МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА



Голозубов О.М., Литвинов Ю.А., Колесникова В.М.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

# «ВЕКТОРИЗАЦИЯ **КРУПНОМАСШТАБНЫХ** ПОЧВЕННЫХ КАРТ"

Электронная версия

Разработано к программе дополнительного образования "Инвентаризация АГРАРНО-ПОЧВЕННЫХ ДАННЫХ И ВЕКТОРИЗАЦИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПОЧВЕННЫХ КАРТ" (открыта 21 мая 2020 г. на факультете почвоведения МГУ)

Москва 2020

#### МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ «ВЕКТОРИЗАЦИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПОЧВЕННЫХ КАРТ". Электронная версия. М. 2020 г. 72 с.

Голозубов Олег Модестович, МГУ имени М.В.Ломоносова, ф-т почвоведения, кафедра географии почв, вед.н.с., к.б.н.

Литвинов Юрий Алексеевич, Академия биологии и биотехнологий имени Д.И.Ивановского Южного федерального университета, ст. преподаватель, к.б.н. Колесникова Варвара Михайловна, МГУ имени М.В.Ломоносова, ф-т почвоведения, кафедра географии почв, доцент, к.б.н.

Методическое пособие рекомендовано для лиц, имеющих среднее профессиональное и высшее образование, специалистов центров агрохимической службы Минсельхоза РФ, специалистов по аграрно-почвенному мониторингу, ГИС-специалистов в почвоведении и агрономии, заинтересованных в применении методики оцифровки архивных почвенных карт и тематических картограмм на основе актуальных материалов дистанционного зондирования Земли с применением современного программного обеспечения в своей работе.

В нем изложены методологические основы применения современных методов инвентаризации аграрно-почвенных данных И проведения векторизации крупномасштабных почвенных карт, необходимые для приобретения теоретических знаний и формирования практических навыков проведения инвентаризации аграрнопочвенных данных; освоения методики оцифровки архивных почвенных карт и тематических картограмм на основе актуальных материалов дистанционного зондирования; освоения основных приемов валидации цифровых почвенных карт и возможности их интегрирования в «Почвенно-географическую базу данных России».

Данное пособие поможет сформировать представление у специалистов об основных проприетарных и бесплатных геоинформационных системах, применяемых в сфере почвенного картографирования и управления земельными ресурсами; усвоить важные характеристики И принципы использования данных дистанционного зондирования Земли из различных источников для решения задач геореференсации и последующей корректировки архивных почвенных карт и критерии оценки качества первичных картографических материалов; познакомиться с принципами работы с семантической составляющей почвенных карт (легенды и экспликации к почвенным картам) с целью получения списков-классификаторов почв и современными методами и подходами в векторизации архивных почвенных карт и тематических картограмм; обосновывать выбор стратегии векторизации почвенной карты и грамотно выстраивать ехнологическую цепочку создания цифровой почвенной карты на основе архивных почвенно-картографических материалов.

# Оглавление

1 Введение	4
1.1 Этапы составления инвентаризационного списка	9
1.2 Анализ исходных картографических данных	9
1.3 Критерии качества картографических материалов	10
2 Выбор стратегии векторизации почвенной карты	15
3 Подготовка рабочей директории проекта и создание рабочего ГИС-проект	ra16
4 Обработка сканированных изображений в графическом редакторе	20
4.1 Обработка изображения почвенной карты	20
4.2 Обработка изображения легенды почвенной карты	24
5 Геореференсация почвенной карты	27
5.1 Добавление растрового изображения	27
5.2 Геореференсация почвенной карты в Google Earth	
5.3 Расчет и создание текстового файла привязки (*.tfw)	
5.4 Геореференсация в пакете программ ArcGIS	
6 Векторизация почвенной карты	43
6.1 Создание базы геоданных проекта	43
6.2 Создание векторного класса объектов в базе геоданных проекта	44
6.3 Внесение атрибутивных данных карты	53
7 Проверка качества векторной карты	55
7.1 Проверка корректности геометрии векторного слоя	57
7.2 Проверка топологии векторного слоя	60
7.3 Проверка наличия осколочных полигонов	66
7.4 Проверка на наличие мультиполигонов	67
7.5 Проверка атрибутивных данных векторной почвенной карты	68
ЛИТЕРАТУРА	71

## 1 Введение

Методика векторизации архивных почвенных карт включает в себя:

- инвентаризацию первичных материалов,
- анализ картографических данных с целью оценки качества сканированных изображений и выбора на основе качества стратегии оцифровки данных,
- подготовку рабочей директории проекта и создание рабочего ГИС-проекта,
- обработку почвенной карты в графическом редакторе,
- геореференсацию почвенной карты на основе набора ортофотопланов,
- выполнение векторизации в полуавтоматическом или ручном режиме, выполнение корректировки картографического изображения на основе данных дистанционного зондирования Земли,
- проверку геометрии векторных объектов на наличие некорректной геометрии и ошибок топологии,
- внесение атрибутивных данных с использованием выпадающих списков, составленных на основе группирования и дизагрегации семантической части почвенных карт,
- проверку цифровой почвенной карты: проверка геометрии, топологии объектов, атрибутивных данных.

В работе использовано следующее программное обеспечение (таблица 1)

Пункты технологической цепочки	Программное обеспечение		
1, 3	Пакет программ MS Office (picture manager, Excel)		
2	Adobe Fine Reader		
2, 3, 4, 5	Adobe Photoshop		
6	ArcGIS версия 10.2 и выше		
7	Google Earth		
7	SaSPlanet		
7	ArcGIS модуль georeferencing		
8	ArcGIS модули Editor, ArcScan, Topology, инструмент Check geometry		
9	ArcGIS модуль Editor		
10	ArcGIS модули Editor, Topology, инструмент Check geometry, Repair geometry		

Таблица 1 – Программное обеспечение

#### 1 Инвентаризация первичных картографических материалов

Инвентаризация – проверка фактического наличия, состояния и качества первичной почвенной информации. Результатом работ по инвентаризации первичной информации является инвентаризационный список почвенных материалов (рисунок 1).



1. «Шапка карты». Наименование хозяйства, его местоположение, краткая информация о дате проведения почвенного обследования или корректировки, тип топографической основы почвенной карты.

- 2. Картографическое изображение.
- 3. Информация о исполнителях.
- 4. Легенда почвенной карты.
- 5. Условные знаки почвенной карты.

Рисунок 1 – Краткое описание почвенных карт.

Материалы почвенного обследования классифицируется по дате и периодичности их получения, наличию или отсутствию позиционной информации, масштабу картографических материалов, тематике и возможным сферам их применения. Эффективное использование разнородных данных возможно только в случае их оцифровки: векторизации для пространственных данных и внесения в структурированном виде для непозиционной (атрибутивной информации). Первым и ответственным этапом оцифровки является инвентаризация имеющихся данных.

Под инвентаризацией понимается проверка и подтверждение наличия данных, фиксация найденной информации в реестрах, а также оценка состояния имеющейся информации и возможности ее оцифровки.

Не существует единой классификации инвентаризаций, особенно для почвеннокартографических данных. Тем не менее можно выделить следующие виды инвентаризации, использование которых обосновано и для природно-почвенной информации. Выделяют:

 обязательную инвентаризацию – проверка наличия картографических данных, представленных в цифровом виде или на бумажных носителях. Подобный вид инвентаризации подходит при получении доступа к крупным архивам картографической информации. В этом случае все данные проходят этап переписи и включения общий реестр.

 инициативную инвентаризацию. Этот вид инвентаризации проводится для задач уточнения существующих реестров данных. Выполняется он по решению руководителя организации, проводящей работы по инвентаризации и оцифровке данных.

По периодичности проведения работ выделяют плановую и внеплановую. Плановая инвентаризация проводится в соответствии с утвержденным руководителем графиком, в то время как внеплановая проводится по мере необходимости, например, при поступлении новых данных.

По способу проведения инвентаризации можно выделить натуральную и документальную. Натуральная инвентаризация подразумевает непосредственное наблюдение объектов, например, карт на бумажных носителях или просмотр сканированных карт и отчетов. В случае с документальной инвентаризацией проверяется наличие и полнота ранее внесенной в реестр информации.

-первичная и повторная инвентаризация. Повторная перепись данных проводится, когда требуется проинспектировать результаты первичной проверки.

По методу проведения инвентаризации можно выделить:

-сплошную. В этом случае объектами инвентаризации являются все имеющиеся в наличии архивные и актуальные почвенно-картографические данные.

- выборочную. Инвентаризации, чаще всего повторной проверке подлежат отдельные материалы.

Основным документом инвентаризации является реестр данных, включающий в себя перечень основных признаков, наиболее полно описывающих исходные материалы и

позволяющие определить качество данных, их полноту, формат хранения, а также необходимость оцифровки. Помимо описательной информации реестр содержит ряд идентификаторов. Можно выделить уникальные и неуникальные идентификаторы. К уникальным следует отнести порядковый номер объекта в реестре, в то время как неуникальных идентификаторов значительно больше. К ним относится, например, год почвенного обследования для почвенных карт, год определения границ для земельных участков, масштаб карты. Благодаря выстроенной системе уникальных и неуникальных идентификаторов происходит более эффективное управление данными и планирование работ по их оцифровке.

Список показателей, отображаемых в реестре уникален и зависит от тематики картографических материалов. Рассмотрим основные почвенно-картографические данные и процесс их инвентаризации.

Материалы почвенного обследования. К ним относятся почвенные карты, технические отчеты почвенного обследования, тематические картограммы, чаще всего негативных почвенных свойств и признаков (засоления, эрозии почв, каменистости, солонцеватости). В настоящий момент для территории бывшего Советского Союза накоплен значительный объем материалов почвенного обследования, выполненный региональными отделами ГИПРОЗема в период 50-х до середины 90-х годов прошлого века. В частности, для территории Ростовской области накоплены материалы по 4-турам почвенного обследования земель сельскохозяйственного назначения. Периодичность обследования регламентировалась внутренними нормативно-техническими документами, такими как «Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям И составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований». Согласно инструкции такие показатели, как гранулометрический состав почв, почвообразующие породы, название почв на уровне типа, подтипа обследовались 1 раз в 15 лет. Почвенные карты и очерки к ним хранились в 4-х экземплярах, которые предназначались для отдела землепользования землеустройства областного Управления хозяйства, районному И сельского сельскохозяйственному отделу райисполкома, непосредственно хозяйству. Олин экземпляр оставался в архиве регионального отдела ГИПРОЗЕма.

Почвенные карты земель сельскохозяйственного назначения составлялись в следующих масштабах:

Среднемасштабные почвенные карты (масштаб 1:300 000-1:500 000). Составлялись преимущественно для территории области, края.

Среднемасштабные почвенные карты административных районов области. Выполнялись в масштабе 1:100 000 на основе материалов крупномасштабного почвенного обследования.

Крупномасштабные почвенные карты отдельных хозяйств (колхозов, совхозов, сортоиспытательных участков, подсобных хозяйств) составлялись в масштабе 1:10 000-1:25 000.

В инвентаризационный список материалов почвенного обследования входят следующие позиции:

1. Административное положение. Название области/края, административного района, название хозяйства, в случае крупномасштабных почвенных карт.

2. Данные о топоснове почвенной карты (масштаб и год составления топографического плана, год аэрофотосъемки, год дешифрирования результатов аэрофотосъемки).

3. Год проведения почвенного обследования.

4. Масштаб почвенной карты.

5. Наличие дополнительных картографических материалов (картограмм) и их краткая характеристика (масштаб, тематика).

6. Количество почвенных выделов на карте.

7. Площадь картографируемой территории (области, района, хозяйства).

8. Количество листов карты или количество фрагментов карты на которое она была разбита в процессе сканирования.

9. Отметка о наличии очерка почвенного обследования.

10. Характеристика отчета: год составления, полнота сканирования, количество страниц, количество приложений к отчету.

11. Отметка о наличии цифровой карты, выполненной на основе материалов почвенного обследования.

Помимо инвентаризации архивных данных важно вести реестры оцифрованных данных: почвенных карт, тематических картосхем, данных мониторинга почвенного плодородия. В качестве фиксируемых показателей здесь используются следующие данные:

1. Название почвенного дата-центра, базы данных в которой хранятся оцифрованные материалы.

2. Организация-исполнитель работ по векторизации картографических материалов.

3. Год оцифровки.

