

Санкт-Петербургский государственный университет

**МОРОЗОВА Дарья Евгеньевна**

**Выпускная квалификационная работа**



**Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области**

Уровень образования: магистратура  
Направление *05.04.03 «Картография и геоинформатика»*  
Основная образовательная программа *ВМ.5523.2020*  
*«Геоинформационное картографирование»*

Научный руководитель:  
доцент кафедры картографии  
и геоинформатики СПбГУ, к.г.н.,  
Сидорина Инесса Евгеньевна



Рецензент:  
доцент кафедры экономической  
географии  
РГПУ им. А.И. Герцена, к.г.н.,  
Полякова Светлана Дмитриевна

Санкт-Петербург  
2021

## Содержание

Введение .....	3
Глава 1. Применение геоинформационных систем в современной картографии.....	5
1.1. Геоинформационное картографирование .....	5
1.2. Применение ArcGIS в современной картографии.....	12
Глава 2. Картографирование демографических процессов.....	15
2.1. Демографические процессы и методы их исследования .....	15
2.2. Картографирование демографических процессов .....	19
2.2.1. История картографирования демографических процессов.....	19
2.2.2. Современное картографирование демографических процессов.....	21
2.2.3. Методы картографирования демографических процессов .....	23
Глава 3. Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области .....	26
3.1. Сбор и обработка исходных материалов.....	26
3.1.1. Статистические данные .....	26
3.1.2. Картографические материалы .....	36
3.1.3. ДДЗЗ на территорию Ленинградской области.....	40
3.1.4. Данные дорожной сети .....	41
3.2. Применение методов геоинформационного картографирования и создание карт демографических процессов для Ленинградской области .....	45
3.2.1. Использование данных статистики.....	45
3.2.2. Использование данных дистанционного зондирования Земли.....	54
3.2.3. Использование данных дорожной сети .....	56
3.2.4. Комплексное применение различных данных для картографирования демографических процессов.....	57
Заключение.....	61
Литература .....	63
Приложение 1.....	68
Приложение 2.....	69

## Введение

Высокая изменчивость разнообразных демографических характеристик населения приводит к необходимости частого обновления карт демографических процессов или других характеристик населения. Карты, обладая высокой наглядностью и информативностью, способны привлечь внимание большой аудитории к демографическим проблемам.

Создание социально-экономических карт только по данным статистики является недостаточно полноценным. Особенно актуально для картографирования демографических процессов привлекать не только полевые, статистические и картографические данные, но и материалы аэрокосмической съемки и данных дорожной сети. Последние два источника позволяют получить уникальную информацию о других данных, которые помогают рассмотреть демографические процессы более подробно.

Различные методы геоинформационного картографирования (далее ГК) используются не только при автоматизации работ по картографированию демографических процессов, но и для анализа исходных данных и получения новых производных карт. Технологии геоинформационных систем продвинулись достаточно далеко в своем развитии, что позволяет применять различные методы для создания карт. Поэтому, основная цель научно-исследовательской работы изучение комплексного подхода в геоинформационном картографировании для изучения демографических процессов в Ленинградской области.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Сбор и обработка статистических данных по демографии Ленинградской области за 1989, 2017, 2018 и 2020 года.
2. Поиск исходных картографических материалов. Подготовка картографических материалов для проекта.
3. Подготовка данных дистанционного зондирования Земли.
4. Подготовка данных дорожной сети Ленинградской области.

5. Применение методов геоинформационного картографирования.  
Создание итоговых карт проекта.

Актуальность темы обусловлена огромной важностью комплексного применения различных методов геоинформационного картографирования в сфере демографических исследований. Результаты картографирования демографических особенностей населения можно будет использовать для специалистов в сфере социально-экономической географии, занимающихся изучением демографических процессов в Ленинградской области.

Полученные результаты можно использовать для анализа, мониторинга и прогнозирования демографической ситуации в регионах РФ, а также для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов.

# **Глава 1. Применение геоинформационных систем в современной картографии**

## **1.1. Геоинформационное картографирование**

Геоинформационное картографирование – это отрасль картографии, в которой изучаются теоретические и практические аспекты информационно-картографического моделирования геосистем. Главная задача ГК – создание карт как образно-знаковых моделей действительности. Данное направление регулирует решения, связанные с применением стандартных, а также разработкой специализированных ГИС-технологий и новых методов картографирования на их основе.

Важность геоинформационного картографирования обуславливается не только автоматизированным воспроизводством картографического изображения, но и автоматизацией использования карт. Хороший пример это использование ГИС для создания новых карт и автоматизации исследований по картам. ГК является новым средством моделирования процессов реальной действительности. Такой интерактивный способ позволяет сочетать различные принципы обработки, редактирования и корректуры. Однако, ручная генерализация с учетом взаимосвязей явлений и объектов связаны с эффективностью использования опыта и знаний картографа (<http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia>). Актуальность в первую очередь связана с автоматизированной генерализации, которая по-прежнему остается далекой от завершения.

Об актуализации геоинформационного картографирования и развития картографии упоминается еще в статье Дж. Моррисона «Картография нового тысячелетия» (Моррисон Дж.Л.,1996). Автор определяет, что любое картографическое производство, которое строится на аналоговых методах составления и издания карт, устарело. Картография в целом должна представлять электронные технологии, где в центре

внимания должны находиться новые методы сбора информации и сети коммуникации.

Во второй половине 80-х годов на начальных этапах становления ГК воспринималось как процесс автоматизированного воспроизводства карт. Дальнейший этап развития связан с разработкой теории и методов создания картографических баз данных и математико-картографического моделирования, создания картографических моделей как физических явлений (Берлянт А.М., 1997). Разработка теории и методов геоинформационного картографирования по мнению Берлянта А.М. принадлежит к фундаментальным проблемам картографии. Автор поясняет, что ГК при всей своей фундаментальности имеет практическую направленность, отвечающую содержанию многих прикладных задач. Оптимальное сочетание фундаментальных исследований и прикладного проблемно-ориентированного тематического картографирования обеспечат благоприятные перспективы развития геоинформационного картографирования.

В настоящее время геоинформационное картографирование все увереннее становится магистральным направлением развития картографической науки и производства. Согласно Берлянту А.М., перспектива развития нового научного направления, которое объединит картографию, аэрокосмическое зондирование и компьютерной графики является следствием внедрения геоинформационного картографирования и ГИС-технологий. Данное направление первоначально опирается на достижения картографии.

Многие синтетические научные направления являются результатом интеграции картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования. Этот вопрос отражен в работе «Большая картография или интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования». В работе автор рассматривает предпосылки такой интеграции и о понятиях «геоматика» и «геоиконика» (<http://nauka.x->

pdf.ru/17informatika/). Берлянт А.М. в ряде других своих работ неоднократно упоминает о геоматике, которая благодаря своей краткости и выразительности стремительно завоевала популярность в ряде стран. Геоинформационное картографирование же составляет самую сердцевину этого направления (Берлянт А.М.,1997).

В России эта идея интеграции картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования до сих пор остается дискуссионной темой. Согласно Берлянту, данные научные направления подразумевают объединение методов и технологий картографирования, ДЗЗ, фотограмметрии и дешифрирования, спутникового позиционирования, геоинформатики, а также ряда других смежных отраслей современных геопространственных наук (<http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia>).

Геоинформационное картографирование позволяет создавать геоизображения. Единая теория геоизображения представлена в работе Берлянта А.М. (Берлянт А.М.,2006). В книге дана классификация геоизображений, отражены основные модельные свойства каждого вида. Отдельное внимание уделяется роли геоинформатики. О методах и способах создания геоизображений написано в работе Макаренко С.А. и Маркаданова В.С (Макаренко С.А., Маркаданова В.С., 2018)

Авторы определяют алгоритм взаимодействия методов и способов при создании и моделировании геоизображений.

Основные отличительные особенности ГК и ГИС содержатся в системах хранения, обработки и вывода информации. Они связаны в первую очередь с содержанием базы данных (далее БД) и набором специализированных программ для моделирования, анализа и отображения информации. Цифровая картографическая информация организуется в картографические БД, которые представляют собой систематизированное множество цифровых карт. Такие карты являются цифровыми моделями, созданными путем цифрования картографических источников, фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования,

цифровой регистрации данных полевых съемок или иным способом. Об основных понятиях и последовательности создания цифровых карт описано в учебном пособии Каргашина П.Е. «Основы цифровой картографии» (Каргашин П.Е., 2019). Особое внимание уделяется технологии проектирования цифровых карт, а также аспектам работы с геопространственными данными. Для реализации работ по цифровой картографии используется программное обеспечение, на которое автор дает краткий обзор.

Л. Джордан (Джордан Л, 1997) в своей работе предполагает, что картой будущего станет Разумное Изображение (Intelligent Image). Это будет сложное изображение, синтезирующее информацию, которая будет собрана из разных источников в реальном масштабе времени. Пользователь будет работать с изображением в интерактивном режиме, а также сможет перемещаться по нему в любом направлении в различных измерениях. А использование глобальных позиционирующих систем позволят обеспечить качество, целостность и точность данных будут.

Многие процессы создания карт представлены в книге Краак М.-Я. и Ормелинг Ф. «Картография: визуализация геопространственных данных» (Краак М.-Я., Ормелинг Ф., 2005). Основанием для большинства идей послужила книга «Semiology of Graphics» (Bertin, J., 1983). Краак и Ормелинг рассматривают не только место карты и картографирования в геоинформационной среде, но также отмечают методы сбора данных, особенности картографической основы. Помимо этого, большое внимание в издании уделяется вопросам визуализации, а также и инструментариям программных пакетов и их функциям, необходимых для выполнения работ. Отдельно анализируется применение карт для целей исследовательской картографии.

Среди зарубежных источников о геоинформационном картографировании также стоит отметить книгу «How to lie with maps» Mark Monmonier. В издании рассматриваются вопросы создания и актуализации

карт, а также о применение онлайн-картирования и новых технологиях работы с цифровыми картами (Monmonier M., 2018). Интересна книга «Esri Map Book Volume 29», издательство Esri Press. Издание предлагает примеры того, как сообщество пользователей ГИС реализует различные идеи с помощью программного продукта ArcGIS для пространственно-ориентированного решения географических проблем (Esri Map Book, 2014).

Особое значение для геоинформационного картографирования и ГИС-технологий имеют вопросы создания специальных тематических карт. Статья Коноваловой Н. В. посвящена разработке принципов проектирования тематических карт и атласов, а также требований к картографированию (Коновалова Н. В, 2014). Рассматриваются темы улучшения представления и чтения картографических изображений. Особая роль отводится изучению ассоциаций и стереотипов мышления пользователя карты в процессе чтения.

Лайкин и Упоров (Лайкин В.И., Упоров, Г.А, 2010) рассматривают различные области применения ГИС, количество которых постоянно растет. В список входит управление земельными ресурсами, геология, инженерные изыскания в строительстве, тематическое картографирование, сельское хозяйство и многое другое. ГИС-технологии выступают инструментом для управления информацией любого типа с точки зрения ее пространственного местоположения.

Следует отметить также важность методов географической индикации при комплексных географических исследованиях. Например, ландшафтно-индикационные методы эффективны при картографировании почв и ландшафтов (Серапинас Б. Б., Прохорова Е. А., 2018), оценке качества фунтовых вод и изменений климата и др. Системные географические произведения и ГИС имеют различную тематику, пространственный охват и назначение. Общая структура ГИС, отдельных блоков и слоев информации во многом повторяет структуру получаемых картографических произведений.

Основные принципы геоэкологического картографирования территории региона представлены в статье Заиканова В.Г., Минаковой Т. Б. и Булдакова Е. В. (Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., 2006). В данном опыте итогом работ является полноценный комплект карт. На основе геоинформационных программных пакетов осуществляется геоэкологическое картографирование, которое в дальнейшем используется при оценке состояния геосистем и региональном планировании природопользования.

Тикунов В.С., Ротанова И.Н., Ефремов Г.А. и др. в своей работе (Тикунов В.С, 2016) освещают вопросы создания международного Атласа Большого Алтая. В статье рассматриваются новые подходы в атласном геоинформационном картографировании. Атлас планируется как интегрированная веб-ГИС (ГИС-портал), состоящая из локальных атласов.

Комплексные географические исследования подразумевают всестороннее изучение генезиса, современного состояния и тенденций развития геосистем. Географическое моделирование неотрывно от методов районирования, структурного анализа и т.д. Географическая интерполяция и экстраполяция позволяют продолжать выявленные закономерности в будущее время, на неизвестную территорию или на неизученный объект (Алаев Э.Б., 1983). Для решения подобных задач использую самые разные методы геоинформационного картографирования.

В статье «Геоинформационное картографирование динамики урбогенеза» (Зимовец П.А., 2016) представлены результаты оценки динамики площади жилой и промышленной застройки в городе Волжском. Последовательное составление «карт различий» для серии пар снимков 1950-1980-х гг., 1980-1990-х гг. и 1990-2000-х гг. позволило получить количественные характеристики тренда роста застройки в г. Волжском. Полученная цифровая карта пространственной динамики городской территории позволила установить основные тенденции в развитии процессов урбогенеза.

Геоинформационное картографирование развивается и в направлении оперативного картографирования. В практических ситуациях оперативное изготовление карт становится важным условием выполнения задачи. Такие оперативные картографические работы предназначены для решения широкого спектра проблем. Прежде всего, для предупреждения о неблагоприятных или опасных процессах, слежения за их развитием, составления прогнозов, а также выбора вариантов контроля (Берлянт А.М., 2002).

Оперативность изготовления карт, технические возможности ГИС необходимость визуализации результатов мониторинга динамики процессов или явлений стали важными факторами развития методов геоинформационного картографирования окружающей среды. Лурье И.К. приводит 2 эффективных метода отображения динамики геосистем: анимационное картографирование и виртуальные изображения (Лурье И.К., 2008). Важным остается направление моделирования процессов, эффективность которого очень высока, и связана, в первую очередь, необходимостью создания банков данных.

ГИС-технологии являются средством развития просвещения. В.Г. Капустин в своей статье (Капустин В.Г., 2009) рассматривает важность ГИС для географического образования, которое определяется функциональными возможностями. Геоинформационное картографирование позволяет упрощать процесс проведения картометрических операций, а также обеспечить визуализацию любых данных. Автор подчеркивает высокий образовательный потенциал ГИС-технологий.

Бешенцев А.Н. в статье представляет результаты исследования территориальных социально-экономических систем. Автор описывает методику мониторинга территориальных социально-экономических систем и происходящих в них процессов на базе геоинформационной технологии, а также разрабатывает систему территориально-административных уровней для геоинформационного мониторинга и картографирования социально-

экономических процессов исследуемой территории. По итогу составлена серия инвентаризационных и аналитических карт динамики социально-экономических процессов. Выполнен краткий анализ демографической ситуации (Бешенцев А.Н., 2019).

Оценка миграционной ситуации и процессов проводила Юнусова А.Б. Автор считает, что оценка не будет неполной без актуальной информации и визуального представления данных. Исследование миграций предполагает использование ГИС в качестве инструмента оценки на основе картографирования пространственных и статистических данных, создания визуальных представлений об основных тенденциях миграций, пространственного анализа баз данных. При этом пространственные данные могут быть многомерными, отражая миграционные процессы в динамике. ГИС как инструмент предусматривает операции ввода, экспорта, импорта, обмена, предобработки, обработки, анализа, вывода, визуализации и т.п., включаемых в состав функциональных возможностей ГИС (Юнусова А.Б., 2016).

Геоинформационное картографирование аккумулирует достижения дистанционного зондирования, космического картографирования, картографического метода исследования и математико-картографического моделирования. В своем развитии геоинформационное картографирование использует опыт комплексных географических исследований и системного тематического картографирования. Благодаря этому в конце XX в. геоинформационное картографирование стало одним из магистральных направлений развития картографической науки и производства.

## **1.2. Применение ArcGIS в современной картографии**

Современная тенденция геоинформационного картографирования проявляется в использовании ГИС-пакетов, а также распространенных графических пакетов программ, что снимает необходимость создания

специализированных систем ГК. Чаще это понятие применяют, когда стоит задача создания компьютерной карты в традиционном виде и наличие устройств вывода такой.

Геоинформационные системы с развитием интернет-технологий приобретают большое значение, как для личного пользования, так и для предприятий большого масштаба. При этом ГИС сейчас обеспечиваются современными программными средствами. ГИС системы обладают рядом преимуществ: большой аналитический ресурс, множество инструментов для обработки и использования данных, значительная экономия временных, денежных затрат, изучение геопространственных сведений и многое другое (<https://www.zwsoft.ru/stati/>).

В настоящее время существуют сотни отечественных и зарубежных разработок программных средств, которые отвечают большей части этих критериев. Большая часть программного обеспечения не является одной из подсистем в чистом виде. Сегодня имеется огромное количество программных продуктов, которые доступны на любой аппаратной платформе. Эти продукты, в основном, можно разделить на два "лагеря": высококачественные профессиональные ГИС (high-end) и пакеты настольного картографирования некоторыми функциями ГИС.

Первые отличает большая мощность, полный функциональный набор инструментов. Они обеспечивают все функции, какие требуются для большинства приложений. Вторые составляют основную массу разработок на рынке ГИС программ в последние несколько лет. Это так называемые пакеты настольного картографирования ГИС, которые имеют не так много функций и изначально разрабатывались для простого анализа и вывода карт и графиков (<https://studopedia.su/>).

Одной из полнофункциональных ГИС-систем, имеющих совершенные средства для создания карт, является ARCGIS компании ESRI. Это программное обеспечение для построения ГИС любого уровня, позволяет использовать географическую информацию для проведения

анализа, лучшего понимания данных и принятия более информированных решений.

ArcGIS представляет собой полную систему, которая позволяет собирать, организовывать, управлять, анализировать, обмениваться и распределять географическую информацию. Платформа позволяет публиковать географическую информацию для доступа и использования любыми пользователями. ArcGIS это также и инфраструктура для создания карт и географической информации, доступной между сообществами пользователей, а также в сети Интернет для широкого доступа.

Семейство продуктов ArcGIS подразделяется на настольные и серверные. Основные продукты настольной линейки – ArcView, ArcEditor, ArcInfo, где каждый последующий включает функциональные возможности предыдущего. Основной серверный продукт – ArcGIS for Server, предназначен для многопользовательских геоинформационных проектов с централизованным хранилищем и неограниченным числом рабочих мест, публикации интерактивных карт в Интернете.

ArcGIS применяют в большом диапазоне приложений, включая планирование, анализ, управление имуществом, ознакомление с операциями, работа на площадке. Семейство продуктов ArcGIS используют для решения различных задач, управления данными, принятия лучших решения и планирования, моделирования и управления изменениями и многое другое (<https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/>).

## **Глава 2. Картографирование демографических процессов**

### **2.1. Демографические процессы и методы их исследования**

Важнейшую роль в развитии общества играют демографические процессы. Это связано не только с тем, что необходимым условием существования и развития общества является процесс воспроизводства людей, но и с тем, что многие социальные и политические процессы определяются изменениями в составе населения, т. е. демографическими процессами.

В узком смысле, демография – это статистика населения, изучающая состав, структуру населения (по полу, возрасту, занятиям и т. п.) и его движение, определяемое рожденьями, смертями и перемещениями (миграцией). В широком смысле, демография – это система наук о населении, изучающих помимо статистики теорию народонаселения (общие закономерности развития населения) и демографическую политику.

Демографические процессы – это процессы изменения численности, состава и структуры населения, изменения его территориального распределения. Основными факторами, определяющими численную и возрастную структуру населения в современном мире, являются рождаемость, смертность и миграция.

Демографические процессы приводят к:

- приросту населения за счет изменения одного или нескольких показателей – рост рождаемости, низкая смертность и иммиграции;
- убыли населения, определяется снижением рождаемости, ростом смертности, эмиграцией.

Классификация демографических процессов представлена на рисунке 1.



Рис.1. Классификация демографических процессов

Вопросы, связанные с населением, всегда интересовали людей. На эти и многие другие вопросы демографического развития населения Земли даются ответы в учебнике «География населения с основами демографии» (Анохин А.А., 2015). В нем в доступной форме изложены основные понятия и термины географии населения, охватывающие всю совокупность демографических процессов, рассмотрены источники сведений о населении, история демографических исследований в России и в мире.

В учебнике (Борисов В.А., 2018) Борисова В. А. широко представлены данные социолого-демографических исследований, переписей населения, статистической отчетности, результаты прогнозов. В пособии представлена подробная статистическая информация по современным тенденциям воспроизводства населения – фактически это справочное издание, позволяющее найти необходимые цифры по брачности, разводимости, рождаемости, смертности и другим демографическим процессам.

В учебном пособии (Бутов В.И., 2016), подготовленном профессором В. И. Бутовым, рассматриваются наиболее актуальные демографические процессы, происходящие в зарубежном мире и России. Автор представил комплексное исследование, в котором дан ряд важных законодательных документов и статистических таблиц, относящихся к проблемам народонаселения.

Федоров Г. М. в своей статье (Федоров Г.М., 2014) рассматривает возникновение, развитие и современное состояние исследований геодемографической обстановки в СССР и РФ. Автор отмечает недостаточную изученность проблемы и неполное использование возможностей геодемографических исследований в регулировании регионального развития.

Основная цель работы показать важность геодемографической составляющей комплексных исследований региона для нужд регионального стратегического планирования и программирования, особенности геодемографической типологии субъектов РФ. В процессе исследования на основе кластерного подхода выделены типы регионов РФ по особенностям естественного и миграционного движения населения; оценены взаимные корреляционные связи демографических, экономико-, социально-, расселенческо-демографических и др. показателей и перечислены принципиальные возможности регулирования геодемографической обстановки в зависимости от типологических особенностей регионов (Федоров Г. М., 2014).

В пособии Верещагиной А. В. (Верещагина А. В., 2018) представлены ключевые проблемы демографической науки и формирование представления о том, что представляет демографическое изучение общества. В пособии освещены следующие темы: демография в системе научного знания, история демографии, демографические процессы, миграционные процессы в современной России, демографическая политика и ее особенности в России.

Многое в биологии можно понять с точки зрения демографии. Это демографические процессы рождения и смерти, которые определяют темпы роста населения и темпы изменения частот генов. Однако анализ демографических процессов у свободноживущих организмов далеко не прост.

Монография «Modeling Demographic Processes in Marked Populations» представляет собой моментальный снимок развивающейся области. Всего в нем одиннадцать разделов, охватывающих важнейшие биологические и статистические рубежи, новые разработки программного обеспечения. Монография охватывает новейшие подходы к моделированию динамики популяции, также в ней рассматриваются вопросы оценки численности и перемещения (David L. Thomson, 2009).

Международные справочники по народонаселению предлагают актуальные научные обзоры и источники информации по основным предметным областям и вопросам демографии и народонаселения. Например, в книге «International Handbook on Gender and Demographic Processes» исследуются темы, представляющие жизненно важный интерес. Это старение населения, смертность, демография сельских районов, бедность, семейная демография, и т.д. (Jan Brunson, 2018).

Christine Leuenberger и Izhak Schnell в своей работе (Christine Leuenberger, 2020) прослеживают, как географические науки переплелись с политикой, территориальными претензиями и государственным строительством в Израиле/Палестине. В частности, основное внимание уделяется истории географических наук до и после создания государства Израиль, а также тому, как геодезия, картографирование и обозначение новой территории стали важной частью его создания.

В монографии приводится яркий пример того, как карты служили для пробуждения чувства национальной идентичности, облегчили государству способность управлять и помогли очертить территорию. Помимо геополитических функций карт для построения национального государства, они также стали оружием в войнах карт.

## **2.2. Картографирование демографических процессов**

### **2.2.1. История картографирования демографических процессов**

Социально-экономическое картографирование базируется на исследованиях взаимоотношения человека и его среды обитания. Карты населения – обязательный атрибут вводного раздела любого тематического атласа. Картографирование различных характеристик населения рекомендуется составлять при комплексном картографировании регионов.

Все аспекты изучения населения отображаются на картах. Тематика очень разнообразна: расселение, структура и динамика, миграции и др. В тематическом аспекте классифицируются карты в пять групп: карты размещения населения и расселения; карты демографических характеристик населения; карты социально-экономических характеристик; этнографические карты и карты экологических характеристик населения.

Основные направления картографического изучения населения сложились в середине XIX–начале 50-х гг. XX в. С тех пор картографирование населения прошло путь от построения первых математически обоснованных таблиц смертности-дожития (Л. Эйлер) до формирования основных принципов создания демографических карт.

Среди карт размещения населения и расселения самыми известными к началу XX в. были «Дазиметрическая карта Европейской России» Семенова-Тян-Шанского В.П. (1923-1927 г.) масштаба 1:420 000, которая показала характеристику населения способом ареалов (рис.2). Исторически термин связан лишь с одной из своих методических разновидностей.

Стоит упомянуть и «Обзорную карту плотности населения СССР» Каменецкого В.А. (1929 г.) масштаба 1:10 000 000, составленная по материалам переписи 1926 г (рис.3). Способ картограммы на данной карте – основной способ изображения для плотности сельского населения; шкала при этом используется переломная. «Карта населения СССР» В. П. Коровицына (1963 г.) масштаба 1:4 000 000 отражает плотность сельского

населения, которая рассчитана на единицу площади (на км<sup>2</sup>). Также на карте даны контуры ареалов плотности сельского населения.

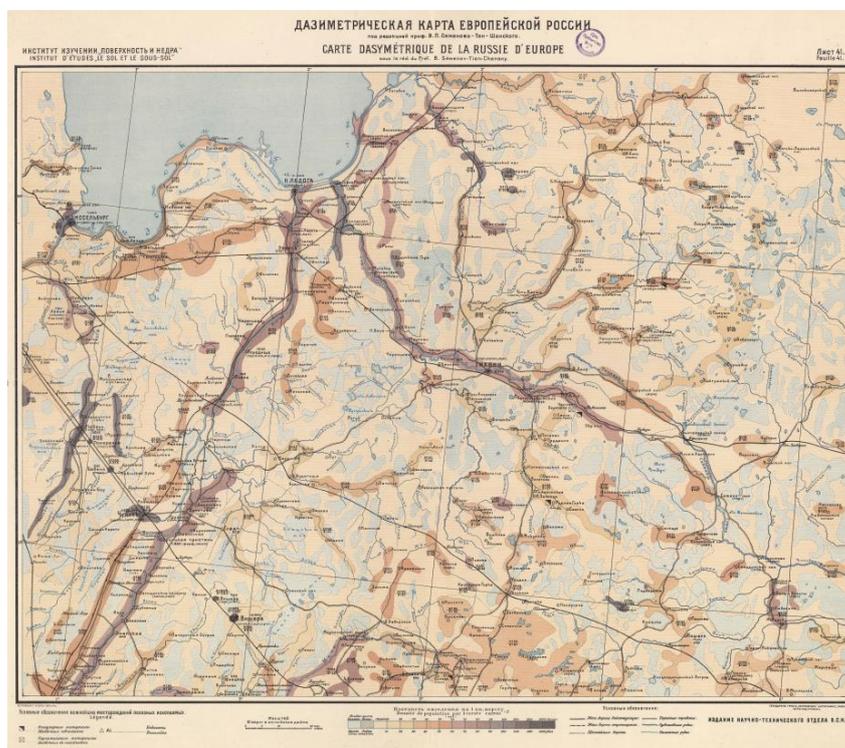


Рис.2. Дазиметрическая карта Европейской России (<https://rusneb.ru/>)

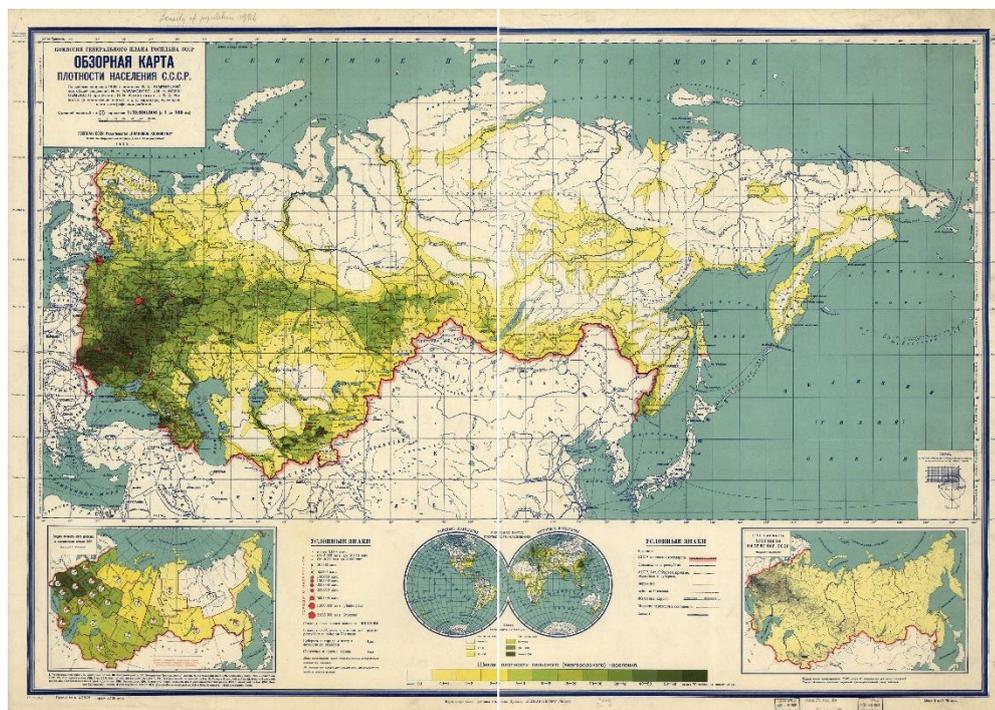


Рис.3. Обзорная карта плотности населения СССР  
(<http://mapinmap.ru/archives/8688>)

Базовым произведением в картографировании населения можно назвать «Карту населения СССР» (1977 г.) в масштабе 1:2 500 000. Карта составлена по материалам переписи 1970 г. Она отражает размещение населения не только по методу людности поселений, но и по плотности сельского населения. Деление производится по административным районам. Людность постоянных поселений дана в шкале, близкой к абсолютной.

На географическом факультете МГУ составлена «Карта населения СССР» в масштабе 1:4 000 000 для высшей школы. Составители карты Евтеев О. А., Ковалев С. А., Котлова З. Ф.; опубликована в 1986 г. Карта дает достаточно современное представление о географии населения: она показывает людность городских поселений. Помимо этого, показана плотность сельского населения, рассчитанная на 1 км<sup>2</sup>. Ареалы расселения выделены обводкой постоянных поселений с учетом географической ситуации: рельефа, гидрографии, путей сообщения (<https://bookonline.ru/lecture/>).

### **2.2.2. Современное картографирование демографических процессов**

Одним из важнейших объектов социально-экономического картографирования является население. На картах оно рассматривается как основной компонент и преобразующая сила географической оболочки, производитель, а также главный потребитель разнообразной материальной и духовной продукции.

Население, как самостоятельный объект картографирования, представляет собой данные о совокупности людей, которые проживают в определенное время на определенной территории. Поэтому, составление карт населения или карт демографических процессов имеет ряд индивидуальных особенностей. Одной из таких особенностей является географическая дискретность, то есть приуроченность размещения

населения к сети населенных пунктов. Следующая особенность – это отсутствие явной выраженности явления при картографировании, а также его характеристик на местности. И третья, не менее важная особенность, заключается в создании карт населения преимущественно по статистическим данным.

ГИС-технология обеспечивает решение важнейшей задачи социально-демографического мониторинга – отслеживание пространственных закономерностей поведения населения, знание которых позволяет разрабатывать и реализовывать на практике адекватную региональную социально-экономическую политику.

В качестве примера можно привести социально-демографическую ГИС Германии, в которой Мониторинговые задачи решаются на базе автоматизации сбора, обработки и картографирования обширной социально-экономической и демографической информации в разрезе всех административно-территориальных единиц страны. В Великобритании создана и функционирует национальная ГИС, предназначенная для мониторинга размещения трудовых ресурсов, изучения миграции населения и анализа рынка рабочей силы.

Самым важным этапом картографирования демографических показателей является выбор способа картографического изображения и определение картографической классификации объектов. Отличительной чертой геоинформационного картографирования населения в разрезе административно-территориальных единиц является визуализация атрибутивной информации в связи с тем, что картографируются не сами объекты, а их свойства.

Большой интерес с точки зрения картографической визуализации данных представляет «Атлас населения Словакии» (Зозуля П. В, 2016). В нем помимо традиционных способов изображения, используется множество способов, несвойственных для отображения социально-экономических показателей. Данное картографическое произведение является одним из

ярких примеров систематизации результатов демографического картографирования.

Традиционные и современные методы картографирования социальных и демографических процессов представлены в статье «Картографирование демографических процессов: традиции и современность» Бажукова Н.В., 2020). Авторы раскрывают методику многофакторного анализа геодемографической ситуации, выявляют территориальные особенности, на основе которых проводится типология субъектов Российской Федерации.

В статье подчеркнута необходимость использования разнообразных методов картографирования и моделирования, а также перехода от нанесения на карту единичных количественных демографических показателей к отображению системы качественных характеристик и индикаторов формирования геодемографической ситуации.

Карты могут быть использованы для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов в России. Об этом пишет в своей работе Тимонин С.А., который рассматривает вопросы, связанные с возможностью применения картографического метода для изучения демографических процессов в России. В статье также сформулировано определение карт демографических характеристик населения, описаны используемые методики создания комплексных и синтетических карт путем построения легенд табличного типа, разработки интегральных индексов и оценочных классификаций (Тимонин С.А., 2010).

### **2.2.3. Методы картографирования демографических процессов**

Демографические особенности населения образует целая группа показателей: пол и возраст, семейное состояние, естественная динамика населения (рождаемость и смертность), механическое движение

(миграции). Для каждого показателя на картах используются различные методы картографирования.

Так, на картах структуры населения по полу и возрасту чаще всего используются половозрастные пирамиды. Они строятся в абсолютном исчислении населения по процентному соотношению возрастных групп. Пирамида, используемая как значковый способ, может показать индивидуальную характеристику городских и сельских поселений. А способом картодиаграмм – обобщенную территориальную характеристику, при условии того, что пирамида относится ко всему району.

Значковым способом по населенным пунктам отображаются абсолютные или относительные показатели. Например, состав населения по семейному состоянию и размеру сетей. Эти характеристики также могут отражаться картограммами и картодиаграммами, если показатели представлены по территориальным единицам. В зарубежных картах и атласах довольно часто способом картограмм показывается число лиц, состоящих в браке, разведённых или вдовых.

Естественный прирост населения картографируется, как правило, в свободной форме. Он представляет собой разность рождаемости и смертности, которая измеряется в абсолютных и относительных показателях. Картографирование может строиться по территориальным единицам или по населенным пунктам. Общая картина естественного движения создается значками, ареалами, качественным фоном.

Одно из центральных мест в картографировании демографических процессов занимает перемещение людей (миграции). На картах миграционные потоки показываются за разные промежутки времени: в течении лет, сезонов, суток. Картографирование может быть по числу прибывших и выбывших, в рамках исследуемой территории и за ее пределами. Для характеристики миграции используются и сложные показатели, например, коэффициент миграционного прироста или сальдо миграции.

Если в миграционном процессе принимает участие небольшое количество людей, то используется другой показатель – нетто-миграция. На картах он обычно показывается способом картодиаграмм или способом значков. Довольно часто в атласах встречается картографирование естественного и механического движения населения. Способом картограмм может быть показано отношение естественного прироста к миграционному. Иногда показателем может быть соотношение, например, во сколько раз изменилось численность населения за некоторый промежуток времени.

Наибольший интерес представляют карты, в которых используются знаки движения для миграционных потоков. Он обычно применяется в школьных атласах. Стрелки постоянной толщины показывают начальный и конечный пункты перемещения населения. Масштабные стрелки на картах и картосхемах часто представлены в сети Интернет. Они имеют достаточно простое содержание и характеризуют перемещение населения в историческом аспекте.

Оценка демографической ситуации невозможна без анализа и отражения ее в динамике. С помощью картограмм можно показать типы регионов по значимости процессов движения численности населения (Прохорова Е.А., 2010).

