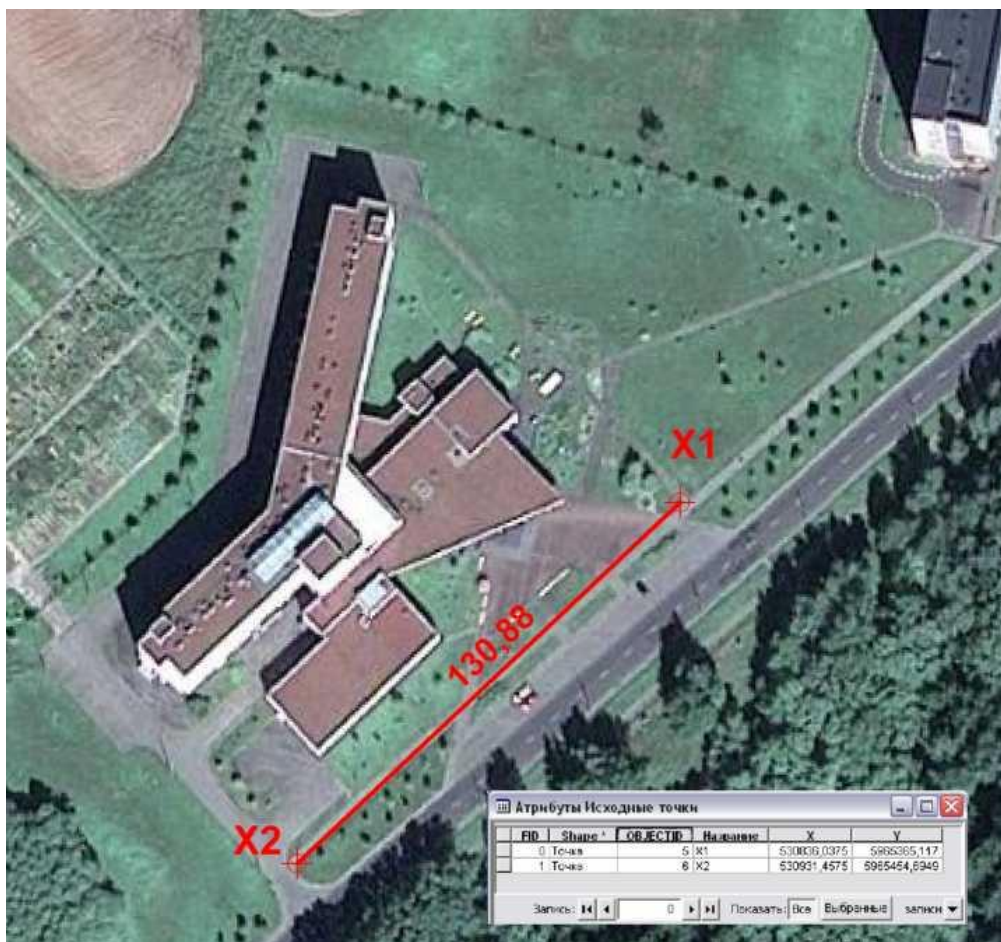


Рис. 2.2. Установление границы земельного участка комбинированным способом: в ГИС выполняется определение координат исходных пунктов для прокладки в полевых условиях теодолитного хода и тахеометрической съемки точек поворота границы

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, аэрофотоснимка (АФС) или космического снимка (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 координат, 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.

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

На этапе подготовительных работ осуществляется сбор, систематизация, изучение документов и материалов, на основании которых предоставляется земельный участок. После изучения имеющихся документов и материалов определяются возможности применения различных способов перенесения на местность границ земельного участка, намечаются местоположение межевых знаков, положение 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. 2.3).

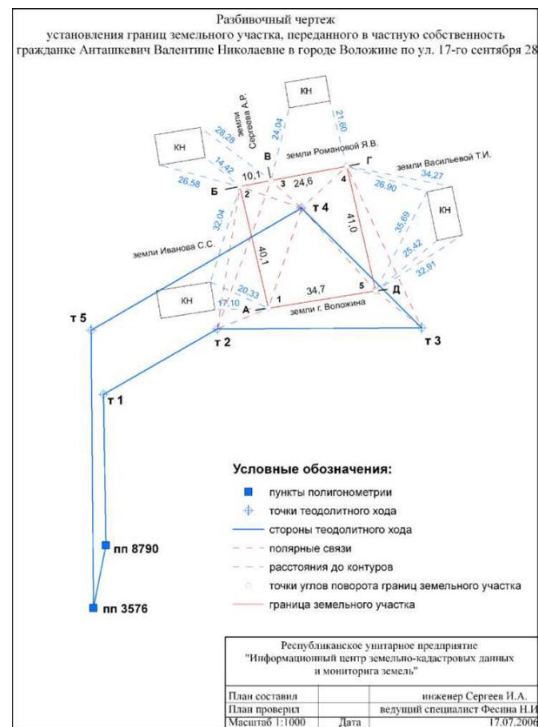


Рис. 2.3. Разбивочный чертеж, составленный в ГИС ArcGIS

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 опознанных 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.