4. Информация об первичных данных: масштаб, год обследования, для хозяйств и земельных участков год определения или изменения их границ, административное положение.

5. Площадь по данных цифровой карты.

6. Количество пространственных объектов в слое (полигонов, линий, точек).

Ведение реестров, оцифрованных данных является важным этапом работы, без которой сложно себе представить деятельность современного ГИС отдела или дата-центра.

#### 1.1 Этапы составления инвентаризационного списка

- 1. Создание архива первичных картографических данных.
- 2. Проверка наименований файлов и папок в архиве, названия которых должны быть даны по названию объектов картографирования (административный район или хозяйства). В случае выявления расхождений в названии папок и файлов или опечаток выполняется их исправление. Не допускается произвольное или неполное наименование объектов без приведения списка их наименований или шифров.
- 3. Первичный визуальный осмотр картографических данных с целью определения списка данных, подлежащих внесению в инвентаризационный список.
- 4. Создание таблицы в программе MS Excel.
- 5. Составление инвентаризационного списка путем визуального осмотра картографических данных.
- 6. Проверка качества внесенной в инвентаризационный список информации.

Результатом работы является инвентаризационный список, отвечающий следующим требованиям:

- а) Перечень показателей в инвентаризационном списке максимально полно описывает картографические данные и содержит всю информацию, указанную в шапке карты, в ее зарамочном оформлении и легенде.
- b) В инвентаризационном списке отсутствую пропуски. Информация, приведенная в списке, полностью соответствуют данным в архиве.
- с) В списке отсутствуют орфографические ошибки и опечатки.
- d) Все наименования внесены единообразно, в единой системе обозначений.

#### 1.2 Анализ исходных картографических данных

Картографические данные представляют собой разновременные карты, относящиеся к разным турам региональных почвенных обследований. В большинстве случаев эти данные превысили 15-летний срок актуальности, который отводится материалам почвенным обследований и требуют обновления и корректировки (Общесоюзная инструкция..., 1975). В связи с утратой части материалов, имеющиеся в наличии карты могут относиться к более ранним турам обследования. Качество карт на бумажных носителях и, следовательно, сканированных материалов зависит от времени составления карт, условиях их хранения и эксплуатации. В зависимости от качества картографических данных избирается стратегия их последующей обработки и векторизации. Для материалов высокого качества доступна полуавтоматическая векторизация, в то время как материалы низкого качества возможно векторизовать только в ручном режиме. Автоматическая векторизация авторами данного методического пособия не рассматривается ввиду нецелесообразности ее применения для большинства почвенных карт.

В большинстве случаев картографические материалы уже отсканированы и попадают в архив в виде растровых изображений различного формата (\*.tif, \*.jpg, \*.bmp и пр.). Сканирование выполнялась на базе Министерства сельского хозяйства (регионального и федерального уровня), центров и станций агрохимической службы, научно-исследовательских институтов И vчебных заведений. Для имеющихся сканированных изображений можно выделить критерии качества, связанные с а) качеством исходных картографических данных; б) качеством сканирования картографических данных.

#### 1.3 Критерии качества картографических материалов

- А. Качество исходных картографических материалов:
- 1. Степень сохранности картографических данных.
- 2. Полнота исходных картографических данных.
- 3. Качество прорисовки объектов на почвенной карте.
- 4. Стиль отображения объектов на почвенной карте.
- 5. Формат компоновки картографических данных (на нескольких листах, карта на складне и пр.).
- Б. Качество сканированных изображений:
- 1. Разрешение сканированного изображения
- 2. Качество сканированного изображения.
- 3. Стратегия сканирования изображений.

**А.1** Степень сохранности картографических данных на бумажных носителях: по степени сохранности бумажных картографических данных целесообразно выделить две группы:

а) карты, сохранившиеся в неизменном, с момента составления, виде. Целостность бумажного носителя не нарушена, отсутствуют повреждения и деформации, связанные с хранением и эксплуатацией карты. Цветовая палитра карты не изменена. К этим критериям не относятся деформации связанные с технологией изготовления карты, в частности, с возможными деформациями, связанными с раскраской карты водными красками и пр. (рисунок 2).



Рисунок 2 — Типы деформаций почвенных карт

б) карты измененные, в той или иной степени, хранением и эксплуатацией. К наиболее частым деформациям карты можно отнести:

– локальные помятости, затрудняющие чтение карты

– помятости, образующиеся при многократном складывании частей карты в процессе эксплуатации. Затрудняют сканирование карты и чтение отдельных ее элементов грязь на карте, связанная с длительной ее эксплуатацией. Отдельно следует выделить пометки, оставленные специалистами в процессе ее эксплуатации. Часто они носят характер черновых записей «на полях» и не могут быть использованы в дальнейшей оцифровке карты

- искажения цветовой гаммы карты в связи с длительным хранением и эксплуатацией,

 – разрывы и помятости, образующиеся на карте-складне, в случае отслоения бумажной карты от его тканевого основания

- деформации всей карты («волнистость»), связанные с ее ненадлежащим хранением

 разрывы карты в связи с ее неправильной эксплуатацией. Вероятна потеря части информации, без возможности ее последующего восстановления

**А.2** Полнота исходных картографических данных: часть материалов может быть утеряна, вследствии неправильного хранения и эксплуатации карты или в результате их некачественного сканирования. По наличию материалов выделяются две группы:

а) присутствует весь набор картографических данных

б) часть материалов отсутствует

В случае отсутствия части материалов на бумажном носителе отсутствующие данные не восстанавливаются. При отсутствии данных на сканированном изображении и наличии полного по комплектации оригинала целесообразно выполнить повторное сканирование.

**А.3** Качество прорисовки объектов на почвенной карте: при выборе стратегии обработки и векторизации материалов важное значение имеет качество отображения объектов (границ и условных знаков) на карте. В данном подразделе рассматривается качество отображения, связанное в первую очередь с качеством почвенной картыоригинала. По качеству прорисовки объектов на карте выделяется две группы:

а) объекты выделяются отчетливо. Границы почвенных выделов не имеют разрывов, условные знаки почвенной карты отпечатаны четко, не смазаны и читаются однозначно
б) объекты выделяются нечетко. Границы почвенных выделов имеют разрывы, условные знаки не читаются или читаются не однозначно. Частными примерами подобного могут служить наличие двух буквенных или цифровых индексов на одном почвенном выделе или присутствие буквенного индекса, не отраженного в легенде карты (рисунок 3)



Рисунок 3 — Пример буквенного индекса, не отраженного в легенде карты

А. 4 Стиль отображения объектов на почвенной карте:

существенное значение в процессе оцифровки имеет стиль отображение границ почвенных выделов и их обозначение. Именно они определяют качество выделения границ почвенных выделов (точность геореференсации, качество векторизации) и соответствие шифра почвенного выдела и его атрибутивного наполнения. Оптимальным в работе является: граница почвенного выдела – непрерывная линия, в качестве шифра почвенного выдела– цифровые обозначения (рисунок 4).







 а) Граница – сплошная б) Граница – сплошная в) Граница – пунктирная линия, линия, шифры – линия, шифры – шифры – цифровые обозначения буквенные обозначения цифровые обозначения

Рисунок 4 — Стиль отображения объектов на почвенной карте

**А. 5** Формат компоновки картографических данных: оригинал почвенной карты может быть представлен:

а) одним листом на тканевой основе;

б) одним листом на бумажной основе;

в) набором листов на бумажной основе;

В зависимости от формата компоновки почвенной карты выбирается стратегия ее сканирования и последующая обработка изображения. Формат компоновки карты на качество будущей цифровой карты не влияет.

**Б.1** Разрешение сканированного изображения: в большинстве случаев карты предоставляются в уже отсканированном виде. Сканирование выполняется для решения текущих задач, разными операторами и в разное время, поэтому разрешение и формат сканированных изображений может варьировать. В качестве формата могут выступать файлы \*.jpg, \*.tif, \*.bmp. Разрешение изображения может широко варьировать от 100 до 600 dpi. По разрешению сканированного изображения выделяются следующие группы: a) > 600 dpi; б) 300-600 dpi; в) 100-300 dpi.

**Б.2** Качество сканированного изображения: в процессе сканирования могут возникать деформации исходной карты-оригинала и искажения результирующего сканированного изображения, затрудняющие последующее чтение и оцифровку карты. Группы по качеству сканированного изображения:

а) сканированное изображение не имеет искажений, вызванных процессом сканирования
б) сканированное изображение имеет искажения, связанные с процессом сканирования (рисунок 5).



Фрагменты карты при сканировании загибаются, тем самым искажая картографическое изображение или делают его не читаемым

Локальная размытость изображения вследствие деформации карты-оригинала («волнистости» карты)

Искажения цветовой гаммы сканированного изображения вследствие деформации картыоригинала

Рисунок 5 — Качество сканированного изображения

**Б.3** Стратегия сканирования изображений: в зависимости от компоновки картыоригинала и технических параметров сканера почвенные карты могут быть сканированы единым изображением, набором изображений без перекрытия, набором изображений с перекрытием. Стратегия сканирования не влияет на качество будущей цифровой карты.

#### 2 Выбор стратегии векторизации почвенной карты

Исходя из описанных критериев качества почвенной карты-оригинала и сканированного изображения выбирается стратегия векторизации. Изображения высокого качества подлежат полуавтоматической векторизации, в то время как изображения среднего и низкого качества следует векторизовать в ручном режиме. В зависимости от выбора стратегии меняется технологическая цепочка оцифровки карты (таблица 2).

	A1 a
	A2 a,õ
	A3 a
полуавтоматическая	А4 а,б
векторизация	А5 а,б,в
	Б1 а,б
	Б2 а
	БЗ
	А1 б
	А2 а,б
	АЗ б
	А4 в
ручная векторизация	А5 а,б,в
	Б1 в
	Б2 б
	Б3

В связи с низким качеством подавляющего большинства сканированных материалов почвенного обследования рекомендуется выполнять ручную векторизацию почвенных карт.

#### 3 Подготовка рабочей директории проекта и создание рабочего ГИС-проекта

В процессе оцифровки почвенных карт создается большое количество файлов в различных форматах, что усложняет работу и требует поиска оптимальных подходов в их сортировке и фильтрации. Создание *унифицированной* системы папок со *стандартными* наименованиями позволяет оперативно проводить поиск и сортировку пространственной информации. Принципы группировки файлов разрабатываются непосредственно рабочей группой. В рамках разработанной методики приведена группировка, основанная на формате пространственных данных (таблица 3).

Наименование папки	Описание				
source	Первичные картографические и сопутствующие файлы,				
	хранящиеся в неизменном виде				
raster	Растровые данные и их файлы привязки в различных форматах				
vector	Векторные данные, преимущественно в формате shape				
text	Текстовые файлы и алфавитно-цифровые таблицы				
scetch.gdb	База геоданых для черновых данных и промежуточных				
	результатов, например результатов проверки корректности				
	геометрии (Check geometry)				

Таблица 3— Пример унифицированной системы папок

Наименование файлов и папок должны быть выполнены единообразно. Рекомендуется в наименованиях использовать только латинские буквы, цифры и нижнее подчеркивание в качестве пробела. Не рекомендуется использование в наименовании кириллицы, системных символов (., «»; : % - ! ? и пр.). Пример наименования: «Soil\_Map\_1.tif»

Создание файлов и папок выполняется как непосредственно в проводнике Windows, так и с использованием программы ArcCatalog пакета программ ArcGIS.

Все этапы работы выполняются в пакете программ ArcGIS 10.2. и выше. В качестве основной системы координат проекта выступает географическая система координат WGS 84 единицы измерения – десятичные градусы.

Создание рабочей директори проекта включает следующие этапы:

1. Запуск приложения АгсМар.

2. Создание рабочей директории с помощью проводника Windows или с использованием программы ArcCatalog.

а) создание папок (рисунок 6).



Рисунок 6 — Создание папок

б) создание базы геоданных для хранения промежуточных результатов проекта (рисунок

7)

Catalog			<b>д</b> х	8
🗢 - 🌩 💪 🏠 🗔	🏥 🔻 🚨 😫 🗄			Arc
Location: 🖾 C:\Work\W	/ork_GIS\DB		~	Tool
	Copy Paste Rename Disconnect Folder Refresh	;kiy ctor		
	New 🕨		Folder	
🗉 🚰 C:\Wo 🗎	Item Description		File Geodatabase	
	Properties prk_GIS\WO_vector prk_GIS\MO_vector\Baribi prk_GIS\MO_vector\Baribi		Personal Geodatabace Database C ArcGIS Serv Create a new file geodatabase.	