### **Глава 3. Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области**

#### **3.1. Сбор и обработка исходных материалов**

##### **3.1.1. Статистические данные**

Демографическая характеристика является одной из основных характеристик населения. Для оценки и прогноза демографических процессов необходимо иметь корректные исходные данные. В демографии такими являются данные статистики, которые представляют собой значения по основным демографическим показателям. Демографические показатели же в свою очередь представляют собой систему статистических данных.

Для работы было необходимо выбрать статистические данные, которые отвечали бы исходным запросам исследования: достоверность источника, корректность информации, определенные демографические показатели, доступность получаемых данных и некоторые другие. Стоит отметить, что в ходе работы количество данных сократилось, поскольку не все они отвечали необходимым запросам. Поэтому, были отобраны основные абсолютные демографические показатели: общая численность населения, механический прирост населения, миграционное сальдо, половой состав.

Отбор информации начался с определения источников. Наиболее достоверным каналом получения информации о демографических процессах Ленинградской области стало Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области «Петростат». «Петростат» является территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Он осуществляет государственный статистический учёт на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

«Петростат» как государственный орган представляет собой организованное предприятие, включающее ряд отделов государственной статистики 8 административных районов. Согласно электронному ресурсу, в настоящее время «Петростат» объединяет в себе 22 отдела центрального аппарата, а также 3 отдела государственной статистики (включая представителей отделов в районах) Санкт-Петербурга и 13 отделов государственной статистики (включая представителей отделов в районах) Ленинградской области.

Отдельно стоит отметить «коллекцию» данных, представленных в управлении. Всего, в каталоге официальных статистических изданий Петростата представлено 133 наименования, в число которых включено 23 сборника, 4 буклета, 5 докладов, 24 бюллетени, 104 экспресс-информации. По данным на 1 января 2016 в статистическом регистре было учтено 375,0 тыс. единиц субъектов экономики по Санкт-Петербургу, из которых 38,3 тысячи – по Ленинградской области. Большую часть изданий доступна на сайте бесплатно, однако часть экономико-статистической информации «Петростат» предоставляет за деньги (<https://petrostat.gks.ru/>).

Статистику по демографическим показателям можно получить на электронном ресурсе Петростата в разделе «Население». На сегодняшний день в электронном формате лишь небольшая часть информации. Во-первых, это методологические пояснения, касательно понятий, входящих в состав демографических показателей. Во-вторых, это сама статистическая оперативная информация, представленная следующим документом «Численность постоянного населения в разрезе муниципальных образований Ленинградской области по состоянию...» за разные периоды времени: с 2018 года по 2021 год.

Данные представляют собой выдержки из «Письма Петростата о согласовании бланков служебных документов». Это небольшой документ с основной информацией о численности населения в разрезе муниципальных образований. Вся численность разбита на 3 графы: все население, городское

и сельское. Численность также поделена по районам, городам, городским поселениям (в т.ч. поселки городского типа) и сельским поселениям.

В таблице 1 представлен фрагмент таблицы «Численность постоянного населения Ленинградской области в разрезе муниципальных образований по состоянию на 1 января 2020 года».

Таблица 1

Фрагмент таблицы

Численность постоянного населения Ленинградской области в разрезе муниципальных образований по состоянию на 1 января 2020 года (<https://petrostat.gks.ru/>)

Территория	Все население	в том числе:	
		городское	сельское
Ленинградская область	1875872	1260249	615623
Бокситогорский муниципальный район	48625	38028	10597
г. Бокситогорск	15091	15091	--
Волосовский муниципальный район	51778	11828	39950
г. Волосово	11828	11828	--
Волховский муниципальный район	88198	64617	23581
г. Волхов	44256	44256	--

В разделе «Публикации» представлены электронные формы публикации. Так, на сайте «Петростат» представлен статистический бюллетень «Численность и миграция населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2018 году», в котором содержится информации о численности и миграции населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Согласно методологическому пояснению, данные о миграции были получены в результате разработки документов статистического учета прибытий и выбытий, которые поступали от Управления по вопросам миграции ГУ МВД России по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. При регистрации и снятии с регистрационного учета населения

составляются листки статистического учета мигрантов, как по месту жительства, так и при регистрации по месту пребывания.

Наиболее интересным разделом для исследования является «Ленинградская область» и подразделы о численности населения и миграционном приросте. Так, таблица «Итоги миграции населения по муниципальным районам» (таблица 2) содержит информацию о количестве выбывших и прибывших человек, а также миграционном приросте за 2018 и 2019 года. Данные разделены по муниципальным районам Ленинградской области.

Таблица 2

Фрагмент таблицы

Итоги миграции населения по муниципальным районам (<https://petrostat.gks.ru/>)

	2018			2019		
	число прибывших, чел	число выбывших, чел	миграционный прирост, снижение (-), чел	число прибывших, чел	число выбывших, чел	миграционный прирост, снижение (-), чел
Ленинградская область	124177	80436	80436	114462	76581	37881
в том числе: муниципальные районы						
Бокситогорский	2380	2566	-186	2303	2402	-99
Волосовский	2659	2361	298	2695	2298	397
Волховский	2481	2881	-400	2414	2587	-173
Всеволожский	64301	20117	44184	63356	23637	39719

По данным было произведено построение диаграммы (рис.4) для наглядности представления информации.

Для исследования большое значение имеет статистическая информация о площадях сельскохозяйственных угодий. Так, одной из задач, решаемых в ходе исследования, является выявление взаимосвязи между изменением численности сельского населения и площадей сельскохозяйственных угодий. Корреляция позволит проследить наличие или отсутствие отношений между данными.

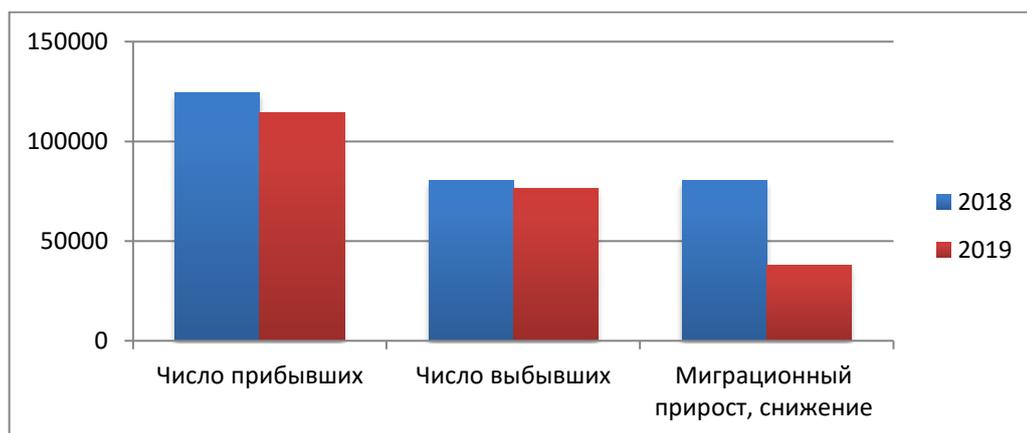


Рис.4. Итоги миграции населения в Ленинградской области с 2018 года по 2019 год

Поскольку определение площадей сельскохозяйственных угодий производилось автоматизированным способом при дешифрировании данных дистанционного зондирования Земли, то необходимо было проверить полученные данные. Поэтому, дальнейшее использование данных заключалось в сравнении статистической информации из органа государственной статистики и информации, получаемой при исследовании территории Ленинградской области по аэрокосмическим снимкам. Проведение такого рода сравнения важно для определения корректности автоматически получаемой информации с помощью компьютерных технологий, в частности геоинформационных систем.

На сайте Управления Федеральной службы государственной статистики «Петростат» также были получены «Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года» (Том 3. Земельные ресурсы и их использование). В томе представлены итоги о наличии и использовании земельных ресурсов в разрезе муниципальных районов и городских округов Ленинградской области. В сборнике содержатся данные об общей земельной площади, размере сельскохозяйственных угодий в сельскохозяйственных организациях, крестьянских хозяйствах и другие данные. В отдельном разделе размещены таблицы по структуре

сельскохозяйственных угодий в разрезе категорий хозяйств, земельной площади по видам использования в личных подсобных и других индивидуальных хозяйствах граждан и некоммерческих объединениях.

Наиболее важным для исследования являлся раздел «Наличие и использование земельных ресурсов», таблица «Площадь земель в хозяйствах всех категорий» (рис.5). Данные представлены не только в разрезе муниципальных образований, но также и по типу сельскохозяйственных угодий: пашни, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, залежи.

Для исследования были также необходимы статистические данные более старого периода времени, которые не представлены на сайте Петростата. Поэтому, произведен дополнительный поиск информации. Необходимые данные были получены с ресурса «Демоскоп Weekly».

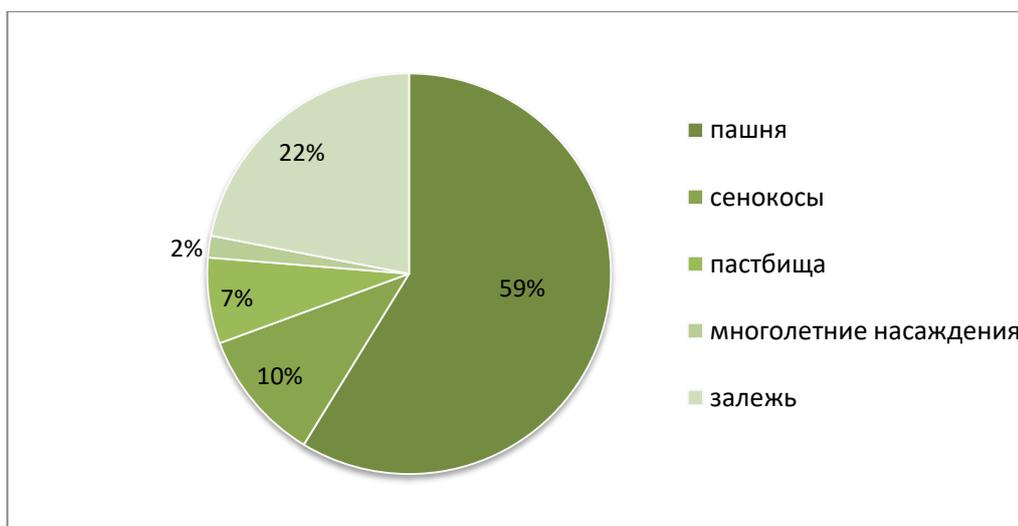


Рис.5. Площадь земель в хозяйствах всех категорий  
(на 1 июля 2016 года)

Ресурс «Демоскоп Weekly» представляет собой демографический электронный журнал, который публикуется два раза в месяц на русском языке в России, странах СНГ и Балтии. Журнал публикует информационные аналитические материалы по демографической ситуации, смертности,

рождаемости, миграции, здоровью, семье, занятости, уровню и образу жизни населения России и во всём мире.

Электронные выпуски журнала впервые появились 1 января 2001 года на базе журнала «Население и общество», издававшегося с октября 1994 года. С тех пор бюллетень издается при поддержке французского Национального института демографических исследований (ИНЕД). В работе над журналом принимают непосредственное участие сотрудники нескольких НИИ России и стран СНГ. В настоящее время основное участие в выпуске журнала принимает коллектив Института демографии НИУ «Высшая школа экономики» (<http://www.demoscope.ru/>).

В исследование демографических процессов включались данные всесоюзной переписи населения, как наиболее достоверные. Первая Всесоюзная перепись населения была проведёна по состоянию в декабре 1926 года. В ходе переписи учитывалось наличное население (по личным листкам), а в городах семейная карта давала возможность получить сведения и по постоянному населению.

Программа переписи включала 14 признаков: пол; возраст; народность; родной язык; место рождения; продолжительность проживания в месте переписи; брачное состояние; грамотность; физические недостатки; психическое здоровье; занятие (с выделением главного и побочного); положение в занятии и отрасль труда; для безработных — продолжительность безработицы и прежнее занятие; источник средств существования (для не имеющих занятия). В семейной карте учитывался состав семьи с выделением супружеских пар и их детей, продолжительность брака и жилищные условия.

В ходе исследования нами были определены временные промежутки, необходимые для работы. Так, в первую очередь были получены данные переписи населения 1989 года «Численность населения СССР, РСФСР и ее территориальных единиц по полу» (таблица 3). По данным было

произведено построение диаграммы (рис.6) В дальнейшем, были также добавлены данные за 2002 и 2010 года.

Таблица 3

Фрагмент таблицы

Всесоюзная перепись населения 1989 г.

Численность населения СССР, РСФСР и ее территориальных единиц по полу»

(<http://www.demoscope.ru/>)

Территория	Городское и сельское население			Городское население			Сельское население		
	оба пола	мужчины	женщины	оба пола	мужчины	женщины	оба пола	мужчины	женщины
Ленинградская область	1661173	767288	893885	1095181	503659	591522	565992	263629	302363
г. Бокситогорск	21839	10109	11730	21839	10109	11730	--	--	--
г. Волхов	50325	23064	27261	50325	23064	27261	--	--	--
Всеволожский горсовет	32230	13912	18318	31946	13796	18150	284	116	168
Гатчинский горсовет	80375	36077	44298	79714	35801	43913	661	276	385
г. Кингисепп	49954	23138	26816	49954	23138	26816	--	--	--
г. Кириши	53014	24027	28987	53014	24027	28987	--	--	--
г. Кировск	23655	10624	13031	23655	10624	13031	--	--	--
г. Лодейное Поле	26718	12635	14083	26718	12635	14083	--	--	--

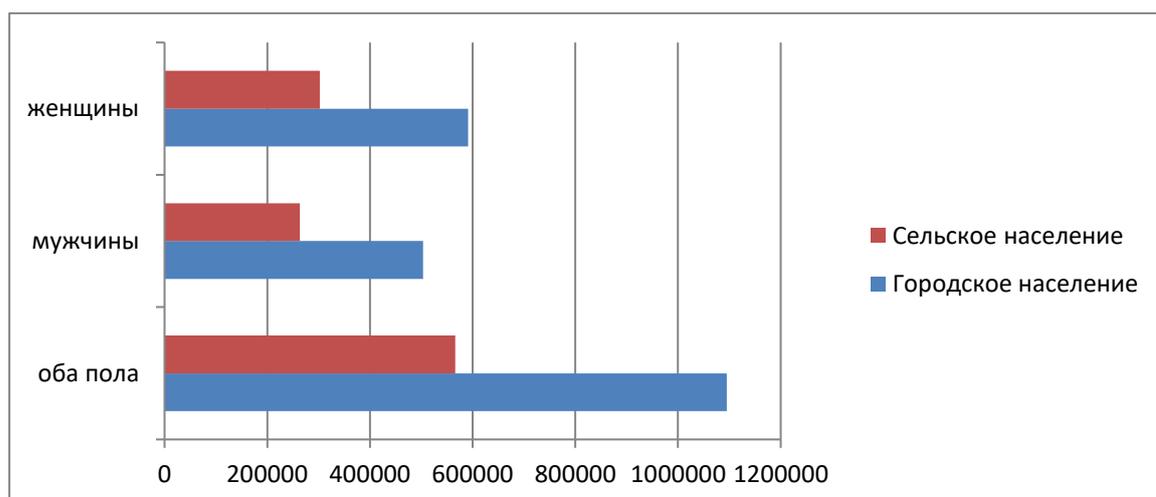


Рис.6. Численность населения в Ленинградской области по полу в 1989 году

Обуславливается выбор таких временных промежутков рядом причин. Во-первых, необходимы были данные периода 90х годов XX века. Первостепенной задачей стояло изучение демографических изменений с момента распада советского союза (как наиболее яркого события в истории России) и в настоящее время. Современные данные были получены ранее с сайта «Петростат».

Дальнейшая работа заключалась в формировании базы данных. На первом этапе все данные были подготовлены в виде таблиц Excel. Такое решение было обусловлено легкостью представления информации, удобством использования, хранения, а также дальнейшей конвертации. Так, на втором этапе таблицы были импортированы в базу геоданных ГИС (далее БД). В основу легла база геоданных, созданная в программном продукте ArcGIS. Его базовое приложение «ArcMap» версии 10.2. Платформа предназначена для работы с географической информацией, например, с анализом данных или их визуализацией.

В ArcGIS база геоданных – это набор географических наборов данных различных типов, хранящихся в общей папке файловой системы. База геоданных – это «родная» для ArcGIS структура данных; она является основным форматом данных, используемым для редактирования и управления данными

Для каждого типа данных создавался пространственный класс, содержащий информацию об отдельных пространственных объектах – районах Ленинградской области. Импортированные таблицы соединялись при помощи атрибутов с исходными слоями для дальнейшей работы (рис.7). Такой способ загрузки данных ускоряет процесс обработки информации и уменьшает вероятность появления ошибок.

	name	Прибывшие	Убывшие	Миграц прирост
	Бокситогорский район	2433	2279	-186
	Волосовский район	2632	2576	298
	Волховский район	2604	3052	-400
	Всеволожский район	44382	16460	44184
	Выборгский район	5224	5774	-440
	Гатчинский район	8924	8987	339
	Кингисеппский район	4333	3802	-2160
	Киришский район	1607	2456	1
	Кировский район	5138	3979	737
	Лодейнопольский район	969	1000	-155
	Ломоносовский район	5645	3201	2115

Рис.7. Фрагмент атрибутивной таблицы «Миграция»  
в программном обеспечении ArcMap

Проводя первоначальный анализ полученных данных, можно сделать вывод, что за последние 30 лет численность населения значительно выросла. Так, численность всего населения в Ленинградской области выросла на 13%. Большие изменения произошли в городской части, а вот количество сельского населения увеличилось незначительно (рис.8,9).

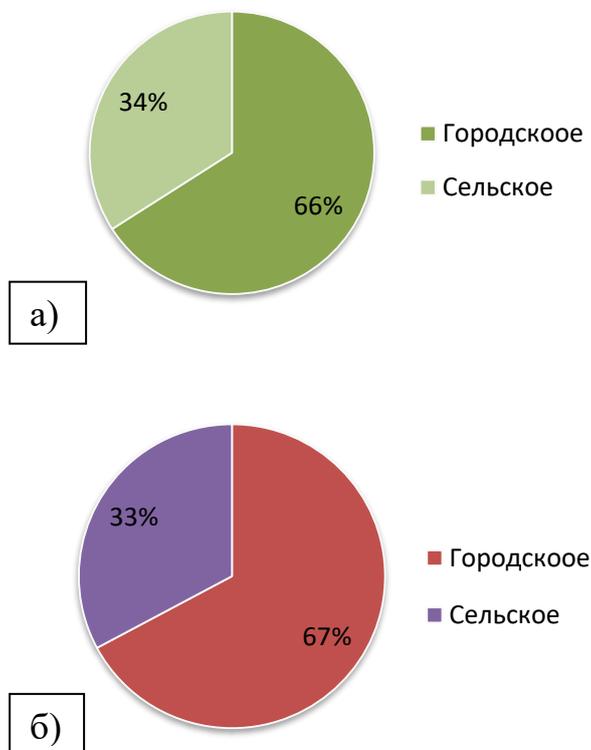


Рис.8. Численность населения по территориальным единицам:  
а) в 1989 году и б) в 2020 году

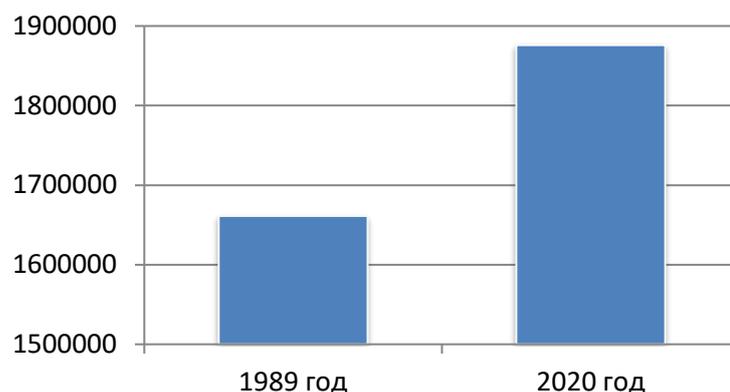


Рис.9. Численность населения в Ленинградской области

Подготовленная информация позволила дать первую оценку демографической ситуации в Ленинградской области в целом, и в отдельных районах в частности. Так, численность населения области выросла на 13% за последние 30 лет. Процентное соотношение сельского и городского населения практически не изменилось – 34% к 66% в 1989 году и 33% к 67% в 2020 году; городского населения значительно больше, чем сельского.

Использование дополнительных источников информации значительно повышает детальность изображения, а значит, и качество создаваемого картографического изображения. Поэтому, помимо статистических данных необходимо включать картографические данные, данные ДЗЗ и дорожной сети.

### 3.1.2. Картографические материалы

Любое исследование демографических процессов подразумевает использование картографического материала как источника информации. Это обуславливается удобством предоставления статистических данных. Несомненно, любое картографическое произведение должно быть не только понятным, но и корректным по своему содержанию, т.е. источники, которые легли в основу создания карты, должны быть достоверными.

В ходе исследования перед нами стал вопрос о необходимости изучения картографических материалов более раннего периода времени, чем предполагалось изначально. Такое решение было обусловлено тем, что для анализа демографических процессов в Ленинградской области стоит привлечь данные того периода, когда территория была образована. В случае с территорией исследования это период конца 1920 – начала 1930 годов, поскольку Ленинградская область как обособленный субъект была выделена в 1927. Данные того периода можно рассмотреть как отправную точку для исследования изменения демографических показателей во времени.

Подходящим картографическим материалом для исследования являлся Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года. Среди карт, представленных в атласе, наиболее интересны были карты населения, а также карт сельского хозяйства, антропогенной трансформации ландшафтов, дорожной сети.

Атлас Ленинградской области создан по инициативе Научно-исследовательского географо-экономического института (НИГЭИ) ЛГУ им. А. А. Жданова и Педагогического института имени А. И. Герцена, поддержанной Ленинградским обкомом КПСС, Облисполкомом, Географическим обществом Союза ССР и Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Основные работы по составлению Атласа выполнены НИГЭИ и фабрикой № 5.

Атлас является сводным картографическим трудом, в котором обобщен большой фактический материал по изучению природы, населения, хозяйства, культуры и истории области. Он содержит 125 многокрасочных карт и картограмм, сопровождаемых пояснительным текстом. Карты отображают успехи в развитии экономики и культуры Ленинградской области за 50 лет Советской власти. Значительное место в Атласе уделено истории Ленинграда и области, особенно революционному прошлому.

Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года дает полную характеристику природных условий и экономики области, имеющихся в области сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов, состояние их использования к началу второй пятилетки и перспективы использования в ближайшем будущем. Экономические карты атласа составлены по отчетным данным на 1 января 1933 г., а естественно-исторические — по данным последних исследований. Каждая карта сопровождается дополнительными картограммами, картодиаграммами и пояснительным текстом.

В ходе подготовки картографических материалов производилось визуально-интерактивное дешифрирование подготовленных материалов. Для решения данной задачи был выбран программный продукт ArcGIS. Так, например, была проведена векторизация карты «Земельные угодия % под пашней» из Атласа Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года (рис.10).

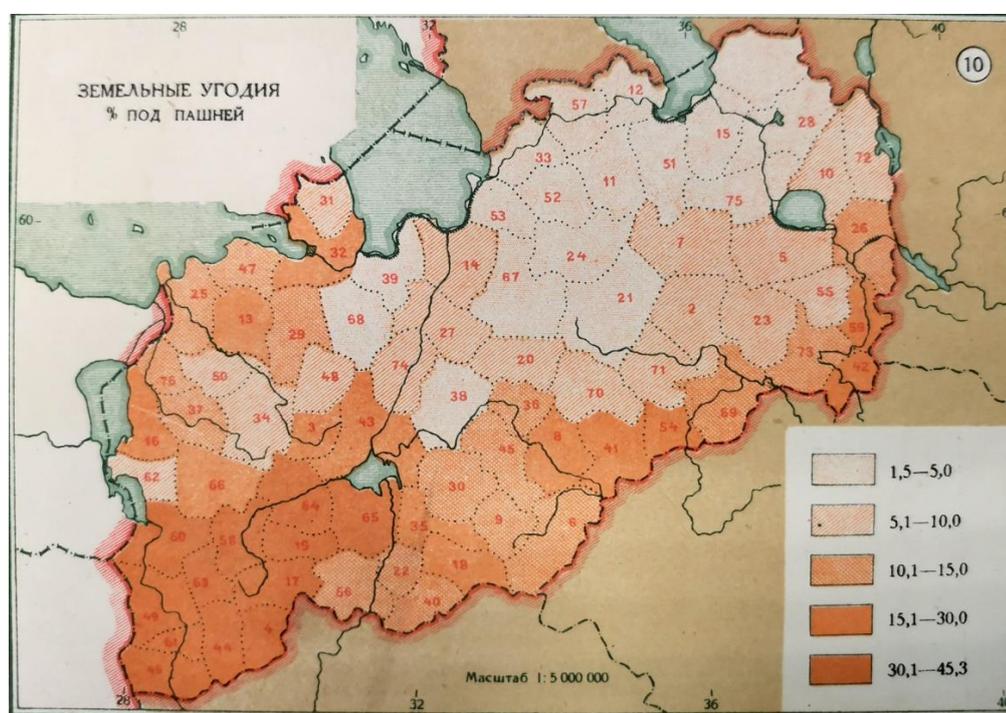


Рис.10. Земельные угодия % под пашней  
(Атлас Ленинградской области и Карельской АССР, 1934)

Привязка исходной карты осуществлялась с помощью инструмента «Пространственная привязка». Пространственная привязка растра довольно трудоемкий процесс, поскольку важно произвести корректное расположение карты в пространстве. При привязке карт 1934 года особое внимание уделялось границам Ленинградской области, т.к. во-первых, границы к настоящему моменту изменились, а во-вторых, размер картографического материала довольно мелкий, поэтому границы сильно генерализованны.

В последующем выполнялось дешифрирование всей карты (рис.11). В подготовленной базе данных создавался пространственный слой для каждого типа объектов и с помощью инструмента «редактирование» производилось векторизация.

Исходная таблица слоя дополнялась новыми столбцами, поэтому, помимо основных автоматически созданных («Fid», «Shape») добавился, например, столбец «Количество», для учета процента земельных угодий под пашней.

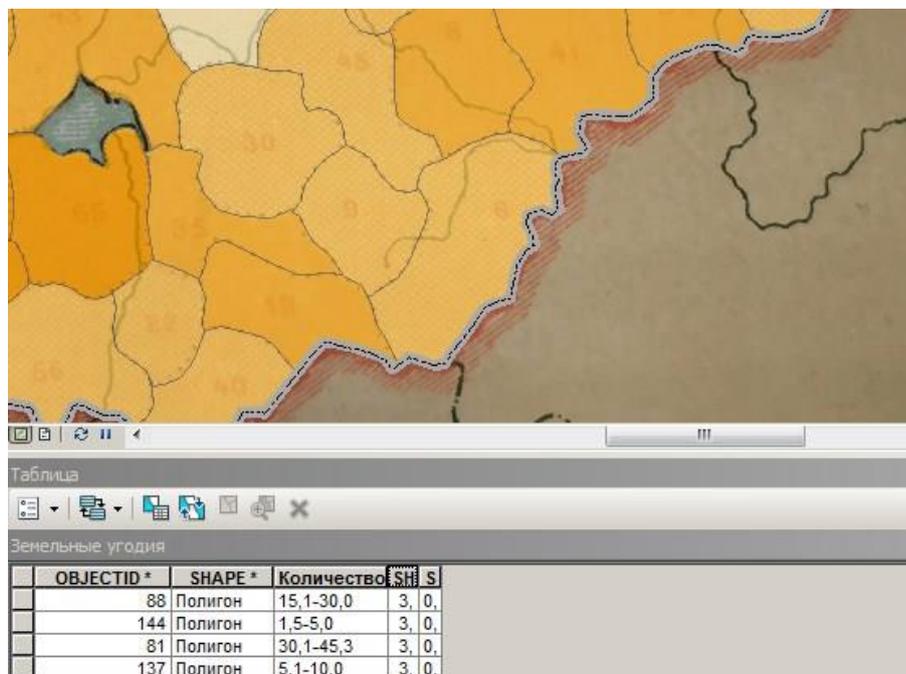


Рис.11. Фрагмент векторизованного изображения и атрибутивной таблицы

Помимо непосредственной векторизации картографических изображений для перевода в цифровой формат, проводился сбор статистических данных для дальнейшего анализа. Например, данные о численности населения из картографического материала были добавлены в ранее созданную таблицу базы геоданных со значениями, полученными из информационных бюллетеней Петростат. Подготовленные материалы стали основой для создания ряда картографических изображений в ходе исследовательской работы.

### **3.1.3. ДДЗ на территорию Ленинградской области**

В рамках диссертации рассматривалась задача о применении данных дистанционного зондирования Земли для изучения демографических процессов Ленинградской области. Обуславливается это тем, что по данным ДДЗ можно получить сведения о площадях объектов по средствам дешифрирования снимков. В ходе работы с помощью автоматического дешифрирования необходимо было провести изучение площадей сельскохозяйственных угодий.

Изучение изменения площадей сельскохозяйственных угодий необходимо для выявления взаимосвязей с изменением показателей численности сельского населения. Доступных исследований о связи изменения площадей сельскохозяйственных земель и демографических показателей нет. Однако, важно отметить, что изменения которые произошли после 90х годов привели к изменению демографических показателей по районам Ленинградской области. Например, распады колхозов являлись прямым фактором для переселения людей, что понесло за собой исчезновения целых поселений.

Поэтому, на отдельные районы Ленинградской области были выбраны данные дистанционного зондирования Земли. Это снимки Landsat весенне-летнего периода времени (с мая по сентябрь). Для исследования

был выбран 2020 год (рис.12). Космические снимки были получены с сайта Геологической службы США – U.S. Geological Survey.



Рис.12. Космический снимок Landsat 8

Геологическая служба США – это научно-исследовательская государственная организация, которая специализируется в геологической съёмке США, а также занимается изучением различных наук о Земле. Доступ к ресурсу возможен как для просмотра каталога данных зондирования Земли, так и для непосредственного получения хранимых в нём материалов.

#### **3.1.4. Данные дорожной сети**

В работе большое внимание уделяется данным сети автомобильных дорог. Развитие дорожной сети напрямую влияет на численность населения, в общем, и на демографические процессы в частности. Так, фактор доступности отдельных населенных пунктов к качественным дорогам

непосредственно оказывает действие на различные характеристики населения.

Исследования, показывающие напрямую взаимосвязь демографических показателей и данных дорожной сети, отсутствуют. В задачи исследования входило изучение доступности населенных пунктов к крупным автомобильным дорогам и транспортно-пересадочным узлам. Важно отметить, что рассматривались только автодороги с асфальтобетонным покрытием, как наиболее качественные транспортные сети.

Данные за настоящий период времени имеются в свободном доступе на различных ресурсах. Так, наиболее полные данные по автомобильным дорогам Ленинградской области представлены на сайте OSM – OpenStreetMap.

OpenStreetMap (т.е. открытая карта улиц) является некоммерческим веб-картографическим проектом, который занимается созданием подробной свободной и бесплатной географической карты мира. Редакторы это – сообщество участников – пользователей Интернета. Для создания карт используются различные данные, начиная с персональных GPS-трекеров и заканчивая панорамами улиц. Предоставляются данные, как правило, компаниями, а корректируются и вносятся человеком, который создает карту.

OpenStreetMap использует топологическую структуру данных, состоящую из точек, линий и отношений. Выгрузить данные с ресурса можно в любом формате, например, как шейп-файл (shp) – родной формат данных для программного обеспечения ArcGIS. Поскольку работа выполняется именно в этом программном продукте, то было принято решение использовать данные в формате шейп.

С ресурса были выгружены данные на всю территорию Ленинградской области (рис.13). Проверить качество данных на соответствие векторизованных дорог с реальными объектами можно только

по средствам сравнения по картам или в натуре, например, при полевом выезде. Однако, база геоданных портала постоянно дополняется и обновляется, поэтому, можно сделать вывод, что наиболее крупные автомобильные дороги занесены в базу. Также, при проверке и сравнению данных из базы с данными на онлайн картах несогласованности выявлено не было.

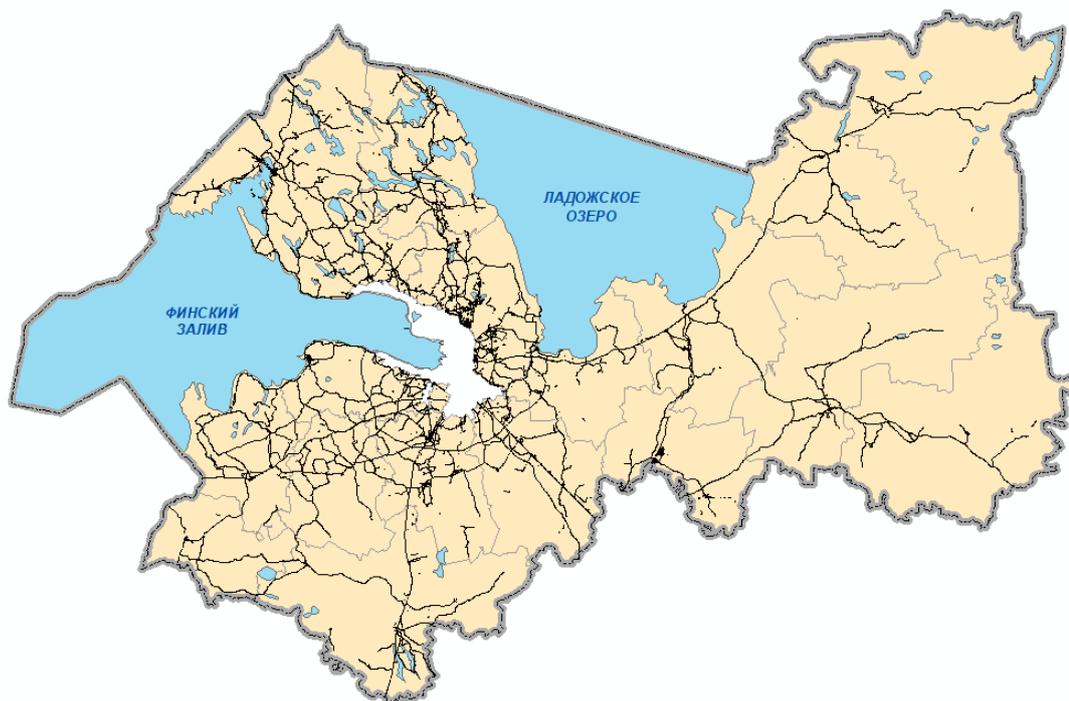


Рис.13. Представление базы геоданных автомобильных дорог

База данных состоит из ряда пространственных объектов типа «полилиния». У каждого объекта своя атрибутивная таблица (рис.14), в которой содержатся основные данные об автомобильных дорогах. Так, для каждой дороги присвоен атрибут с информацией о ее категории (шоссейная, пешеходная, проселочная и др.), а также о типе ее покрытия (асфальтобетон, грунт, песок и др.), геометрическая протяженность линии. Для работы нам необходимы данные о категориях дорог и типах покрытия.

osm id	Shape *	highway	name	layer	surface
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7151361	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
3422607	Полилиния	trunk	«Скандинавия»	1	asphalt
3919575	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
3919575	Полилиния	trunk	«Скандинавия»	1	asphalt
8198576	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
1760324	Полилиния	secondary	1-й Верхний переулок		asphalt
1872565	Полилиния	residential	1-я Дачная улица		asphalt
3137716	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt
9865443	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt
9865445	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt

Рис.14. Фрагмент атрибутивной таблицы

Оценка атрибутивной таблицы показала, что не на все дороги имеется информация о типах покрытия. Кроме того, части автомобильных дорог не присвоена категория и в таблице они являются неклассифицированными.

С OpenStreetMap также были получены данные о населенных пунктах Ленинградской области (рис.15). Первичная оценка данных на корректность показала, что объекты отобразились верно, без нарушения пространственной привязки. База данных населенных пунктов также состоит из ряда пространственных объектов типа «точка».