Закрепление перенесенных на местность точек поворота границ предоставленного земельного участка производится межевыми знаками установленного образца. 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 землепользователей, 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.

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. 2.4).

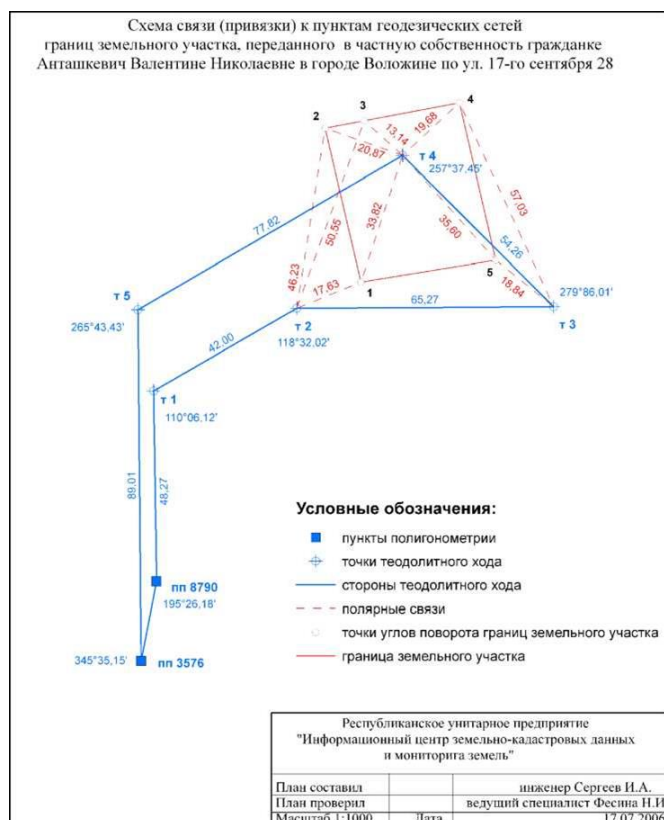


Рис. 2.4. Схема связи (привязки) границ земельного участка с пунктами государственной геодезической сети, составленная в ГИС ArcGIS

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 (БелНИЦзем, Беларусь), Trimble Geomatics Office (Trimble, США), CREDODAT и CREDO ТОПОПЛАН (Кредо-Диалог, Беларусь). Помимо перечисленных программных комплексов данные виды работ могут быть выполнены и в ГИС, например, ArcGIS (модуль Survey Analyst).

Вычислению координат предшествует уравнивание результатов измерений. Оценка точности функций результатов измерений (дирекционных углов, координат, площадей) по материалам уравнивания выполняется в процессе уравнивательных 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 уравнивательных вычислений составляется каталог координат точек поворота границ земельного участка. По полученным координатам вычисляется общая площадь в установленных (восстановленных) границах и составляется план границ земельного участка.

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 землевладений. 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: 1) все точки поворота границы земельного участка; 2) магистральные ходы, если они прокладывались для съемки рек, ручьев и так далее, являющихся границами земельных участков; 3) линии сухоходольных границ, границ, проходящих по ограждениям, контурам капитальных строений, рекам, ручьям и другим водным источникам, с промерами до них от межевых 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 землевладений, 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.

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.

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: 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.