Рисунок 7 — Создание базы геоданных

3. Определение путей сохранения проекта и базы геоданных по умолчанию. Открыть File – Map Document Properties. Отметить Pathnames – Store relative pathnames to data sources (рисунок 8).

Default Geodatabase:	C:\Users\Юрий\Documents\	\ArcGIS\Default.gdb
Pathnames:	Store <u>r</u> elative pathname	s to data sources
Thumbnail:	<u>M</u> ake Thumbnail	Delete Thumb <u>n</u> ail
	ОК	Отмена При <u>м</u> енить

Рисунок 8 — Определение путей сохранения проекта и базы геоданных по умолчанию

4. Определение системы координат фрейма (области на компоновке карты). Открыть View–Data Frame Properties–Coordinate system. Указать в качестве системы координат WGS 84 (рисунок 9).



Рисунок 9 — Определение системы координат фрейма (области на компоновке карты).

5. Сохранение проекта в рабочей директории. Открыть File–Save As. Указать путь к рабочей директории и назвать файл проекта (рисунок 10).

🤮 Бе	з названия - ArcMap					
File	Edit View Bookmark	s Insert Selecti	ion			
	New	Ctrl+N	• []			×
6	Open	Ctrl+O				
H	Save	Ctrl+S	project_test		V G Ø Ø P III*	
	Save As		Имя	^	Дата изменения	Тип
	Sar Save As				04.05.2019 0:02	Папка с ф
	Sh Save the current map	with a new	scetch.gdl	b	04.05.2019 0:03	Папка с ф
	Ac name or to a different	t location.	source		04.05.2019 0:02	Папка с ф
			text		04.05.2019 0:03	Папка с ф
		Библиотеки Этот компьюте	p			
		🇳 Сеть				
			<			>
			Имя файла:	Test_project.mxd	~	Сохранить
			Тип файла:	ArcMap Document (*.mxd	) ~	Отмена

Рисунок 10 — Сохранение проекта в рабочей директории

Созданная рабочая директория проекта должна отвечать следующим требованиям:

- а) Рабочая директория проекта создана на диске персонального компьютера (например, диск D:\).
- b) Все наименования файлов и папок выполнены единообразно в соответствии с описанными правилами.
- с) Структура папок и наименования остаются неизменными на всем протяжении работы по оцифровке архивных почвенных карт.

#### 4 Обработка сканированных изображений в графическом редакторе

Для подготовки сканированных изображений может быть использован любой графический редактор, как профессиональный, так и редактор с открытым исходным кодом. В методике описана обработка изображения на примере редактора Adobe Photoshop CC. Картографические материалы представлены собственно почвенной картой и легендой почвенной карты (условные обозначения), которые обрабатываются с использованием разных подходов. Также в выборе подхода в обработке изображения играет важную роль качество исходных материалов, и, соответственно, выбранная стратегия векторизации почвенной карты.

#### 4.1 Обработка изображения почвенной карты

- 1. Запуск графического редактора Adobe Photoshop CC.
- Добавление изображения. Открыть Файл–Открыть... Выбрать необходимый файл (рисунок 11).



Рисунок 11 — Добавление изображения в графический редактор

Категорически запрещается работать с файлами архива. Перед началом работы следует скопировать сканированные изображения в папку «source» рабочей директории и в дальнейшем работать только с копиями сканированных изображений.

3. Обработка изображения. Выполнять геореференсацию на основе объединенного картографического изображения не целесообразно, поскольку листы на бумажной или тканевой основе (складне) не полностью совпадают друг с другом, имеют деформации и разрывы на краях листов. Помимо этого, сканированные материалы содержат

неинформативную часть – тканевую основу карты. В целях увеличения точности геореференсации карту рекомендуется разбивать на отдельные листы. Разбиение проводится на основе существующей компоновки карты или же карта разбивается оператором на фрагменты самостоятельно. В этом случае каждый фрагмент должен иметь хорошо и однозначно дешифрируемые на ортофотоплане элементы.

3.1 Выделение области на изображении и копирование на новый холст. Для задачи разбиения изображения на отельные листы используется инструмент «Прямоугольная область». Лист карты выделяется, копируется в буфер обмена и переносится на новый холст, на котором выполняется его кадрирование и коррекция. Копирование изображения выполняется с помощью «горячих кнопок» Windows. В данном случае используется сочетание клавиш Ctrl+C. Новый холст создается использованием сочетания клавиш Ctrl+N. Добавление изображения из буфера обмена осуществляется сочетанием клавиш Ctrl+V (рисунок 12).



Рисунок 12 — Выделение области на изображении и копирование на новый холст

3.2 Обработка листа карты: кадрирование и коррекция яркости и контрастности. Кадрирование выполняется посредством инструмента «Прямоугольная область». Выделяется только информативно-значимая часть изображения. Тканевая основа карты, деформированные участки (разрывы, нечитаемые фрагменты карты и пр.) не выделяются.

Собственно, обрезка выделенной области выполняется с помощью инструмента «Изображение» (верхняя панель программы)–«Кадрировать» (рисунок 13).



Рисунок 13 — Обрезка выделенной области

Для более качественной обрезки может потребоваться вращение изображения, которое выполняется с помощью функции «Редактирование»—«Свободное трансформирование» (Ctrl+T) или «Изображение»—«Вращение изображение»— «Произвольно» с указанием направления поворота и указания угла поворота в градусах.

Корректировка яркости и контрастности выполняется с использованием инструмента «Изображение»—«Коррекция»—«Уровни». Значение яркости и контрастности подбираются для каждой карты и значения переносятся на все ее обрабатываемые листы (рисунок 14).



Рисунок 14 — Корректировка яркости и контрастности изображения

# 4. Сохранение листов карты

Каждый обработанный лист сохраняется как отдельный файл в формате \*.tif. В случае большого размера изображения допустимо его сжатие по алгоритму LZW. Файлы

сохраняются в папку raster. Каждому листу карты дается рабочее название с присвоенным порядковым номером. Сохранение файла «Файл»–«Сохранить как» (рисунок 15).

Параметры TIFF			×					
Сжатие изображения О Без сжатия О LZW	Порядок пикселов • Перемежающийся (RGBRGB) • По каналам (RRGGBB)		ОК Отмена					~
○ ZIP ○ JPEG	Формат О ІВМ РС		10	-Osanovskiy > georeference_scetch	~ Ö	Поиск: geo	reference_scetch	م و
Качество. наилучшее наилучшее наилучшее наилучшее наилучшее наилучшее наилучшее согранить структуру Сохранить прозрачиность	<ul> <li>масилизяп</li> <li>Сжатие слоев</li> <li>RLE (быстрое сохранение, фай.</li> <li>ZIP (медленное сохранение, фай.</li> <li>Удалить слои и сохранить копи</li> </ul>	лы большого размера) айлы малого размера) 1ю		VMAR M N_Osanovskiy.3_1.tif M N_Osanovskiy.3_2.tif M N_Osanovskiy.4_1.tif M N_Osanovskiy.4_2.tif	Дата изи 28.03.20 28.03.20 28.03.20 28.03.20 27.03.20	менения 19 15:07 19 15:01 19 15:33 19 21:05	Тип Файл "TIF" Файл "TIF" Файл "TIF" Файл "TIF"	¢
L.		Имя файла: Тип файла:	Без имени-1.tif TIFF (*.TIF;*.TIFF)				_	> ~
		Сохран	Параметры сохранения ить: Как копию Примечания Альфа-каналы Плашечные цве Слои	цвет: Исп. параме цветопробы: прост-во СМ СС-профик RGB (1998) та Другое: Миниатюра	тры Paб. IYK <b>b: Adobe</b>			
		🔺 Скрыть папки				Сохранит	ть Отмен	на

Рисунок 15 — Сохранение листов карты

Обработка изображения для полуавтоматической векторизации выполняется аналогично с подготовкой карты для ручной векторизации. Отличия касаются пункта 3.2. Обработка изображения. Для реализации полуавтоматической векторизации необходимо создание бинарного изображения, поэтому в обрабатываемом листе карты должен быть убран цветной фон. Фон убирается с помощью функции «Выделение»-«Цветовой диапазон». Из обрабатываемого изображения убираются светлые и средние тона, соответствующие окраске почвенных выделов на карте. Подбор «разброса» и «диапазона» значений пикселов выполняется индивидуально для каждого сканированного изображения. Привести стандартные значения в данном случае невозможно. Для удаления цветов после реализации выделения достаточно нажать кнопку «delete», указав в настройках заполнение «цвет» и выбрав белый цвет из палитры (рисунок 16).



Рисунок 16 — Удаление цветов после реализации выделения

# 4.2 Обработка изображения легенды почвенной карты

Легенда почвенной карты представлена вместе с почвенной картой, как на одном, так и на отдельных листах. Легенда не используется в геореференсации поскольку не несет в себе картографического изображения, но является предметом семантического анализа наименований почвенных выделов и используется для внесения атрибутивных данных в цифровую почвенную карту. Задача обработки, в случае легенды почвенной карты – достичь максимального качества и целостности изображения. Этапы аналогичны с подготовкой изображения для ручной векторизации. Изменения относятся к пункту 3.2. и 4. Обработанные изображения не сохраняются в отдельные файлы, а объединяются на общем холсте. Размер общего холста указывается исходя из суммарного разрешения фрагментов легенды карты. На общем холсте фрагменты легенды карты представлены в виде отдельных слоев, которыми можно управлять, выделяя их, скрывая или наоборот отображая на панели инструментов «Слои» (рисунок 17).



Рисунок 17 — Отображение на панели инструментов «Слои»

Сопоставление отдельных фрагментов легенды выполняется с помощью инструмента «Перемещение». Задача – сопоставить фрагменты для обеспечения комфортной работы с легендой почвенной карты (рисунок 18).



Рисунок 18 — Инструмент «Перемещение»

В процессе работы размер холста может быть увеличен «Изображение»-«Размер холста» (рисунок 19)

Размер холста			×
— Текущий размер: 286.1М Ширина: Высота:	1 10000 Пиксе 10000 Пиксе	элы	ОК
Новый размер: 286.1М			
Ширина: Высота:		Пиксели Пиксели	
🗹 Относ	сительная		
Расположение:	<b>← • →</b>		
Цвет расширения холста:	Фон	~	

Рисунок 19 — Увеличение размера холста

В диалоговом окне «Размер холста» указываются единицы измерения (пиксели), значение на которое будет увеличен холст по ширине и высоте. Возможно задать расположение нового фрагмента холста, указав его на схеме и выбрать при необходимости цвет добавленного фрагмента.

Обрезка лишней, неинформативной части изображение проводятся аналогично с пунктом 3.2. В завершении редактирования слои объединяются с помощью функции «Слои»–«Выполнить сведение». Сохранение изображения аналогично пункту 4.

По окончанию работы изображение почвенной карты должно соответствовать следующим критериям качества:

- a) Почвенная карта разбита на определенное количество листов в соответствии с ее компоновкой или стратегией работы.
- b) Все листы карты обработаны единообразно с сохранением исходного разрешения.
   Возможно использование алгоритмов сжатия, в случае большого размера изображений.
- с) Листы карты названы единообразно с присвоением порядкового номера листа и сохранены в рабочую директорию проекта. В качестве формата файлов используются форматы \*.tif или \*.jpg.

#### 5 Геореференсация почвенной карты

В связи со сложностью исходных картографических материалов и низким качеством сканированных изображений рекомендуется перед выполнением геореференсации в пакете программ ArcGIS выполнять предварительную привязку в программе Google Earth.

Программа является проектом компании Google, в рамках которого происходит размещение архивных и актуальных космических снимков (в ряде случаев аэрофотоснимков) поверхности Земли в высоком разрешении.

Назначение привязки – предварительное совмещение картографического изображения с современными космическими снимками, определение трудозатрат на привязку почвенной карты и предварительная оценка возможного качества геореференсации в пакете программ ArcGIS.

К факторам, снижающим качество геореференсации, можно отнести:

— наличие деформаций на бумажной карте-оригинале (помятости, подворачивание краев карты, разрывы между листами карты, разрывы карты, пятна и пр.)

— дефекты сканирования изображений (размытость изображения).

В предварительной геореференсации используют обработанное в графическом редакторе изображение в формате \*.tiff. Оптимальным является использование чернобелого (бинарного) изображения, позволяющее свести к минимуму искажения, связанные с цветным фоном почвенных карт. Ниже приводится пошаговое выполнение геореференсации в программе Google Earth.