Shape *	osm id	place	name
Точка	281879422	hamlet	Александровка
Точка	134318864	village	Александровка
Точка	136237823	hamlet	Александровка
Точка	612038456	hamlet	Александровская Горка
Точка	908871022	hamlet	Алексеевка
Точка	135797574	village	Алексеевка
Точка	137667399	hamlet	Алексеевка
Точка	136415412	hamlet	Ананьино
Точка	333591768	neighbo	Андреевщина
Точка	106769169	hamlet	Андрианово
Точка	101112377	village	Аннино

Рис.15. Фрагмент базы геоданных населенных пунктов

В атрибутивных таблицах содержится информация о населенных пунктах. Каждому объекту на точке присвоено значение «name», в котором задано наименование населенного пункта. Помимо этого, в таблице

представлена информация о категории населенного пункта: город, поселок, деревня и другие.

Данные о дорожной сети и о населенных пунктах позволят решить ряд задач диссертации. Одной из основных стоит решение вопроса об удаленности населенных пунктов от асфальтированных автомобильных дорог. Необходимо выявить закономерность между показателем труднодоступности поселений к качественным автодорогам и его влиянием на демографические процессы.

## **3.2. Применение методов геоинформационного картографирования и создание карт демографических процессов для Ленинградской области**

### **3.2.1. Использование данных статистики**

Для управления демографическими процессами нужно иметь научное обоснование. В этом могут помочь карты демографических особенностей населения, которые можно использовать для анализа, мониторинга и прогнозирования демографической ситуации, а также для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов.

Картографирование демографических процессов – трудоемкий и сложный процесс, который включает в себя работу с большим количеством статистических данных. Их корректность, а также правильная подготовка позволяет упростить и автоматизировать процесс создания картографических изображений.

На первом этапе работы производилось картографирование основных показателей демографической ситуации. Для картографирования выбирались данные о численности населения за 1989 и 2020 года, в том числе проводилось деление на городское и сельское. Отдельное внимание уделялось картам миграционных процессов в Ленинградской области.

Заранее созданная и подготовленная база данных была подгружена в рабочий файл программного продукта ArcGIS. Данный программный продукт выбран для работы, поскольку базы данных в нем являются реляционными. В реляционных базах геоданных существует два типа таблиц: системные и набора данных. Первые отслеживают содержимое каждой базы, описывая все правила и отношения. Вторые работают конкретно с системными таблицами. Отличным примером может послужить геометрия полигональных данных в базе геоданных. Здесь класс объектов хранится в виде таблицы, называемой базовой. Каждая строка – отдельный элемент, который имеет идентификацию и поведение.

Для каждого типа данных создавался пространственный класс, содержащий информацию об отдельных пространственных объектах – районах Ленинградской области. Каждому району присваивалось значение о численности населения (рис.16). Таким образом, было создано несколько пространственных классов, содержащих статистическую информацию по годам исследования.

Район	Общее кол-во	Городское	Сельское
Бокситогорский район	-1,7	28,1	-46,4
Волосовский район	10,4	-3,1	15,1
Волховский район	49,6	126,9	-22,6
Всеволожский район	224,1	362	98,6
Выборгский район	82,6	169,9	14,7
Гатчинский район	72,5	184,7	7,4
Кингисеппский район	119,7	362,3	-9,3
Киришский район	323,3	49,7	-25,7
Кировский район	41,9	1059	-2,9
Лодейнопольский район	108,8	1615,6	-33,2
Ломоносовский район	16,2	81,8	-5,4
Лужский район	45,3	555,9	-22,3
Полпорожский район	53,2	139	-53,8

Рис.16. Фрагмент базы численности населения

Значения прироста населения Ленинградской области рассчитывались исходя из разницы численности населения в 1989 и 2020 году. Поэтому, полученные значения показывают прирост численности населения. Прирост населения – это увеличение численности населения

благодаря определенным факторам. В зависимости от различных факторов выделяется естественный и миграционный приросты.

На следующем этапе производилось построение карт автоматизированным способом с помощью различных геоинформационных методов. Для работы была выбрана группа методов, включающих картографирование по данным атрибутивных таблиц баз данных как наиболее оптимальная по ряду характеристик.

Так, для карт прироста населения был выбран метод картограмм. Такой метод показывает визуальную интенсивность какого-либо показателя в пределах территории на карте. Внутри каждой территориальной ячейки условно допускается, что картографируемое явление распространено в ней с одинаковой интенсивностью.

Для классификации значений был выбран метод естественных интервалов. После выявления средних значений определялись интервалы значений, что позволило равномерно распределить данные в интервалах и их охарактеризовать средними значениями характеристик объектов.

Метод естественных интервалов, как правило, используется для неравномерно распределенных данных. Алгоритм деления следующий: выявляются наиболее редко и наиболее часто встречающиеся значения атрибутов и назначаются последние в качестве среднего значения в каждом интервале. Распределение данных в пределах каждого интервала приближается к равномерному.

Как итог была построена карта прироста/убыли сельского населения Ленинградской области с 1989 года по 2020 год (рис.17). Особое внимание уделялось цветовой шкале карт. Предполагаемый изначально способ «светофора», который довольно часто используется в экологическом картографировании, не подошел для оформления карт населения. Отрицательные значения при такой шкале выделяются красным цветом, положительные – зеленым, а промежуточные – желтым. Однако, в исходных данных может и не быть таких значений, а промежуточные будут вовсе

некорректно отображаться. Поэтому, для карт демографической ситуации лучше всего подойдет двухцветная шкала, в которой нет противоположных друг другу цветов.

Градусная сетка строилась согласно системе координат всех карт – Пулково 1942, Зона 30 и проекции Гауса-Крюгера.

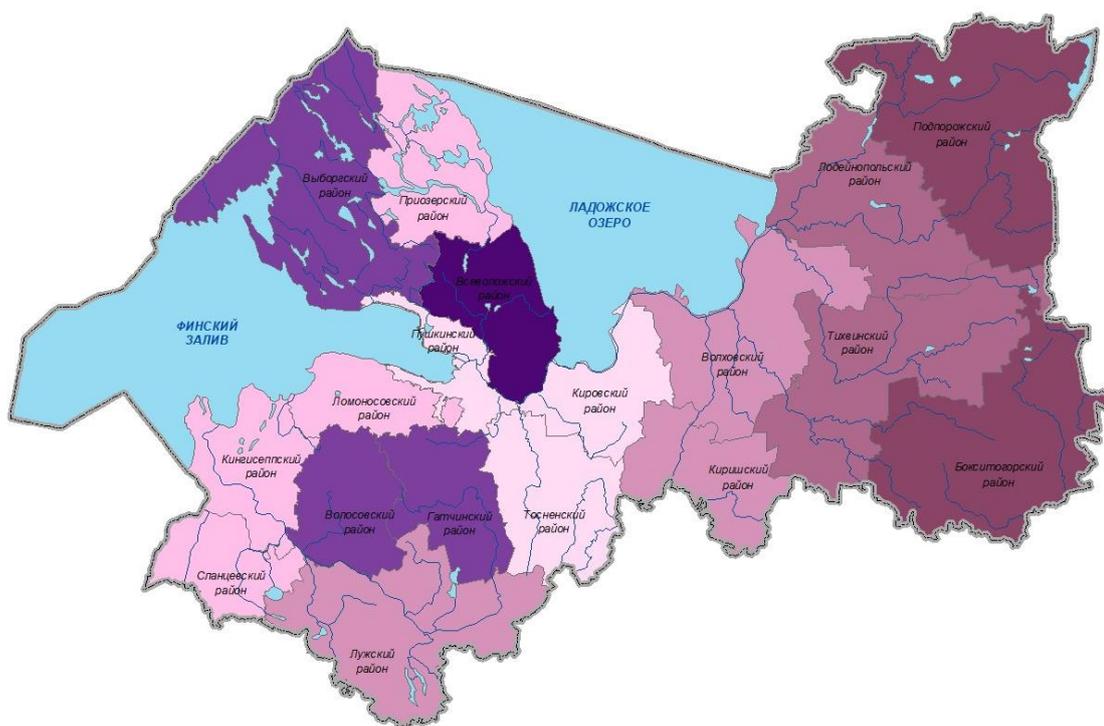


Рис.17. Прирост/убыль сельского населения Ленинградской области с 1989 по 2020 года

Карта прироста/убыли населения с 1989 года по 2020 год показывает насколько изменилась численность сельского населения в Ленинградской области за 30 лет. Так, можно заметить, что районы, тяготеющие к Санкт-Петербургу, имеют больший прирост населения. А вот районы более отдаленные, находящиеся на границе области, имеют меньший прирост.

Далее производилось построение карты прироста/убыли городского населения Ленинградской области с 1989 года по 2020 год (рис.18). Для карты прироста городского населения также был выбран способ

картограмм. Значения распределялись методом естественных интервалов. Цветовое решение для шкал осталось прежним – две растяжки цвета.

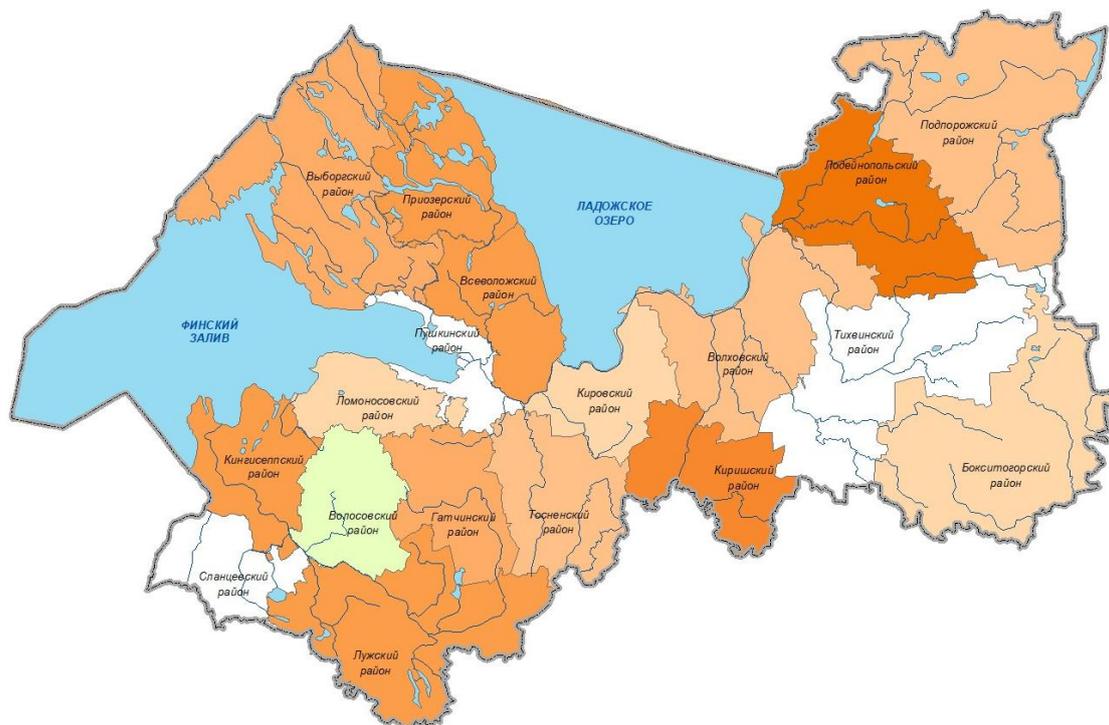


Рис.18. Прирост/убыль городского населения Ленинградской области с 1989 по 2020 гг

Практически во всех районах Ленинградской области значение прироста городского населения положительное. Исключением является только Волосовский район с отрицательным значением. Обусловлено такое изменение тем, что большое количество населения переезжает чаще в города, чем в поселки или деревни. При этом расположение района не влияет.

Наибольший интерес представляет карта прироста/убыли населения Ленинградской области с 1989 по 2020 гг. (рис.19). Данная карта показывает изменение численности всего населения Ленинградской области. Согласно статистическим данным, в это количество входят и показатели естественного прироста, и показатели миграции населения. Выбор метода построения шкалы значений аналогичный предыдущим картам.

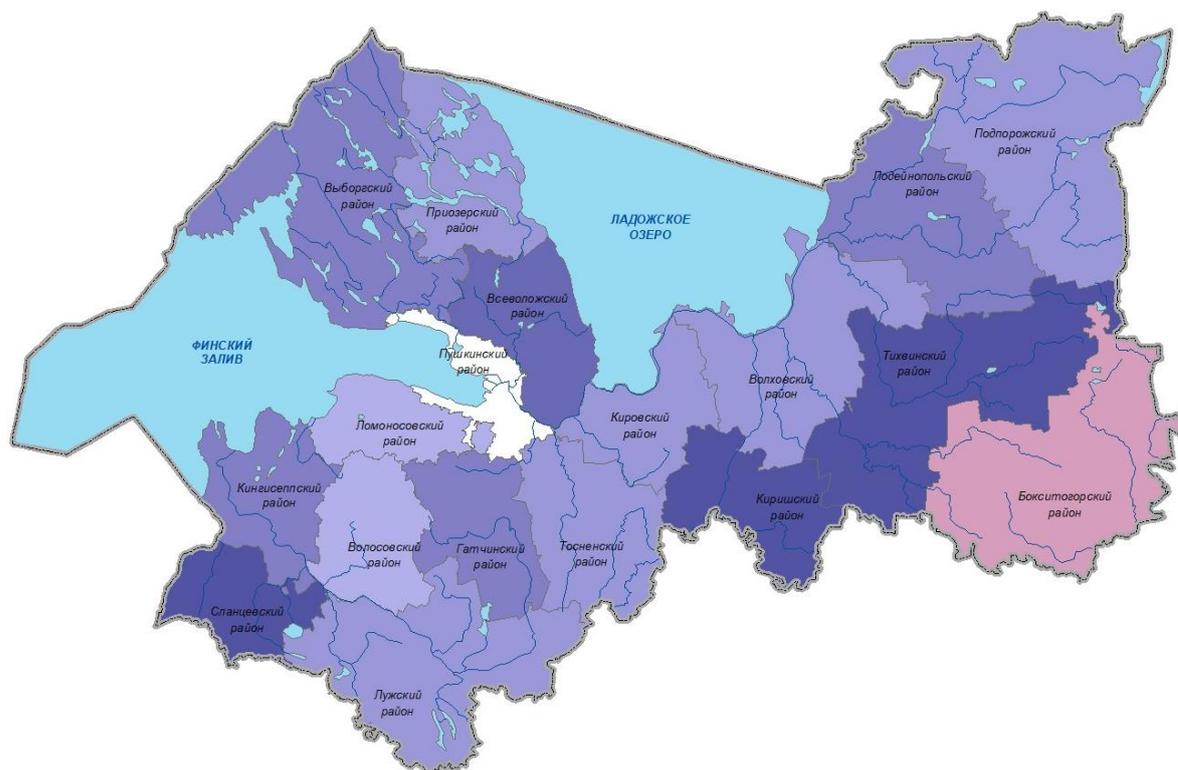


Рис.19. Прирост/убыль населения Ленинградской области с 1989 по 2020 гг

На полученной карте довольно хорошо можно заметить разницу значений. Больше всего здесь выделяется Бокситогорский район, в котором значение отрицательное, а также Киришский, Тихвинский, Сланцевский районы, в которых прирост населения довольно велик.

Полученные карты отображают лишь один тип данных, и для полноценного комплексного изучения демографических процессов таких карт может быть недостаточно. Однако, выбранный метод шкалы значений подходит для картографирования показателей численности населения. Обусловлено это тем, что главный принцип метода естественных интервалов заключается в показе неравномерно распределённых данных. При таком методе качественные и количественные характеристики состава и количества населения отображаются наиболее корректно. Стоит также отметить корректный выбор цветовых шкал, который позволил повысить читаемость и понятность карт.

На следующем этапе производилось картографирование миграционного движения населения. Миграционный (механический) прирост – это разность между числом людей, въехавших в страну на постоянное место жительства, и числом людей, выехавших из нее, за определенный промежуток времени. Миграция является сложным общественным процессом, картографирование которого значительно сложнее, чем картографирование естественного прироста населения.

В задачи настоящего исследования входило изучение применения различных методов геоинформационного картографирования для демографических процессов. Поэтому, выбор данных по миграционным потокам был независим от данных по приросту/убыли населения.

Для данного картографического исследования большое значение имела информационная база данных о миграции. Основным источником данных послужила бюллетень «Численность и миграция населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2018 году», в которой содержится информация о количестве выбывших и прибывших человек, а также миграционном приросте за 2017 и 2018 года. Данные подсчитаны для каждого района Ленинградской области.

Для карт миграционных потоков был выбран тот же метод картографирования, что и для карт населения – метод количественного фона, для шкалы – метод естественных интервалов. Цветовая шкала для значений также подбиралась исходя из типа карт: для социально-экономических, в частности карта населения – это растяжка двух цветов.

Одной из первых была построена карта «Миграционный прирост/убыль населения в Ленинградской области, 2017 - 2018 гг.» (рис.20). По данной карте можно заметить, что наиболее ярко выражены Всеволожский, Ломоносовский и Кингисеппский районы.

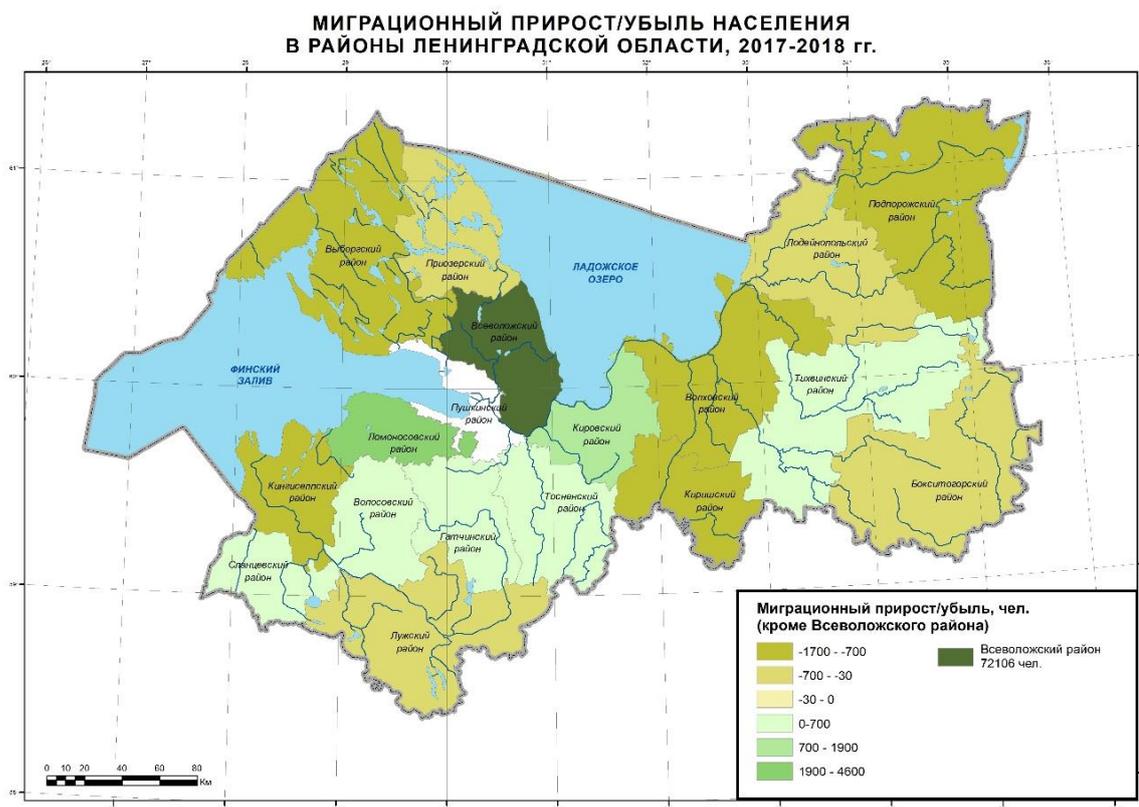


Рис.20. Миграционный прирост/убыль населения в Ленинградской области, 2017 – 2018 гг

Всеволожский район имеет наибольшее значение миграционного прироста. На комплексных картах его рекомендуется рассматривать отдельно, поскольку это может повлиять на корректное распределение значений.

Возможность картографирования миграции населения в Ленинградской области с помощью геоинформационных методов позволит понять, насколько корректно была подобрана методика создания картографического произведения. Поэтому, в исследовании рассматривается создание карт, которые отражают баланс механического движения и его отдельные составляющие, в том числе по населенным пунктам и территориальным единицам.

На основе статистических данных по миграционным процессам была также создана комплексная карта прироста населения и миграционных

процессов (приложение 1). Карта построена также с использованием картодиаграмм. С их помощью показана миграция населения: количество прибывших и убывших в 2018 году. Методом картограмм показан прирост населения. Всеволожский район также рассматривается отдельно, поскольку значения сильно выбиваются из общей выборки. Таким образом, можно судить о том, как сильно миграционный процесс влияет на изменение количества населения в Ленинградской области.

Изучение взаимосвязи сельскохозяйственных земель на численность населения также может являться способом отслеживания демографических процессов. Поэтому, в ходе исследования было выполнено построение карты сельскохозяйственных угодий и численности сельского населения в 1934 году (рис.21).

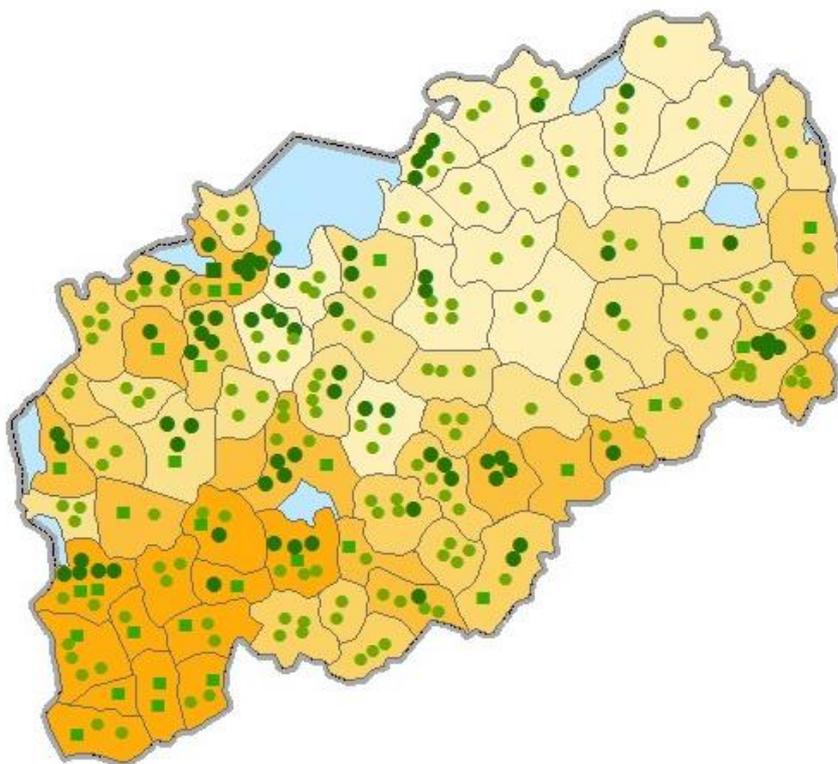


Рис.21. % сельскохозяйственных угодий под пашнями и население 1934 г

Выбор года полученных данных обуславливается тем, что необходимо привлечь данные того периода, когда территория исследования была образована. В случае с Ленинградской областью это период конца

1920 – начала 1930 годов, поскольку как обособленный субъект была она выделена в 1927 году. Карта позволяет отследить следующую взаимосвязь: сельскохозяйственных угодий, отданных под пашню больше в тех районах, где выше численность сельского населения. Это позволяет сделать вывод, что провести подобное сравнение можно и для данных 2020 года.

### 3.2.2. Использование данных дистанционного зондирования Земли

Отдельной задачей, решаемой в ходе исследования, стало применение данных дистанционного зондирования Земли для изучения демографических процессов. По данным ДЗЗ можно получить сведения о площадях сельскохозяйственных угодий. Изучение площадей сельскохозяйственных угодий необходимо для выявления взаимосвязей с показателем численности сельского населения в отдельных районах Ленинградской области. Получить сведения о площадях объектов по средствам дешифрирования снимков. Поэтому, для выделения участков сельскохозяйственных земель автоматизированным методом проводилась контролируемая классификация (рис.22). Классификация проводилась на тестовом участке – Сланцевском районе.



Рис.22. Фрагменты исходного и классифицированного снимка

Задачей классификации состоит в разделении пространства признаков на локальные области, соответствующие одному классу объектов. При этом программа выполняет достоверную классификацию при однозначном соответствии признаков объекту.

Полученные данные были переведены в векторный слой (рис.23). Это необходимо для подсчета статистики о площадях сельскохозяйственных угодий.

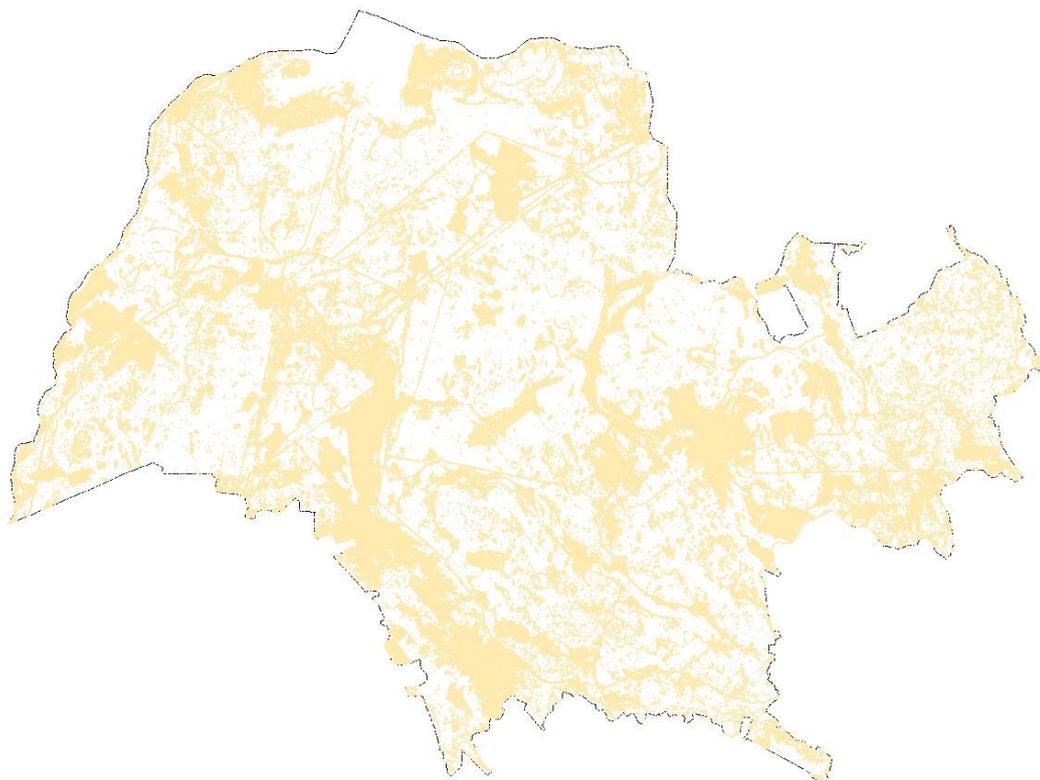


Рис.23. Сельскохозяйственные земли Сланцевского района в 2020 г

Для того, чтобы проверить насколько корректно прошла автоматизированная классификация, необходимо полученные данные сравнить со статистическими данными. Поэтому, полученная статистика сверялась с данными Петростата «Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года» (Том 3. Земельные ресурсы и их использование).

Данные по сельскохозяйственным угодьям могут послужить основой для создания карты, в которых показано взаимоотношение значения площадей сельскохозяйственных угодий и сельского населения. Обусловлено это тем, что большая часть пахотных земель расположена как раз вблизи сельских населенных пунктов. Помимо этого, возделыванием таких земель занимается в большей степени сельское население.

### 3.2.3. Использование данных дорожной сети

На следующем этапе производилась работа с данными дорожной сети. В задачи исследования входило изучение доступности сельских населенных пунктов к крупным автомобильным дорогам и транспортно-пересадочным узлам. Поэтому, по данным дорожной сети были построены буферные зоны для каждой автомобильной дороги (рис.24).

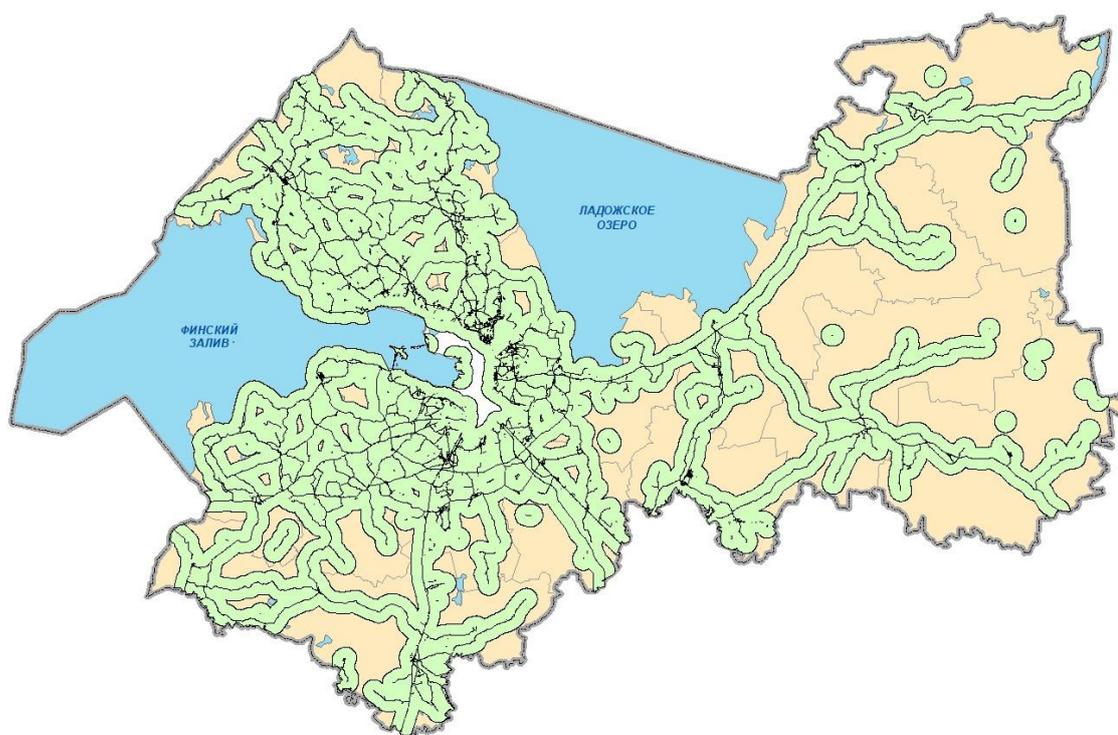


Рис.24. Буферные зоны для автомобильных дорог

Построение проводилось с помощью инструмента «Буфер». Буфер позволяет провести пространственный анализ территории и подсчитать статистику. Обычно при буферизации создается две области: одна в пределах указанного расстояния от объекта, другая за пределами. Первая область называется буферной.

Построение буферной зоны для дорожной сети производилось с учетом нескольких параметров. Во-первых, учитывались только дороги с асфальтобетонным покрытием, как наиболее качественные транспортные сети. Во-вторых, размер буфера был равен 5 километрам.

При построении буферного полигона от каждой вершины объекта, при помощи стандартного алгоритма вычисляется буферное смещение. Выходной буферный полигон строится из полученных смещений.

#### **3.2.4. Комплексное применение различных данных для картографирования демографических процессов**

Для более подробного изучения возможности геоинформационного картографирования миграционных процессов следует создать карту прибывшего и убывшего населения (рис.25). Поскольку, в рамках исследования рассматривается изменение численности, то сначала была посчитана разница значений, а затем все было пересчитано в проценты. Данная операция проводилась для того, чтобы повысить читаемость карты.

Помимо этого, был выбран иной метод картографирования – метод картограмм. В способе картограммы всегда используются расчетные показатели.

На карте показан процент того, насколько сильно изменилось количество прибывающих эмигрантов и убывающих иммигрантов в 2018 году по сравнению с 2017 годом. Там, самый низкий процент у Кингисеппского района, поскольку в 2018 году эмигрантов было гораздо

меньше, чем в 2017. А вот во Всеволожском районе ситуация обратная, там стало гораздо больше эмигрантов за один год.

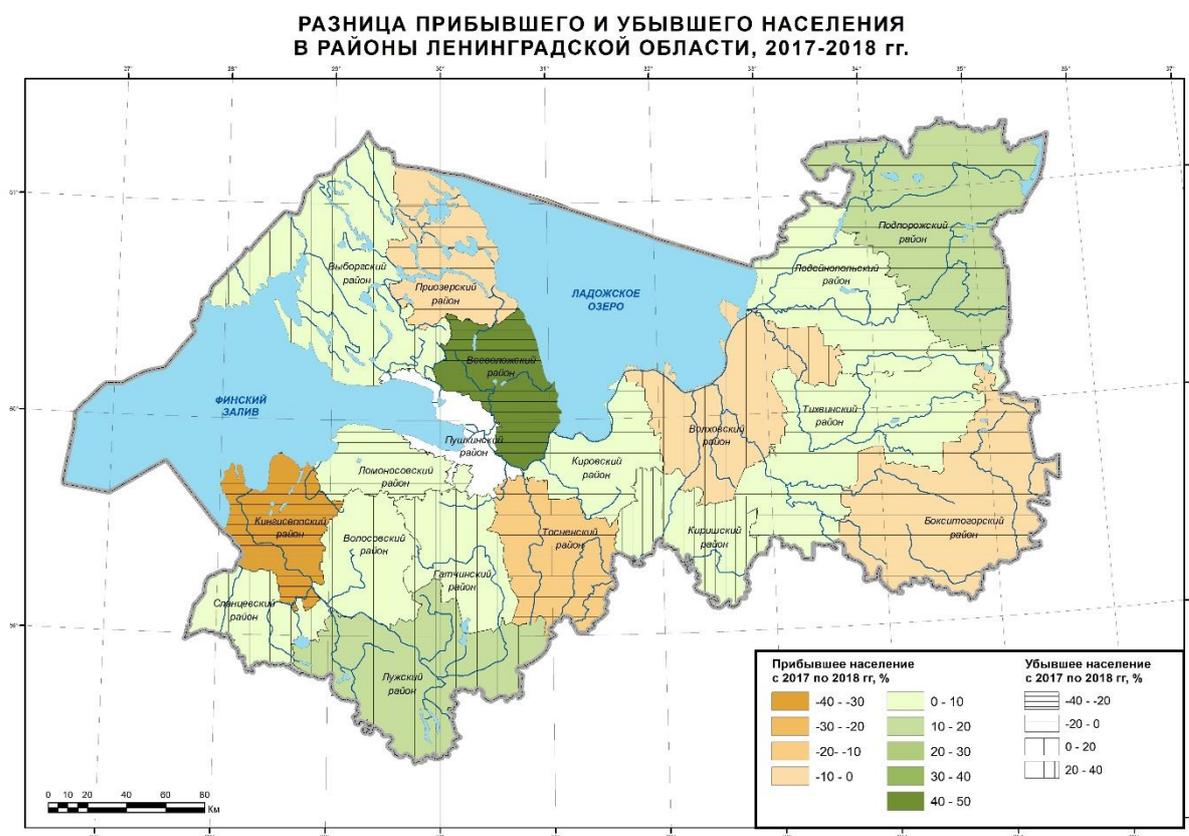


Рис.25. Разница прибывшего/убывшего населения, 2017 – 2018 гг

Еще один способ, широко используемый в социально-экономическом картографировании – способ картодиаграмм. Он предполагает изображение суммарной величины явления с помощью графиков или диаграмм, помещаемых чаще всего внутри единиц территориального деления. При использовании этого способа карта в целом показывает распределение явления по исследуемой территории.