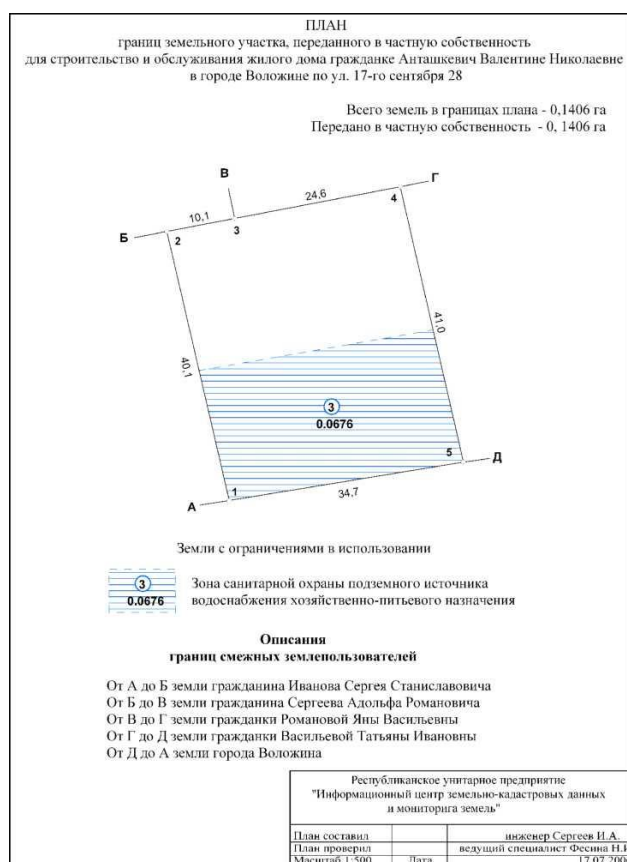


Рис. 2.5. План границ земельного участка, составленный в ГИС ArcGIS

Технологическая схема выполнения поставленной задачи выглядит следующим образом:

1. Сканирование исходной карты фактов;
2. Векторизация точек наблюдения;

3. Экспорт пространственных данных в формат ГИС;
4. Составление баз данных по результатам аналитических исследований;
5. Экспорт баз данных в ГИС;
6. Создание реляционного отношения «один к одному» между пространственными и атрибутивными данными средствами СУБД ГИС;
7. Расчет GRID по элементам в ГИС;
8. Построение моноэлементных карт;
9. Математическое моделирование полученных GRID;
10. Построение полиэлементных карт на основе моделирования.

ГИС-картографирование 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».

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.

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/pix; геопривязка - к системе координат Пулково 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, прямоугольной координатной сетки) в системе координат ИКМ;
- 3) трансформирование и геопривязка;
- 4) создание растровых каталогов в базе геоданных;
- 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.

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 единых 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 ГИС ArcGIS.

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.

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. 2.1).

Таблица 2.1. - **Наборы данных БГД «Maps Почвы»**

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
	Tabl 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 (Tabl_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.

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».

Цифровая почвенная карта на территорию сельскохозяйственного предприятия создается одним из способов, зависящих от вида Локальной ЗИС (векторной или ЗИС на растровой картографической основе). Процесс создания цифровой почвенной карты складывается из ряда этапов, приведенных в табл. 2.2.

Таблица 2.2. – Основные этапы создания цифровой почвенной карты

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	Отдел ЗИС
	Согласование слоя границ контуров почвенных разновидностей со слоями БГД Локальной ЗИС соответствующего района 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

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_roshv - кодов почвенных разновидностей землепользования БГД «Maps_Почвы». Таблица Kod_roshv создается на базе подготовленной таблицы-шаблона Leg_shablon.

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 проводится оцифровка 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 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 раstra к системе координат локальной ЗИС выполняется в среде AutodeskMap с помощью модуля Autodesk RasterDesign или в ArcMap ГИС ArcGIS с помощью команды Georeferencing.

Таблица 2.3. - Структура атрибутивной таблицы слоя «Почвы» БГД локальной ЗИС

Наименование данных	Имя поля	Тип поля	Примечание
Классификационная принадлежность почвы	Soil-Code1	Текстовое	Кодирование в соответствии с номенклатурным списком почв Беларуси
Генезис почвообразующих пород	Soil-Code2	Текстовое	
Гранулометрический или ботанический состав почв	Soil-Code3	Текстовое	
Характер подстилаяния	Soil-Code4	Текстовое	
Мелиоративное состояние и освоение	Soil-Code5	Текстовое	

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 «Рочв» 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.

К настоящему времени разработано несколько способов создания векторных цифровых карт с использованием геоинформационных систем:

- по исходным бумажным картам;
- по материалам съемок на местности;
- по данным дистанционного зондирования.

По сути, все эти способы различаются между собой способами получения данных для создания карт.

Технологию получения векторных цифровых карт по исходным бумажным картам можно разбить на следующие этапы:

1. Сканирование;
2. Подготовка к векторизации;
3. Векторизация растрового изображения с частичным наполнением атрибутивных баз данных;
4. Проверка качества векторизации;
5. Экспорт полученных данных в ГИС;
6. Наполнение атрибутивных баз данных;
7. Экспорт баз данных в ГИС;
8. Связь пространственных и атрибутивных данных в ГИС;
9. Оформление карт в соответствии с предъявляемыми требованиями.