#### 5.1 Добавление растрового изображения

Предварительный поиск местоположения границ почвенной карты хозяйства/района на космическом снимке Google Earth проводится по сумме естественных и искусственных (антропогенных) объектов, нанесенных на карту. Наиболее удобными для поиска являются следующие объекты:

— Искусственные (антропогенные) объекты: а) наименование административного района (название приводится в шапке карты); б) название и границы крупных населенных пунктов в пределах хозяйства (наименования и границы нанесены на почвенную карту); в) ориентация и расположение объектов инфраструктуры (автодорог, железной дороги, линий электропередач); г) границы земельных участков, лесополос, искусственных водоемов и пр.

— естественные объекты:

а) рельеф местности

- б) естественные водные объекты (реки, озера, побережья морей и пр.)
- в) естественные лесные массивы
- г) прочие естественные объекты характерные для данной природной зоны.

Определив по имеющимся на карте объектам местоположение границ хозяйства, выполняют подгрузку растрового изображения почвенной карты из рабочей директории проекта (рисунок 7). В процессе работы в программе Google Earth рекомендуется:

- 1) скрыть все слои за исключением границ и названий географических объектов
- выполнить ориентирование космического снимка «классическим способом» (на север)
- в настройках программы убрать функцию автоматического наклона при масштабировании
- 4) указать в качестве единиц измерения десятичные градусы.

# 5.2 Геореференсация почвенной карты в Google Earth

Точность географической привязки в программе Google Earth достаточно низкая, поскольку использовать в работе можно только линейную трансформацию изображения. В программе существует возможность вращения изображения, но использование его не желательно, поскольку значение вращения (в градусах) не может быть перенесено в файл привязки изображения. Трансформация почвенной карты выполняется только при открытом окне свойств накладываемого изображения. В окне свойств также возможна настройка прозрачности растрового слоя. Процесс геореференсации почвенной карты сводится к изменению линейных размеров изображения и совмещения элементов картографического изображения с объектами на космическом снимке (рисунок 20, 21).



Рисунок 20 — Подгрузка растрового изображения



Рисунок 21 — Геореференсация почвенной карты

В качестве результирующего используется формат \*.kml, который не может быть использован пакетом программ ArcGIS в качестве файла привязки. Kml файл сохраняется в рабочей директории и именуется по названию растрового изображения.

# 5.3 Расчет и создание текстового файла привязки (\*.tfw)

Для расчета файла привязки изображения на основе \*.kml файла используются следующие исходные данные:

a) координаты геореференсированного изображения по северу, югу, востоку и западу в десятичных градусах (информация хранится в kml файле).

б) разрешение изображения в пикселях по ширине и высоте (информацию можно посмотреть в свойствах изображения).

Для выполнения расчета из kml файла табличный редактор (MS Excel) переносятся координаты геореференсированной карты и значения разрешения по ширине и высоте изображения (таблица 4).

Координаты, в десятичных градусах		цинаты, формула геореференсиро- ванного дусах 1 изображение, в градусах		Формула 2	Значение 1 Разрешени пикселя, в изображения градусах пикселях		зрешение бражения, в икселях
С Ю	47.45122 47.34427	47.45122 (C)- 47.34427 (Ю) =0.106947	0.106947	0.106947/5136 (разрешение изображения по высоте)= 0.00002082	0.00002082	5136	разрешение в пикселях по высоте изображения
В	40.67298	40.67298 (B)- 40.47105	0 201934	0.201934/6000(разрешение изображения по ширине)= 0.00003366	0.00003366	6000	разрешение в пикселях
3	40.47105	(3)= 0.201934	0.201754	0.00005500	0.00005500	0000	по ширине изображения

Таблица 4 — Пример расчета файла привязки на основе результатов предварительной геореференсации

На основе исходных данных выполняется расчет протяженности геореференсированного изображения в градусах по высоте и по ширине (графа формула 1 таблица 4), а также определение цены 1 пикселя в градусах (графа формула 2 таблица 4).

Для создания файла привязки, в папке содержащей геореференсированное изображение добавляется тестовый файл (\*.txt). Название текстового файла меняют на название изображения, расширение меняют на \*.tfw (рисунок 26), (таблица 5).

Ами	Дата изменения	Тип
Aginovskiy.tfw	17.11.2019 12:18	Файл "TFW"
🛃 Aginovskiy.tif	07.09.2019 8:05	Файл "TIF"

Описание элементов файла привязки	Структура данных
значение 1 пикселя в градусах	0.00003366
по ширине изображения	0
значение 1 пикселя в градусах	0
по высоте изображения	-0.00002082
координата по западу	
геореференсированного	
изображения	40.47104854
координата по северу	
геореференсированного	
изображения	47.45121556

Таблица 5 — Описание и структура файла привязки

Открыв файл привязки в текстовом редакторе «Блокнот» (Notepad), в документ вносят расчетные данные: а) значение 1 пикселя, в градусах по высоте и ширине изображения; б) координаты изображения по северу и западу (рисунок 23).

🧾 Aginovskiy.tfw — Блокнот				_	$\times$	
Файл	Правка	Формат	Вид	Справка		
0.00	003366					^
0						
0						
-0.0	0002082	2				
40.4	7104854	Ļ				0
1					5	
					1	

Рисунок 23— Внесение расчетных данных

# 5.4 Геореференсация в пакете программ ArcGIS

В качестве источника актуальных космических снимков используется программа SASPlanet – свободно распространяемая программа для просмотра и загрузки космических снимков и прочих картографических материалов из различных источников (рисунок 24).



Рисунок 24 — Программа SASPlanet

Для определения области экспортируемого снимка используются данные привязки в программе Google Earth. Местоположение указывается в градусах для левого верхнего угла геореференсированного изображения (СЗ) и правого нижнего (ЮВ). В появившемся окне «Операции с выделенной областью» указывается источник информации (определяется ГИС-оператором) и масштаб снимка. Оптимальным для работы является 16 масштаб, что соответствует пространственному разрешению 3 м/пиксель по данным программы SASPlanet (рисунок 25, 26).



Рисунок 25 — Операции с выделенной областью





Снимок из выделенной области в процессе загрузки сохраняется с сервера данных в рабочие папки программы SASPlanet, в виде набора изображений – тайлов. По завершению загрузки разрозненные файлы необходимо объединить в единое изображение и сохранить с заданной системой координат (WGS 84) в рабочую директорию проекта. Объединение файлов проходит с использованием рабочего окна программы «Склеить», в котором указывается формат растрового изображения (\*.jpg или \*.GeoTiff), местоположение результирующего файла, масштаб загрузки снимков, формат файла привязки (\*.w) и система координат (рисунок 27).

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
🐯 test.jpg	17.11.2019 13:35	Файл "JPG"	4 906 KE
🚊 test.jpg.aux.xml	17.11.2019 13:35	Yandex Browser X	1 КБ
🤍 test.jpgw	17.11.2019 13:35	Файл "JPGW"	1 КБ
🖻 test.prj	17.11.2019 13:35	Текстовый докум	1 КБ

Рисунок 27 — Результат экспорта космического снимка

В рабочей директории создается ГИС-проект в версии программы ArcGIS 10.2 или выше. Системой координат фрейма (области на компоновке карты) и отдельных слоев проекта является WGS 84, при отсутствии данных о географической системе для слоя следует определить ее, используя инструмент ArcToolbox – Data Management tools – Projections and Transformation – Define Project.

Рекомендуется указывать в настройках проекта относительные пути сохранения проекта, поскольку это дает возможность обмениваться ГИС-проектами, в рамках рабочей группы, без потери настроек отображения слоев.

Работа с файлами проекта (создание, перемещение, переименование происходит с помощью программы ArcCatalog (рисунок 28, 29, 30).

File	Edit View Bookmarks Insert S	election	Geoprocessing	]	
	New Ctrl+N	<b>b</b> - 1			
B	Open Ctrl+O	R	a / E 🔛	4	
H	Save Ctrl+S	Ψ×		7	
	Save As				×
	Save A Copy		1		
	Share As				
	Add Data				
88	Sign In	1			]
88	ArcGIS Online				1
3	Page and Print Setup	1			
	Print Preview				1
a	Print				
	Export Map				
<b>R</b>	Analyze Map				
2	Map Document Properties				
>	1 C:\Work\W\Без названи Мар Docu	ment Pr	operties	ç	
	2 Work\Apxив\S\Untitle Display o	edit the	properties of		
	3 C:\Work\W\Без названи description	docume	nt, such as		1
	4 C:\Users\Админи\KGL_3 specify w	hether di	isk-based data it		1
	5 C:\Users\Админи\KGL_3 uses will I	pe referei	nced by relative	u	Определение базы
	6 C:\Work\Work_Gl KGL_3				геоданных по
	Let Experte				умолчанию
	Default	•		_	
	Geodatabase	Geodatabase: C:\Users\Администратор.WIN-IBFA75V4IGV\Doc 🖻 — Pathnames: VStore relative pathnames to data sources			3
	Pathnames:				Относительные
	Thumbnail:		Make Thumbnail	Delete Thumbnail	пути сохранения
			OK	0	Данных
			UK	Отмена	ть

Рисунок 28 — Определение типа пути сохранения данных

🧕 test.mxd - ArcMap	
File Edit View Bookmarks Insert Selection Geoprocessing Customize Wit	ndows Help
🗄 🗋 🚔 🔚 🐁 👘 🛍 🗙 🔊 🕾 🕁 - 1:385 648 663 🛛 🗸 🔀	🌀 🗟 🔁
i 🔍 Q. 🕙 🥥 i 💥 🖸 i 🦛 🔶 i 🕅 - 🖾 i 💺 i 💿 🌽 📇 👫 📇 📯 i 🗔	🕞 👳 🗄 Editor
Catalog 4	
	/
Location: 🧰 raster	/
<ul> <li>☐ Georef\Test</li> <li>☐ raster</li> <li>☐ Mginovskiy.tif</li> <li>☐ Etst.jpg</li> <li>☐ SOURCE</li> <li>☐ vector</li> <li>☑ test.mxd</li> </ul>	'

Рисунок 29 — Расположение файлов проекта в приложении ArcCatalog



Рисунок 30 — Добавление WMS слоя кадастровой карты РОСРЕЕСТРа

Добавление рабочих файлов (почвенная карта и ортофотоплан) выполняется посредством приложения ArcCatalog или с помощью функции добавить \_\_\_\_\_\_ данные «Add data».

добавлении растровых изображений программа При ArcMap предлагает сформировать пирамиду для более плавного масштабирования в процессе работы. Решение о формировании пирамиды для растрового слоя остается за ГИС-оператором. Для проведения более качественной географической привязки рекомендуется добавление данных РОСРЕЕСТРа – границ кадастровых районов, кварталов и земельных участков. При POCPEECTPa добавлении слоя указывается сервер ссылка на https://pkk5.rosreestr.ru/ArcGIS/services/Cadastre/CadastreWMS/MapServer/WMSServer?. & и версия 1.3.0. (при добавлении данных следует актуализировать ссылку и версию на сайте РОСРЕЕСТРа). Следует отметить, что для всех данных РОСРЕЕСТРа имеются ограничения по отображению слоев, связанные с масштабом, например, кадастровые участки отображаются в масштабе крупнее 1:36 000 и т.п. Добавление слоя кадастровой карты осуществляется посредством приложения ArcCatalog.

Геореференсация почвенных карт, ввиду сложности картографическим материалов почвенного обследования и возможной их деформации в процессе хранения, выполняется на основе набора ортофотопланов с различным уровнем приоритетности. По приоритетности (в порядке ее понижения) выделяют:
- 1) Актуальные космические снимки высокого разрешения.
- 2) Границы кадастровых земельных участков.
- 3) Границы кадастровых кварталов.
- Границы хозяйств (колхозы, совхозы, сортоиспытательные участки и пр.) бывшего СССР.
- 5) Границы кадастровых районов.
- 6) Иная административно-аграрная информация.

Отдельно следует выделить цифровые модели высот, которые не могут быть основой для проведения географической привязки, но используются для проверки качества ее выполнения (рисунок 31).