На практике на одной карте сочетают способы картодиаграммы и картограммы, т.к. они взаимно дополняют друг друга. Поэтому, следующая карта механического прироста населения (приложение 2) построена с использованием двух метод: картограмм и картодиаграмм. Для данных о миграционном приросте/убыли населения использовался метод

картограмм, а классификация шкалы производилась методом естественных интервалов. А для того, чтобы показать разницу прибывших и убывших людей использовался метод картодиаграмм. При этом, зеленым цветом диаграммы обозначены эмигранты, а красным иммигранты.

Отдельное внимание стоит уделить Всеволожскому району, который рассматривается отдельно, поскольку значения по данному району сильно выбиваются из общей массы. Данные по Всеволожскому району приводятся отдельно, в легенде карты.

В других районах построение диаграмм прошло корректно. Поэтому, можно судить о том, где произошел миграционный прирост/убыль и за счет чего – повлияло прибывающее население или убывающее.

Для данных дорожной сети применялся комплексный метод геоинформационного картографирования. На карту буферных зон дорожной сети (рис.24), были добавлены данные о населенных пунктах (рис.26). При совмещении производилась выборка тех объектов, которые попадали или не попадали в буферную зону. Для нанесения населенных пунктов использовался способ значков.

Анализ карты показал, что большая часть крупных населенных пунктов попадает в буфер 5 километров. Однако, многие поселки и деревни, особенно в районах, отдаленных от г. Санкт-Петербург, остались за пределами буферной зоны. Это говорит о том, что к данным поселениям нет качественных дорог, а значит, повышается труднодоступность к ним.

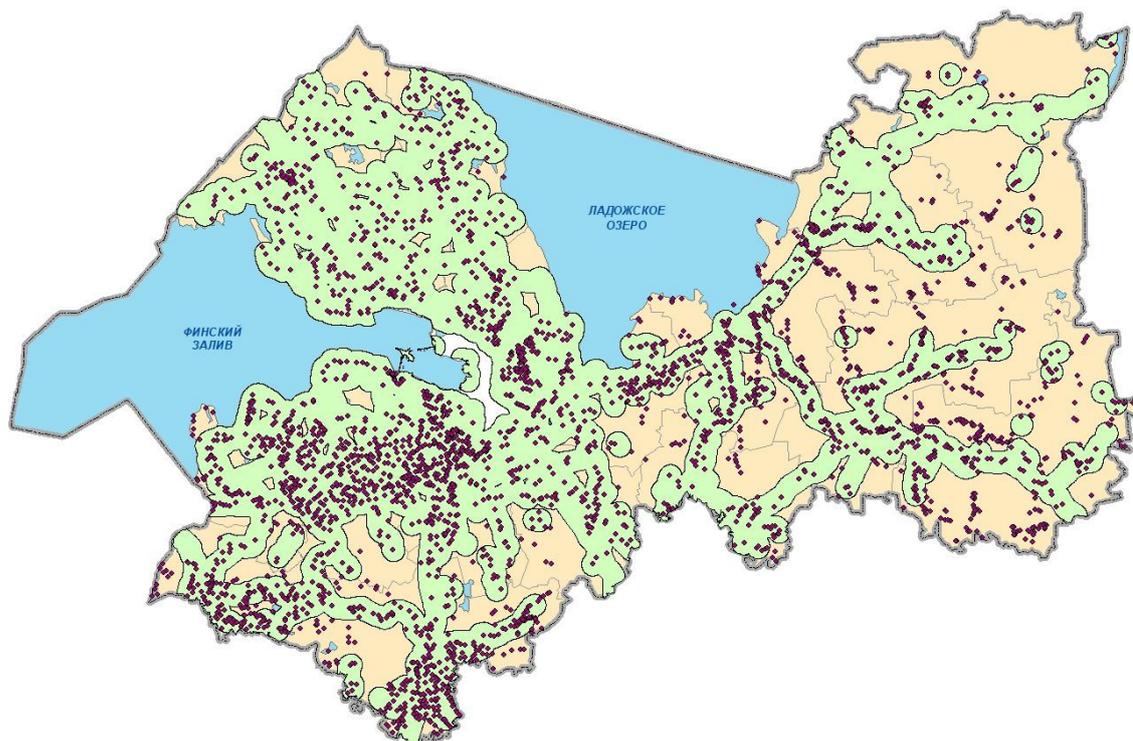


Рис.26. Доступность населенных пунктов до автомобильных дорог

Доступность населенных пунктов к качественным дорогам напрямую влияет на численность населения. Так, если сравнить полученную карту с картой прироста/убыли сельского населения (рис.17), то можно заметить, что большая часть населенных пунктов, которые не попадают в буфер, расположены как раз в тех районах, где прирост отрицательный. То есть наблюдается значительный отток населения. Это говорит о том, что данный метод можно применять для исследования демографических процессов.

## Заключение

Картографирование демографических процессов можно использовать для анализа демографической ситуации. Очень важен мониторинг и прогнозирование динамики изменения населения в Ленинградской области.

В ходе исследования были проведены сбор и обработка статистических данных. Для исследования демографических процессов была изучена статистическая информация. Были получены и обработаны следующие данные: численность постоянного населения в разрезе муниципальных образований Ленинградской области с 2018 и 2020 года, численность и миграция населения в 2018 году, итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. После проводилось формирование базы данных.

Найден и подготовлен картографический материал для проекта. Картографическим материалом для исследования являлся Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года, карта «Земельных угодий % под пашней». Была произведена векторизация карт численности населения и сельскохозяйственных за 1934 год.

Были подготовлены данные ДЗЗ для анализа изменения сельскохозяйственных земель. На территорию Ленинградской области были отобраны космические снимки (за 2020 год). Подготовлены данные дорожной сети за 2020год, составлена база геоданных.

Применены методы геоинформационного картографирования и созданы итоговые карты проекта.

По результатам обработки данных производилось картографирование основных показателей демографической ситуации. Было создано 11 карт.

Картографирование демографических процессов Ленинградской области необходимо для анализа, мониторинга и прогнозирования

демографической ситуации. Комплексный подход и использование разных исходных данных может привести к появлению новых научных методов в изучении демографических процессов

## Литература

1. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география: Понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983, 350 с.
2. Анохин А. А. География населения с основами демографии. Учебное пособие. М.: Издательство СПбГУ, 2015, 308 с.
3. Бажукова Н.В., Балина Т.А., Чекменева Л.Ю. Картографирование демографических процессов: традиции и современность // Вестник Геодезия и картография, 2020. № 11. С. 9-19.
4. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. М.: МГУ, 1997, 64 с.
5. Берлянт А.М. Картография: Учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2002, 336 с.
6. Берлянт А.М. Теория геоизображения. М.: ГЕОС, 2006, 262 с.
7. Бешенцев А. Н., Гармаев Е. Ж., Потаев В. С. Геоинформационный мониторинг территориальных социально-экономических систем // Вестник Бурятского Государственного Университета. Экономика и менеджмент, 2019. №3. С. 3-9.
8. Борисов В. А. Демография. Учебник для ВУЗов. М.: Nota Bene, 2018, 272 с.
9. Бутов В. И. Демография. М: Высшая школа, 2016, 237 с.
10. Верещагина А. В. Демография. М.: Дашков и Ко, Наука-Спектр, 2018, 256 с.
11. Джордан Л. На пороге новой эры: интеграция ГИС и дистанционного изображения // ARC/Review, 1997. № 1. С.8
12. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Принципы геоинформационного обеспечения геоэкологического картографирования регионального уровня // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки, 2006. № 1. С. 22-27.

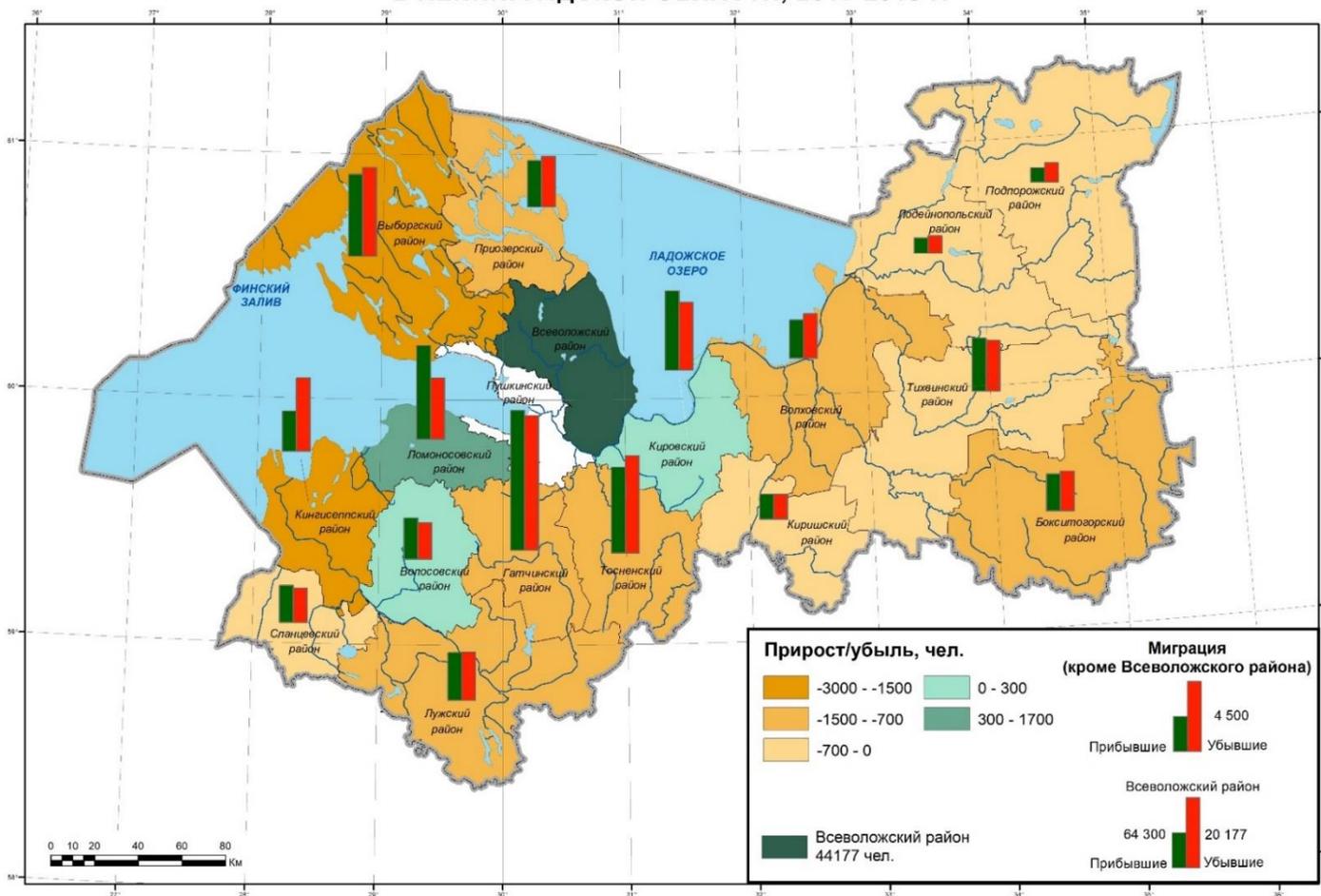
13. Зимовец П.А., Бармин А.Н., Валов М.В., Бармина Е.А. Геоинформационное картографирование динамики урбогенеза // Геология, география и глобальная энергия, 2016. №. 1 (60). С. 53-59.
14. Зозуля П. В. Демография. Учебник и практикум. М.: Юрайт, 2016, 194 с.
15. Казяк Е.В., Лукашик А.А., Русанов Д.Л. Картографирование демографических процессов и процессов расселения в «Атласе населения словакии» // Демографические риски XXI века: (к Международному дню народонаселения): материалы II Межвузовского студенческого семинара. Минск: БГУ, 2015. С. 92–197.
16. Каргашин П.Е. Основы цифровой картографии: учебное пособие для бакалавров. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2019, 106 с.
17. Капустин В.Г. ГИС-технологии как инновационное средство развития географического образования в России // Педагогическое образование, 2009. №. 3. С. 68-76.
18. Коновалова Н. В. Эволюция картографических изображений и требований к тематическим картам // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2014. № 4. С. 380-384.
19. Косов П. И. Основы демографии. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2018, 288 с.
20. Краак М.-Я., Ормелинг Ф. Картография: визуализация геопространственных данных. Под. ред. В.С. Тикунова. М.: Научный мир, 2005, 325 с.
21. Лайкин В.И., Упоров, Г.А. Геоинформатика: учебное пособие. Комсомольск-на-Амуре: Изд-во АмГПУ, 2010, 162 с.
22. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: Учебник. М.: КДУ, 2008, 428 с.

23. Макаренко С.А., Маркаданова В.С. Особенности создания геоизображений с применением современных технологий // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект), 2018. № 2 (7). С. 97-101.
24. Моррисон Дж. Л. Картография нового тысячелетия // Геодезия и картография, 1996. № 8. С. 45-48.
25. Население. Лист I, II. Атлас Ленинградской области и Карельской АССР [Карты] / Позерн, Б. П., Иванов, А. М., Гюллинг, Э. А. Ленинград: Издание ГЭНИИ 1934г. V с.ил.53л.
26. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. М.: Изд-во МГУ, 1979, 160 с.
27. Прохорова Е.А. Социально-экономические карты: учебное пособие. М.:КДУ, 2010, 424 с.
28. Сельское хозяйство. Лист I, II. Атлас Ленинградской области и Карельской АССР [Карты] / Позерн, Б. П., Иванов, А. М., Гюллинг, Э. А. Ленинград: Издание ГЭНИИ 1934г. V с.ил.53л.
29. Серапинас Б. Б., Прохорова Е. А. Геоинфографика как современное направление геовизуализации в обучении студентов-картографов // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География, 2018. № 5. С. 94–99.
30. Тикунов В.С., Ротанова И.Н., Ефремов Г.А., Чунтай Билэгтмандах. Атласное геоинформационное картографирование: новые подходы на примере атласа Большого Алтая // Интерэкспо ГЕО-Сибирь, 2016. №5. С. 55-62.
31. Тимонин С.А. Математико-картографическое и геоинформационное моделирование демографических процессов в регионах Российской Федерации // Вестник Московского Университета, 2010. №5. С. 11-18.
32. Тихомиров Н. П. Демография. Методы анализа и прогнозирования. М.: Экзамен, 2017, 256 с.

33. Федоров Г. М. Об актуальных направлениях геодемографических исследований в России // Балтийский регион, 2014. – № 2(20). С. 7–28.
34. Чепкасов П. Н. Картографический и графический методы в социально-экономических исследованиях. Пермь: Пермский ун-т, 1985, 84 с.
35. Чепкасов П.Н. Разработка и составление социально-экономических карт. Пермь: Пермский ун-т, 1984, 88 с.
36. Шелестов Д. К. Историческая демография. Учебное пособие. М.: РГГУ, 2015, 286 с.
37. Юнусова А.Б. Геоинформационные технологии в исследовании миграционных процессов // Великие евразийские миграции, 2016. С. 29-35.
38. Bertin, J. *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Translated by W. J. Berg. University of Wisconsin Press, 1983, 460 p.
39. Christine Leuenberger, Izhak Schnell. *The Politics of Maps. Cartographic Constructions of Israel/Palestine*. Oxford University Press, 2020, 244 p.
40. David L. Thomson, Evan G. Cooch. *Modeling Demographic Processes in Marked Populations*. Springer US, 2009, 1132 p.
41. *Esri Map Book Volume 29*. USA: Esri Press. 2014, 136 p.
42. Jan Brunson, Nancy E. Riley. *International Handbook on Gender and Demographic Processes*. Springer Netherlands, 2018, 359 p.
43. Kory Olson. *The Cartographic Capital. Mapping Third Republic Paris, 1889-1934*. Liverpool University Press, 2018, 320 p.
44. Monmonier M. *How to lie with maps*. Third edition. Chicago: The University of Chicago press, 2018, 387 p.
45. [https://bookonline.ru/lecture/glava-5-karty-naseleniya#\\_idTextAnchor002](https://bookonline.ru/lecture/glava-5-karty-naseleniya#_idTextAnchor002) – Социально-экономические карты.
46. <http://earthexplorer.usgs.gov> – U.S. Geological Survey.
47. <http://www.demoscope.ru/weekly/pril.php> – Демоскоп Weekly.

48. <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0133948:article> – Геоинформационное картографирование (ГК).
49. <http://mapinmap.ru/archives/8688> – Подробная карта плотности населения СССР в 1929 году.
50. <http://nauka.x-pdf.ru/17informatika/678284-1-bolshaya-kartografiya-ili-integraciya-kartografii-geoinformatiki-distancionnogo-zondirovaniya-berlyant-nauchno-tehnicheskie.php> – Берлянт, А.М. «Большая картография» или интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования.
51. <https://petrostat.gks.ru/folder/29437> – Управление федеральной службы государственной статистики.
52. <https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm> – Что такое ArcGIS?
53. [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_BIBL\\_A\\_010451251/](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_010451251/) – Дазиметрическая карта Европейской России.
54. [https://studopedia.su/9\\_31753\\_programmnoe-obespechenie-gis.html](https://studopedia.su/9_31753_programmnoe-obespechenie-gis.html) – Программное обеспечение ГИС.
55. <https://www.zwsoft.ru/stati/programmy-dlya-gis-sovremennoe-programmnoe-obespechenie-dlya-gis> – Программы для ГИС: современное программное обеспечение для GIS – Программное обеспечение ГИС.

**ЕСТЕСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ И МИГРАЦИОННЫЕ ПОТОКИ  
В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ, 2017-2018 гг**



Санкт-Петербургский государственный университет

**МОРОЗОВА Дарья Евгеньевна**

**Выпускная квалификационная работа**

**Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области**

Уровень образования: магистратура  
Направление *05.04.03 «Картография и геоинформатика»*  
Основная образовательная программа *ВМ.5523.2020*  
*«Геоинформационное картографирование»*

Научный руководитель:  
доцент кафедры картографии  
и геоинформатики, к.г.н.,  
Сидорина Инесса Евгеньевна

Рецензент:  
доцент кафедры экономической  
географии  
РГПУ им. А.И. Герцена, к.г.н.,  
Полякова Светлана Дмитриевна

Санкт-Петербург  
2021

## Содержание

Введение .....	3
Глава 1. Применение геоинформационных систем в современной картографии.....	5
1.1. Геоинформационное картографирование .....	5
1.2. Применение ArcGIS в современной картографии.....	12
Глава 2. Картографирование демографических процессов.....	15
2.1. Демографические процессы и методы их исследования .....	15
2.2. Картографирование демографических процессов .....	18
2.2.1. История картографирования демографических процессов.....	18
2.2.2. Современное картографирование демографических процессов.....	21
2.2.3. Методы картографирования демографических процессов .....	23
Глава 3. Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области .....	26
3.1. Сбор и обработка исходных материалов.....	26
3.1.1. Статистические данные .....	26
3.1.2. Картографические материалы .....	36
3.1.3. ДДЗЗ на территорию Ленинградской области.....	40
3.1.4. Данные дорожной сети .....	41
3.2. Применение методов геоинформационного картографирования и создание карт демографических процессов для Ленинградской области .....	45
3.2.1. Использование данных статистики.....	45
3.2.2. Использование данных дистанционного зондирования Земли.....	54
3.2.3. Использование данных дорожной сети .....	56
3.2.4. Комплексное применение различных данных для картографирования демографических процессов.....	57
Заключение.....	61
Литература .....	63
Приложение 1.....	68
Приложение 2.....	69

## Введение

Высокая изменчивость разнообразных демографических характеристик населения приводит к необходимости частого обновления карт демографических процессов или других характеристик населения. Карты, обладая высокой наглядностью и информативностью, способны привлечь внимание большой аудитории к демографическим проблемам.

Создание социально-экономических карт только по данным статистики является недостаточно полноценным. Особенно актуально для картографирования демографических процессов привлекать не только полевые, статистические и картографические данные, но и материалы аэрокосмической съемки и данных дорожной сети. Последние два источника позволяют получить уникальную информацию о других данных, которые помогают рассмотреть демографические процессы более подробно.

Различные методы геоинформационного картографирования (далее ГК) используются не только при автоматизации работ по картографированию демографических процессов, но и для анализа исходных данных и получения новых производных карт. Технологии геоинформационных систем продвинулись достаточно далеко в своем развитии, что позволяет применять различные методы для создания карт. Поэтому, основная цель научно-исследовательской работы изучение комплексного подхода в геоинформационном картографировании для изучения демографических процессов в Ленинградской области.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Сбор и обработка статистических данных по демографии Ленинградской области за 1989, 2017, 2018 и 2020 года.
2. Поиск исходных картографических материалов. Подготовка картографических материалов для проекта.
3. Подготовка данных дистанционного зондирования Земли.
4. Подготовка данных дорожной сети Ленинградской области.

5. Применение методов геоинформационного картографирования.  
Создание итоговых карт проекта.

Актуальность темы обусловлена огромной важностью комплексного применения различных методов геоинформационного картографирования в сфере демографических исследований. Результаты картографирования демографических особенностей населения можно будет использовать для специалистов в сфере социально-экономической географии, занимающихся изучением демографических процессов в Ленинградской области.

Полученные результаты можно использовать для анализа, мониторинга и прогнозирования демографической ситуации в регионах РФ, а также для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов.

# **Глава 1. Применение геоинформационных систем в современной картографии**

## **1.1. Геоинформационное картографирование**

Геоинформационное картографирование – это отрасль картографии, в которой изучаются теоретические и практические аспекты информационно-картографического моделирования геосистем. Главная задача ГК – создание карт как образно-знаковых моделей действительности. Данное направление регулирует решения, связанные с применением стандартных, а также разработкой специализированных ГИС-технологий и новых методов картографирования на их основе.

Важность геоинформационного картографирования обуславливается не только автоматизированным воспроизводством картографического изображения, но и автоматизацией использования карт. Хороший пример это использование ГИС для создания новых карт и автоматизации исследований по картам. ГК является новым средством моделирования процессов реальной действительности. Такой интерактивный способ позволяет сочетать различные принципы обработки, редактирования и корректуры. Однако, ручная генерализация с учетом взаимосвязей явлений и объектов связаны с эффективностью использования опыта и знаний картографа (<http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia>). Актуальность в первую очередь связана с автоматизированной генерализации, которая по-прежнему остается далекой от завершения.

Об актуализации геоинформационного картографирования и развития картографии упоминается еще в статье Дж. Моррисона «Картография нового тысячелетия» (Моррисон Дж.Л.,1996). Автор определяет, что любое картографическое производство, которое строится на аналоговых методах составления и издания карт, устарело. Картография в целом должна представлять электронные технологии, где в центре

внимания должны находиться новые методы сбора информации и сети коммуникации.

Во второй половине 80-х годов на начальных этапах становления ГК воспринималось как процесс автоматизированного воспроизводства карт. Дальнейший этап развития связан с разработкой теории и методов создания картографических баз данных и математико-картографического моделирования, создания картографических моделей как физических явлений (Берлянт А.М., 1997). Разработка теории и методов геоинформационного картографирования по мнению Берлянта А.М. принадлежит к фундаментальным проблемам картографии. Автор поясняет, что ГК при всей своей фундаментальности имеет практическую направленность, отвечающую содержанию многих прикладных задач. Оптимальное сочетание фундаментальных исследований и прикладного проблемно-ориентированного тематического картографирования обеспечат благоприятные перспективы развития геоинформационного картографирования.

В настоящее время геоинформационное картографирование все увереннее становится магистральным направлением развития картографической науки и производства. Согласно Берлянту А.М., перспектива развития нового научного направления, которое объединит картографию, аэрокосмическое зондирование и компьютерной графики является следствием внедрения геоинформационного картографирования и ГИС-технологий. Данное направление первоначально опирается на достижения картографии.

Многие синтетические научные направления являются результатом интеграции картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования. Этот вопрос отражен в работе «Большая картография или интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования». В работе автор рассматривает предпосылки такой интеграции и о понятиях «геоматика» и «геоиконика» (<http://наука.х->

pdf.ru/17informatika/). Берлянт А.М. в ряде других своих работ неоднократно упоминает о геоматике, которая благодаря своей краткости и выразительности стремительно завоевала популярность в ряде стран. Геоинформационное картографирование же составляет самую сердцевину этого направления (Берлянт А.М.,1997).

В России эта идея интеграции картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования до сих пор остается дискуссионной темой. Согласно Берлянту, данные научные направления подразумевают объединение методов и технологий картографирования, ДЗЗ, фотограмметрии и дешифрирования, спутникового позиционирования, геоинформатики, а также ряда других смежных отраслей современных геопространственных наук (<http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia>).

Геоинформационное картографирование позволяет создавать геоизображения. Единая теория геоизображения представлена в работе Берлянта А.М. (Берлянт А.М.,2006). В книге дана классификация геоизображений, отражены основные модельные свойства каждого вида. Отдельное внимание уделяется роли геоинформатики. О методах и способах создания геоизображений написано в работе Макаренко С.А. и Маркаданова В.С (Макаренко С.А., Маркаданова В.С., 2018)

Авторы определяют алгоритм взаимодействия методов и способов при создании и моделировании геоизображений.

Основные отличительные особенности ГК и ГИС содержатся в системах хранения, обработки и вывода информации. Они связаны в первую очередь с содержанием базы данных (далее БД) и набором специализированных программ для моделирования, анализа и отображения информации. Цифровая картографическая информация организуется в картографические БД, которые представляют собой систематизированное множество цифровых карт. Такие карты являются цифровыми моделями, созданными путем цифрования картографических источников, фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования,

цифровой регистрации данных полевых съемок или иным способом. Об основных понятиях и последовательности создания цифровых карт описано в учебном пособии Каргашина П.Е. «Основы цифровой картографии» (Каргашин П.Е., 2019). Особое внимание уделяется технологии проектирования цифровых карт, а также аспектам работы с геопространственными данными. Для реализации работ по цифровой картографии используется программное обеспечение, на которое автор дает краткий обзор.

Л. Джордан (Джордан Л, 1997) в своей работе предполагает, что картой будущего станет Разумное Изображение (Intelligent Image). Это будет сложное изображение, синтезирующее информацию, которая будет собрана из разных источников в реальном масштабе времени. Пользователь будет работать с изображением в интерактивном режиме, а также сможет перемещаться по нему в любом направлении в различных измерениях. А использование глобальных позиционирующих систем позволят обеспечить качество, целостность и точность данных будут.

Многие процессы создания карт представлены в книге Краак М.-Я. и Ормелинг Ф. «Картография: визуализация геопространственных данных» (Краак М.-Я., Ормелинг Ф., 2005). Основанием для большинства идей послужила книга «Semiology of Graphics» (Bertin, J., 1983). Краак и Ормелинг рассматривают не только место карты и картографирования в геоинформационной среде, но также отмечают методы сбора данных, особенности картографической основы. Помимо этого, большое внимание в издании уделяется вопросам визуализации, а также и инструментариям программных пакетов и их функциям, необходимых для выполнения работ. Отдельно анализируется применение карт для целей исследовательской картографии.

Среди зарубежных источников о геоинформационном картографировании также стоит отметить книгу «How to lie with maps» Mark Monmonier. В издании рассматриваются вопросы создания и актуализации

карт, а также о применение онлайн-картирования и новых технологиях работы с цифровыми картами (Monmonier M., 2018). Интересна книга «Esri Map Book Volume 29», издательство Esri Press. Издание предлагает примеры того, как сообщество пользователей ГИС реализует различные идеи с помощью программного продукта ArcGIS для пространственно-ориентированного решения географических проблем (Esri Map Book, 2014).

Особое значение для геоинформационного картографирования и ГИС-технологий имеют вопросы создания специальных тематических карт. Статья Коноваловой Н. В. посвящена разработке принципов проектирования тематических карт и атласов, а также требований к картографированию (Коновалова Н. В, 2014). Рассматриваются темы улучшения представления и чтения картографических изображений. Особая роль отводится изучению ассоциаций и стереотипов мышления пользователя карты в процессе чтения.

Лайкин и Упоров (Лайкин В.И., Упоров, Г.А, 2010) рассматривают различные области применения ГИС, количество которых постоянно растет. В список входит управление земельными ресурсами, геология, инженерные изыскания в строительстве, тематическое картографирование, сельское хозяйство и многое другое. ГИС-технологии выступают инструментом для управления информацией любого типа с точки зрения ее пространственного местоположения.

Следует отметить также важность методов географической индикации при комплексных географических исследованиях. Например, ландшафтно-индикационные методы эффективны при картографировании почв и ландшафтов (Серапинас Б. Б., Прохорова Е. А., 2018), оценке качества фунтовых вод и изменений климата и др. Системные географические произведения и ГИС имеют различную тематику, пространственный охват и назначение. Общая структура ГИС, отдельных блоков и слоев информации во многом повторяет структуру получаемых картографических произведений.

Основные принципы геоэкологического картографирования территории региона представлены в статье Заиканова В.Г., Минаковой Т. Б. и Булдакова Е. В. (Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., 2006). В данном опыте итогом работ является полноценный комплект карт. На основе геоинформационных программных пакетов осуществляется геоэкологическое картографирование, которое в дальнейшем используется при оценке состояния геосистем и региональном планировании природопользования.

Тикунов В.С., Ротанова И.Н., Ефремов Г.А. и др. в своей работе (Тикунов В.С, 2016) освещают вопросы создания международного Атласа Большого Алтая. В статье рассматриваются новые подходы в атласном геоинформационном картографировании. Атлас планируется как интегрированная веб-ГИС (ГИС-портал), состоящая из локальных атласов.

Комплексные географические исследования подразумевают всестороннее изучение генезиса, современного состояния и тенденций развития геосистем. Географическое моделирование неотрывно от методов районирования, структурного анализа и т.д. Географическая интерполяция и экстраполяция позволяют продолжать выявленные закономерности в будущее время, на неизвестную территорию или на неизученный объект (Алаев Э.Б., 1983). Для решения подобных задач использую самые разные методы геоинформационного картографирования.

В статье «Геоинформационное картографирование динамики урбогенеза» (Зимовец П.А., 2016) представлены результаты оценки динамики площади жилой и промышленной застройки в городе Волжском. Последовательное составление «карт различий» для серии пар снимков 1950-1980-х гг., 1980-1990-х гг. и 1990-2000-х гг. позволило получить количественные характеристики тренда роста застройки в г. Волжском. Полученная цифровая карта пространственной динамики городской территории позволила установить основные тенденции в развитии процессов урбогенеза.

Геоинформационное картографирование развивается и в направлении оперативного картографирования. В практических ситуациях оперативное изготовление карт становится важным условием выполнения задачи. Такие оперативные картографические работы предназначены для решения широкого спектра проблем. Прежде всего, для предупреждения о неблагоприятных или опасных процессах, слежения за их развитием, составления прогнозов, а также выбора вариантов контроля (Берлянт А.М., 2002).

Оперативность изготовления карт, технические возможности ГИС необходимость визуализации результатов мониторинга динамики процессов или явлений стали важными факторами развития методов геоинформационного картографирования окружающей среды. Лурье И.К. приводит 2 эффективных метода отображения динамики геосистем: анимационное картографирование и виртуальные изображения (Лурье И.К., 2008). Важным остается направление моделирования процессов, эффективность которого очень высока, и связана, в первую очередь, необходимостью создания банков данных.

ГИС-технологии являются средством развития просвещения. В.Г. Капустин в своей статье (Капустин В.Г., 2009) рассматривает важность ГИС для географического образования, которое определяется функциональными возможностями. Геоинформационное картографирование позволяет упрощать процесс проведения картометрических операций, а также обеспечить визуализацию любых данных. Автор подчеркивает высокий образовательный потенциал ГИС-технологий.

Бешенцев А.Н. в статье представляет результаты исследования территориальных социально-экономических систем. Автор описывает методику мониторинга территориальных социально-экономических систем и происходящих в них процессов на базе геоинформационной технологии, а также разрабатывает систему территориально-административных уровней для геоинформационного мониторинга и картографирования социально-

экономических процессов исследуемой территории. По итогу составлена серия инвентаризационных и аналитических карт динамики социально-экономических процессов. Выполнен краткий анализ демографической ситуации (Бешенцев А.Н., 2019).

Оценка миграционной ситуации и процессов проводила Юнусова А.Б. Автор считает, что оценка не будет неполной без актуальной информации и визуального представления данных. Исследование миграций предполагает использование ГИС в качестве инструмента оценки на основе картографирования пространственных и статистических данных, создания визуальных представлений об основных тенденциях миграций, пространственного анализа баз данных. При этом пространственные данные могут быть многомерными, отражая миграционные процессы в динамике. ГИС как инструмент предусматривает операции ввода, экспорта, импорта, обмена, предобработки, обработки, анализа, вывода, визуализации и т.п., включаемых в состав функциональных возможностей ГИС (Юнусова А.Б., 2016).

Геоинформационное картографирование аккумулирует достижения дистанционного зондирования, космического картографирования, картографического метода исследования и математико-картографического моделирования. В своем развитии геоинформационное картографирование использует опыт комплексных географических исследований и системного тематического картографирования. Благодаря этому в конце XX в. геоинформационное картографирование стало одним из магистральных направлений развития картографической науки и производства.

## **1.2. Применение ArcGIS в современной картографии**

Современная тенденция геоинформационного картографирования проявляется в использовании ГИС-пакетов, а также распространенных графических пакетов программ, что снимает необходимость создания

специализированных систем ГК. Чаще это понятие применяют, когда стоит задача создания компьютерной карты в традиционном виде и наличие устройств вывода такой.

Геоинформационные системы с развитием интернет-технологий приобретают большое значение, как для личного пользования, так и для предприятий большого масштаба. При этом ГИС сейчас обеспечиваются современными программными средствами. ГИС системы обладают рядом преимуществ: большой аналитический ресурс, множество инструментов для обработки и использования данных, значительная экономия временных, денежных затрат, изучение геопространственных сведений и многое другое (<https://www.zwsoft.ru/stati/>).

В настоящее время существуют сотни отечественных и зарубежных разработок программных средств, которые отвечают большей части этих критериев. Большая часть программного обеспечения не является одной из подсистем в чистом виде. Сегодня имеется огромное количество программных продуктов, которые доступны на любой аппаратной платформе. Эти продукты, в основном, можно разделить на два "лагеря": высококачественные профессиональные ГИС (high-end) и пакеты настольного картографирования некоторыми функциями ГИС.

Первые отличает большая мощность, полный функциональный набор инструментов. Они обеспечивают все функции, какие требуются для большинства приложений. Вторые составляют основную массу разработок на рынке ГИС программ в последние несколько лет. Это так называемые пакеты настольного картографирования ГИС, которые имеют не так много функций и изначально разрабатывались для простого анализа и вывода карт и графиков (<https://studopedia.su/>).

Одной из полнофункциональных ГИС-систем, имеющих совершенные средства для создания карт, является ARCGIS компании ESRI. Это программное обеспечение для построения ГИС любого уровня, позволяет использовать географическую информацию для проведения

анализа, лучшего понимания данных и принятия более информированных решений.

ArcGIS представляет собой полную систему, которая позволяет собирать, организовывать, управлять, анализировать, обмениваться и распределять географическую информацию. Платформа позволяет публиковать географическую информацию для доступа и использования любыми пользователями. ArcGIS это также и инфраструктура для создания карт и географической информации, доступной между сообществами пользователей, а также в сети Интернет для широкого доступа.

Семейство продуктов ArcGIS подразделяется на настольные и серверные. Основные продукты настольной линейки – ArcView, ArcEditor, ArcInfo, где каждый последующий включает функциональные возможности предыдущего. Основной серверный продукт – ArcGIS for Server, предназначен для многопользовательских геоинформационных проектов с централизованным хранилищем и неограниченным числом рабочих мест, публикации интерактивных карт в Интернете.

ArcGIS применяют в большом диапазоне приложений, включая планирование, анализ, управление имуществом, ознакомление с операциями, работа на площадке. Семейство продуктов ArcGIS используют для решения различных задач, управления данными, принятия лучших решения и планирования, моделирования и управления изменениями и многое другое (<https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/>).

## **Глава 2. Картографирование демографических процессов**

### **2.1. Демографические процессы и методы их исследования**

Важнейшую роль в развитии общества играют демографические процессы. Это связано не только с тем, что необходимым условием существования и развития общества является процесс воспроизводства людей, но и с тем, что многие социальные и политические процессы определяются изменениями в составе населения, т. е. демографическими процессами.