Рисунок 31 — Основные инструменты модуля «Georeferencing»

Геореференсация осуществляется с помощью модуля «Georeferencing» и технически представляет собой процесс сопоставления элементов карты и ортофотоплана с последующим их совмещением посредством контрольных точек с фиксированными координатами. Модуль обладает более сложными алгоритмами трансформации изображения и в процессе работы рекомендуется использовать трансформацию Spline, позволяющую более качественно сопоставить сложный картографический материал с ортофотопланом.

Пошаговое выполнение геореференсации почвенной карты:

1. Изменение прозрачности изображения почвенной карты с помощью модуля «Effects» (рисунок 32).



Рисунок 32 — Модуль «Effects» ArcGIS 10.2.

В случае использования бинарного изображения можно ограничиться изменением прозрачности его фона (background).

 1.1. Выполнить расчет статистики для набора растровых данных (Calculate Statistics):

 Arctoolbox - Data management tools – Raster - Raster properties - Calculate statistics.

1.2. В свойствах растрового слоя, в разделе Symbology выполняется классифицирование с разбиением диапазона значений слоя на два класса (background, foreground).

1.3. Для foreground указывают произвольный цвет (по умолчанию черный) для background указывают «no color» (рисунок 33).

L	.ayer Prop	perties											$\times$
	General	Source	Key M	etadata	Extent	Display	Symbology						
	Show:			Deput	un ctor o	rouping	values inte	dassas					_
	Unique Values Classified Stretched Discrete Color		Draw	wraster grouping values into classes									
			Fields Value	Fields Value <value> Vormalization <none></none></value>						~			
					Natural Breaks (Jenks) Classes 2 V Clas					ssify			
				Color R	amp								~
				Symb	ol Ran	ge		La	bel				
					0 - 1	54		0 -	154				
	NI	Calar			154	- 255		15	4.0000001 -	255			
					w class b hillshade	reaks usi e effect	ng cell values	1		Display N	loData as		-
		H						[	ОК	От	мена	Прим	енить
	More	Colors											

Рисунок 33 — Визуализация бинарного изображения

2. В модуле «Georeferencing» выбирается слой геореференсации и запускается окно «View new Link» (рисунок 34)



Рисунок 34 — Начало работы с модулем «Georeferencing»

3. Объекты почвенной карты, условные обозначения детально изучаются и сопоставляются с ортофотопланом. Для сопоставления используется инструмент «Swipe» модуля «Effects», позволяющий скрывать часть изображения по принципу «жалюзи» или временно убирать его полностью (требуется удерживать кнопку Ctrl).

4. По результатам визуального сопоставления выполняется расстановка контрольных точек геореференсации. Рекомендуется, во избежание искажений изображения, выполнять расстановку точек по периметру карты, тем самым определяя точные границы объекта (хозяйства, административного района) и только после этого переходить к работе с внутренней областью карты (рисунок 35).



Рисунок 35 — Инструменты добавления и редактирования контрольных точек модуля «Georeferencing»

Рекомендуется указывать в качестве типа трансформации изображения Spline (становится активным после добавления 10 контрольных точек). Управление контрольными точками заключается в редактировании их местоположения, выделении одной или набора точек и их удаления. Автоматическое определение местоположения контрольных точек выполнять не рекомендуется исходя из низкого качества геореференсированных материалов. Количество контрольных точек зависит от качества исходного картографического изображения и сложности почвенного покрова хозяйства.

5. Критерии качества географической привязки (геореференсации) изображения. Почвенные картографические материалы содержат в себе значительное количество искажений и неточностей, связанных с топографической основой карт, помимо этого длительное хранение, эксплуатация и недоброкачественное сканирование ухудшает качество геореференсации (рисунок 36).



Ортофотоплан



Геореференсированная почвенная карта



Почвенная карта



Векторизованная почвенная карта. Уточнение границ почвенных выделов по актуальным космическим снимкам

Рисунок 36 — Пример геореференсированной почвенной карты

В процессе геореференсации следует придерживаться следующих критериев качества:

 – границы хозяйства/административного района должны совпадать с таковыми на кадастровых картах или космических снимках (при возможности их дешифрирования).

– основные линейные отрицательные формы рельефа на карте (долины рек, овражно-балочная сеть) на карте должны совпадать с таковыми на ортофотоплане. Исключением является случаи, когда геореференсация приводит к значительному искажению пропорций рабочего изображения. В этом случае корректировку объекта рекомендуется выполнять на этапе векторизации карты.

Все прочие объекты на карте (земельные участки, границы государственного лесного фонда, границы населенных пунктов) должны совпадать с объектами на ортофотоплане в случае, если это не приводит к значительным искажениям пропорций изображения.

6. Сохранение результатов геореференсации. Данные о местоположении контрольных точек необходимо сохранить в рабочей папке проекта. При выделении одной или нескольких контрольных точек сохранены будут только они (рисунок 37).



Рисунок 37 — Сохранение текстового файла привязки.

В случае геореференсации нескольких смежных карт, с корректировкой общей границы, при переключении с одного слоя на другой следует обновлять геореференсацию, используя функцию модуля «Update georeferencing».

Результатом геореференсации является экспорт трансформированного изображения (rectify) в рабочую папку ГИС-проекта: формат файла \*.tif, тип сжатия LZW (рисунок 38).



Рисунок 38 — Экспорт результирующего файла географической привязки

Все промежуточные файлы географической привязки хранятся до окончания оцифровки почвенной карты.

#### 6 Векторизация почвенной карты

Векторизация почвенных карт – создание на основе геореференсированного растрового изображения векторного слоя с заданной системой идентификаторов и атрибутов почвенной карты. Графическим примитивом цифровой карты является полигон, в качестве идентификаторов объектов выступают данные, связанные с условными обозначениями почвенных выделов на карте и общей информации о почвенном обследовании хозяйства (таблица 6).

Наименование поля-	Наименование поля- Описание			
идентификатора объекта				
OBJECTID	идентификатор векторного класса объектов	long integer		
	(создается автоматически при создании слоя)			
KOD_Legend	числовой шифр почвенного выдела на карте	short integer		
Map_Year	год составления почвенной карты	short integer		
Topo_Year	год топографической съемки (аэрофотосъемки)	short integer		
	территории хозяйства			
Obs_Year	Obs_Yearгод векторизации почвенной карты			
Map_Scale	масштаб карты	short integer		
Farm	название хозяйства	text		
Region_Id	шифр административного района	short integer		

Таблица 6 — Список полей идентификаторов

При выполнении векторизации карт нескольких субъектов Российской Федерации указывается шифр субъекта. Буквенный шифр почвенного выдела не может являться идентификатором объекта, поскольку представляет собой сложную комбинацию букв, цифр, надстрочных и подстрочных символов, которую сложно перенести в таблицу атрибутов без искажений. Еще больше осложняет его использование большое количество опечаток, прежде всего в написании шифров на почвенной карте. Для векторизации местоположения почвенных разрезов к идентификаторам добавляется номер разреза, указанный на карте. В качестве формата данных выступает база геоданных \*.gdb, что позволяет хранить большой объем тестовой информации (название выделов по легенде почвенных карт) и выполнять проверку топологии в процессе векторизации карты.

#### 6.1 Создание базы геоданных проекта

В рабочей папке проекта «vector» с помощью приложения ArcCatalog создается файл базы геоданных, содержаний набор векторных данных. Системой координат набора данных, как и проекта в целом является WGS 84 (рисунок 39).



Рисунок 39 — Создание базы геоданных в рабочей директории проекта

## 6.2 Создание векторного класса объектов в базе геоданных проекта

В наборе векторных данных (Feature dataset) базы геоданных создается векторный класс объектов с указанием имени (name) и псевдонима (alias) объекта в соответствии с разработанной системой шифров векторизуемых хозяйств. Типом объекта слоя является полигон (Polygon Features). На этапе векторизации карты в таблицу атрибутов добавляются только поля-идентификаторы. Внесение семантической составляющей карты выполняется после полной векторизации карты и исправления ошибок геометрии и топологии слоя. Аналогичным образом создаются векторные классы объектов для векторизации местоположения почвенных разрезов на карте. Отличием является тип объекта – точка (point) (рисунок 40, 41).



Рисунок 40 — Создание векторного класса объектов в базе геоданных

	d Tolerance	ain, Resolution an	Domain	Coordinate System	tor Tracking X	eneral Editor T	Ger
	resentations	onships Rep	Relations	Feature Extent	xes Subtypes	elds Indexes	Fiel
	1^	Data Type	Da		Field Name		LП
	-	D	Object ID			OBJECTID	
	-	ry	Geometry			SHAPE	
	- 1		Double		th	SHAPE_Length	
			Double			SHAPE_Area	
		teger	Short Integ			KOD_Legend	
		teger	Short Integ			Map_Year	
		teger	Short Integ			Topo_Year	
		teger	Short Integ			Obs_Year	
		teger	Short Integ			Map_Scale	
	_		Text			Farm	
	/	teger	Short Integ			Region_ld	
ыбор		teger	Short Integ				
ысор	~	eger	Long Integ				Ц.
рмата			Float		see its properties	ck any field to see	Clic
1			Double		see its brober nest	Could Descention	
юля			Date		s	rield Properties	
			Blob	gion_ld	R	Alias	
			Guid	s	alues Y	Allow NULL value	
			Raster			Default Value	L L
ы рі по	4	ieger ·	Long Integ Float Double Text Date Blob Guid Raster	gion_id S	see its properties. s R values Y	ck any field to see Field Properties Alias Allow NULL value Default Value	Cid

Рисунок 41 — Добавление полей таблицы атрибутов слоя

Процесс векторизации почвенной карты складывается из векторизации и одновременной корректировки почвенных выделов на основе набора актуальных ортофотопланов. Наиболее применимы для корректировки границ почвенных выделов космические снимки в высоком разрешении (менее 6 м на пиксель). Векторизуются все объекты, отображенные на почвенной карте.

Корректировке подвергаются:

- границы водоемов (искусственных прудов, озер, рек, водохранилищ, береговая линия моря),

- земли государственного лесного фонда,

- населенные пункты,

- посторонние пользования (без детального разделения),

 - границы почвенных выделов полугидроморфных почв, приуроченных к линейным незамкнутым понижениям,

 - границы почвенных выделов, приуроченных к овражно-балочной сети и выходам почвообразующих пород,

 - границы почвенных выделов, приуроченных к нелинейным замкнутым понижениям на водоразделах и склонах, например, степным блюдцам,

 - границы крупных почвенных выделов гидроморфных почв, приуроченных к долинам рек,  - границы небольших по площади почвенных выделов гидроморфных почв, приуроченных к понижениям в поймах рек (например, аллювиальные лугово-болотные почвы).

В процессе векторизации для созданных векторных объектов указывается числовой код почвенных выделов согласно карте. Для водных объектов присваивается код 6666, объектам государственного лесного фонда (ГЛФ) 7777, населенным пунктам 8888, все прочие (не идентифицируемые на карте) 9999.

Перед началом работ по векторизации почвенной карты ГИС проект имеет следующую комплектацию:

- 1) группа слоев «Orthophotomap», включающая набор актуальных космических снимков, материалы публичной кадастровой карты и пр.,
- группа слоев «Soil map» набор геореференсированных листов почвенной карты или набора карт (в случае векторизации всего административного района),
- группа слоев «Soil section» слой или набор слоев для внесения данных по местоположению почвенных разрезов,
- группа слоев «Vector soil map» слой или набор слоев для внесения векторных границ почвенных выделов.

Рекомендуется создавать отдельный слой для каждого векторизуемого хозяйства, что упрощает процесс проверки наименований файлов и папок в архиве, а также внесения атрибутивной информации и последующего управления векторными данными. Перед началом работы необходимо проверить, чтобы для фрейма (области на компоновке карты) и всех слоев была указана система координат WGS 84. Все перечисленные материалы добавляются из рабочей директории посредством приложения ArcCatalog. Для тематических данных создаются группы слоев (Group layers) в таблице содержания (Table of Contents) по которым они группируются.

Для векторизации используются модули «Редактор» (Editor) и «ArcScan» (в случае полуавтоматический векторизации почвенной карты) приложения Arc Map. Перед началом работы следует убедиться, что они подключены и отображаются на верней панели приложения Arc Map (рисунок 42, 43).



Рисунок 42 — Группирование информации в «Table of Contents»



Рисунок 43 — Подключение модулей «Editor» и «ArcScan»

Некоторые операции регулярно повторяются в процессе векторизации. Для ускорения и оптимизации работы рекомендуется выполнить настройку «горячих кнопок» модуля «Editor». Сочетание кнопок настраивается в процессе работы, исходя из особенностей и предпочтений ГИС-оператора, и может быть изменено в любой момент (таблица 7, рисунок 44).