В узком смысле, демография – это статистика населения, изучающая состав, структуру населения (по полу, возрасту, занятиям и т. п.) и его движение, определяемое рожденьями, смертями и перемещениями (миграцией). В широком смысле, демография – это система наук о населении, изучающих помимо статистики теорию народонаселения (общие закономерности развития населения) и демографическую политику.

Демографические процессы – это процессы изменения численности, состава и структуры населения, изменения его территориального распределения. Основными факторами, определяющими численную и возрастную структуру населения в современном мире, являются рождаемость, смертность и миграция.

Демографические процессы приводят к:

- приросту населения за счет изменения одного или нескольких показателей – рост рождаемости, низкая смертность и иммиграции;
- убыли населения, определяется снижением рождаемости, ростом смертности, эмиграцией.

Классификация демографических процессов представлена на рисунке 1.



Рис.1. Классификация демографических процессов

Вопросы, связанные с населением, всегда интересовали людей. На эти и многие другие вопросы демографического развития населения Земли даются ответы в учебнике «География населения с основами демографии» (Анохин А.А., 2015). В нем в доступной форме изложены основные понятия и термины географии населения, охватывающие всю совокупность демографических процессов, рассмотрены источники сведений о населении, история демографических исследований в России и в мире.

В учебнике (Борисов В.А., 2018) Борисова В. А. широко представлены данные социолого-демографических исследований, переписей населения, статистической отчетности, результаты прогнозов. В пособии представлена подробная статистическая информация по современным тенденциям воспроизводства населения – фактически это справочное издание, позволяющее найти необходимые цифры по брачности, разводимости, рождаемости, смертности и другим демографическим процессам.

В учебном пособии (Бутов В.И., 2016), подготовленном профессором В. И. Бутовым, рассматриваются наиболее актуальные демографические процессы, происходящие в зарубежном мире и России. Автор представил комплексное исследование, в котором дан ряд важных законодательных документов и статистических таблиц, относящихся к проблемам народонаселения.

Федоров Г. М. в своей статье (Федоров Г.М., 2014) рассматривает возникновение, развитие и современное состояние исследований геодемографической обстановки в СССР и РФ. Автор отмечает недостаточную изученность проблемы и неполное использование возможностей геодемографических исследований в регулировании регионального развития.

Основная цель работы показать важность геодемографической составляющей комплексных исследований региона для нужд регионального стратегического планирования и программирования, особенности геодемографической типологии субъектов РФ. В процессе исследования на основе кластерного подхода выделены типы регионов РФ по особенностям естественного и миграционного движения населения; оценены взаимные корреляционные связи демографических, экономико-, социально-, расселенческо-демографических и др. показателей и перечислены принципиальные возможности регулирования геодемографической обстановки в зависимости от типологических особенностей регионов (Федоров Г. М., 2014).

В пособии Верещагиной А. В. (Верещагина А. В., 2018) представлены ключевые проблемы демографической науки и формирование представления о том, что представляет демографическое изучение общества. В пособии освещены следующие темы: демография в системе научного знания, история демографии, демографические процессы, миграционные процессы в современной России, демографическая политика и ее особенности в России.

Многое в биологии можно понять с точки зрения демографии. Это демографические процессы рождения и смерти, которые определяют темпы роста населения и темпы изменения частот генов. Однако анализ демографических процессов у свободноживущих организмов далеко не прост.

Монография «Modeling Demographic Processes in Marked Populations» представляет собой моментальный снимок развивающейся области. Всего в нем одиннадцать разделов, охватывающих важнейшие биологические и статистические рубежи, новые разработки программного обеспечения. Монография охватывает новейшие подходы к моделированию динамики популяции, также в ней рассматриваются вопросы оценки численности и перемещения (David L. Thomson, 2009).

Международные справочники по народонаселению предлагают актуальные научные обзоры и источники информации по основным предметным областям и вопросам демографии и народонаселения. Например, в книге «International Handbook on Gender and Demographic Processes» исследуются темы, представляющие жизненно важный интерес. Это старение населения, смертность, демография сельских районов, бедность, семейная демография, и т.д. (Jan Brunson, 2018).

Christine Leuenberger и Izhak Schnell в своей работе (Christine Leuenberger, 2020) прослеживают, как географические науки переплелись с политикой, территориальными претензиями и государственным строительством в Израиле/Палестине. В частности, основное внимание уделяется истории географических наук до и после создания государства Израиль, а также тому, как геодезия, картографирование и обозначение новой территории стали важной частью его создания.

В монографии приводится яркий пример того, как карты служили для пробуждения чувства национальной идентичности, облегчили государству способность управлять и помогли очертить территорию. Помимо геополитических функций карт для построения национального государства, они также стали оружием в войнах карт.

## **2.2. Картографирование демографических процессов**

### **2.2.1. История картографирования демографических процессов**

Социально-экономическое картографирование базируется на исследованиях взаимоотношения человека и его среды обитания. Карты населения – обязательный атрибут вводного раздела любого тематического атласа. Картографирование различных характеристик населения рекомендуется составлять при комплексном картографировании регионов.

Все аспекты изучения населения отображаются на картах. Тематика очень разнообразна: расселение, структура и динамика, миграции и др. В тематическом аспекте классифицируются карты в пять групп: карты размещения населения и расселения; карты демографических характеристик населения; карты социально-экономических характеристик; этнографические карты и карты экологических характеристик населения.

Основные направления картографического изучения населения сложились в середине XIX–начале 50-х гг. XX в. С тех пор картографирование населения прошло путь от построения первых математически обоснованных таблиц смертности-дожития (Л. Эйлер) до формирования основных принципов создания демографических карт.

Среди карт размещения населения и расселения самыми известными к началу XX в. были «Дазиметрическая карта Европейской России» Семенова-Тян-Шанского В.П. (1923-1927 г.) масштаба 1:420 000, которая показала характеристику населения способом ареалов (рис.2). Исторически термин связан лишь с одной из своих методических разновидностей.

Стоит упомянуть и «Обзорную карту плотности населения СССР» Каменецкого В.А. (1929 г.) масштаба 1:10 000 000, составленная по материалам переписи 1926 г (рис.3). Способ картограммы на данной карте – основной способ изображения для плотности сельского населения; шкала при этом используется переломная. «Карта населения СССР» В. П. Коровицына (1963 г.) масштаба 1:4 000 000 отражает плотность сельского населения, которая рассчитана на единицу площади (на км<sup>2</sup>). Также на карте даны контуры ареалов плотности сельского населения.

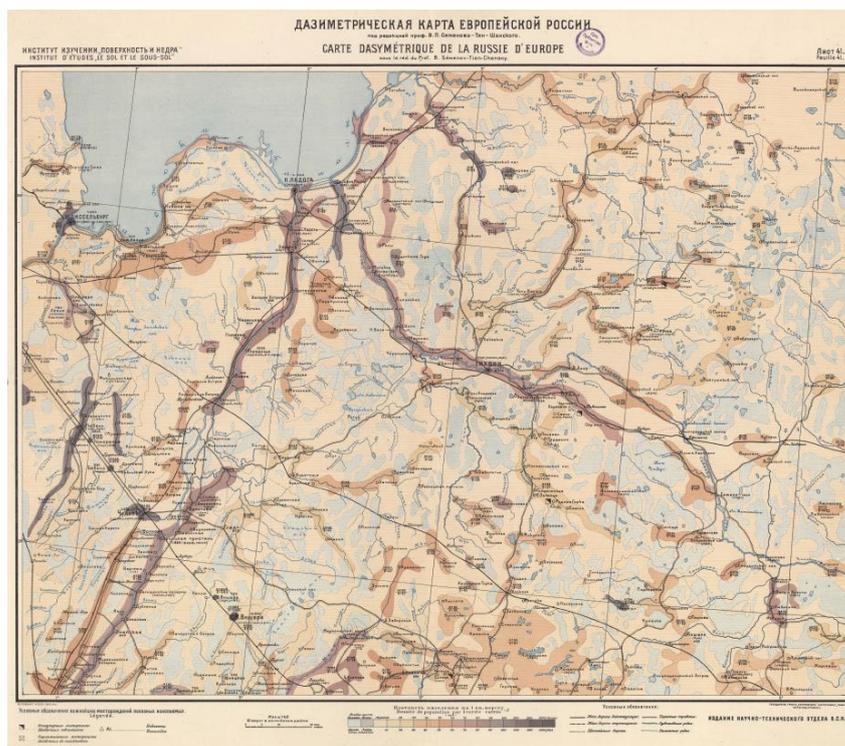


Рис.2. Дазиметрическая карта Европейской России (<https://rusneb.ru/>)

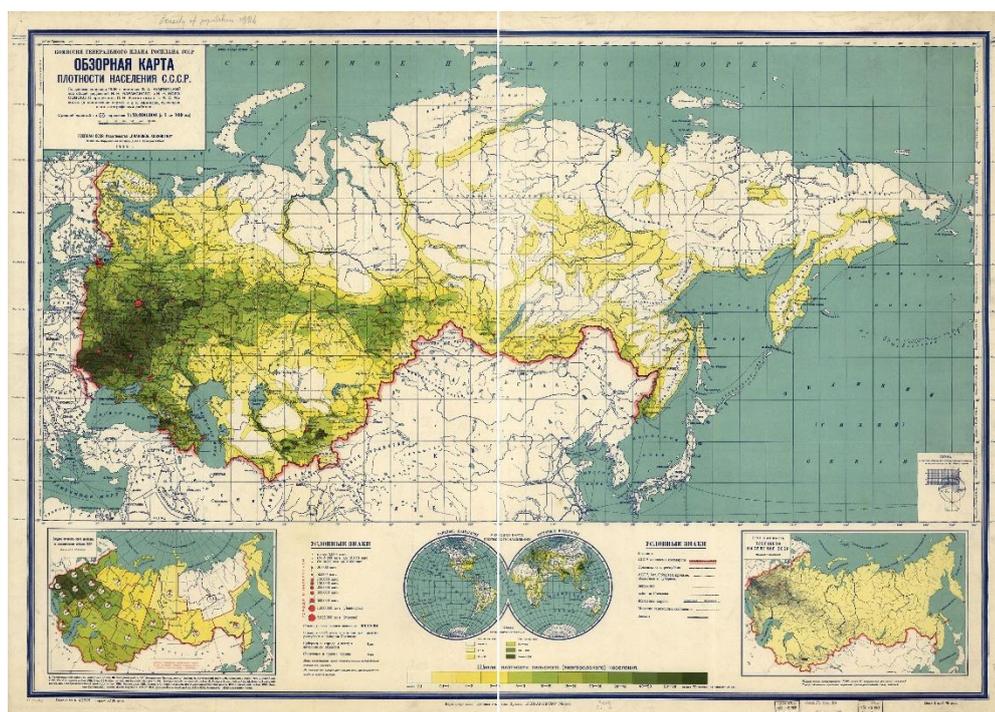


Рис.3. Обзорная карта плотности населения СССР  
 (<http://mapinmap.ru/archives/8688>)

Базовым произведений в картографировании населения можно назвать «Карту населения СССР» (1977 г.) в масштабе 1:2 500 000. Карта составлена по материалам переписи 1970 г. Она отражает размещение

населения не только по методу людности поселений, но и по плотности сельского населения. Деление производится по административным районам. Людность постоянных поселений дана в шкале, близкой к абсолютной.

На географическом факультете МГУ составлена «Карта населения СССР» в масштабе 1:4 000 000 для высшей школы. Составители карты Евтеев О. А., Ковалев С. А., Котлова З. Ф.; опубликована в 1986 г. Карта дает достаточно современное представление о географии населения: она показывает людность городских поселений. Помимо этого, показана плотность сельского населения, рассчитанная на 1 км<sup>2</sup>. Ареалы расселения выделены обводкой постоянных поселений с учетом географической ситуации: рельефа, гидрографии, путей сообщения (<https://bookonlime.ru/lecture/>).

### **2.2.2. Современное картографирование демографических процессов**

Одним из важнейших объектов социально-экономического картографирования является население. На картах оно рассматривается как основной компонент и преобразующая сила географической оболочки, производитель, а также главный потребитель разнообразной материальной и духовной продукции.

Население, как самостоятельный объект картографирования, представляет собой данные о совокупности людей, которые проживают в определенное время на определенной территории. Поэтому, составление карт населения или карт демографических процессов имеет ряд индивидуальных особенностей. Одной из таких особенностей является географическая дискретность, то есть приуроченность размещения населения к сети населенных пунктов. Следующая особенность – это отсутствие явной выраженности явления при картографировании, а также его характеристик на местности. И третья, не менее важная особенность,

заключается в создании карт населения преимущественно по статистическим данным.

ГИС-технология обеспечивает решение важнейшей задачи социально-демографического мониторинга – отслеживание пространственных закономерностей поведения населения, знание которых позволяет разрабатывать и реализовывать на практике адекватную региональную социально-экономическую политику.

В качестве примера можно привести социально-демографическую ГИС Германии, в которой Мониторинговые задачи решаются на базе автоматизации сбора, обработки и картографирования обширной социально-экономической и демографической информации в разрезе всех административно-территориальных единиц страны. В Великобритании создана и функционирует национальная ГИС, предназначенная для мониторинга размещения трудовых ресурсов, изучения миграции населения и анализа рынка рабочей силы.

Самым важным этапом картографирования демографических показателей является выбор способа картографического изображения и определение картографической классификации объектов. Отличительной чертой геоинформационного картографирования населения в разрезе административно-территориальных единиц является визуализация атрибутивной информации в связи с тем, что картографируются не сами объекты, а их свойства.

Большой интерес с точки зрения картографической визуализации данных представляет «Атлас населения Словакии» (Зозуля П. В, 2016). В нем помимо традиционных способов изображения, используется множество способов, несвойственных для отображения социально-экономических показателей. Данное картографическое произведение является одним из ярких примеров систематизации результатов демографического картографирования.

Традиционные и современные методы картографирования социальных и демографических процессов представлены в статье «Картографирование демографических процессов: традиции и современность» Бажукова Н.В., 2020). Авторы раскрывают методику многофакторного анализа геодемографической ситуации, выявляют территориальные особенности, на основе которых проводится типология субъектов Российской Федерации.

В статье подчеркнута необходимость использования разнообразных методов картографирования и моделирования, а также перехода от нанесения на карту единичных количественных демографических показателей к отображению системы качественных характеристик и индикаторов формирования геодемографической ситуации.

Карты могут быть использованы для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов в России. Об этом пишет в своей работе Тимонин С.А., который рассматривает вопросы, связанные с возможностью применения картографического метода для изучения демографических процессов в России. В статье также сформулировано определение карт демографических характеристик населения, описаны используемые методики создания комплексных и синтетических карт путем построения легенд табличного типа, разработки интегральных индексов и оценочных классификаций (Тимонин С.А., 2010).

### **2.2.3. Методы картографирования демографических процессов**

Демографические особенности населения образует целая группа показателей: пол и возраст, семейное состояние, естественная динамика населения (рождаемость и смертность), механическое движение (миграции). Для каждого показателя на картах используются различные методы картографирования.

Так, на картах структуры населения по полу и возрасту чаще всего используются половозрастные пирамиды. Они строятся в абсолютном исчислении населения по процентному соотношению возрастных групп. Пирамида, используемая как значковый способ, может показать индивидуальную характеристику городских и сельских поселений. А способом картодиаграмм – обобщенную территориальную характеристику, при условии того, что пирамида относится ко всему району.

Значковым способом по населенным пунктам отображаются абсолютные или относительные показатели. Например, состав населения по семейному состоянию и размеру сетей. Эти характеристики также могут отражаться картограммами и картодиаграммами, если показатели представлены по территориальным единицам. В зарубежных картах и атласах довольно часто способом картограмм показывается число лиц, состоящих в браке, разведённых или вдовых.

Естественный прирост населения картографируется, как правило, в свободной форме. Он представляет собой разность рождаемости и смертности, которая измеряется в абсолютных и относительных показателях. Картографирование может строиться по территориальным единицам или по населенным пунктам. Общая картина естественного движения создается значками, ареалами, качественным фоном.

Одно из центральных мест в картографировании демографических процессов занимает перемещение людей (миграции). На картах миграционные потоки показываются за разные промежутки времени: в течении лет, сезонов, суток. Картографирование может быть по числу прибывших и выбывших, в рамках исследуемой территории и за ее пределами. Для характеристики миграции используются и сложные показатели, например, коэффициент миграционного прироста или сальдо миграции.

Если в миграционном процессе принимает участие небольшое количество людей, то используется другой показатель – нетто-миграция. На

картах он обычно показывается способом картодиаграмм или способом значков. Довольно часто в атласах встречается картографирование естественного и механического движения населения. Способом картограмм может быть показано отношение естественного прироста к миграционному. Иногда показателем может быть соотношение, например, во сколько раз изменилось численность населения за некоторый промежуток времени.

Наибольший интерес представляют карты, в которых используются знаки движения для миграционных потоков. Он обычно применяется в школьных атласах. Стрелки постоянной толщины показывают начальный и конечный пункты перемещения населения. Масштабные стрелки на картах и картосхемах часто представлены в сети Интернет. Они имеют достаточно простое содержание и характеризуют перемещение населения в историческом аспекте.

Оценка демографической ситуации невозможна без анализа и отражения ее в динамике. С помощью картограмм можно показать типы регионов по значимости процессов движения численности населения (Прохорова Е.А., 2010).

### **Глава 3. Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области**

#### **3.1. Сбор и обработка исходных материалов**

##### **3.1.1. Статистические данные**

Демографическая характеристика является одной из основных характеристик населения. Для оценки и прогноза демографических процессов необходимо иметь корректные исходные данные. В демографии такими являются данные статистики, которые представляют собой значения по основным демографическим показателям. Демографические показатели же в свою очередь представляют собой систему статистических данных.

Для работы было необходимо выбрать статистические данные, которые отвечали бы исходным запросам исследования: достоверность источника, корректность информации, определенные демографические показатели, доступность получаемых данных и некоторые другие. Стоит отметить, что в ходе работы количество данных сократилось, поскольку не все они отвечали необходимым запросам. Поэтому, были отобраны основные абсолютные демографические показатели: общая численность населения, механический прирост населения, миграционное сальдо, половой состав.

Отбор информации начался с определения источников. Наиболее достоверным каналом получения информации о демографических процессах Ленинградской области стало Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области «Петростат». «Петростат» является территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Он осуществляет государственный статистический учёт на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

«Петростат» как государственный орган представляет собой организованное предприятие, включающее ряд отделов государственной статистики 8 административных районов. Согласно электронному ресурсу, в настоящее время «Петростат» объединяет в себе 22 отдела центрального аппарата, а также 3 отдела государственной статистики (включая представителей отделов в районах) Санкт-Петербурга и 13 отделов государственной статистики (включая представителей отделов в районах) Ленинградской области.

Отдельно стоит отметить «коллекцию» данных, представленных в управлении. Всего, в каталоге официальных статистических изданий Петростата представлено 133 наименования, в число которых включено 23 сборника, 4 буклета, 5 докладов, 24 бюллетени, 104 экспресс-информации. По данным на 1 января 2016 в статистическом регистре было учтено 375,0 тыс. единиц субъектов экономики по Санкт-Петербургу, из которых 38,3 тысячи – по Ленинградской области. Большую часть изданий доступна на сайте бесплатно, однако часть экономико-статистической информации «Петростат» предоставляет за деньги (<https://petrostat.gks.ru/>).

Статистику по демографическим показателям можно получить на электронном ресурсе Петростата в разделе «Население». На сегодняшний день в электронном формате лишь небольшая часть информации. Во-первых, это методологические пояснения, касательно понятий, входящих в состав демографических показателей. Во-вторых, это сама статистическая оперативная информация, представленная следующим документом «Численность постоянного населения в разрезе муниципальных образований Ленинградской области по состоянию...» за разные периоды времени: с 2018 года по 2021 год.

Данные представляют собой выдержки из «Письма Петростата о согласовании бланков служебных документов». Это небольшой документ с основной информацией о численности населения в разрезе муниципальных образований. Вся численность разбита на 3 графы: все население, городское

и сельское. Численность также поделена по районам, городам, городским поселениям (в т.ч. поселки городского типа) и сельским поселениям.

В таблице 1 представлен фрагмент таблицы «Численность постоянного населения Ленинградской области в разрезе муниципальных образований по состоянию на 1 января 2020 года».

Таблица 1

Фрагмент таблицы

Численность постоянного населения Ленинградской области в разрезе муниципальных образований по состоянию на 1 января 2020 года (<https://petrostat.gks.ru/>)

Территория	Все население	в том числе:	
		городское	сельское
Ленинградская область	1875872	1260249	615623
Бокситогорский муниципальный район	48625	38028	10597
г. Бокситогорск	15091	15091	--
Волосовский муниципальный район	51778	11828	39950
г. Волосово	11828	11828	--
Волховский муниципальный район	88198	64617	23581
г. Волхов	44256	44256	--

В разделе «Публикации» представлены электронные формы публикации. Так, на сайте «Петростат» представлен статистический бюллетень «Численность и миграция населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2018 году», в котором содержится информации о численности и миграции населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Согласно методологическому пояснению, данные о миграции были получены в результате разработки документов статистического учета прибытий и выбытий, которые поступали от Управления по вопросам миграции ГУ МВД России по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. При регистрации и снятии с регистрационного учета населения

составляются листки статистического учета мигрантов, как по месту жительства, так и при регистрации по месту пребывания.

Наиболее интересным разделом для исследования является «Ленинградская область» и подразделы о численности населения и миграционном приросте. Так, таблица «Итоги миграции населения по муниципальным районам» (таблица 2) содержит информацию о количестве выбывших и прибывших человек, а также миграционном приросте за 2018 и 2019 года. Данные разделены по муниципальным районам Ленинградской области.

Таблица 2

Фрагмент таблицы

Итоги миграции населения по муниципальным районам (<https://petrostat.gks.ru/>)

	2018			2019		
	число прибывших, чел	число выбывших, чел	миграционный прирост, снижение (-), чел	число прибывших, чел	число выбывших, чел	миграционный прирост, снижение (-), чел
Ленинградская область	124177	80436	80436	114462	76581	37881
в том числе: муниципальные районы						
Бокситогорский	2380	2566	-186	2303	2402	-99
Волосовский	2659	2361	298	2695	2298	397
Волховский	2481	2881	-400	2414	2587	-173
Всеволожский	64301	20117	44184	63356	23637	39719

По данным было произведено построение диаграммы (рис.4) для наглядности представления информации.

Для исследования большое значение имеет статистическая информация о площадях сельскохозяйственных угодий. Так, одной из задач, решаемых в ходе исследования, является выявление взаимосвязи между изменением численности сельского населения и площадей сельскохозяйственных угодий. Корреляция позволит проследить наличие или отсутствие отношений между данными.

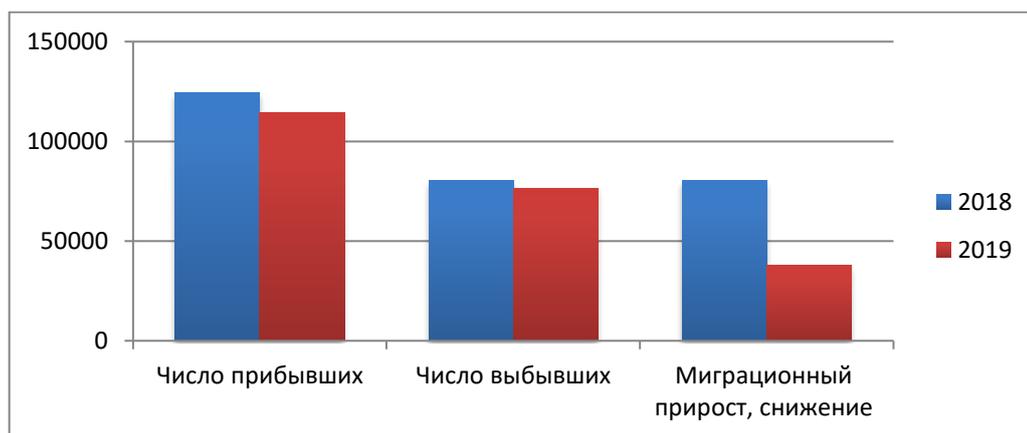


Рис.4. Итоги миграции населения в Ленинградской области с 2018 года по 2019 год

Поскольку определение площадей сельскохозяйственных угодий производилось автоматизированным способом при дешифрировании данных дистанционного зондирования Земли, то необходимо было проверить полученные данные. Поэтому, дальнейшее использование данных заключалось в сравнении статистической информации из органа государственной статистики и информации, получаемой при исследовании территории Ленинградской области по аэрокосмическим снимкам. Проведение такого рода сравнения важно для определения корректности автоматически получаемой информации с помощью компьютерных технологий, в частности геоинформационных систем.

На сайте Управления Федеральной службы государственной статистики «Петростат» также были получены «Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года» (Том 3. Земельные ресурсы и их использование). В томе представлены итоги о наличии и использовании земельных ресурсов в разрезе муниципальных районов и городских округов Ленинградской области. В сборнике содержатся данные об общей земельной площади, размере сельскохозяйственных угодий в сельскохозяйственных организациях, крестьянских хозяйствах и другие данные. В отдельном разделе размещены таблицы по структуре

сельскохозяйственных угодий в разрезе категорий хозяйств, земельной площади по видам использования в личных подсобных и других индивидуальных хозяйствах граждан и некоммерческих объединениях.

Наиболее важным для исследования являлся раздел «Наличие и использование земельных ресурсов», таблица «Площадь земель в хозяйствах всех категорий» (рис.5). Данные представлены не только в разрезе муниципальных образований, но также и по типу сельскохозяйственных угодий: пашни, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, залежи.

Для исследования были также необходимы статистические данные более старого периода времени, которые не представлены на сайте Петростата. Поэтому, произведен дополнительный поиск информации. Необходимые данные были получены с ресурса «Демоскоп Weekly».

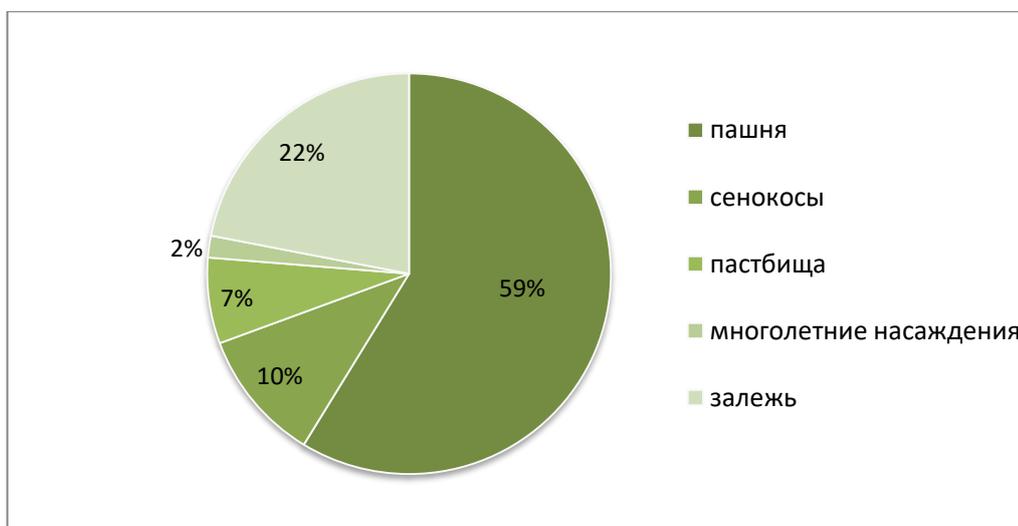


Рис.5. Площадь земель в хозяйствах всех категорий  
(на 1 июля 2016 года)

Ресурс «Демоскоп Weekly» представляет собой демографический электронный журнал, который публикуется два раза в месяц на русском языке в России, странах СНГ и Балтии. Журнал публикует информационные аналитические материалы по демографической ситуации, смертности,

рождаемости, миграции, здоровью, семье, занятости, уровню и образу жизни населения России и во всём мире.

Электронные выпуски журнала впервые появились 1 января 2001 года на базе журнала «Население и общество», издававшегося с октября 1994 года. С тех пор бюллетень издается при поддержке французского Национального института демографических исследований (ИНЕД). В работе над журналом принимают непосредственное участие сотрудники нескольких НИИ России и стран СНГ. В настоящее время основное участие в выпуске журнала принимает коллектив Института демографии НИУ «Высшая школа экономики» (<http://www.demoscope.ru/>).

В исследование демографических процессов включались данные всесоюзной переписи населения, как наиболее достоверные. Первая Всесоюзная перепись населения была проведёна по состоянию в декабре 1926 года. В ходе переписи учитывалось наличное население (по личным листкам), а в городах семейная карта давала возможность получить сведения и по постоянному населению.

Программа переписи включала 14 признаков: пол; возраст; народность; родной язык; место рождения; продолжительность проживания в месте переписи; брачное состояние; грамотность; физические недостатки; психическое здоровье; занятие (с выделением главного и побочного); положение в занятии и отрасль труда; для безработных — продолжительность безработицы и прежнее занятие; источник средств существования (для не имеющих занятия). В семейной карте учитывался состав семьи с выделением супружеских пар и их детей, продолжительность брака и жилищные условия.

В ходе исследования нами были определены временные промежутки, необходимые для работы. Так, в первую очередь были получены данные переписи населения 1989 года «Численность населения СССР, РСФСР и ее территориальных единиц по полу» (таблица 3). По данным было

произведено построение диаграммы (рис.6) В дальнейшем, были также добавлены данные за 2002 и 2010 года.

Таблица 3

Фрагмент таблицы

Всесоюзная перепись населения 1989 г.

Численность населения СССР, РСФСР и ее территориальных единиц по полу»

(<http://www.demoscope.ru/>)

Территория	Городское и сельское население			Городское население			Сельское население		
	оба пола	мужчины	женщины	оба пола	мужчины	женщины	оба пола	мужчины	женщины
Ленинградская область	1661173	767288	893885	1095181	503659	591522	565992	263629	302363
г. Бокситогорск	21839	10109	11730	21839	10109	11730	--	--	--
г. Волхов	50325	23064	27261	50325	23064	27261	--	--	--
Всеволожский горсовет	32230	13912	18318	31946	13796	18150	284	116	168
Гатчинский горсовет	80375	36077	44298	79714	35801	43913	661	276	385
г. Кингисепп	49954	23138	26816	49954	23138	26816	--	--	--
г. Кириши	53014	24027	28987	53014	24027	28987	--	--	--
г. Кировск	23655	10624	13031	23655	10624	13031	--	--	--
г. Лодейное Поле	26718	12635	14083	26718	12635	14083	--	--	--

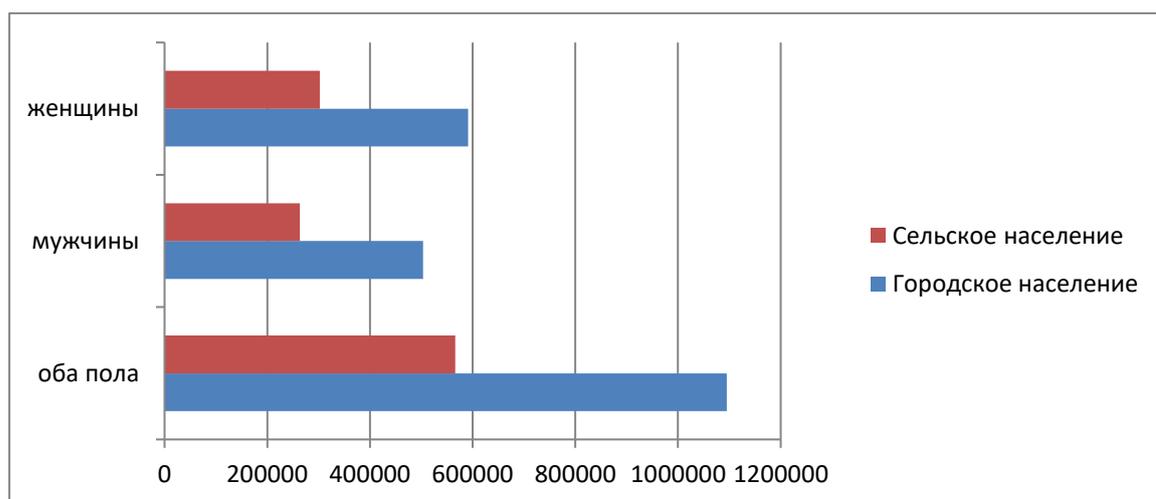


Рис.6. Численность населения в Ленинградской области по полу в 1989 году

Обуславливается выбор таких временных промежутков рядом причин. Во-первых, необходимы были данные периода 90х годов XX века. Первостепенной задачей стояло изучение демографических изменений с момента распада советского союза (как наиболее яркого события в истории России) и в настоящее время. Современные данные были получены ранее с сайта «Петростат».

Дальнейшая работа заключалась в формировании базы данных. На первом этапе все данные были подготовлены в виде таблиц Excel. Такое решение было обусловлено легкостью представления информации, удобством использования, хранения, а также дальнейшей конвертации. Так, на втором этапе таблицы были импортированы в базу геоданных ГИС (далее БД). В основу легла база геоданных, созданная в программном продукте ArcGIS. Его базовое приложение «ArcMap» версии 10.2. Платформа предназначена для работы с географической информацией, например, с анализом данных или их визуализацией.

В ArcGIS база геоданных – это набор географических наборов данных различных типов, хранящихся в общей папке файловой системы. База геоданных – это «родная» для ArcGIS структура данных; она является основным форматом данных, используемым для редактирования и управления данными

Для каждого типа данных создавался пространственный класс, содержащий информацию об отдельных пространственных объектах – районах Ленинградской области. Импортированные таблицы соединялись при помощи атрибутов с исходными слоями для дальнейшей работы (рис.7). Такой способ загрузки данных ускоряет процесс обработки информации и уменьшает вероятность появления ошибок.

	name	Прибывшие	Убывшие	Миграц прирост
	Бокситогорский район	2433	2279	-186
	Волосовский район	2632	2576	298
	Волховский район	2604	3052	-400
	Всеволожский район	44382	16460	44184
	Выборгский район	5224	5774	-440
	Гатчинский район	8924	8987	339
	Кингисеппский район	4333	3802	-2160
	Киришский район	1607	2456	1
	Кировский район	5138	3979	737
	Лодейнопольский район	969	1000	-155
	Ломоносовский район	5645	3201	2115

Рис.7. Фрагмент атрибутивной таблицы «Миграция»  
в программном обеспечении ArcMap

Проводя первоначальный анализ полученных данных, можно сделать вывод, что за последние 30 лет численность населения значительно выросла. Так, численность всего населения в Ленинградской области выросла на 13%. Большие изменения произошли в городской части, а вот количество сельского населения увеличилось незначительно (рис.8,9).