Таблица 7 — Список «горячих кнопок» модуля при редактировании векторных слоев

Название инструмента/функции	Описание	Пример сочетания кнопок (красным выделены кнопки «по умолчанию»)
Start Editing	Начать редактирование	Alt + W
Save Editing	Сохранить изменения	Alt +S
Stop Editing	Завершить редактирование	Alt +Q
Cut Polygons Tool	Разделение объекта на части	Alt +C

Moving	Перемещение рабочей области	С
Show vertices	Отобразить вершины объекта	V
Undo	Отменить	Ctrl + Z
Add to/Remove from selection	Добавить или удалить из	Shift
	выделенного	
Toggle between Sketch tool, Edit	Переключение между	Е
tool, and Edit Annotation tool	инструментами «Sketch tool» и	
	«Edit tool»	
Delete sketch	Удалить черновик	Ctrl + Delete
Finish sketch	Завершить черновик	F2
Clip	Вырезать объект из слоя	Ctrl + X
Сору	Копировать объект из слоя	Ctrl + C
Past	Вставить объект в заданный слой	Ctrl + V
Merge	Объединить объекты в слое	Alt+A



Рисунок 44 — Настройка горячих кнопок в приложении ArcMap

Объекты при векторизации так же, как и на исходной бумажной карте имеют общие границы. Получить их без появления ошибок топологии позволяет инструмент замыкания объектов «Snapping». Замыкание может быть выполнено на точку, вершину полигонального или линейного объекта, начальную или конечную вершину объекта, сегмент объекта. Расстояние, на котором происходит замыкание, определяется оператором в свойствах инструмента «Snapping» исходя из текущих задач. Настроить параметры замыкания можно в свойствах модуля «Editor» (рисунок 45, 46)



Рисунок 45 — Настройка замыкания объектов слоя



Рисунок 46 — Запуск инструментов редактирования «Atributes» и «Create Features»

Перед началом работы по векторизации следует запустить инструменты «Atributes» и «Create Features», разместив ее в удобном для оператора месте рабочей области программы. «Create Features» позволит выбрать объект редактирования, тип и способ создания полигонального объекта (полигон, прямоугольник, круг, эллипс, произвольная линия, автозавершение полигона, автозавершение произвольной линии). С помощью окна «Atributes» появляется возможность вносить атрибуты созданного объекта векторной карты, как для одного, так и для набора выделенных объектов.

Для векторизации почвенных карт запускается режим редактирования «Editor» - «Start Editing» (рисунок 47, 48, 49).



Рисунок 47 — Запуск режима редактирования векторного слоя



Рисунок 48 — Выбор редактируемого слоя и инструментов создания векторных объектов



Рисунок 49 — Пример векторизации почвенного выдела

После указания редактируемого векторного слоя и инструмента создания объекта начинают процесс векторизации, заключающийся в выделении векторных объектов на растровой почвенной карте с параллельной корректировкой границ почвенных выделов на основе набора ортофотопланов.

Граница векторного объекта должна проходить по центру границы почвенного выдела на растровой карте. Основными критериями качества проведенной границы является ее плавность, соответствие границам на растровой карте (исключение – корректировка границ по ортофотоплану), отсутствие резких и геометрически правильных границ (исключение – выделение объектов инфраструктуры, посторонних пользований или иных антропогенных объектов). Вершины линейных незамкнутых понижений (балок, потяжин и пр.) описываются не менее чем 5-6 вершинами полигона при ручной векторизации. Основными элементами полигонов являются вершины и сегменты, причем смежные полигональные объекты имеют общую границу, объединенную посредством инструментов замыкания «Snapping» (рисунок 50, 51).



Рисунок 50 — Пример векторизации вершин линейных незамкнутых понижений на почвенной карте (балок и потяжин)



Рисунок 51 — Создание векторного объекта

В процессе векторизации создается скетч (черновик) объекта, который может быть завершен (Finish sketch) или удален (Delete sketch) в зависимости от качества полученного объекта. Для ускорения работ векторизации и снижения количества ошибок топологии рекомендуется использование инструмента «Auto Complete Polygon».

Редактирование созданных векторных объектов выполняется с помощью инструмента «Edit tool» модуля «Editor» (рисунок 52).



Рисунок 52 — Инструмент «Edit tool» модуля «Editor».

Для редактирования созданного объекта на панели модуля «Editor» запускается инструмент «Edit tool», курсор переводится на объект и нажатием правой кнопки мыши из окна свойств выбирается пункт «Edit vertices». Набор инструментов позволяет менять положения вершин полигона, создавать или удалять вершины, менять пропорции редактируемого объекта (рисунок 53).



Рисунок 53 — Инструменты редактирования вершин полигона

Инструмент «Cut polygon tool» позволяет разделять созданные объекты на несколько частей. Разделение может быть прямолинейным в случае простого разделения объекта на две части или сложным, в случае выделения криволинейных границ объекта (например, границы почвенного выдела). Предварительно редактируемый полигон выделяется инструментом «Select Features». В процессе редактирования замыкание «Snapping» может выполняться как на вершину объекта, так и на его сегмент (рисунок 54).



Рисунок 54 — Разделение выделенного объекта

Границы смежных объектов редактируются посредством инструментов модуля «Topology». Для редактирования границ следует подключить топологию карты «Мар

topology», после чего инструменты становятся активными. Наиболее применимыми при векторизации почвенных карт являются инструменты «Topology Edit» - редактирование вершин объекта, «Tool Reshape Edge Tool» - изменение общей границы объекта (рисунок 55).



Рисунок 55 — Изменение общей границы объектов

Полуавтоматическая векторизация почвенной карты выполняется посредством модуля ArcScan. Предварительно выполняется настройка модуля, заключающаяся в настройке основных параметров векторизации: решения пересечений (Intersection Solution setting); максимальной ширины линии (Maximum Line Width setting); допуска сжатия (Compression Tolerance setting); ширины сглаживания (Smoothing Weight setting); допуска замыкания разрывов (Gap Closure Tolerance); развернутого угла (Fan Angle); пробелов (Hole setting); решение углов (Resolve Corners).

В связи с высокой вариабельностью качества исходных материалов и отсутствия единого стандарта оформления почвенных карт перечисленные показатели подбираются индивидуально, применительно к каждой векторизуемой карте.

При векторизации рекомендуется использовать инструмент модуля Vectorization Trace Between Points. Техника дальнейшей векторизации, в основных этапах, полностью повторяет таковую для ручной векторизации. Отличительной особенностью является возможность выполнения полуавтоматической векторизации для выбранного отрезка границы почвенного выдела. При возникновении сложностей в процессе распознавания границы растрового слоя следует переходить на ручную векторизацию, таким образом комбинируя их для оптимизации процесса оцифровки.

## 6.3 Внесение атрибутивных данных карты

Атрибутивная информация в цифровую почвенную карту вносится из материалов почвенного обследования: легенды почвенной карты, экспликации к почвенной карте или,

в случае полного отсутствия иной информации, из легенды агропроизводственной группировки почв. При внесении информации руководствуются числовым кодом почвенного выдела на карте или его буквенным аналогом. Одноименные по коду почвенного выдела полигоны выделяются с помощью инструмента таблицы атрибутов «Select by attributes». Внесение информации происходит посредством окна «Attributes» модуля «Editor». Для большинства полей таблицы атрибутов используются выпадающие списки, позволяющие унифицировать ввод почвенной информации.

Для представления почвенных комбинаций, т.е. сочетаний или комплексов из нескольких наименований почв, применяется техника, описанная в [15] и ориентированная на компьютерное представление и обработку данных. В этом случае:

- геометрия полигона с почвенной комбинацией дублируется соответственно количеству почв в комбинации;

- атрибутивная информация для каждого полигона вводится для каждой соответствующей почвы отдельно, код полигона дублируется;

- вводится дополнительная колонка удельного веса (процентного содержания) каждой почвы в комбинации;

- если удельный вес представлен диапазоном, например, 10-25%, то выбирается середина диапазона, в данном примере – 17,5%, с тем чтобы сумма весов почв в комбинации составляла 100% (рисунок 56, 57).

Для почвенного выдела, представленного одной почвой, удельный вес соответствует 100%.







Рисунок 57 — Внесение атрибутивной информации почвенной комбинации

Для почв комбинации рассчитывается среднее арифметическое диапазона удельных весов, таким образом, чтобы их сумма была равна 100

#### 7 Проверка качества векторной карты

Создание цифровой почвенной карты является технологически сложным процессом, включающим в себя множество операций с векторным слоем: создание векторного слоя, редактирование границ объектов на основе набора ортофотопланов, топологическое редактирование, внесение атрибутов. На каждом технологическом этапе требуется тщательная проверка и устранение появившихся ошибок. Всю совокупность ошибок можно отнести: к ошибкам обработки сканированного изображения, геореференсации, векторизации и внесения атрибутивных данных. Для проверки векторного слоя почвенной карты используются набор приложений, которые относятся как к пакету программ ArcGIS, так и к стороннему программному обеспечению. В частности, для задач проверки атрибутивной составляющей почвенной карты наиболее применим табличный редактор Microsoft Excel, который позволяет анализировать таблицу атрибутов карты как на предмет опечаток в наименованиях почвенных таксонов, так и на корректность ввода данных в целом. Для проверки качества геореференсации помимо программного обеспечения необходимо привлекать и дополнительные картографические материалы: картосхемы землепользований, кадастровые карты, данные дистанционного зондирования Земли (спутниковые снимки и цифровые модели высот). Привлечение дополнительных позиционных данных позволит избежать грубых ошибок при геореференсации и корректировке векторных объектов.

N⁰	Название технологического	Типовые ошибки
	этапа оцифровки	
1	Обработка изображения в графическом редакторе	<ol> <li>Удаление «информативной» части при обработке почвенной карты: фрагментов почвенных выделов, отдельных листов карты.</li> <li>Изменение разрешения (увеличение или уменьшение значение dpi изображения) осложняющее дальнейшую работу с почвенной картой.</li> </ol>
		<ul> <li>3. Изменение яркости или контрастности изооражения, осложняющее дальнейшую работу с почвенной картой.</li> <li>4. Неправильное обозначение файлов изображений: название на кириллице, включение в название системных символов (; . : «» -).</li> </ul>
2	Геореференсация почвенных карт	<ol> <li>Использование для задач геореференсации ортофотопланов с низким пространственным разрешением.</li> <li>Использование только одного ортофотоплана при геореференсации почвенной карты, например, только спутникового снимка.</li> <li>Несовпадение элементов изображения почвенной карты и объектов на ортофотоплане.</li> </ol>
3	Векторизация почвенных карт	<ol> <li>Наличие некорректной геометрии в векторном слое.</li> <li>Наличие ошибок топологии.</li> <li>Границы полигонов не соответствуют таковым на исходной карте. Исключением является результат корректировки почвенной карты на основе ортофотоплана.</li> </ol>
4	Внесение атрибугов цифровой почвенной карты	<ol> <li>Структура таблицы атрибутов (названия полей и их форматы) не соответствуют локальному стандарту оцифровки почвенных карт.</li> <li>Числовые идентификаторы почвенных выделов не соответствуют таковым на исходной почвенной карте.</li> <li>Сумма удельных весов почв в комбинации не соответствует 100%.</li> <li>Наличие незаполненных полей в таблице атрибутов цифровой карты.</li> <li>Некорректно введенная информация: наличие опечаток в обозначении таксонов, ошибки внесения данных.</li> </ol>

Таблица 8 – Список типовых ошибок при оцифровке архивных почвенных карт

Приведенные в таблице типовые ошибки могут диагностироваться визуально или с помощью инструментальных средств. Более подробно необходимо на ошибках поиск и устранение которых выполняется автоматически или полуавтоматически с помощью пакета программ ArcGIS.

Приложения ArcGIS построены с предположением, что геометрия объектов будет соответствовать определенным спецификациям. В случае если алгоритмы обработки обнаруживают данные, которые не соответствуют спецификациям, программное обеспечение может выдавать ошибки или прерваться, или операция может завершиться без видимых ошибок, но результат будет некорректным. В качестве подобных спецификаций выступают спецификации к программным продуктам, которые используются в процессе работы с векторными данными и локальные нормативнотехнические документы почвенных дата-центров. Основными требованиями к векторным данным являются:

1. Отсутствие ошибок геометрии объектов слоя.