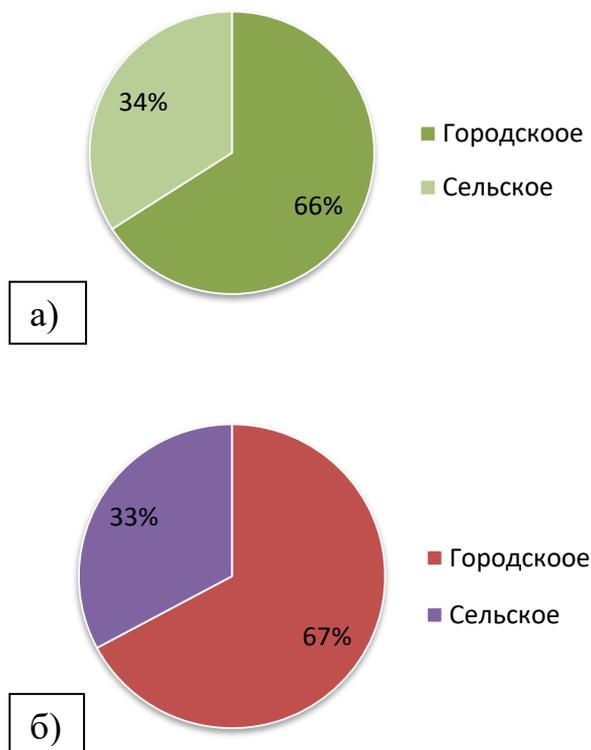


Рис.8. Численность населения по территориальным единицам:  
а) в 1989 году и б) в 2020 году

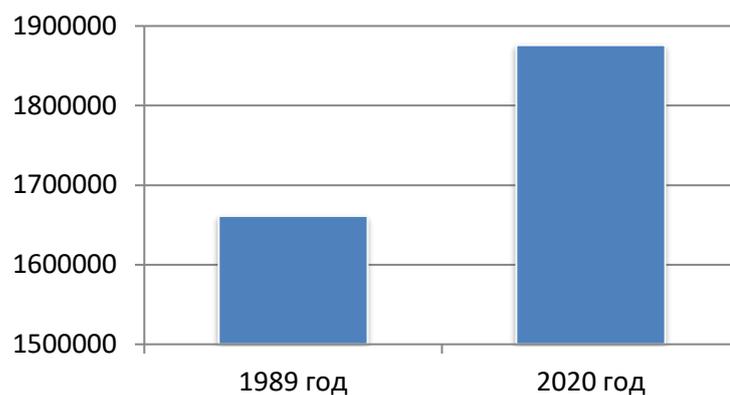


Рис.9. Численность населения в Ленинградской области

Подготовленная информация позволила дать первую оценку демографической ситуации в Ленинградской области в целом, и в отдельных районах в частности. Так, численность населения области выросла на 13% за последние 30 лет. Процентное соотношение сельского и городского населения практически не изменилось – 34% к 66% в 1989 году и 33% к 67% в 2020 году; городского населения значительно больше, чем сельского.

Использование дополнительных источников информации значительно повышает детальность изображения, а значит, и качество создаваемого картографического изображения. Поэтому, помимо статистических данных необходимо включать картографические данные, данные ДЗЗ и дорожной сети.

### 3.1.2. Картографические материалы

Любое исследование демографических процессов подразумевает использование картографического материала как источника информации. Это обуславливается удобством предоставления статистических данных. Несомненно, любое картографическое произведение должно быть не только понятным, но и корректным по своему содержанию, т.е. источники, которые легли в основу создания карты, должны быть достоверными.

В ходе исследования перед нами стал вопрос о необходимости изучения картографических материалов более раннего периода времени, чем предполагалось изначально. Такое решение было обусловлено тем, что для анализа демографических процессов в Ленинградской области стоит привлечь данные того периода, когда территория была образована. В случае с территорией исследования это период конца 1920 – начала 1930 годов, поскольку Ленинградская область как обособленный субъект была выделена в 1927. Данные того периода можно рассмотреть как отправную точку для исследования изменения демографических показателей во времени.

Подходящим картографическим материалом для исследования являлся Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года. Среди карт, представленных в атласе, наиболее интересны были карты населения, а также карт сельского хозяйства, антропогенной трансформации ландшафтов, дорожной сети.

Атлас Ленинградской области создан по инициативе Научно-исследовательского географо-экономического института (НИГЭИ) ЛГУ им. А. А. Жданова и Педагогического института имени А. И. Герцена, поддержанной Ленинградским обкомом КПСС, Облисполкомом, Географическим обществом Союза ССР и Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Основные работы по составлению Атласа выполнены НИГЭИ и фабрикой № 5.

Атлас является сводным картографическим трудом, в котором обобщен большой фактический материал по изучению природы, населения, хозяйства, культуры и истории области. Он содержит 125 многокрасочных карт и картограмм, сопровождаемых пояснительным текстом. Карты отображают успехи в развитии экономики и культуры Ленинградской области за 50 лет Советской власти. Значительное место в Атласе уделено истории Ленинграда и области, особенно революционному прошлому.

Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года дает полную характеристику природных условий и экономики области, имеющих в области сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов, состояние их использования к началу второй пятилетки и перспективы использования в ближайшем будущем. Экономические карты атласа составлены по отчетным данным на 1 января 1933 г., а естественно-исторические — по данным последних исследований. Каждая карта сопровождается дополнительными картограммами, картодиаграммами и пояснительным текстом.

В ходе подготовки картографических материалов производилось визуально-интерактивное дешифрирование подготовленных материалов. Для решения данной задачи был выбран программный продукт ArcGIS. Так, например, была проведена векторизация карты «Земельные угодия % под пашней» из Атласа Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года (рис.10).

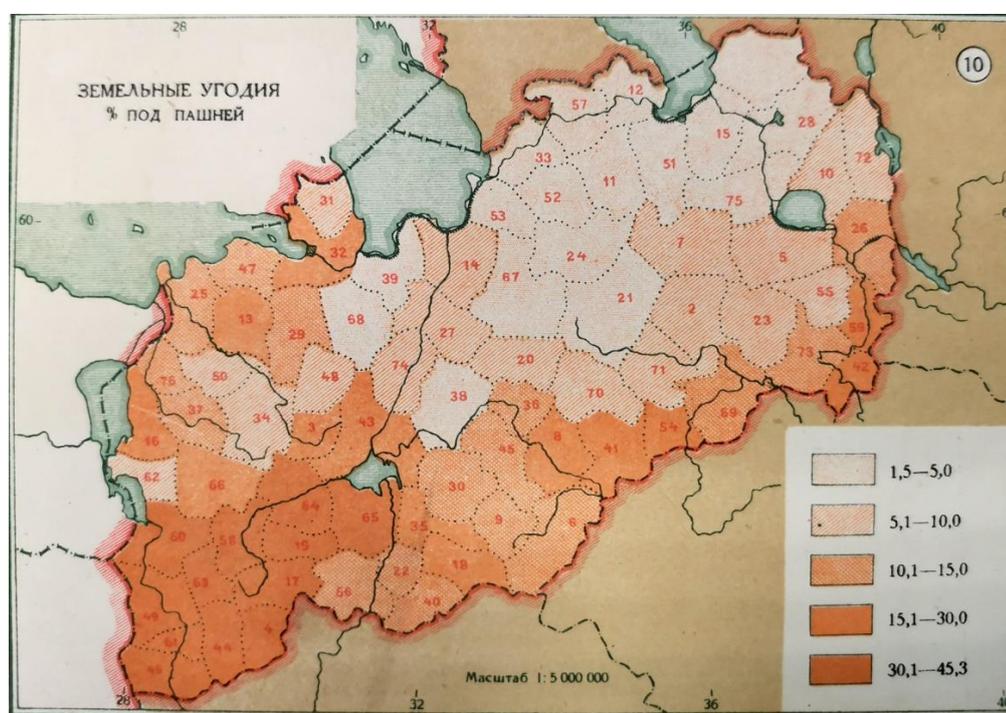


Рис.10. Земельные угодия % под пашней  
(Атлас Ленинградской области и Карельской АССР, 1934)

Привязка исходной карты осуществлялась с помощью инструмента «Пространственная привязка». Пространственная привязка растра довольно трудоемкий процесс, поскольку важно произвести корректное расположение карты в пространстве. При привязке карт 1934 года особое внимание уделялось границам Ленинградской области, т.к. во-первых, границы к настоящему моменту изменились, а во-вторых, размер картографического материала довольно мелкий, поэтому границы сильно генерализованны.

В последующем выполнялось дешифрирование всей карты (рис.11). В подготовленной базе данных создавался пространственный слой для каждого типа объектов и с помощью инструмента «редактирование» производилось векторизация.

Исходная таблица слоя дополнялась новыми столбцами, поэтому, помимо основных автоматически созданных («Fid», «Shape») добавился, например, столбец «Количество», для учета процента земельных угодий под пашней.

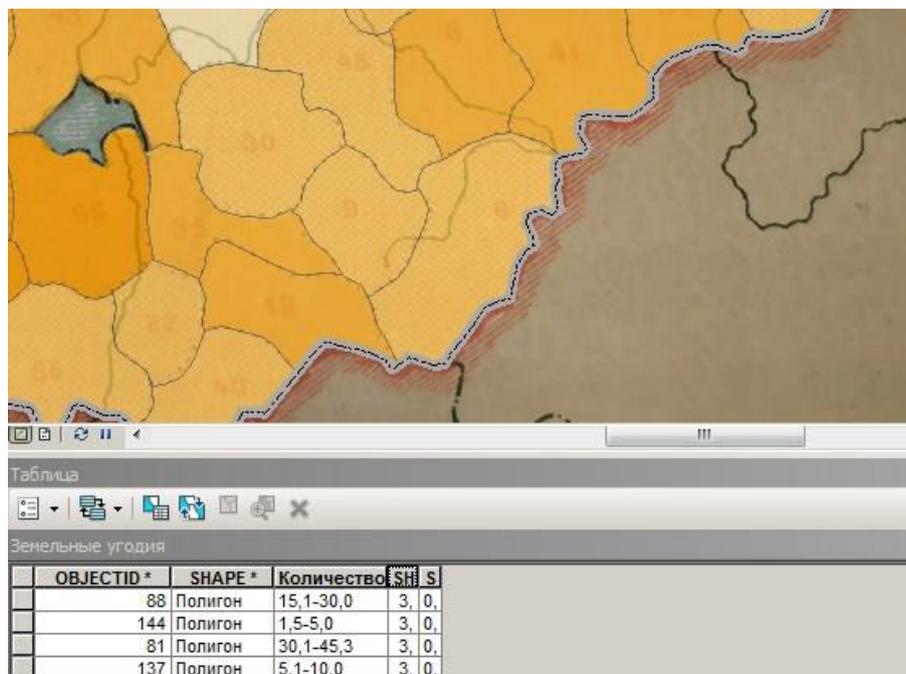


Рис.11. Фрагмент векторизованного изображения и атрибутивной таблицы

Помимо непосредственной векторизации картографических изображений для перевода в цифровой формат, проводился сбор статистических данных для дальнейшего анализа. Например, данные о численности населения из картографического материала были добавлены в ранее созданную таблицу базы геоданных со значениями, полученными из информационных бюллетеней Петростат. Подготовленные материалы стали основой для создания ряда картографических изображений в ходе исследовательской работы.

### **3.1.3. ДДЗ на территорию Ленинградской области**

В рамках диссертации рассматривалась задача о применении данных дистанционного зондирования Земли для изучения демографических процессов Ленинградской области. Обуславливается это тем, что по данным ДДЗ можно получить сведения о площадях объектов по средствам дешифрирования снимков. В ходе работы с помощью автоматического дешифрирования необходимо было провести изучение площадей сельскохозяйственных угодий.

Изучение изменения площадей сельскохозяйственных угодий необходимо для выявления взаимосвязей с изменением показателей численности сельского населения. Доступных исследований о связи изменения площадей сельскохозяйственных земель и демографических показателей нет. Однако, важно отметить, что изменения которые произошли после 90х годов привели к изменению демографических показателей по районам Ленинградской области. Например, распады колхозов являлись прямым фактором для переселения людей, что понесло за собой исчезновения целых поселений.

Поэтому, на отдельные районы Ленинградской области были выбраны данные дистанционного зондирования Земли. Это снимки Landsat весенне-летнего периода времени (с мая по сентябрь). Для исследования

был выбран 2020 год (рис.12). Космические снимки были получены с сайта Геологической службы США – U.S. Geological Survey.



Рис.12. Космический снимок Landsat 8

Геологическая служба США – это научно-исследовательская государственная организация, которая специализируется в геологической съёмке США, а также занимается изучением различных наук о Земле. Доступ к ресурсу возможен как для просмотра каталога данных зондирования Земли, так и для непосредственного получения хранимых в нём материалов.

#### **3.1.4. Данные дорожной сети**

В работе большое внимание уделяется данным сети автомобильных дорог. Развитие дорожной сети напрямую влияет на численность населения, в общем, и на демографические процессы в частности. Так, фактор доступности отдельных населенных пунктов к качественным дорогам

непосредственно оказывает действие на различные характеристики населения.

Исследования, показывающие напрямую взаимосвязь демографических показателей и данных дорожной сети, отсутствуют. В задачи исследования входило изучение доступности населенных пунктов к крупным автомобильным дорогам и транспортно-пересадочным узлам. Важно отметить, что рассматривались только автодороги с асфальтобетонным покрытием, как наиболее качественные транспортные сети.

Данные за настоящий период времени имеются в свободном доступе на различных ресурсах. Так, наиболее полные данные по автомобильным дорогам Ленинградской области представлены на сайте OSM – OpenStreetMap.

OpenStreetMap (т.е. открытая карта улиц) является некоммерческим веб-картографическим проектом, который занимается созданием подробной свободной и бесплатной географической карты мира. Редакторы это – сообщество участников – пользователей Интернета. Для создания карт используются различные данные, начиная с персональных GPS-трекеров и заканчивая панорамами улиц. Предоставляются данные, как правило, компаниями, а корректируются и вносятся человеком, который создает карту.

OpenStreetMap использует топологическую структуру данных, состоящую из точек, линий и отношений. Выгрузить данные с ресурса можно в любом формате, например, как шейп-файл (shp) – родной формат данных для программного обеспечения ArcGIS. Поскольку работа выполняется именно в этом программном продукте, то было принято решение использовать данные в формате шейп.

С ресурса были выгружены данные на всю территорию Ленинградской области (рис.13). Проверить качество данных на соответствие векторизованных дорог с реальными объектами можно только

по средствам сравнения по картам или в натуре, например, при полевом выезде. Однако, база геоданных портала постоянно дополняется и обновляется, поэтому, можно сделать вывод, что наиболее крупные автомобильные дороги занесены в базу. Также, при проверке и сравнению данных из базы с данными на онлайн картах несогласованности выявлено не было.

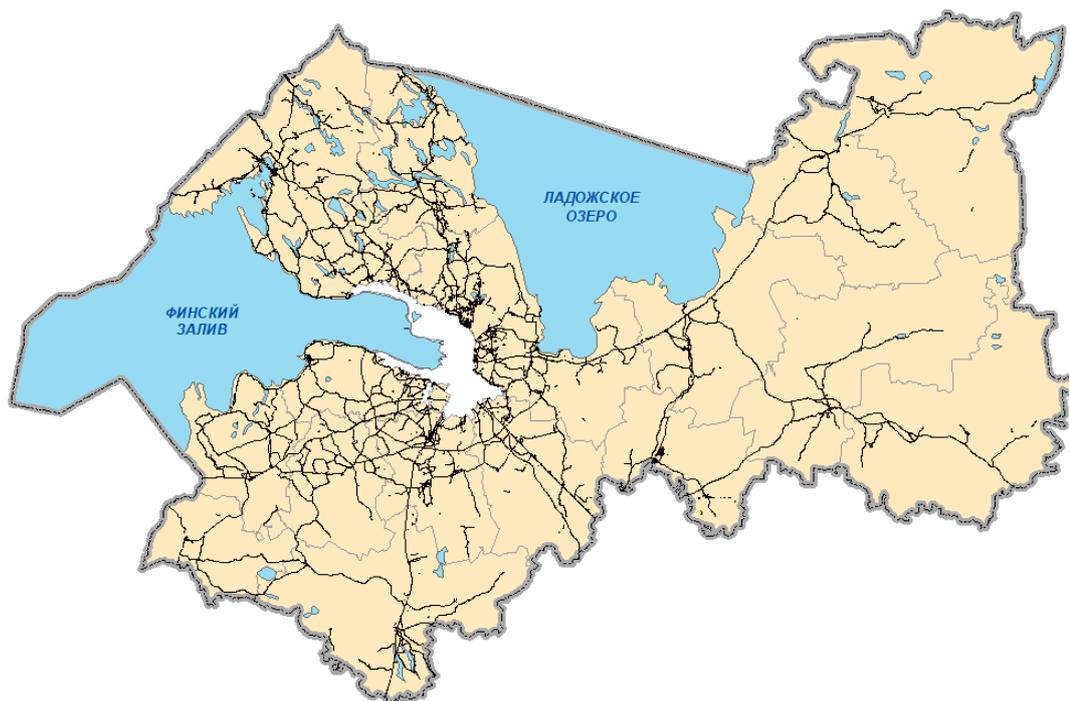


Рис.13. Представление базы геоданных автомобильных дорог

База данных состоит из ряда пространственных объектов типа «полилиния». У каждого объекта своя атрибутивная таблица (рис.14), в которой содержатся основные данные об автомобильных дорогах. Так, для каждой дороги присвоен атрибут с информацией о ее категории (шоссейная, пешеходная, проселочная и др.), а также о типе ее покрытия (асфальтобетон, грунт, песок и др.), геометрическая протяженность линии. Для работы нам необходимы данные о категориях дорог и типах покрытия.

osm id	Shape *	highway	name	layer	surface
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7151361	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
3422607	Полилиния	trunk	«Скандинавия»	1	asphalt
3919575	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
3919575	Полилиния	trunk	«Скандинавия»	1	asphalt
8198576	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
1760324	Полилиния	secondary	1-й Верхний переулок		asphalt
1872565	Полилиния	residential	1-я Дачная улица		asphalt
3137716	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt
9865443	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt
9865445	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt

Рис.14. Фрагмент атрибутивной таблицы

Оценка атрибутивной таблицы показала, что не на все дороги имеется информация о типах покрытия. Кроме того, части автомобильных дорог не присвоена категория и в таблице они являются неклассифицированными.

С OpenStreetMap также были получены данные о населенных пунктах Ленинградской области (рис.15). Первичная оценка данных на корректность показала, что объекты отобразились верно, без нарушения пространственной привязки. База данных населенных пунктов также состоит из ряда пространственных объектов типа «точка».

Shape *	osm id	place	name
Точка	281879422	hamlet	Александровка
Точка	134318864	village	Александровка
Точка	136237823	hamlet	Александровка
Точка	612038456	hamlet	Александровская Горка
Точка	908871022	hamlet	Алексеевка
Точка	135797574	village	Алексеевка
Точка	137667399	hamlet	Алексеевка
Точка	136415412	hamlet	Ананьино
Точка	333591768	neighbo	Андреевщина
Точка	106769169	hamlet	Андрианово
Точка	101112377	village	Аннино

Рис.15. Фрагмент базы геоданных населенных пунктов

В атрибутивных таблицах содержится информация о населенных пунктах. Каждому объекту на точке присвоено значение «name», в котором задано наименование населенного пункта. Помимо этого, в таблице

представлена информация о категории населенного пункта: город, поселок, деревня и другие.

Данные о дорожной сети и о населенных пунктах позволят решить ряд задач диссертации. Одной из основных стоит решение вопроса об удаленности населенных пунктов от асфальтированных автомобильных дорог. Необходимо выявить закономерность между показателем труднодоступности поселений к качественным автодорогам и его влиянием на демографические процессы.

## **3.2. Применение методов геоинформационного картографирования и создание карт демографических процессов для Ленинградской области**

### **3.2.1. Использование данных статистики**

Для управления демографическими процессами нужно иметь научное обоснование. В этом могут помочь карты демографических особенностей населения, которые можно использовать для анализа, мониторинга и прогнозирования демографической ситуации, а также для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов.

Картографирование демографических процессов – трудоемкий и сложный процесс, который включает в себя работу с большим количеством статистических данных. Их корректность, а также правильная подготовка позволяет упростить и автоматизировать процесс создания картографических изображений.

На первом этапе работы производилось картографирование основных показателей демографической ситуации. Для картографирования выбирались данные о численности населения за 1989 и 2020 года, в том числе проводилось деление на городское и сельское. Отдельное внимание уделялось картам миграционных процессов в Ленинградской области.

Заранее созданная и подготовленная база данных была подгружена в рабочий файл программного продукта ArcGIS. Данный программный продукт выбран для работы, поскольку базы данных в нем являются реляционными. В реляционных базах геоданных существует два типа таблиц: системные и набора данных. Первые отслеживают содержимое каждой базы, описывая все правила и отношения. Вторые работают конкретно с системными таблицами. Отличным примером может послужить геометрия полигональных данных в базе геоданных. Здесь класс объектов хранится в виде таблицы, называемой базовой. Каждая строка – отдельный элемент, который имеет идентификацию и поведение.

Для каждого типа данных создавался пространственный класс, содержащий информацию об отдельных пространственных объектах – районах Ленинградской области. Каждому району присваивалось значение о численности населения (рис.16). Таким образом, было создано несколько пространственных классов, содержащих статистическую информацию по годам исследования.

Район	Общее кол-во	Городское	Сельское
Бокситогорский район	-1,7	28,1	-46,4
Волосовский район	10,4	-3,1	15,1
Волховский район	49,6	126,9	-22,6
Всеволожский район	224,1	362	98,6
Выборгский район	82,6	169,9	14,7
Гатчинский район	72,5	184,7	7,4
Кингисеппский район	119,7	362,3	-9,3
Киришский район	323,3	49,7	-25,7
Кировский район	41,9	1059	-2,9
Лодейнопольский район	108,8	1615,6	-33,2
Ломоносовский район	16,2	81,8	-5,4
Лужский район	45,3	555,9	-22,3
Полпорожский район	53,2	139	-53,8

Рис.16. Фрагмент базы численности населения

Значения прироста населения Ленинградской области рассчитывались исходя из разницы численности населения в 1989 и 2020 году. Поэтому, полученные значения показывают прирост численности населения. Прирост населения – это увеличение численности населения

благодаря определенным факторам. В зависимости от различных факторов выделяется естественный и миграционный приросты.

На следующем этапе производилось построение карт автоматизированным способом с помощью различных геоинформационных методов. Для работы была выбрана группа методов, включающих картографирование по данным атрибутивных таблиц баз данных как наиболее оптимальная по ряду характеристик.

Так, для карт прироста населения был выбран метод картограмм. Такой метод показывает визуальную интенсивность какого-либо показателя в пределах территории на карте. Внутри каждой территориальной ячейки условно допускается, что картографируемое явление распространено в ней с одинаковой интенсивностью.

Для классификации значений был выбран метод естественных интервалов. После выявления средних значений определялись интервалы значений, что позволило равномерно распределить данные в интервалах и их охарактеризовать средними значениями характеристик объектов.

Метод естественных интервалов, как правило, используется для неравномерно распределенных данных. Алгоритм деления следующий: выявляются наиболее редко и наиболее часто встречающиеся значения атрибутов и назначаются последние в качестве среднего значения в каждом интервале. Распределение данных в пределах каждого интервала приближается к равномерному.

Как итог была построена карта прироста/убыли сельского населения Ленинградской области с 1989 года по 2020 год (рис.17). Особое внимание уделялось цветовой шкале карт. Предполагаемый изначально способ «светофора», который довольно часто используется в экологическом картографировании, не подошел для оформления карт населения. Отрицательные значения при такой шкале выделяются красным цветом, положительные – зеленым, а промежуточные – желтым. Однако, в исходных данных может и не быть таких значений, а промежуточные будут вовсе

некорректно отображаться. Поэтому, для карт демографической ситуации лучше всего подойдет двухцветная шкала, в которой нет противоположных друг другу цветов.

Градусная сетка строилась согласно системе координат всех карт – Пулково 1942, Зона 30 и проекции Гауса-Крюгера.

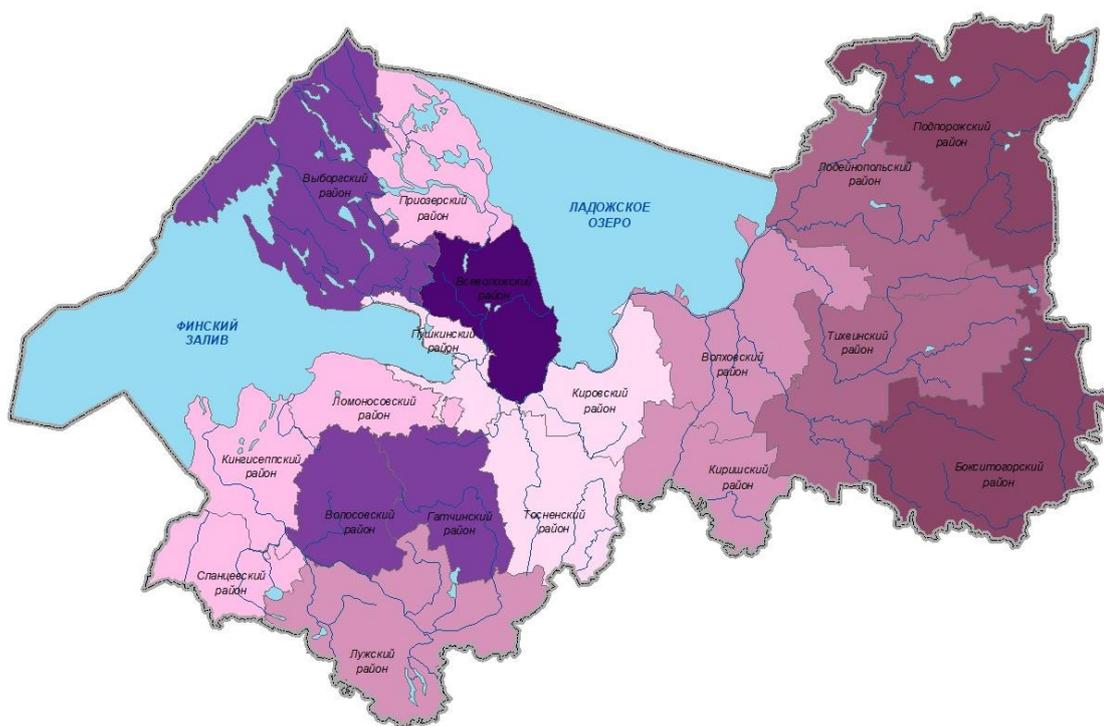


Рис.17. Прирост/убыль сельского населения Ленинградской области с 1989 по 2020 года

Карта прироста/убыли населения с 1989 года по 2020 год показывает насколько изменилось численность сельского населения в Ленинградской области за 30 лет. Так, можно заметить, что районы, тяготеющие к Санкт-Петербургу, имеют больший прирост населения. А вот районы более отдаленные, находящиеся на границе области, имеют меньший прирост.

Далее производилось построение карты прироста/убыли городского населения Ленинградской области с 1989 года по 2020 год (рис.18). Для карты прироста городского населения также был выбран способ

картограмм. Значения распределялись методом естественных интервалов. Цветовое решение для шкал осталось прежним – две растяжки цвета.

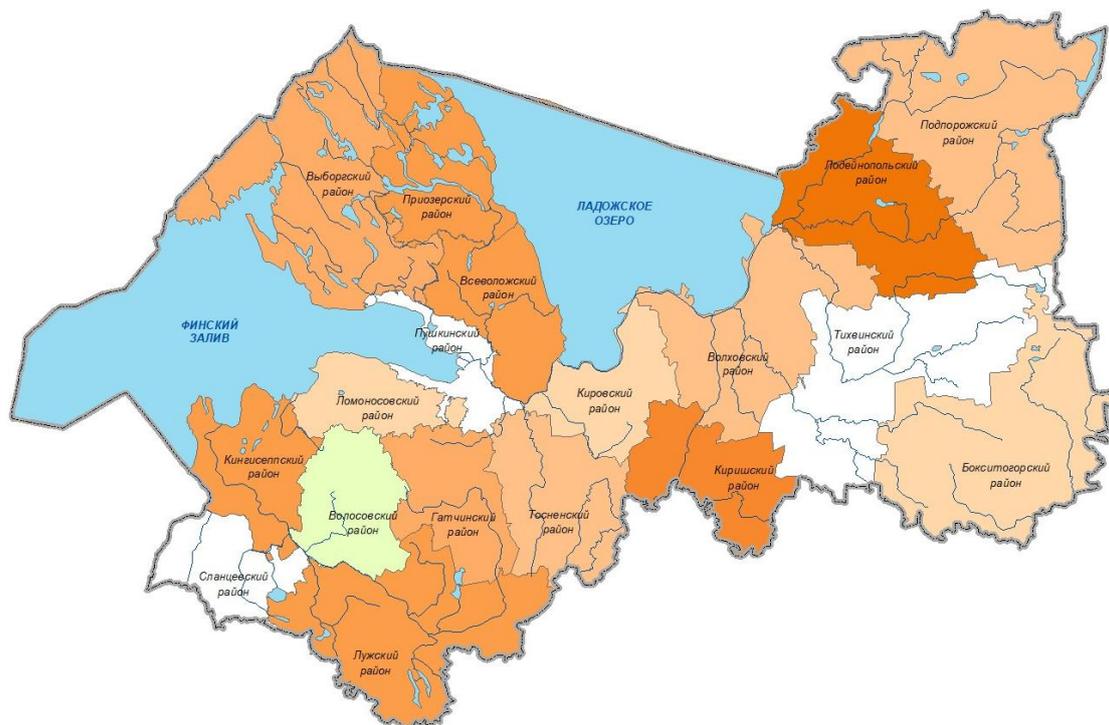


Рис.18. Прирост/убыль городского населения Ленинградской области с 1989 по 2020 гг

Практически во всех районах Ленинградской области значение прироста городского населения положительное. Исключением является только Волосовский район с отрицательным значением. Обусловлено такое изменение тем, что большое количество населения переезжает чаще в города, чем в поселки или деревни. При этом расположение района не влияет.

Наибольший интерес представляет карта прироста/убыли населения Ленинградской области с 1989 по 2020 гг. (рис.19). Данная карта показывает изменение численности всего населения Ленинградской области. Согласно статистическим данным, в это количество входят и показатели естественного прироста, и показатели миграции населения. Выбор метода построения шкалы значений аналогичный предыдущим картам.

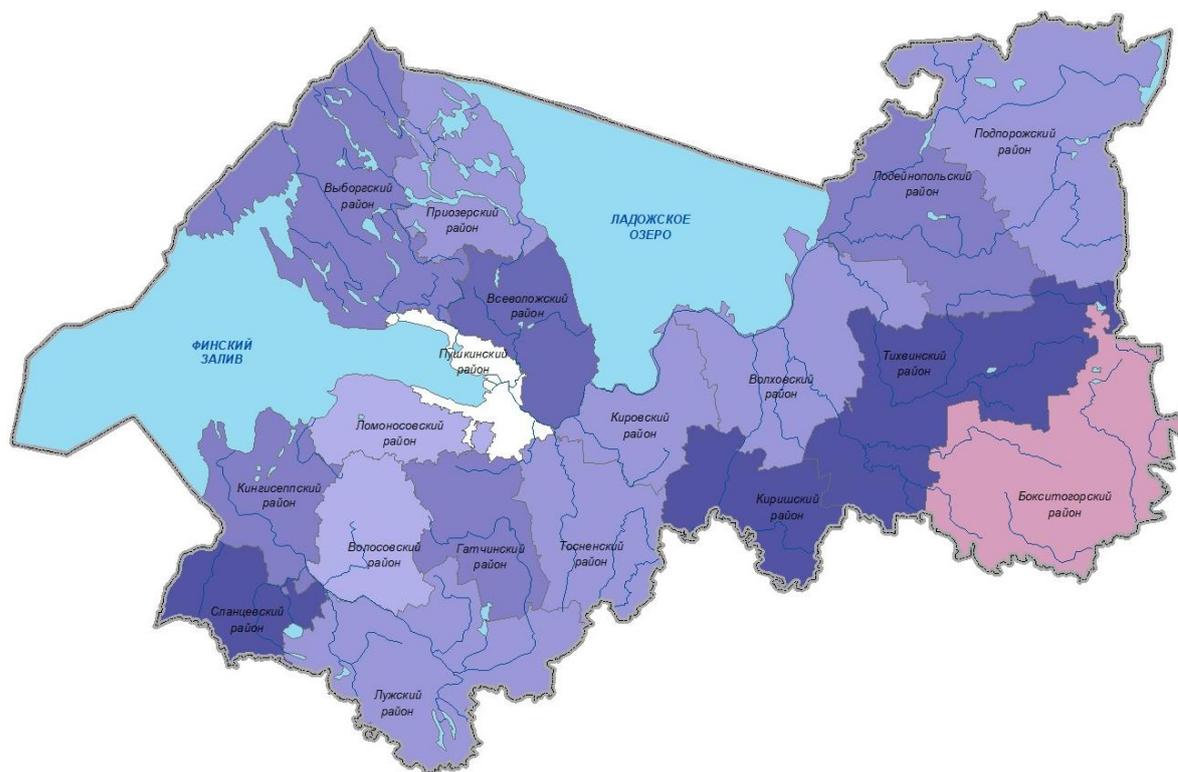


Рис.19. Прирост/убыль населения Ленинградской области с 1989 по 2020 гг

На полученной карте довольно хорошо можно заметить разницу значений. Больше всего здесь выделяется Бокситогорский район, в котором значение отрицательное, а также Киришский, Тихвинский, Сланцевский районы, в которых прирост населения довольно велик.

Полученные карты отображают лишь один тип данных, и для полноценного комплексного изучения демографических процессов таких карт может быть недостаточно. Однако, выбранный метод шкалы значений подходит для картографирования показателей численности населения. Обусловлено это тем, что главный принцип метода естественных интервалов заключается в показе неравномерно распределённых данных. При таком методе качественные и количественные характеристики состава и количества населения отображаются наиболее корректно. Стоит также отметить корректный выбор цветовых шкал, который позволил повысить читаемость и понятность карт.

На следующем этапе производилось картографирование миграционного движения населения. Миграционный (механический) прирост – это разность между числом людей, въехавших в страну на постоянное место жительства, и числом людей, выехавших из нее, за определенный промежуток времени. Миграция является сложным общественным процессом, картографирование которого значительно сложнее, чем картографирование естественного прироста населения.

В задачи настоящего исследования входило изучение применения различных методов геоинформационного картографирования для демографических процессов. Поэтому, выбор данных по миграционным потокам был независим от данных по приросту/убыли населения.

Для данного картографического исследования большое значение имела информационная база данных о миграции. Основным источником данных послужила бюллетень «Численность и миграция населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2018 году», в которой содержится информация о количестве выбывших и прибывших человек, а также миграционном приросте за 2017 и 2018 года. Данные подсчитаны для каждого района Ленинградской области.

Для карт миграционных потоков был выбран тот же метод картографирования, что и для карт населения – метод количественного фона, для шкалы – метод естественных интервалов. Цветовая шкала для значений также подбиралась исходя из типа карт: для социально-экономических, в частности карта населения – это растяжка двух цветов.

Одной из первых была построена карта «Миграционный прирост/убыль населения в Ленинградской области, 2017 - 2018 гг.» (рис.20). По данной карте можно заметить, что наиболее ярко выражены Всеволожский, Ломоносовский и Кингисеппский районы.

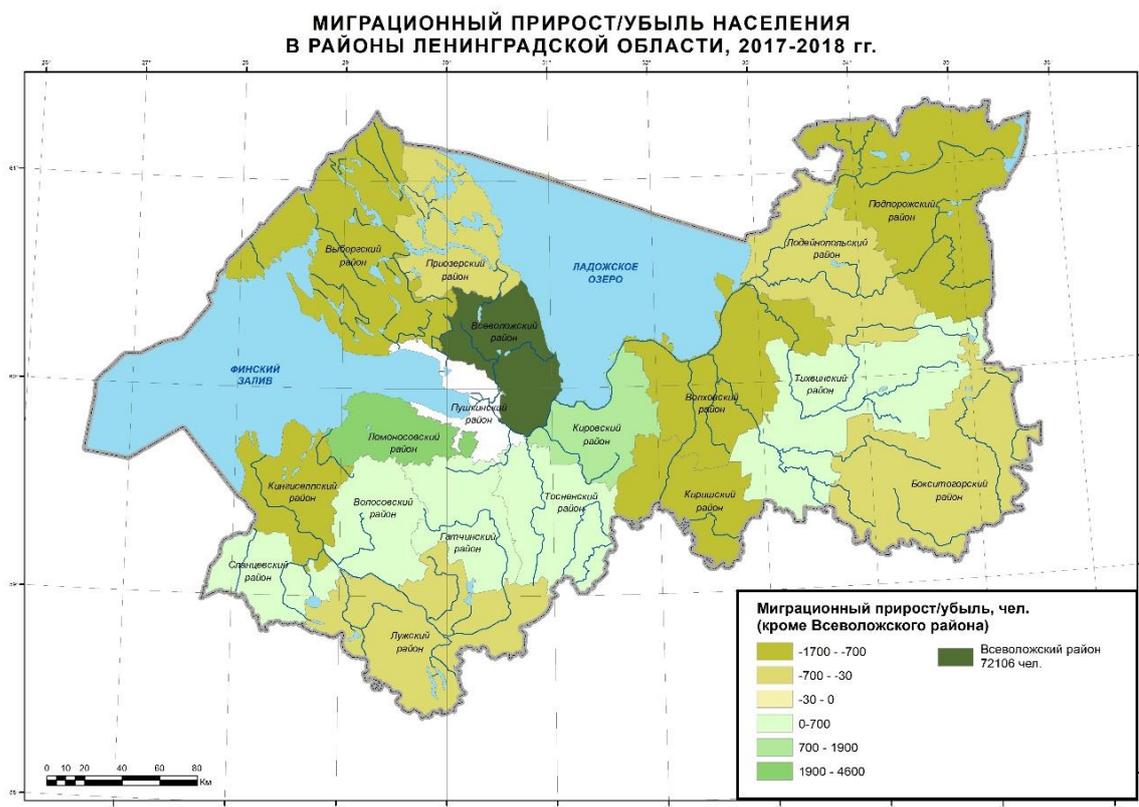


Рис.20. Миграционный прирост/убыль населения в Ленинградской области, 2017 – 2018 гг

Всеволожский район имеет наибольшее значение миграционного прироста. На комплексных картах его рекомендуется рассматривать отдельно, поскольку это может повлиять на корректное распределение значений.

Возможность картографирования миграции населения в Ленинградской области с помощью геоинформационных методов позволит понять, насколько корректно была подобрана методика создания картографического произведения. Поэтому, в исследовании рассматривается создание карт, которые отражают баланс механического движения и его отдельные составляющие, в том числе по населенным пунктам и территориальным единицам.

На основе статистических данных по миграционным процессам была также создана комплексная карта прироста населения и миграционных

процессов (приложение 1). Карта построена также с использованием картодиаграмм. С их помощью показана миграция населения: количество прибывших и убывших в 2018 году. Методом картограмм показан прирост населения. Всеволожский район также рассматривается отдельно, поскольку значения сильно выбиваются из общей выборки. Таким образом, можно судить о том, как сильно миграционный процесс влияет на изменение количества населения в Ленинградской области.

Изучение взаимосвязи сельскохозяйственных земель на численность населения также может являться способом отслеживания демографических процессов. Поэтому, в ходе исследования было выполнено построение карты сельскохозяйственных угодий и численности сельского населения в 1934 году (рис.21).

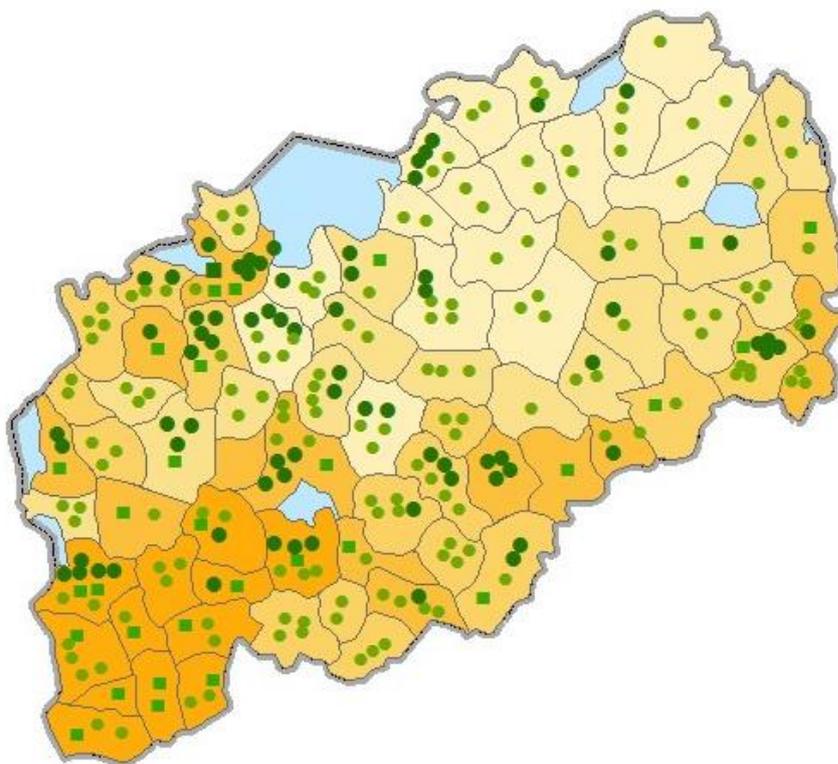


Рис.21. % сельскохозяйственных угодий под пашнями и население 1934 г

Выбор года полученных данных обуславливается тем, что необходимо привлечь данные того периода, когда территория исследования была образована. В случае с Ленинградской областью это период конца

1920 – начала 1930 годов, поскольку как обособленный субъект была она выделена в 1927 году. Карта позволяет отследить следующую взаимосвязь: сельскохозяйственных угодий, отданных под пашню больше в тех районах, где выше численность сельского населения. Это позволяет сделать вывод, что провести подобное сравнение можно и для данных 2020 года.

### 3.2.2. Использование данных дистанционного зондирования Земли

Отдельной задачей, решаемой в ходе исследования, стало применение данных дистанционного зондирования Земли для изучения демографических процессов. По данным ДЗЗ можно получить сведения о площадях сельскохозяйственных угодий. Изучение площадей сельскохозяйственных угодий необходимо для выявления взаимосвязей с показателем численности сельского населения в отдельных районах Ленинградской области. Получить сведения о площадях объектов по средствам дешифрирования снимков. Поэтому, для выделения участков сельскохозяйственных земель автоматизированным методом проводилась контролируемая классификация (рис.22). Классификация проводилась на тестовом участке – Сланцевском районе.



Рис.22. Фрагменты исходного и классифицированного снимка

Задачей классификации состоит в разделении пространства признаков на локальные области, соответствующие одному классу объектов. При этом программа выполняет достоверную классификацию при однозначном соответствии признаков объекту.

Полученные данные были переведены в векторный слой (рис.23). Это необходимо для подсчета статистики о площадях сельскохозяйственных угодий.

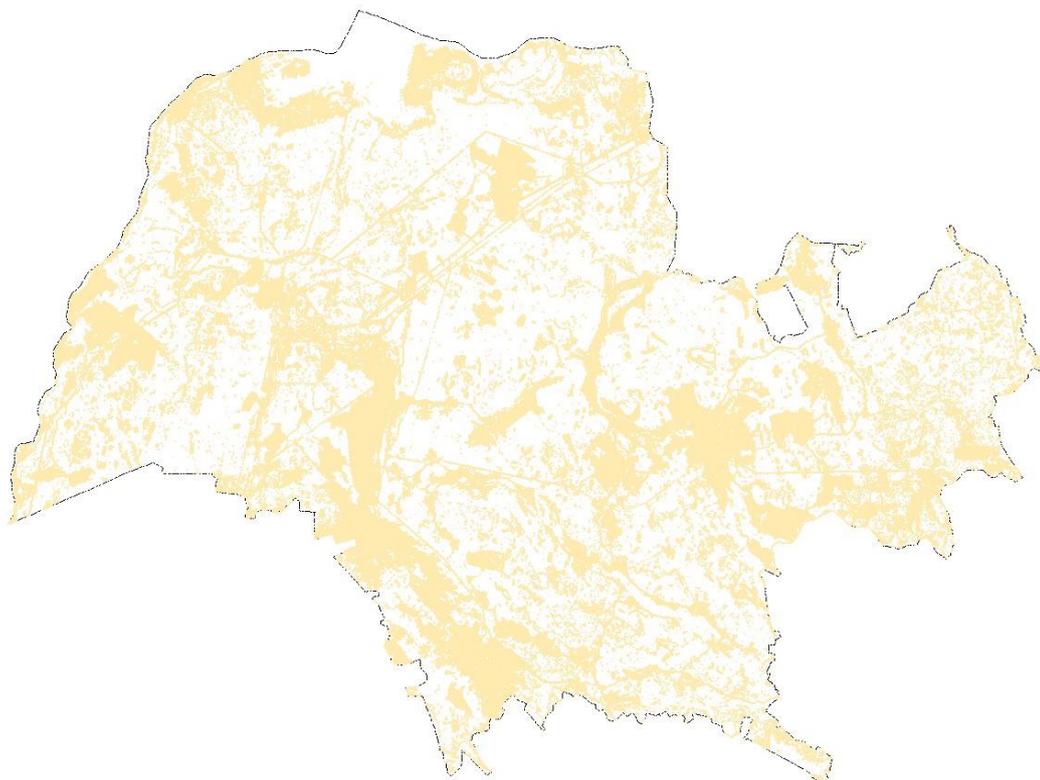


Рис.23. Сельскохозяйственные земли Сланцевского района в 2020 г

Для того, чтобы проверить насколько корректно прошла автоматизированная классификация, необходимо полученные данные сравнить со статистическими данными. Поэтому, полученная статистика сверялась с данными Петростата «Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года» (Том 3. Земельные ресурсы и их использование).

Данные по сельскохозяйственным угодьям могут послужить основой для создания карты, в которых показано взаимоотношение значения площадей сельскохозяйственных угодий и сельского населения. Обусловлено это тем, что большая часть пахотных земель расположена как раз вблизи сельских населенных пунктов. Помимо этого, возделыванием таких земель занимается в большей степени сельское население.

### 3.2.3. Использование данных дорожной сети

На следующем этапе производилась работа с данными дорожной сети. В задачи исследования входило изучение доступности сельских населенных пунктов к крупным автомобильным дорогам и транспортно-пересадочным узлам. Поэтому, по данным дорожной сети были построены буферные зоны для каждой автомобильной дороги (рис.24).

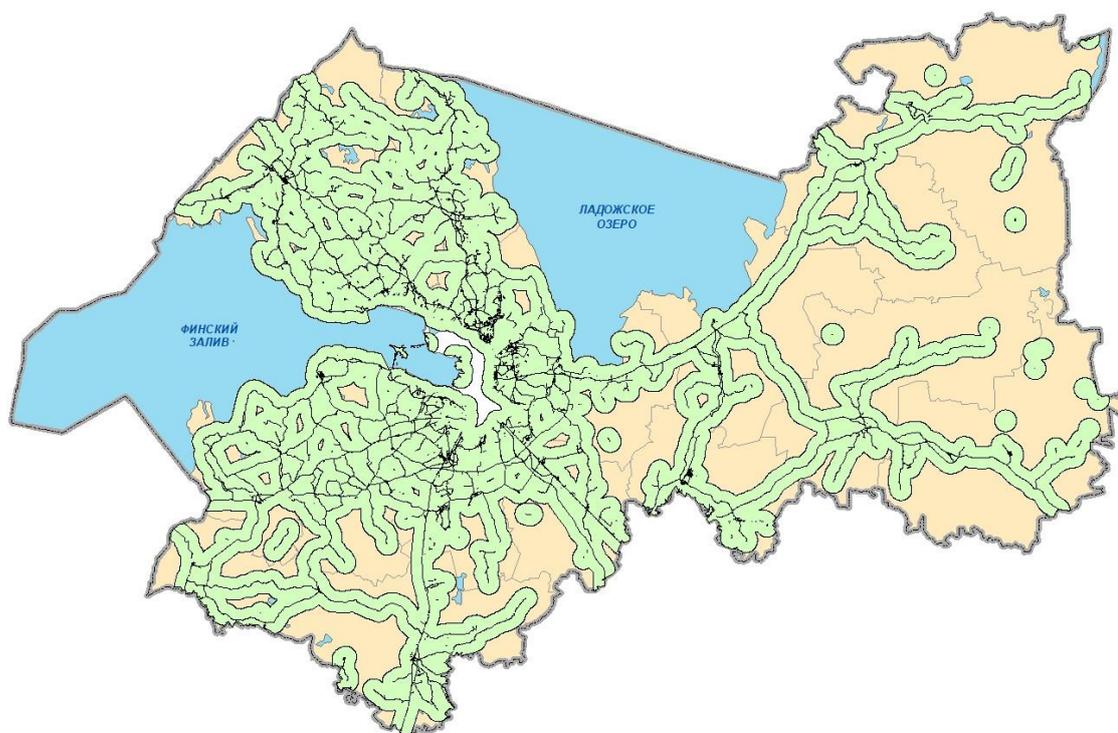


Рис.24. Буферные зоны для автомобильных дорог

Построение проводилось с помощью инструмента «Буфер». Буфер позволяет провести пространственный анализ территории и подсчитать статистику. Обычно при буферизации создается две области: одна в пределах указанного расстояния от объекта, другая за пределами. Первая область называется буферной.

Построение буферной зоны для дорожной сети производилось с учетом нескольких параметров. Во-первых, учитывались только дороги с асфальтобетонным покрытием, как наиболее качественные транспортные сети. Во-вторых, размер буфера был равен 5 километрам.

При построении буферного полигона от каждой вершины объекта, при помощи стандартного алгоритма вычисляется буферное смещение. Выходной буферный полигон строится из полученных смещений.

#### **3.2.4. Комплексное применение различных данных для картографирования демографических процессов**

Для более подробного изучения возможности геоинформационного картографирования миграционных процессов следует создать карту прибывшего и убывшего населения (рис.25). Поскольку, в рамках исследования рассматривается изменение численности, то сначала была посчитана разница значений, а затем все было пересчитано в проценты. Данная операция проводилась для того, чтобы повысить читаемость карты.

Помимо этого, был выбран иной метод картографирования – метод картограмм. В способе картограммы всегда используются расчетные показатели.

На карте показан процент того, насколько сильно изменилось количество прибывающих эмигрантов и убывающих иммигрантов в 2018 году по сравнению с 2017 годом. Там, самый низкий процент у Кингисеппского района, поскольку в 2018 году эмигрантов было гораздо

меньше, чем в 2017. А вот во Всеволожском районе ситуация обратная, там стало гораздо больше эмигрантов за один год.



Рис.25. Разница прибывшего/убывшего населения, 2017 – 2018 гг

Еще один способ, широко используемый в социально-экономическом картографировании – способ картодиаграмм. Он предполагает изображение суммарной величины явления с помощью графиков или диаграмм, помещаемых чаще всего внутри единиц территориального деления. При использовании этого способа карта в целом показывает распределение явления по исследуемой территории.

На практике на одной карте сочетают способы картодиаграммы и картограммы, т.к. они взаимно дополняют друг друга. Поэтому, следующая карта механического прироста населения (приложение 2) построена с использованием двух методов: картограмм и картодиаграмм. Для данных о миграционном приросте/убыли населения использовался метод

картограмм, а классификация шкалы производилась методом естественных интервалов. А для того, чтобы показать разницу прибывших и убывших людей использовался метод картодиаграмм. При этом, зеленым цветом диаграммы обозначены эмигранты, а красным иммигранты.

Отдельное внимание стоит уделить Всеволожскому району, который рассматривается отдельно, поскольку значения по данному району сильно выбиваются из общей массы. Данные по Всеволожскому району приводятся отдельно, в легенде карты.

В других районах построение диаграмм прошло корректно. Поэтому, можно судить о том, где произошел миграционный прирост/убыль и за счет чего – повлияло прибывающее население или убывающее.

Для данных дорожной сети применялся комплексный метод геоинформационного картографирования. На карту буферных зон дорожной сети (рис.24), были добавлены данные о населенных пунктах (рис.26). При совмещении производилась выборка тех объектов, которые попадали или не попадали в буферную зону. Для нанесения населенных пунктов использовался способ значков.

Анализ карты показал, что большая часть крупных населенных пунктов попадает в буфер 5 километров. Однако, многие поселки и деревни, особенно в районах, отдаленных от г. Санкт-Петербург, остались за пределами буферной зоны. Это говорит о том, что к данным поселениям нет качественных дорог, а значит, повышается труднодоступность к ним.

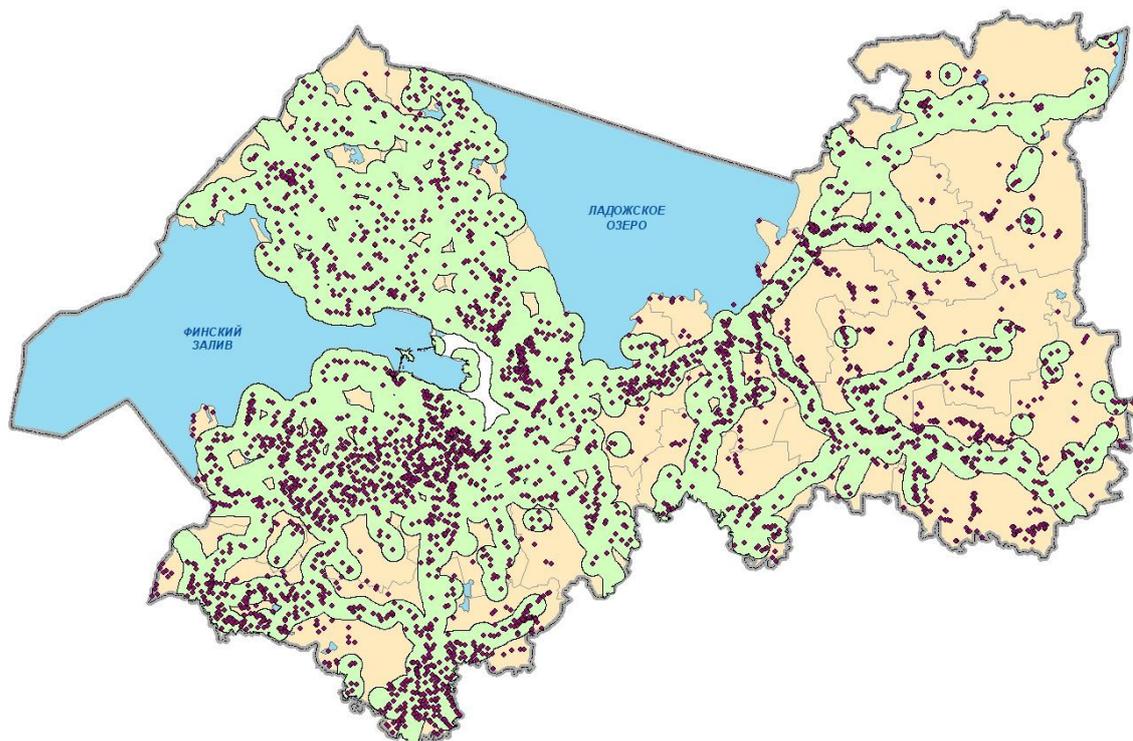


Рис.26. Доступность населенных пунктов до автомобильных дорог

Доступность населенных пунктов к качественным дорогам напрямую влияет на численность населения. Так, если сравнить полученную карту с картой прироста/убыли сельского населения (рис.17), то можно заметить, что большая часть населенных пунктов, которые не попадают в буфер, расположены как раз в тех районах, где прирост отрицательный. То есть наблюдается значительный отток населения. Это говорит о том, что данный метод можно применять для исследования демографических процессов.

## Заключение

Картографирование демографических процессов можно использовать для анализа демографической ситуации. Очень важен мониторинг и прогнозирование динамики изменения населения в Ленинградской области.

В ходе исследования были проведены сбор и обработка статистических данных. Для исследования демографических процессов была изучена статистическая информация. Были получены и обработаны следующие данные: численность постоянного населения в разрезе муниципальных образований Ленинградской области с 2018 и 2020 года, численность и миграция населения в 2018 году, итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. После проводилось формирование базы данных.

Найден и подготовлен картографический материал для проекта. Картографическим материалом для исследования являлся Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года, карта «Земельных угодий % под пашней». Была произведена векторизация карт численности населения и сельскохозяйственных за 1934 год.

Были подготовлены данные ДЗЗ для анализа изменения сельскохозяйственных земель. На территорию Ленинградской области были отобраны космические снимки (за 2020 год). Подготовлены данные дорожной сети за 2020год, составлена база геоданных.

Применены методы геоинформационного картографирования и созданы итоговые карты проекта.

По результатам обработки данных производилось картографирование основных показателей демографической ситуации. Было создано 11 карт.

Картографирование демографических процессов Ленинградской области необходимо для анализа, мониторинга и прогнозирования

демографической ситуации. Комплексный подход и использование разных исходных данных может привести к появлению новых научных методов в изучении демографических процессов

## Литература

1. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география: Понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983, 350 с.
2. Анохин А. А. География населения с основами демографии. Учебное пособие. М.: Издательство СПбГУ, 2015, 308 с.
3. Бажукова Н.В., Балина Т.А., Чекменева Л.Ю. Картографирование демографических процессов: традиции и современность // Вестник Геодезия и картография, 2020. № 11. С. 9-19.
4. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. М.: МГУ, 1997, 64 с.
5. Берлянт А.М. Картография: Учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2002, 336 с.
6. Берлянт А.М. Теория геоизображения. М.: ГЕОС, 2006, 262 с.
7. Бешенцев А. Н., Гармаев Е. Ж., Потаев В. С. Геоинформационный мониторинг территориальных социально-экономических систем // Вестник Бурятского Государственного Университета. Экономика и менеджмент, 2019. №3. С. 3-9.
8. Борисов В. А. Демография. Учебник для ВУЗов. М.: Nota Bene, 2018, 272 с.
9. Бутов В. И. Демография. М: Высшая школа, 2016, 237 с.
10. Верещагина А. В. Демография. М.: Дашков и Ко, Наука-Спектр, 2018, 256 с.
11. Джордан Л. На пороге новой эры: интеграция ГИС и дистанционного изображения // ARC/Review, 1997. № 1. С.8
12. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Принципы геоинформационного обеспечения геоэкологического картографирования регионального уровня // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки, 2006. № 1. С. 22-27.

13. Зимовец П.А., Бармин А.Н., Валов М.В., Бармина Е.А. Геоинформационное картографирование динамики урбогенеза // Геология, география и глобальная энергия, 2016. №. 1 (60). С. 53-59.
14. Зозуля П. В. Демография. Учебник и практикум. М.: Юрайт, 2016, 194 с.
15. Казяк Е.В., Лукашик А.А., Русанов Д.Л. Картографирование демографических процессов и процессов расселения в «Атласе населения словакии» // Демографические риски XXI века: (к Международному дню народонаселения): материалы II Межвузовского студенческого семинара. Минск: БГУ, 2015. С. 92–197.
16. Каргашин П.Е. Основы цифровой картографии: учебное пособие для бакалавров. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2019, 106 с.
17. Капустин В.Г. ГИС-технологии как инновационное средство развития географического образования в России // Педагогическое образование, 2009. №. 3. С. 68-76.
18. Коновалова Н. В. Эволюция картографических изображений и требований к тематическим картам // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2014. № 4. С. 380-384.
19. Косов П. И. Основы демографии. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2018, 288 с.
20. Краак М.-Я., Ормелинг Ф. Картография: визуализация геопространственных данных. Под. ред. В.С. Тикунова. М.: Научный мир, 2005, 325 с.
21. Лайкин В.И., Упоров, Г.А. Геоинформатика: учебное пособие. Комсомольск-на-Амуре: Изд-во АмГПУ, 2010, 162 с.
22. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: Учебник. М.: КДУ, 2008, 428 с.

23. Макаренко С.А., Маркаданова В.С. Особенности создания геоизображений с применением современных технологий // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект), 2018. № 2 (7). С. 97-101.
24. Моррисон Дж. Л. Картография нового тысячелетия // Геодезия и картография, 1996. № 8. С. 45-48.
25. Население. Лист I, II. Атлас Ленинградской области и Карельской АССР [Карты] / Позерн, Б. П., Иванов, А. М., Гюллинг, Э. А. Ленинград: Издание ГЭНИИ 1934г. V с.ил.53л.
26. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. М.: Изд-во МГУ, 1979, 160 с.
27. Прохорова Е.А. Социально-экономические карты: учебное пособие. М.:КДУ, 2010, 424 с.
28. Сельское хозяйство. Лист I, II. Атлас Ленинградской области и Карельской АССР [Карты] / Позерн, Б. П., Иванов, А. М., Гюллинг, Э. А. Ленинград: Издание ГЭНИИ 1934г. V с.ил.53л.
29. Серапинас Б. Б., Прохорова Е. А. Геоинфографика как современное направление геовизуализации в обучении студентов-картографов // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География, 2018. № 5. С. 94–99.
30. Тикунов В.С., Ротанова И.Н., Ефремов Г.А., Чунтай Билэгтмандах. Атласное геоинформационное картографирование: новые подходы на примере атласа Большого Алтая // Интерэкспо ГЕО-Сибирь, 2016. №5. С. 55-62.
31. Тимонин С.А. Математико-картографическое и геоинформационное моделирование демографических процессов в регионах Российской Федерации // Вестник Московского Университета, 2010. №5. С. 11-18.
32. Тихомиров Н. П. Демография. Методы анализа и прогнозирования. М.: Экзамен, 2017, 256 с.

33. Федоров Г. М. Об актуальных направлениях геодемографических исследований в России // Балтийский регион, 2014. – № 2(20). С. 7–28.
34. Чепкасов П. Н. Картографический и графический методы в социально-экономических исследованиях. Пермь: Пермский ун-т, 1985, 84 с.
35. Чепкасов П.Н. Разработка и составление социально-экономических карт. Пермь: Пермский ун-т, 1984, 88 с.
36. Шелестов Д. К. Историческая демография. Учебное пособие. М.: РГГУ, 2015, 286 с.
37. Юнусова А.Б. Геоинформационные технологии в исследовании миграционных процессов // Великие евразийские миграции, 2016. С. 29-35.
38. Bertin, J. *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Translated by W. J. Berg. University of Wisconsin Press, 1983, 460 p.
39. Christine Leuenberger, Izhak Schnell. *The Politics of Maps. Cartographic Constructions of Israel/Palestine*. Oxford University Press, 2020, 244 p.
40. David L. Thomson, Evan G. Cooch. *Modeling Demographic Processes in Marked Populations*. Springer US, 2009, 1132 p.
41. *Esri Map Book Volume 29*. USA: Esri Press. 2014, 136 p.
42. Jan Brunson, Nancy E. Riley. *International Handbook on Gender and Demographic Processes*. Springer Netherlands, 2018, 359 p.
43. Kory Olson. *The Cartographic Capital. Mapping Third Republic Paris, 1889-1934*. Liverpool University Press, 2018, 320 p.
44. Monmonier M. *How to lie with maps*. Third edition. Chicago: The University of Chicago press, 2018, 387 p.
45. [https://bookonline.ru/lecture/glava-5-karty-naseleniya#\\_idTextAnchor002](https://bookonline.ru/lecture/glava-5-karty-naseleniya#_idTextAnchor002) – Социально-экономические карты.
46. <http://earthexplorer.usgs.gov> – U.S. Geological Survey.
47. <http://www.demoscope.ru/weekly/pril.php> – Демоскоп Weekly.

48. <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0133948:article> – Геоинформационное картографирование (ГК).
49. <http://mapinmap.ru/archives/8688> – Подробная карта плотности населения СССР в 1929 году.
50. <http://nauka.x-pdf.ru/17informatika/678284-1-bolshaya-kartografiya-ili-integraciya-kartografii-geoinformatiki-distancionnogo-zondirovaniya-berlyant-nauchno-tehnicheskie.php> – Берлянт, А.М. «Большая картография» или интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования.
51. <https://petrostat.gks.ru/folder/29437> – Управление федеральной службы государственной статистики.
52. <https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm> – Что такое ArcGIS?
53. [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_BIBL\\_A\\_010451251/](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_010451251/) – Дазиметрическая карта Европейской России.
54. [https://studopedia.su/9\\_31753\\_programmnoe-obespechenie-gis.html](https://studopedia.su/9_31753_programmnoe-obespechenie-gis.html) – Программное обеспечение ГИС.
55. <https://www.zwsoft.ru/stati/programmy-dlya-gis-sovremennoe-programmnoe-obespechenie-dlya-gis> – Программы для ГИС: современное программное обеспечение для GIS – Программное обеспечение ГИС.

Санкт-Петербургский государственный университет

**МОРОЗОВА Дарья Евгеньевна**

**Выпускная квалификационная работа**

**Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области**

Уровень образования: магистратура  
Направление *05.04.03 «Картография и геоинформатика»*  
Основная образовательная программа *ВМ.5523.2020*  
*«Геоинформационное картографирование»*

Научный руководитель:  
доцент кафедры картографии  
и геоинформатики, к.г.н.,  
Сидорина Инесса Евгеньевна

Рецензент:  
доцент кафедры экономической  
географии  
РГПУ им. А.И. Герцена, к.г.н.,  
Полякова Светлана Дмитриевна

Санкт-Петербург  
2021

## Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Применение геоинформационных систем в современной картографии.....	5
1.1. Геоинформационное картографирование .....	5
1.2. Применение ArcGIS в современной картографии.....	12
Глава 2. Картографирование демографических процессов.....	15
2.1. Демографические процессы и методы их исследования.....	15
2.2. Картографирование демографических процессов .....	18
2.2.1. История картографирования демографических процессов.....	18
2.2.2. Современное картографирование демографических процессов.....	21
2.2.3. Методы картографирования демографических процессов .....	23
Глава 3. Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области .....	26
3.1. Сбор и обработка исходных материалов.....	26
3.1.1. Статистические данные .....	26
3.1.2. Картографические материалы .....	36
3.1.3. ДДЗЗ на территорию Ленинградской области.....	40
3.1.4. Данные дорожной сети .....	41
3.2. Применение методов геоинформационного картографирования и создание карт демографических процессов для Ленинградской области .....	45
3.2.1. Использование данных статистики.....	45
3.2.2. Использование данных дистанционного зондирования Земли.....	54
3.2.3. Использование данных дорожной сети .....	56
3.2.4. Комплексное применение различных данных для картографирования демографических процессов.....	57
Заключение.....	61
Литература .....	63
Приложение 1.....	68
Приложение 2.....	69

## Введение

Высокая изменчивость разнообразных демографических характеристик населения приводит к необходимости частого обновления карт демографических процессов или других характеристик населения. Карты, обладая высокой наглядностью и информативностью, способны привлечь внимание большой аудитории к демографическим проблемам.

Создание социально-экономических карт только по данным статистики является недостаточно полноценным. Особенно актуально для картографирования демографических процессов привлекать не только полевые, статистические и картографические данные, но и материалы аэрокосмической съемки и данных дорожной сети. Последние два источника позволяют получить уникальную информацию о других данных, которые помогают рассмотреть демографические процессы более подробно.

Различные методы геоинформационного картографирования (далее ГИ) используются не только при автоматизации работ по картографированию демографических процессов, но и для анализа исходных данных и получения новых производных карт. Технологии геоинформационных систем продвинулись достаточно далеко в своем развитии, что позволяет применять различные методы для создания карт. Поэтому, основная цель научно-исследовательской работы изучение комплексного подхода в геоинформационном картографировании для изучения демографических процессов в Ленинградской области.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Сбор и обработка статистических данных по демографии Ленинградской области за 1989, 2017, 2018 и 2020 года.
2. Поиск исходных картографических материалов. Подготовка картографических материалов для проекта.
3. Подготовка данных дистанционного зондирования Земли.
4. Подготовка данных дорожной сети Ленинградской области.

5. Применение методов геоинформационного картографирования.  
Создание итоговых карт проекта.

Актуальность темы обусловлена огромной важностью комплексного применения различных методов геоинформационного картографирования в сфере демографических исследований. Результаты картографирования демографических особенностей населения можно будет использовать для специалистов в сфере социально-экономической географии, занимающихся изучением демографических процессов в Ленинградской области.

Полученные результаты можно использовать для анализа, мониторинга и прогнозирования демографической ситуации в регионах РФ, а также для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов.

# **Глава 1. Применение геоинформационных систем в современной картографии**

## **1.1. Геоинформационное картографирование**

Геоинформационное картографирование – это отрасль картографии, в которой изучаются теоретические и практические аспекты информационно-картографического моделирования геосистем. Главная задача ГК – создание карт как образно-знаковых моделей действительности. Данное направление регулирует решения, связанные с применением стандартных, а также разработкой специализированных ГИС-технологий и новых методов картографирования на их основе.

Важность геоинформационного картографирования обуславливается не только автоматизированным воспроизводством картографического изображения, но и автоматизацией использования карт. Хороший пример это использование ГИС для создания новых карт и автоматизации исследований по картам. ГК является новым средством моделирования процессов реальной действительности. Такой интерактивный способ позволяет сочетать различные принципы обработки, редактирования и корректуры. Однако, ручная генерализация с учетом взаимосвязей явлений и объектов связаны с эффективностью использования опыта и знаний картографа (<http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia>). Актуальность в первую очередь связана с автоматизированной генерализации, которая по-прежнему остается далекой от завершения.

Об актуализации геоинформационного картографирования и развития картографии упоминается еще в статье Дж. Моррисона «Картография нового тысячелетия» (Моррисон Дж.Л.,1996). Автор определяет, что любое картографическое производство, которое строится на аналоговых методах составления и издания карт, устарело. Картография в целом должна представлять электронные технологии, где в центре

внимания должны находиться новые методы сбора информации и сети коммуникации.

Во второй половине 80-х годов на начальных этапах становления ГК воспринималось как процесс автоматизированного воспроизводства карт. Дальнейший этап развития связан с разработкой теории и методов создания картографических баз данных и математико-картографического моделирования, создания картографических моделей как физических явлений (Берлянт А.М., 1997). Разработка теории и методов геоинформационного картографирования по мнению Берлянта А.М. принадлежит к фундаментальным проблемам картографии. Автор поясняет, что ГК при всей своей фундаментальности имеет практическую направленность, отвечающую содержанию многих прикладных задач. Оптимальное сочетание фундаментальных исследований и прикладного проблемно-ориентированного тематического картографирования обеспечат благоприятные перспективы развития геоинформационного картографирования.

В настоящее время геоинформационное картографирование все увереннее становится магистральным направлением развития картографической науки и производства. Согласно Берлянту А.М., перспектива развития нового научного направления, которое объединит картографию, аэрокосмическое зондирование и компьютерной графики является следствием внедрения геоинформационного картографирования и ГИС-технологий. Данное направление первоначально опирается на достижения картографии.

Многие синтетические научные направления являются результатом интеграции картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования. Этот вопрос отражен в работе «Большая картография или интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования». В работе автор рассматривает предпосылки такой интеграции и о понятиях «геоматика» и «геоиконика» (<http://наука.х->

pdf.ru/17informatika/). Берлянт А.М. в ряде других своих работ неоднократно упоминает о геоматике, которая благодаря своей краткости и выразительности стремительно завоевала популярность в ряде стран. Геоинформационное картографирование же составляет самую сердцевину этого направления (Берлянт А.М.,1997).

В России эта идея интеграции картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования до сих пор остается дискуссионной темой. Согласно Берлянту, данные научные направления подразумевают объединение методов и технологий картографирования, ДЗЗ, фотограмметрии и дешифрирования, спутникового позиционирования, геоинформатики, а также ряда других смежных отраслей современных геопространственных наук (<http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia>).

Геоинформационное картографирование позволяет создавать геоизображения. Единая теория геоизображения представлена в работе Берлянта А.М. (Берлянт А.М.,2006). В книге дана классификация геоизображений, отражены основные модельные свойства каждого вида. Отдельное внимание уделяется роли геоинформатики. О методах и способах создания геоизображений написано в работе Макаренко С.А. и Маркаданова В.С (Макаренко С.А., Маркаданова В.С., 2018)

Авторы определяют алгоритм взаимодействия методов и способов при создании и моделировании геоизображений.

Основные отличительные особенности ГК и ГИС содержатся в системах хранения, обработки и вывода информации. Они связаны в первую очередь с содержанием базы данных (далее БД) и набором специализированных программ для моделирования, анализа и отображения информации. Цифровая картографическая информация организуется в картографические БД, которые представляют собой систематизированное множество цифровых карт. Такие карты являются цифровыми моделями, созданными путем цифрования картографических источников, фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования,

цифровой регистрации данных полевых съемок или иным способом. Об основных понятиях и последовательности создания цифровых карт описано в учебном пособии Каргашина П.Е. «Основы цифровой картографии» (Каргашин П.Е., 2019). Особое внимание уделяется технологии проектирования цифровых карт, а также аспектам работы с геопространственными данными. Для реализации работ по цифровой картографии используется программное обеспечение, на которое автор дает краткий обзор.