2. Топологичность пространственных данных, т.е. соответствие набору правил, определяющих как пространственные объекты взаморасполагаются в географическом пространстве.

3. Отсутствие осколочных полигонов.

4. Отсутствие мультиполигонов в векторном слое.

Ошибки внесения атрибутов напрямую не влияют корректность обработки пространственных данных (оверлейные операции), но является существенными на этапах анализа атрибутивной составляющей карт (расчет площади почвенных выделов) и этапе компоновки карты.

### 7.1 Проверка корректности геометрии векторного слоя

В процессе ручной векторизации почвенных карт часто возникают ошибки, связанные с созданием полигонов с некорректной геометрией. Причиной её возникновения может служить множество процессов, включая загрузку, вырезания данных и собственно векторизация. Геометрия считается некорректной, если соответствует одному из следующих условий:

1. Наличие «пустой геометрии». В геометрии объекта имеются точки, не содержащие геометрической информации. Для формата \*.gdb (файловая база геоданных) они традиционно представлены в полях атрибутивной таблицы «Shape length» и «Shape area».

2. Отсутствие геометрии полигональных объектов – это происходит, когда объект содержит пустое значение в поле shape. Этот тип ошибки возвращается, когда проверка не может получить геометрическую информацию от объекта.

3. Некорректный порядок колец (только для полигональных объектов) – полигон не является самопересекающимся, но его кольца ориентированы некорректно (внешние кольца - по часовой стрелке, внутренние кольца - против часовой стрелки).

4. Неправильная ориентация сегментов – отдельные сегменты не ориентированы согласованно. Точка «до» сегмента і должна совпадать с точкой «от» сегмента і+1.

5. Содержит короткий сегмент – некоторые сегменты короче, чем допускается единицами системы пространственной привязки, связанной с геометрией.

6. Содержит самопересекающиеся кольца (только для полигональных объектов) – полигон не должен самопересекаться.

7. Содержит незамкнутые кольца – последняя и первая вершины кольца должны совпадать.

8. Содержит несоответствие атрибутов – координаты Z или M конечной точки линейного сегмента не совпадают с координатами Z или M соответствующей конечной точки следующего сегмента.

9. Содержит дискретные части – одна из частей геометрии состоит из разрозненных или дискретных частей.

10. Пустые значения z (для объектов с z-значениями) – в геометрии есть одна или несколько вершин с пустым значением Z (например, NaN).



Рисунок 58 – Проверка корректности геометрии с помощью инструмента Check Geometry

Для проверки корректности геометрии используется инструмент Check Geometry, генерирующий отчет об ошибках в классе пространственных объектов. Допустимыми входными форматами являются шейп-файлы и классы объектов, хранящиеся в файловой базе геоданных. Инструмент проверки геометрии находиться в наборе инструментов ArcToolBox –Data Management Tools – Features – Check Geometry. Результатом работы является таблица содержащая следующие поля:

- 1. CLASS полный путь к классу пространственных объектов и его имя, где была найдена ошибка.
- 2. FEATURE\_ID идентификатор объекта (FID) или Object ID (OID) для пространственного объекта с ошибками геометрии.
- 3. PROBLEM краткое описание ошибки.

Поле Problem	Описание ошибки	Приоритетность
Null geometry	пространственные объекты не содержат	Высокая
	геометрии или отсутствуют данные в поле	
	SHAPE таблицы атрибутов слоя	
Incorrect ring ordering	полигон топологически простой, но его кольца	Высокая
	ориентированы некорректно (внешние кольца	
	– по часовой стрелке, внутренние кольца –	
	против).	
Self intersections	полигон пересекает сам себя	Высокая
Empty parts	геометрия состоит из нескольких частей, одна	Высокая
	из которых пустая (без геометрии).	
Duplicate vertex	в геометрии есть две или более вершины с	Высокая
	одинаковыми координатами	
Incorrect segment orientation	отсутствует согласованность ориентации	Средняя
	отдельных сегментов. Точка «до» сегмента і	
	должна совпадать с точкой «от» сегмента i+1.	
Unclosed rings	точка «до» последнего сегмента кольца	Средняя
	должна совпадать с точкой «от» первого	
	сегмента.	
Discontinuous parts	одна из частей геометрии состоит из	Высокая
	разрозненных или дискретных частей.	
Empty Z values	в геометрии есть одна или несколько вершин с	Средняя
	пустым значением Z (например, NaN)	
Bad envelope	выпуклая оболочка вокруг набора объектов не	Средняя
	соответствует диапазону координат	

Таблица 9 - Список сообщений в поле PROBLEM

	геометрии	•				
Bad dataset extent	диапазон	координат	для	набора	данных	Средняя
	включает в себя не все объекты					

Проблемные объекты слоя определяются по уникальному идентификатору в таблице проверки после чего выполняется исправление: а) в ручном режиме посредством модуля редактор Editor или б) с помощью инструмента автоматического исправления некорректной геометрии Repair Geometry. Редактирование полигонов в ручном режиме было подробно описано в разделе 6 данного методического пособия.

Инструмент Repair Geometry предназначен для исправления ошибок геометрии в векторном слое. Допустимыми входными форматами являются шейп-файлы и классы объектов, хранящиеся в файловой базе геоданных. Инструмент проверки геометрии находиться в наборе инструментов ArcToolBox –Data Management Tools – Features – Repair Geometry.

Следует отметить, что данный инструмент изменяет входные значения. В своей работе он использует тот же подход, что и инструмент Check Geometry для определения наличия ошибок геометрии.

Поле Problem	Результат исправления
Null geometry	запись будет удалена из класса объектов. Для
	того, чтобы сохранить записи с нулевой
	геометрией, снимите отметку «Удалить
	объекты с нулевой геометрией»
Incorrect ring ordering	геометрия будет обновлена таким образом,
	чтобы в ней был установлен корректный
	порядок колец.
Self intersections	области наложения в полигоне будут слиты.
Empty parts	нулевые или пустые части будут удалены.
Duplicate vertex	одна из вершин будет удалена.
Incorrect segment orientation	геометрия будет обновлена таким образом,
	чтобы в ней была установлена корректная
	ориентация сегмента.
Unclosed rings	незамкнутое звено будет замкнуто путем
	соединения конечных точек звена.
Discontinuous parts	из дискретной части будет создано несколько
	частей.
Empty Z values	значение z будет установлено равным 0.
Bad envelope	конверт объекта будет исправлен.

Таблица 10 – Описание результата работы инструмента Repair Geometry

Исправление ошибки «Bad dataset extent» выполняется с помощью инструмента Recalculate Feature Class Extent (ArcToolBox –Data Management Tools – Feature class – Feature Class Extent).

## 7.2 Проверка топологии векторного слоя

Топология регулирует пространственные отношения связности и соседства векторных объектов в ГИС, что крайне важно для векторных данных. Существуют различные типы топологических ошибок, и они могут быть сгруппированы в соответствии с типами геометрии.

Топология - не просто механизм хранения данных. В ArcGIS топология выполняет следующие функции:

- База геоданных включает модель топологических данных, использующую открытые форматы хранения простых объектов (т.е., классы точечных, линейных и полигональных пространственных объектов), правила топологии, и топологически связанные координаты пространственных объектов с общей геометрией. Эта модель данных позволяет использовать правила проверки целостности данных и топологического поведения классов пространственных объектов, участвующих в топологии.
- ArcGIS отображает слои топологии в ArcMap, что позволяет показать топологические отношения, ошибки и исключения.
- ArcGIS содержит и инструменты геообработки для построения, анализа, управления и проверки топологии.
- АгсМар использует мощную среду редактирования и автоматического управления данными, которая применяется для создания, хранения и проверки топологической целостности, а также для редактирования пространственных объектов с общей геометрией.

В базе геоданных для каждой топологии используются следующие параметры:

1. Имя создаваемой топологии.

2. Кластерный допуск, использующийся при выполнении операций обработки топологии. Термином "кластерный допуск" часто обозначаются два допуска: допуск по координатам х,у и допуск по z. Значение кластерного допуска по умолчанию в 10 раз больше значения координатного разрешения.

3. Список классов пространственных объектов. Сначала необходимо перечислить классы пространственных объектов, которые будут участвовать в топологии. Все они должны иметь одну систему координат и входить в один набор классов объектов.

4. Относительный ранг точности координат каждого класса пространственных объектов. Если некоторые классы пространственных объектов имеют точность выше, чем другие, им следует присвоить более высокий ранг. Ранг будет использоваться в проверке и интеграции топологии. Координаты с меньшей точностью будут подтягиваться к местоположениям с более высокой точностью координат, если они попадут в пределы

кластерного допуска. Пространственные объекты с наивысшей точностью получат значение 1, менее точные получат значение 2, еще менее точные - 3, и т.д.

5. Список правил топологии, определяющих совместное использование геометрии пространственными объектами.



Рисунок 59 – Пример ошибок топологии полигонов зазор (1) и наложение (2)

Правила топологии определяют допустимые пространственные отношения между объектами. Правила, заданные в топологии, управляют отношениями между пространственными объектами в классе пространственных объектов, между объектами различных классов или между подтипами пространственных объектов.

Существует множество правил топологии, которые используются для управления геометрией объектов в базе геоданных, в зависимости от пространственных взаимоотношений. Правила топологии могут быть настроены между подтипами объектов в одном или в нескольких классах объектов. Кроме некоторых специализированных форматов геоданных, топология обычно не применяется по умолчанию.

Правило топологии	Описание правила	Примеры
Не должны перекрываться	Полигоны не должны перекрыться внутри класса объектов или подтипа. Полигоны могут быть не связаны между собой или касаться в точке или по линии ребра.	
Полигоны содержат точки	Каждый полигон первого класса или подтипа объектов должен содержать внутри своих границ по крайней мере одну точку второго класса или подтипа объектов. Полигональные ошибки создаются из полигонов, которые не содержат хотя бы одной точки. Точка, лежащая на границе полигона, не считается содержащейся в полигоне	

Таблица 11 – Ошибки топологии полигональных объектов

Правило топологии	Описание правила	Примеры
Полигоны должны совмещаться с объектами класса	Полигоны первого класса или подтипа объектов должны покрываться полигонами второго класса или подтипа объектов. Полигональные ошибки создаются из непокрытых областей полигонов первого класса или подтипа объектов.	
Полигоны не должны перекрываться с	Полигоны первого класса или подтипа объектов не должны перекрываться полигонами второго класса или подтипа объектов. Полигональные ошибки создаются из областей перекрытия полигональных объектов двух классов или подтипов.	
Граница площадного объекта должна совпадать с границей	Границы полигонов одного класса или подтипа объектов должны совпадать с границами полигонов другого класса или подтипа объектов. Линейные ошибки создаются на сегментах границ полигонов первого класса или подтипа объектов, где они не совпадают с границами полигонов другого класса или подтипа объектов.	
Не должны иметь пробелов	Полигоны одного класса или подтипа не должны иметь пустот внутри или между объектами.	
Граница должна совпадать с	Границы полигонов одного класса или подтипа объектов должны совпадать с линиями другого класса или подтипа объектов.	
Должны совмещаться с	Полигоны одного класса или подтипа объектов должны покрываться одним полигоном второго класса или подтипа объектов. Полигональные ошибки создаются из полигонов первого класса или подтипа объектов, которые не покрыты одним полигоном другого класса или подтипа объектов.	

Правило топологии	Описание правила	Примеры
Должны совмещаться друг с другом	Все полигоны первого класса или подтипа объектов должны совмещаться со всеми полигонами второго класса или подтипа объектов. То есть полигоны первого класса должны быть покрыты полигонами второго класса, и полигоны второго класса должны быть покрыты полигонами первого класса. Полигональные ошибки создаются из областей, где любая часть полигона не покрыта одним или более полигонами другого класса или подтипа объектов.	
Должны быть больше кластерного допуска	Кластерный допуск - это минимальная дистанция между вершинами объектов. Вершины, попадающие в пределы кластерного допуска, считаются совпадающими и совмещаются одна с другой. Любой полигон или линия, который будет убран в результате проверки на наличие топологических ошибок.	Кластерный допуск Кластерный допуск

Нарушения правил топологии сохраняются в топологии в качестве объектов-ошибок, которые содержат информацию об обнаруженных во время проверки ошибках. Некоторые ошибки могут быть допустимыми, в этом случае их можно отметить как исключения. Ошибки и исключения хранятся как объекты в слое топологии, что позволяет отображать их и в случаях, не требующих выполнения топологических правил, работать с ними. Исключения впоследствии игнорируются, тем не менее им можно вернуть статус ошибки. Для созданного векторного слоя почвенной карты выполняется проверка топологии с использованием двух правил: объекты: а) не должны перекрываться; б) не должны иметь пробелов.

Слой топологии создается непосредственно в наборе векторных данных базы геоданных проекта и может включать один или несколько векторных слоев проверки. Валидация векторного слоя проходит непосредственно по окончанию создания слоя топологии. Для поиска и корректировки ошибок топологии следует использовать модуль Topology, который позволяет выполнять сортировку найденных ошибок, проводить повторную валидацию топологии, исправлять ошибки топологии или добавлять их в исключения. Следует отметить, что в качестве исключений выступают дублирующиеся полигоны почвенных комбинаций, каждый из которых имеет идентичную геометрию, но отличается атрибутивными данными – описанием каждой почвы комбинации с указанием ее удельного веса.

Создание слоя топологии выполняется различными способами, наиболее оптимальным является создание топологии с помощью приложения ArcCatalog (рисунок 60). Топология создается в векторном наборе данных. Обязательным условием является наличие в наборе пространственного класса объектов, для которого проводится проверка топологии. Создание топологии включает в себя 4 основных этапа:

- 1. Добавление название слоя топологии и кластерного допуска (рекомендуется оставить значения казанное по умолчанию).
- Выбор пространственного класса объектов, для которого будет осуществляться проверка.
- 3. Выбор ранга (рекомендуется оставить значения казанное по умолчанию).
- 4. Выбор правил проверки топологии. В практике векторизации почвенных карт используются правила «must not overlap» и «must not have gaps».



Рисунок 60 – Создание слоя топологии с помощью ArcCatalog

После завершения создания слоя топологии его необходимо добавить в проект. Непосредственно процесс проверки выполняется как автоматически, после создания топологии, так и в «ручном режиме» с помощью набора инструментов «Topology».



Рисунок 61 – Проверка топологии и редактирование слоя

Просмотреть список ошибок можно посредством таблицы «Error Inspector», запуск которой осуществляется на панели инструментов «Topology». «Error Inspector» позволяет выполнять поиск и фильтрацию ошибок, просматривать описания правил топологии, выполнять пространственный поиск ошибок и проводить редактирование (слияние объектов, создание новых полигонов в местах их наложения и пр.). Постоянная актуализация ошибок обеспечивается инструментами «Validate Topology In Current Extent» и «Validate Topology In Specified Area». Проверка возможно лишь в случае если включен режим редактирования векторного слоя для которого проводилась проверка топологии. Помимо таблицы, ошибки имеют и визуальное отображение, что упрощает их поиск и редактирование. Исправление ошибок топологии происходит аналогично редактированию объектов (раздел 6 методического пособия).

### 7.3 Проверка наличия осколочных полигонов

Осколочные полигоны могут возникать в ходе векторизации, когда случайно создаются маленькие, узкие полигоны при перекрытии существующих объектов. Осколочный полигон определяется такими факторами, как коэффициент тонкости, площадь округлость полигона. Если полигон меньше заданного значения и коэффициента тонкости, он считается осколочным. Тонкость – коэффициент тонкости осколочных полигонов определяется отношением площади полигона к периметру, для более тонких полигонов это отношение стремится к 0. Округлость - коэффициент округлости осколочных полигонов полигонов показывает, насколько полигон близок к окружности (равен 1 для окружности). Поиск и удаление осколочных полигонов выполняется как в ручном режиме, так и автоматически.



Рисунок 62 – Принцип удаления осколочных полигонов векторного слоя

Для автоматического удаления осколочных полигонов используется инструмент «Eliminate» (ArcToolBox –Data Management Tools. – Generalization – Eliminate). В результате работы инструмента происходит объединение осколочных полигонов с соседними полигонами, если они имеют большую протяженность общей границы или большую площадь.



Рисунок 63 – Удаление осколочных полигонов с помощью инструмента «Eliminate» Для удаление осколочных полигонов в ручном режиме необходимо выполнить поиск и локализовать их местоположение на векторном слое. Наиболее простым способом является сортировка полигонов по площади в таблице атрибутов слоя и дальнейшая их визуальная проверка. Устранение осколочных полигонов выполняется с помощью набора инструментов «Editor» (раздел 6 методического пособия).

### 7.4 Проверка на наличие мультиполигонов

Мультиполигон – это сложный, составной объект элементами которого являются полигоны. Создание мультиполигонов в процессе векторизации почвенных карт не рекомендуется. Разделение составной геометрии на слагающие ее полигоны выполняется

посредством инструмента расширенного набора редактирования «Explode Multipart Feature»



Рисунок 64 – Инструменты расширенного набора редактирования «Advanced Edition»

## 7.5 Проверка атрибутивных данных векторной почвенной карты

Проверка полноты и корректности внесенной атрибутивной информации выполняется с использованием простейших приемов работы с таблицей атрибутов слоя. Внесенная информация должна отвечать следующим требованиям:

- а) Все поля таблицы атрибутов должны быть заполнены. Для позиций, которые не отражены в легенде почвенной карты указывается «не определено». Для отсутствующих цифровых данных (удельный вес почвы в комбинации, год и пр.) указывается «0».
- b) В случае, когда наименование (таксон, признак, свойство) невозможно трактовать однозначно, например, если карта деформирована, необходимо указывать для данного наименования «не определено».
- с) Поле «Name» должно содержать полное наименование почвы из графы легенды почвенной карты «Название почв». Название приводится в исходном, неизмененном виде.
- d) Удельный вес почвы в комбинации должен быть заполнен. Для проверки заполнения рекомендуется сортировать полигоны по площади. Объекты, имеющие одинаковую площадь, будут находиться в списке рядом, что позволит просуммировать удельный вес почв в комбинации. В случае если сумма будет не равна «0» (почвенный ареал) или «100» (почвенная комбинация) необходимо выполнить проверку и корректировку внесенных данных.

Проверка внесения атрибутивной информации в цифровой почвенной карте может выполняться непосредственно в приложении ArcMap или в любом табличном редакторе, например, Microsoft Excel.

Проверка в ArcMap выполняется посредством выделения объектов по атрибутам опции таблицы атрибутов слоя «Select by attribute». Опция позволяет не только выполнять выделение объектов по одному или набору атрибутивных данных, но и просматривать уникальные значения каждого поля. Подобная проверка позволяет выделить некорректные записи (орфографические ошибки, наличие пробелов перед или после значения) или отсутствующие данные (NULL). Алгоритм проверки и исправления некорректной геометрии включает следующие этапы:

1. Запуск таблицы атрибутов слоя и опции «Select by attribute».

2. Выбор поля таблицы для проверки, например, «Washed\_off».

 Просмотр уникальных записей выбранного поля и сравнение их с существующим списком-классификатором почв.

4. Выделение ошибочных значений посредством SQL запроса, например, Washed\_off = 'сильносмытые'. Для выделения объектов по нескольким атрибутам используется оператор AND. Например, Washed\_off = 'сильносмытые' AND SubType = 'Черноземы обыкновенные'.

5. Использование калькулятора полей «Field Calculator» для исправления выделенных записей. Для корректировки записей необходимо выделить поле, содержащее ошибочные значения, из списка опций выбрать «Field Calculator». В появившемся окне записать корректное значение, например, "слабосмытые".



Рисунок 65 – Проверка атрибутов карты с помощью опции «Select by attribute»

Проверка таблицы атрибутов в табличном редакторе позволяет: а) просматривать внесенные атрибутивные значения карты на предмет опечаток, ошибок внесения, незаполненных полей; б) выполнять проверку нескольких полей, сопряженно друг с другом.



Рисунок 66 – Проверка атрибутов карты в табличном редакторе Microsoft Excel

Проверка нескольких полей особенно важна для таких таксонов, как тип и подтип почв, подтип и вид (мощность гумусовых горизонтов) и т.д. В результате такой проверки определяются ошибки внесения данных, которые в последствии исправляются в ArcMap. Крайне важно в процессе проверки использовать данные первоисточника (сканированной почвенной карты) и список-классификатор почв на основе которого и проводилось внесение данных.

Проверка внесение удельного веса почвенных комбинаций выполняется в таблице атрибутов цифровой почвенной карты. В процессе проверки следует помнить, что почвенные комбинации выделяются, в рамках описываемого подхода, как полигоны слоя, обладающие идентичной геометрией, но отличающиеся по атрибутивному наполнению. Для проверки правильности внесения удельного веса необходимо выполнить сортировку объектов по их площади. После сортировки записей выполняется их визуальный осмотр. Сумма весовых коэффициентов каждой почвы комбинации должна составлять 100%. В случае, если она не соответствует этому значению необходимо обратиться к первоисточнику и исправить значения посредством калькулятора полей таблицы атрибутов.

# ЛИТЕРАТУРА

- Атлас почв Ростовской области. Электронный ресурс. Электронная Рег. номер 5020150538. Регистрация ФАП №18170 от 27.04.2012 г. / В.С. Крыщенко, О.С. Безуглова, О.М. Голозубов, Ю.А. Литвинов. – Ростов-на-Дону, 2012.
- Безуглова О.С. Классификация почв. Учебное пособие / О.С Безуглова. - Ростов-на-Дону: изд. Южного федерального университета, 2009. – 128 с.
- 3. Белобров В. П., Мазиков В. М. Использование аэрофотоснимков при определении контрастности почвенного покрова по засолению // Известия АН СССР, Серия географическая М.: Наука, 1979. №2. С. 121-129.
- 4. Белоусова Н. И., Мешалкина Ю. Л. Методические аспекты создания почвенно-атрибутивной базы данных //Бюллетень Почвенного института им. ВВ Докучаева. 2009. № 64. С. 23-33.
- 5. ГОСТ 27593-88 Почвы. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2006. - 11 с.
- 6. ДеМерс М. Н. Географические информационные системы. М.: «Дата+» 1999 490 с.
- 7. Егоров В. В. и др. Классификация и диагностика почв СССР. Колос, 1977.
- Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. – 768 с. ISBN 978-5-8125-1960-5
- 9. Капралов Е. Г., Кошкарев А.В., Тикунов В. С. Геоинформатика: в 2 кн. Изд-во «Академия», 2008 384 с.
- 10.Колесникова В.М., Алябина И.О., Воробьёва Л.А., Молчанов Э.М., Шоба С.А., Рожков В.А. Почвенная атрибутивная база данных России // Почвоведение. –2010. –№8. – С 899-908.
- Кравцова В.И. Космические методы исследования почв: Учебное пособие для студентов вузов / В.И. Кравцова – М.: Аспект Пресс, 2005. – 190 с.
- 12. Крыщенко В. С., Голозубов О.М., Колесов В.В. // Математическое моделирование в почвоведении, ЮФУ 2012 г.
- 13. Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П. Презентация «Модель пространственной вариабельности почвенных свойств»
- 14. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований. (ред. Ищенко Т.А.) Издательство: Колос, 1973 г. 95 с.
- 15.Почвенно-географический крупномасштабный электронный атлас Ростовской области: принципы построения, структура, возможности использования/ Безуглова О.С., Голозубов О.М., Крыщенко В.С. Ростов-на-Дону: Мини Тайп, 2013. 146 с.

- 16. Рожков В.А., Рожкова С.В. Почвенная информатика / В.А. Рожков, С.В. Рожкова. М.: Изд-во Мое. ун-та, 1993. 190 с.
- 17.РуководствопользователяArcGISDesktop<a href="https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/main/get-started/arcgis-tutorials.htm">https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/main/get-started/arcgis-tutorials.htm</a>
- 18.Рухович Д.И., Вагнер В.Б., Вильчевская Е.В., Калинина Н.В., Королева В.П. Проблемы использования тематических карт на территорию СССР при создании ГИС «Почвы России» // Почвоведение.– 2011. №9. –С. 1043-1055.
- 19. Рухович Д.И., Королева П.В., Калинина Н.В., Вильчевская Е.В., Симакова М.С., Долинина Е.А., Рухович С.А. Государственная почвенная карта версия ARCINFO // Почвоведение. 2013. –№3. С. 251-267.
- 20.Савин И.Ю. Инвентаризация почв с использованием ГИС технологий // Почвоведение. 2003. №10. С.1189-1196.
- 21.Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: На примере дерново-подзолистых почв / В.П. Самсонова. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 160 с.