Л. Джордан (Джордан Л, 1997) в своей работе предполагает, что картой будущего станет Разумное Изображение (Intelligent Image). Это будет сложное изображение, синтезирующее информацию, которая будет собрана из разных источников в реальном масштабе времени. Пользователь будет работать с изображением в интерактивном режиме, а также сможет перемещаться по нему в любом направлении в различных измерениях. А использование глобальных позиционирующих систем позволят обеспечить качество, целостность и точность данных будут.

Многие процессы создания карт представлены в книге Краак М.-Я. и Ормелинг Ф. «Картография: визуализация геопространственных данных» (Краак М.-Я., Ормелинг Ф., 2005). Основанием для большинства идей послужила книга «Semiology of Graphics» (Bertin, J., 1983). Краак и Ормелинг рассматривают не только место карты и картографирования в геоинформационной среде, но также отмечают методы сбора данных, особенности картографической основы. Помимо этого, большое внимание в издании уделяется вопросам визуализации, а также и инструментариям программных пакетов и их функциям, необходимых для выполнения работ. Отдельно анализируется применение карт для целей исследовательской картографии.

Среди зарубежных источников о геоинформационном картографировании также стоит отметить книгу «How to lie with maps» Mark Monmonier. В издании рассматриваются вопросы создания и актуализации

карт, а также о применение онлайн-картирования и новых технологиях работы с цифровыми картами (Monmonier M., 2018). Интересна книга «Esri Map Book Volume 29», издательство Esri Press. Издание предлагает примеры того, как сообщество пользователей ГИС реализует различные идеи с помощью программного продукта ArcGIS для пространственно-ориентированного решения географических проблем (Esri Map Book, 2014).

Особое значение для геоинформационного картографирования и ГИС-технологий имеют вопросы создания специальных тематических карт. Статья Коноваловой Н. В. посвящена разработке принципов проектирования тематических карт и атласов, а также требований к картографированию (Коновалова Н. В, 2014). Рассматриваются темы улучшения представления и чтения картографических изображений. Особая роль отводится изучению ассоциаций и стереотипов мышления пользователя карты в процессе чтения.

Лайкин и Упоров (Лайкин В.И., Упоров, Г.А, 2010) рассматривают различные области применения ГИС, количество которых постоянно растет. В список входит управление земельными ресурсами, геология, инженерные изыскания в строительстве, тематическое картографирование, сельское хозяйство и многое другое. ГИС-технологии выступают инструментом для управления информацией любого типа с точки зрения ее пространственного местоположения.

Следует отметить также важность методов географической индикации при комплексных географических исследованиях. Например, ландшафтно-индикационные методы эффективны при картографировании почв и ландшафтов (Серапинас Б. Б., Прохорова Е. А., 2018), оценке качества фунтовых вод и изменений климата и др. Системные географические произведения и ГИС имеют различную тематику, пространственный охват и назначение. Общая структура ГИС, отдельных блоков и слоев информации во многом повторяет структуру получаемых картографических произведений.

Основные принципы геоэкологического картографирования территории региона представлены в статье Заиканова В.Г., Минаковой Т. Б. и Булдакова Е. В. (Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., 2006). В данном опыте итогом работ является полноценный комплект карт. На основе геоинформационных программных пакетов осуществляется геоэкологическое картографирование, которое в дальнейшем используется при оценке состояния геосистем и региональном планировании природопользования.

Тикунов В.С., Ротанова И.Н., Ефремов Г.А. и др. в своей работе (Тикунов В.С, 2016) освещают вопросы создания международного Атласа Большого Алтая. В статье рассматриваются новые подходы в атласном геоинформационном картографировании. Атлас планируется как интегрированная веб-ГИС (ГИС-портал), состоящая из локальных атласов.

Комплексные географические исследования подразумевают всестороннее изучение генезиса, современного состояния и тенденций развития геосистем. Географическое моделирование неотрывно от методов районирования, структурного анализа и т.д. Географическая интерполяция и экстраполяция позволяют продолжать выявленные закономерности в будущее время, на неизвестную территорию или на неизученный объект (Алаев Э.Б., 1983). Для решения подобных задач использую самые разные методы геоинформационного картографирования.

В статье «Геоинформационное картографирование динамики урбогенеза» (Зимовец П.А., 2016) представлены результаты оценки динамики площади жилой и промышленной застройки в городе Волжском. Последовательное составление «карт различий» для серии пар снимков 1950-1980-х гг., 1980-1990-х гг. и 1990-2000-х гг. позволило получить количественные характеристики тренда роста застройки в г. Волжском. Полученная цифровая карта пространственной динамики городской территории позволила установить основные тенденции в развитии процессов урбогенеза.

Геоинформационное картографирование развивается и в направлении оперативного картографирования. В практических ситуациях оперативное изготовление карт становится важным условием выполнения задачи. Такие оперативные картографические работы предназначены для решения широкого спектра проблем. Прежде всего, для предупреждения о неблагоприятных или опасных процессах, слежения за их развитием, составления прогнозов, а также выбора вариантов контроля (Берлянт А.М., 2002).

Оперативность изготовления карт, технические возможности ГИС необходимость визуализации результатов мониторинга динамики процессов или явлений стали важными факторами развития методов геоинформационного картографирования окружающей среды. Лурье И.К. приводит 2 эффективных метода отображения динамики геосистем: анимационное картографирование и виртуальные изображения (Лурье И.К., 2008). Важным остается направление моделирования процессов, эффективность которого очень высока, и связана, в первую очередь, необходимостью создания банков данных.

ГИС-технологии являются средством развития просвещения. В.Г. Капустин в своей статье (Капустин В.Г., 2009) рассматривает важность ГИС для географического образования, которое определяется функциональными возможностями. Геоинформационное картографирование позволяет упрощать процесс проведения картометрических операций, а также обеспечить визуализацию любых данных. Автор подчеркивает высокий образовательный потенциал ГИС-технологий.

Бешенцев А.Н. в статье представляет результаты исследования территориальных социально-экономических систем. Автор описывает методику мониторинга территориальных социально-экономических систем и происходящих в них процессов на базе геоинформационной технологии, а также разрабатывает систему территориально-административных уровней для геоинформационного мониторинга и картографирования социально-

экономических процессов исследуемой территории. По итогу составлена серия инвентаризационных и аналитических карт динамики социально-экономических процессов. Выполнен краткий анализ демографической ситуации (Бешенцев А.Н., 2019).

Оценка миграционной ситуации и процессов проводила Юнусова А.Б. Автор считает, что оценка не будет неполной без актуальной информации и визуального представления данных. Исследование миграций предполагает использование ГИС в качестве инструмента оценки на основе картографирования пространственных и статистических данных, создания визуальных представлений об основных тенденциях миграций, пространственного анализа баз данных. При этом пространственные данные могут быть многомерными, отражая миграционные процессы в динамике. ГИС как инструмент предусматривает операции ввода, экспорта, импорта, обмена, предобработки, обработки, анализа, вывода, визуализации и т.п., включаемых в состав функциональных возможностей ГИС (Юнусова А.Б., 2016).

Геоинформационное картографирование аккумулирует достижения дистанционного зондирования, космического картографирования, картографического метода исследования и математико-картографического моделирования. В своем развитии геоинформационное картографирование использует опыт комплексных географических исследований и системного тематического картографирования. Благодаря этому в конце XX в. геоинформационное картографирование стало одним из магистральных направлений развития картографической науки и производства.

## **1.2. Применение ArcGIS в современной картографии**

Современная тенденция геоинформационного картографирования проявляется в использовании ГИС-пакетов, а также распространенных графических пакетов программ, что снимает необходимость создания

специализированных систем ГК. Чаще это понятие применяют, когда стоит задача создания компьютерной карты в традиционном виде и наличие устройств вывода такой.

Геоинформационные системы с развитием интернет-технологий приобретают большое значение, как для личного пользования, так и для предприятий большого масштаба. При этом ГИС сейчас обеспечиваются современными программными средствами. ГИС системы обладают рядом преимуществ: большой аналитический ресурс, множество инструментов для обработки и использования данных, значительная экономия временных, денежных затрат, изучение геопространственных сведений и многое другое (<https://www.zwsoft.ru/stati/>).

В настоящее время существуют сотни отечественных и зарубежных разработок программных средств, которые отвечают большей части этих критериев. Большая часть программного обеспечения не является одной из подсистем в чистом виде. Сегодня имеется огромное количество программных продуктов, которые доступны на любой аппаратной платформе. Эти продукты, в основном, можно разделить на два "лагеря": высококачественные профессиональные ГИС (high-end) и пакеты настольного картографирования некоторыми функциями ГИС.

Первые отличает большая мощность, полный функциональный набор инструментов. Они обеспечивают все функции, какие требуются для большинства приложений. Вторые составляют основную массу разработок на рынке ГИС программ в последние несколько лет. Это так называемые пакеты настольного картографирования ГИС, которые имеют не так много функций и изначально разрабатывались для простого анализа и вывода карт и графиков (<https://studopedia.su/>).

Одной из полнофункциональных ГИС-систем, имеющих совершенные средства для создания карт, является ARCGIS компании ESRI. Это программное обеспечение для построения ГИС любого уровня, позволяет использовать географическую информацию для проведения

анализа, лучшего понимания данных и принятия более информированных решений.

ArcGIS представляет собой полную систему, которая позволяет собирать, организовывать, управлять, анализировать, обмениваться и распределять географическую информацию. Платформа позволяет публиковать географическую информацию для доступа и использования любыми пользователями. ArcGIS это также и инфраструктура для создания карт и географической информации, доступной между сообществами пользователей, а также в сети Интернет для широкого доступа.

Семейство продуктов ArcGIS подразделяется на настольные и серверные. Основные продукты настольной линейки – ArcView, ArcEditor, ArcInfo, где каждый последующий включает функциональные возможности предыдущего. Основной серверный продукт – ArcGIS for Server, предназначен для многопользовательских геоинформационных проектов с централизованным хранилищем и неограниченным числом рабочих мест, публикации интерактивных карт в Интернете.

ArcGIS применяют в большом диапазоне приложений, включая планирование, анализ, управление имуществом, ознакомление с операциями, работа на площадке. Семейство продуктов ArcGIS используют для решения различных задач, управления данными, принятия лучших решения и планирования, моделирования и управления изменениями и многое другое (<https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/>).

## **Глава 2. Картографирование демографических процессов**

### **2.1. Демографические процессы и методы их исследования**

Важнейшую роль в развитии общества играют демографические процессы. Это связано не только с тем, что необходимым условием существования и развития общества является процесс воспроизводства людей, но и с тем, что многие социальные и политические процессы определяются изменениями в составе населения, т. е. демографическими процессами.

В узком смысле, демография – это статистика населения, изучающая состав, структуру населения (по полу, возрасту, занятиям и т. п.) и его движение, определяемое рожденьями, смертями и перемещениями (миграцией). В широком смысле, демография – это система наук о населении, изучающих помимо статистики теорию народонаселения (общие закономерности развития населения) и демографическую политику.

Демографические процессы – это процессы изменения численности, состава и структуры населения, изменения его территориального распределения. Основными факторами, определяющими численную и возрастную структуру населения в современном мире, являются рождаемость, смертность и миграция.

Демографические процессы приводят к:

- приросту населения за счет изменения одного или нескольких показателей – рост рождаемости, низкая смертность и иммиграции;
- убыли населения, определяется снижением рождаемости, ростом смертности, эмиграцией.

Классификация демографических процессов представлена на рисунке 1.



Рис.1. Классификация демографических процессов

Вопросы, связанные с населением, всегда интересовали людей. На эти и многие другие вопросы демографического развития населения Земли даются ответы в учебнике «География населения с основами демографии» (Анохин А.А., 2015). В нем в доступной форме изложены основные понятия и термины географии населения, охватывающие всю совокупность демографических процессов, рассмотрены источники сведений о населении, история демографических исследований в России и в мире.

В учебнике (Борисов В.А., 2018) Борисова В. А. широко представлены данные социолого-демографических исследований, переписей населения, статистической отчетности, результаты прогнозов. В пособии представлена подробная статистическая информация по современным тенденциям воспроизводства населения – фактически это справочное издание, позволяющее найти необходимые цифры по брачности, разводимости, рождаемости, смертности и другим демографическим процессам.

В учебном пособии (Бутов В.И., 2016), подготовленном профессором В. И. Бутовым, рассматриваются наиболее актуальные демографические процессы, происходящие в зарубежном мире и России. Автор представил комплексное исследование, в котором дан ряд важных законодательных документов и статистических таблиц, относящихся к проблемам народонаселения.

Федоров Г. М. в своей статье (Федоров Г.М., 2014) рассматривает возникновение, развитие и современное состояние исследований геодемографической обстановки в СССР и РФ. Автор отмечает недостаточную изученность проблемы и неполное использование возможностей геодемографических исследований в регулировании регионального развития.

Основная цель работы показать важность геодемографической составляющей комплексных исследований региона для нужд регионального стратегического планирования и программирования, особенности геодемографической типологии субъектов РФ. В процессе исследования на основе кластерного подхода выделены типы регионов РФ по особенностям естественного и миграционного движения населения; оценены взаимные корреляционные связи демографических, экономико-, социально-, расселенческо-демографических и др. показателей и перечислены принципиальные возможности регулирования геодемографической обстановки в зависимости от типологических особенностей регионов (Федоров Г. М., 2014).

В пособии Верещагиной А. В. (Верещагина А. В., 2018) представлены ключевые проблемы демографической науки и формирование представления о том, что представляет демографическое изучение общества. В пособии освещены следующие темы: демография в системе научного знания, история демографии, демографические процессы, миграционные процессы в современной России, демографическая политика и ее особенности в России.

Многое в биологии можно понять с точки зрения демографии. Это демографические процессы рождения и смерти, которые определяют темпы роста населения и темпы изменения частот генов. Однако анализ демографических процессов у свободноживущих организмов далеко не прост.

Монография «Modeling Demographic Processes in Marked Populations» представляет собой моментальный снимок развивающейся области. Всего в нем одиннадцать разделов, охватывающих важнейшие биологические и статистические рубежи, новые разработки программного обеспечения. Монография охватывает новейшие подходы к моделированию динамики популяции, также в ней рассматриваются вопросы оценки численности и перемещения (David L. Thomson, 2009).

Международные справочники по народонаселению предлагают актуальные научные обзоры и источники информации по основным предметным областям и вопросам демографии и народонаселения. Например, в книге «International Handbook on Gender and Demographic Processes» исследуются темы, представляющие жизненно важный интерес. Это старение населения, смертность, демография сельских районов, бедность, семейная демография, и т.д. (Jan Brunson, 2018).

Christine Leuenberger и Izhak Schnell в своей работе (Christine Leuenberger, 2020) прослеживают, как географические науки переплелись с политикой, территориальными претензиями и государственным строительством в Израиле/Палестине. В частности, основное внимание уделяется истории географических наук до и после создания государства Израиль, а также тому, как геодезия, картографирование и обозначение новой территории стали важной частью его создания.

В монографии приводится яркий пример того, как карты служили для пробуждения чувства национальной идентичности, облегчили государству способность управлять и помогли очертить территорию. Помимо геополитических функций карт для построения национального государства, они также стали оружием в войнах карт.

## **2.2. Картографирование демографических процессов**

### **2.2.1. История картографирования демографических процессов**

Социально-экономическое картографирование базируется на исследованиях взаимоотношения человека и его среды обитания. Карты населения – обязательный атрибут вводного раздела любого тематического атласа. Картографирование различных характеристик населения рекомендуется составлять при комплексном картографировании регионов.

Все аспекты изучения населения отображаются на картах. Тематика очень разнообразна: расселение, структура и динамика, миграции и др. В тематическом аспекте классифицируются карты в пять групп: карты размещения населения и расселения; карты демографических характеристик населения; карты социально-экономических характеристик; этнографические карты и карты экологических характеристик населения.

Основные направления картографического изучения населения сложились в середине XIX–начале 50-х гг. XX в. С тех пор картографирование населения прошло путь от построения первых математически обоснованных таблиц смертности-дожития (Л. Эйлер) до формирования основных принципов создания демографических карт.

Среди карт размещения населения и расселения самыми известными к началу XX в. были «Дазиметрическая карта Европейской России» Семенова-Тян-Шанского В.П. (1923-1927 г.) масштаба 1:420 000, которая показала характеристику населения способом ареалов (рис.2). Исторически термин связан лишь с одной из своих методических разновидностей.

Стоит упомянуть и «Обзорную карту плотности населения СССР» Каменецкого В.А. (1929 г.) масштаба 1:10 000 000, составленная по материалам переписи 1926 г (рис.3). Способ картограммы на данной карте – основной способ изображения для плотности сельского населения; шкала при этом используется переломная. «Карта населения СССР» В. П. Коровицына (1963 г.) масштаба 1:4 000 000 отражает плотность сельского населения, которая рассчитана на единицу площади (на км<sup>2</sup>). Также на карте даны контуры ареалов плотности сельского населения.

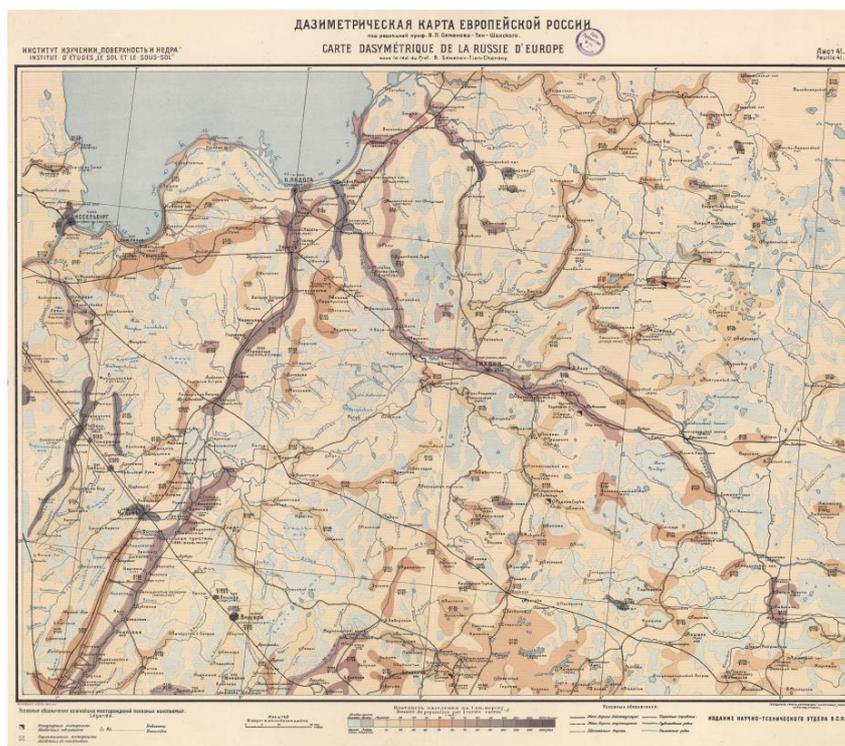


Рис.2. Дазиметрическая карта Европейской России (<https://rusneb.ru/>)

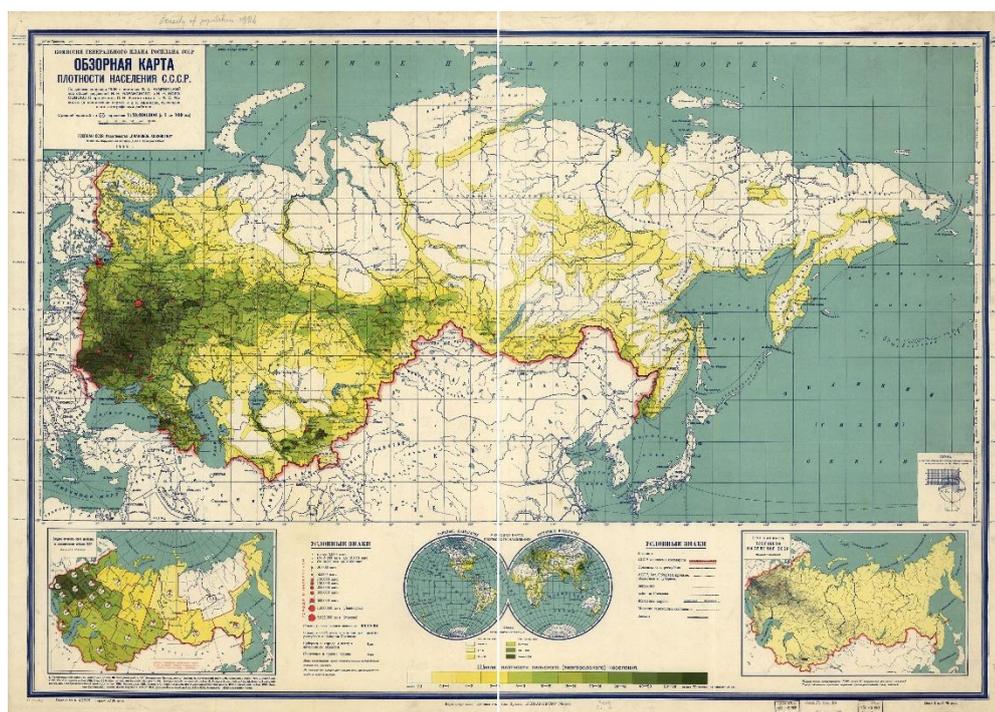


Рис.3. Обзорная карта плотности населения СССР  
 (<http://mapinmap.ru/archives/8688>)

Базовым произведением в картографировании населения можно назвать «Карту населения СССР» (1977 г.) в масштабе 1:2 500 000. Карта составлена по материалам переписи 1970 г. Она отражает размещение

населения не только по методу людности поселений, но и по плотности сельского населения. Деление производится по административным районам. Людность постоянных поселений дана в шкале, близкой к абсолютной.

На географическом факультете МГУ составлена «Карта населения СССР» в масштабе 1:4 000 000 для высшей школы. Составители карты Евтеев О. А., Ковалев С. А., Котлова З. Ф.; опубликована в 1986 г. Карта дает достаточно современное представление о географии населения: она показывает людность городских поселений. Помимо этого, показана плотность сельского населения, рассчитанная на 1 км<sup>2</sup>. Ареалы расселения выделены обводкой постоянных поселений с учетом географической ситуации: рельефа, гидрографии, путей сообщения (<https://bookonline.ru/lecture/>).

### **2.2.2. Современное картографирование демографических процессов**

Одним из важнейших объектов социально-экономического картографирования является население. На картах оно рассматривается как основной компонент и преобразующая сила географической оболочки, производитель, а также главный потребитель разнообразной материальной и духовной продукции.

Население, как самостоятельный объект картографирования, представляет собой данные о совокупности людей, которые проживают в определенное время на определенной территории. Поэтому, составление карт населения или карт демографических процессов имеет ряд индивидуальных особенностей. Одной из таких особенностей является географическая дискретность, то есть приуроченность размещения населения к сети населенных пунктов. Следующая особенность – это отсутствие явной выраженности явления при картографировании, а также его характеристик на местности. И третья, не менее важная особенность,

заключается в создании карт населения преимущественно по статистическим данным.

ГИС-технология обеспечивает решение важнейшей задачи социально-демографического мониторинга – отслеживание пространственных закономерностей поведения населения, знание которых позволяет разрабатывать и реализовывать на практике адекватную региональную социально-экономическую политику.

В качестве примера можно привести социально-демографическую ГИС Германии, в которой Мониторинговые задачи решаются на базе автоматизации сбора, обработки и картографирования обширной социально-экономической и демографической информации в разрезе всех административно-территориальных единиц страны. В Великобритании создана и функционирует национальная ГИС, предназначенная для мониторинга размещения трудовых ресурсов, изучения миграции населения и анализа рынка рабочей силы.

Самым важным этапом картографирования демографических показателей является выбор способа картографического изображения и определение картографической классификации объектов. Отличительной чертой геоинформационного картографирования населения в разрезе административно-территориальных единиц является визуализация атрибутивной информации в связи с тем, что картографируются не сами объекты, а их свойства.

Большой интерес с точки зрения картографической визуализации данных представляет «Атлас населения Словакии» (Зозуля П. В, 2016). В нем помимо традиционных способов изображения, используется множество способов, несвойственных для отображения социально-экономических показателей. Данное картографическое произведение является одним из ярких примеров систематизации результатов демографического картографирования.

Традиционные и современные методы картографирования социальных и демографических процессов представлены в статье «Картографирование демографических процессов: традиции и современность» Бажукова Н.В., 2020). Авторы раскрывают методику многофакторного анализа геодемографической ситуации, выявляют территориальные особенности, на основе которых проводится типология субъектов Российской Федерации.

В статье подчеркнута необходимость использования разнообразных методов картографирования и моделирования, а также перехода от нанесения на карту единичных количественных демографических показателей к отображению системы качественных характеристик и индикаторов формирования геодемографической ситуации.

Карты могут быть использованы для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов в России. Об этом пишет в своей работе Тимонин С.А., который рассматривает вопросы, связанные с возможностью применения картографического метода для изучения демографических процессов в России. В статье также сформулировано определение карт демографических характеристик населения, описаны используемые методики создания комплексных и синтетических карт путем построения легенд табличного типа, разработки интегральных индексов и оценочных классификаций (Тимонин С.А., 2010).

### **2.2.3. Методы картографирования демографических процессов**

Демографические особенности населения образует целая группа показателей: пол и возраст, семейное состояние, естественная динамика населения (рождаемость и смертность), механическое движение (миграции). Для каждого показателя на картах используются различные методы картографирования.

Так, на картах структуры населения по полу и возрасту чаще всего используются половозрастные пирамиды. Они строятся в абсолютном исчислении населения по процентному соотношению возрастных групп. Пирамида, используемая как значковый способ, может показать индивидуальную характеристику городских и сельских поселений. А способом картодиаграмм – обобщенную территориальную характеристику, при условии того, что пирамида относится ко всему району.

Значковым способом по населенным пунктам отображаются абсолютные или относительные показатели. Например, состав населения по семейному состоянию и размеру сетей. Эти характеристики также могут отражаться картограммами и картодиаграммами, если показатели представлены по территориальным единицам. В зарубежных картах и атласах довольно часто способом картограмм показывается число лиц, состоящих в браке, разведённых или вдовых.

Естественный прирост населения картографируется, как правило, в свободной форме. Он представляет собой разность рождаемости и смертности, которая измеряется в абсолютных и относительных показателях. Картографирование может строиться по территориальным единицам или по населенным пунктам. Общая картина естественного движения создается значками, ареалами, качественным фоном.

Одно из центральных мест в картографировании демографических процессов занимает перемещение людей (миграции). На картах миграционные потоки показываются за разные промежутки времени: в течении лет, сезонов, суток. Картографирование может быть по числу прибывших и выбывших, в рамках исследуемой территории и за ее пределами. Для характеристики миграции используются и сложные показатели, например, коэффициент миграционного прироста или сальдо миграции.

Если в миграционном процессе принимает участие небольшое количество людей, то используется другой показатель – нетто-миграция. На

картах он обычно показывается способом картодиаграмм или способом значков. Довольно часто в атласах встречается картографирование естественного и механического движения населения. Способом картограмм может быть показано отношение естественного прироста к миграционному. Иногда показателем может быть соотношение, например, во сколько раз изменилось численность населения за некоторый промежуток времени.

Наибольший интерес представляют карты, в которых используются знаки движения для миграционных потоков. Он обычно применяется в школьных атласах. Стрелки постоянной толщины показывают начальный и конечный пункты перемещения населения. Масштабные стрелки на картах и картосхемах часто представлены в сети Интернет. Они имеют достаточно простое содержание и характеризуют перемещение населения в историческом аспекте.

Оценка демографической ситуации невозможна без анализа и отражения ее в динамике. С помощью картограмм можно показать типы регионов по значимости процессов движения численности населения (Прохорова Е.А., 2010).

### **Глава 3. Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области**

#### **3.1. Сбор и обработка исходных материалов**

##### **3.1.1. Статистические данные**

Демографическая характеристика является одной из основных характеристик населения. Для оценки и прогноза демографических процессов необходимо иметь корректные исходные данные. В демографии такими являются данные статистики, которые представляют собой значения по основным демографическим показателям. Демографические показатели же в свою очередь представляют собой систему статистических данных.

Для работы было необходимо выбрать статистические данные, которые отвечали бы исходным запросам исследования: достоверность источника, корректность информации, определенные демографические показатели, доступность получаемых данных и некоторые другие. Стоит отметить, что в ходе работы количество данных сократилось, поскольку не все они отвечали необходимым запросам. Поэтому, были отобраны основные абсолютные демографические показатели: общая численность населения, механический прирост населения, миграционное сальдо, половой состав.

Отбор информации начался с определения источников. Наиболее достоверным каналом получения информации о демографических процессах Ленинградской области стало Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области «Петростат». «Петростат» является территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Он осуществляет государственный статистический учёт на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

«Петростат» как государственный орган представляет собой организованное предприятие, включающее ряд отделов государственной статистики 8 административных районов. Согласно электронному ресурсу, в настоящее время «Петростат» объединяет в себе 22 отдела центрального аппарата, а также 3 отдела государственной статистики (включая представителей отделов в районах) Санкт-Петербурга и 13 отделов государственной статистики (включая представителей отделов в районах) Ленинградской области.

Отдельно стоит отметить «коллекцию» данных, представленных в управлении. Всего, в каталоге официальных статистических изданий Петростата представлено 133 наименования, в число которых включено 23 сборника, 4 буклета, 5 докладов, 24 бюллетени, 104 экспресс-информации. По данным на 1 января 2016 в статистическом регистре было учтено 375,0 тыс. единиц субъектов экономики по Санкт-Петербургу, из которых 38,3 тысячи – по Ленинградской области. Большую часть изданий доступна на сайте бесплатно, однако часть экономико-статистической информации «Петростат» предоставляет за деньги (<https://petrostat.gks.ru/>).

Статистику по демографическим показателям можно получить на электронном ресурсе Петростата в разделе «Население». На сегодняшний день в электронном формате лишь небольшая часть информации. Во-первых, это методологические пояснения, касательно понятий, входящих в состав демографических показателей. Во-вторых, это сама статистическая оперативная информация, представленная следующим документом «Численность постоянного населения в разрезе муниципальных образований Ленинградской области по состоянию...» за разные периоды времени: с 2018 года по 2021 год.

Данные представляют собой выдержки из «Письма Петростата о согласовании бланков служебных документов». Это небольшой документ с основной информацией о численности населения в разрезе муниципальных образований. Вся численность разбита на 3 графы: все население, городское

и сельское. Численность также поделена по районам, городам, городским поселениям (в т.ч. поселки городского типа) и сельским поселениям.

В таблице 1 представлен фрагмент таблицы «Численность постоянного населения Ленинградской области в разрезе муниципальных образований по состоянию на 1 января 2020 года».

Таблица 1

Фрагмент таблицы

Численность постоянного населения Ленинградской области в разрезе муниципальных образований по состоянию на 1 января 2020 года (<https://petrostat.gks.ru/>)

Территория	Все население	в том числе:	
		городское	сельское
Ленинградская область	1875872	1260249	615623
Бокситогорский муниципальный район	48625	38028	10597
г. Бокситогорск	15091	15091	--
Волосовский муниципальный район	51778	11828	39950
г. Волосово	11828	11828	--
Волховский муниципальный район	88198	64617	23581
г. Волхов	44256	44256	--

В разделе «Публикации» представлены электронные формы публикации. Так, на сайте «Петростат» представлен статистический бюллетень «Численность и миграция населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2018 году», в котором содержится информации о численности и миграции населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Согласно методологическому пояснению, данные о миграции были получены в результате разработки документов статистического учета прибытий и выбытий, которые поступали от Управления по вопросам миграции ГУ МВД России по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. При регистрации и снятии с регистрационного учета населения

составляются листки статистического учета мигрантов, как по месту жительства, так и при регистрации по месту пребывания.

Наиболее интересным разделом для исследования является «Ленинградская область» и подразделы о численности населения и миграционном приросте. Так, таблица «Итоги миграции населения по муниципальным районам» (таблица 2) содержит информацию о количестве выбывших и прибывших человек, а также миграционном приросте за 2018 и 2019 года. Данные разделены по муниципальным районам Ленинградской области.

Таблица 2

Фрагмент таблицы

Итоги миграции населения по муниципальным районам (<https://petrostat.gks.ru/>)

	2018			2019		
	число прибывших, чел	число выбывших, чел	миграционный прирост, снижение (-), чел	число прибывших, чел	число выбывших, чел	миграционный прирост, снижение (-), чел
Ленинградская область	124177	80436	80436	114462	76581	37881
в том числе: муниципальные районы						
Бокситогорский	2380	2566	-186	2303	2402	-99
Волосовский	2659	2361	298	2695	2298	397
Волховский	2481	2881	-400	2414	2587	-173
Всеволожский	64301	20117	44184	63356	23637	39719

По данным было произведено построение диаграммы (рис.4) для наглядности представления информации.

Для исследования большое значение имеет статистическая информация о площадях сельскохозяйственных угодий. Так, одной из задач, решаемых в ходе исследования, является выявление взаимосвязи между изменением численности сельского населения и площадей сельскохозяйственных угодий. Корреляция позволит проследить наличие или отсутствие отношений между данными.

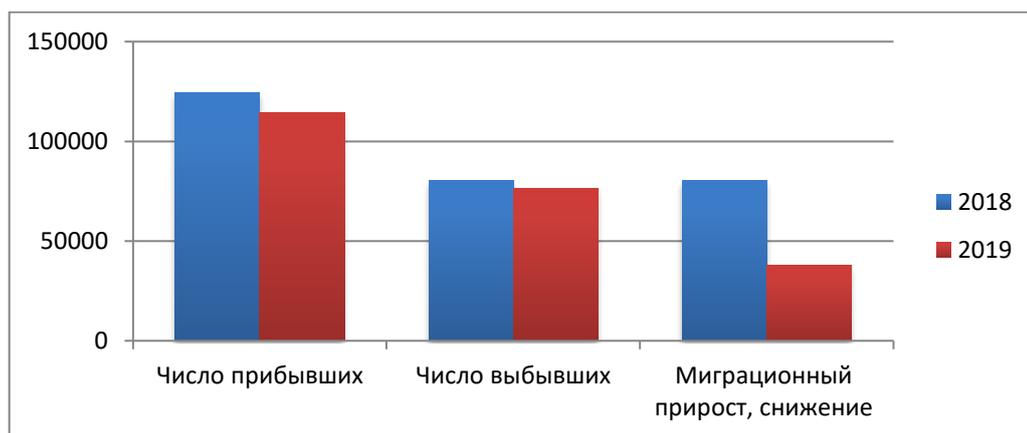


Рис.4. Итоги миграции населения в Ленинградской области с 2018 года по 2019 год

Поскольку определение площадей сельскохозяйственных угодий производилось автоматизированным способом при дешифрировании данных дистанционного зондирования Земли, то необходимо было проверить полученные данные. Поэтому, дальнейшее использование данных заключалось в сравнении статистической информации из органа государственной статистики и информации, получаемой при исследовании территории Ленинградской области по аэрокосмическим снимкам. Проведение такого рода сравнения важно для определения корректности автоматически получаемой информации с помощью компьютерных технологий, в частности геоинформационных систем.

На сайте Управления Федеральной службы государственной статистики «Петростат» также были получены «Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года» (Том 3. Земельные ресурсы и их использование). В томе представлены итоги о наличии и использовании земельных ресурсов в разрезе муниципальных районов и городских округов Ленинградской области. В сборнике содержатся данные об общей земельной площади, размере сельскохозяйственных угодий в сельскохозяйственных организациях, крестьянских хозяйствах и другие данные. В отдельном разделе размещены таблицы по структуре

сельскохозяйственных угодий в разрезе категорий хозяйств, земельной площади по видам использования в личных подсобных и других индивидуальных хозяйствах граждан и некоммерческих объединениях.

Наиболее важным для исследования являлся раздел «Наличие и использование земельных ресурсов», таблица «Площадь земель в хозяйствах всех категорий» (рис.5). Данные представлены не только в разрезе муниципальных образований, но также и по типу сельскохозяйственных угодий: пашни, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, залежи.

Для исследования были также необходимы статистические данные более старого периода времени, которые не представлены на сайте Петростата. Поэтому, произведен дополнительный поиск информации. Необходимые данные были получены с ресурса «Демоскоп Weekly».

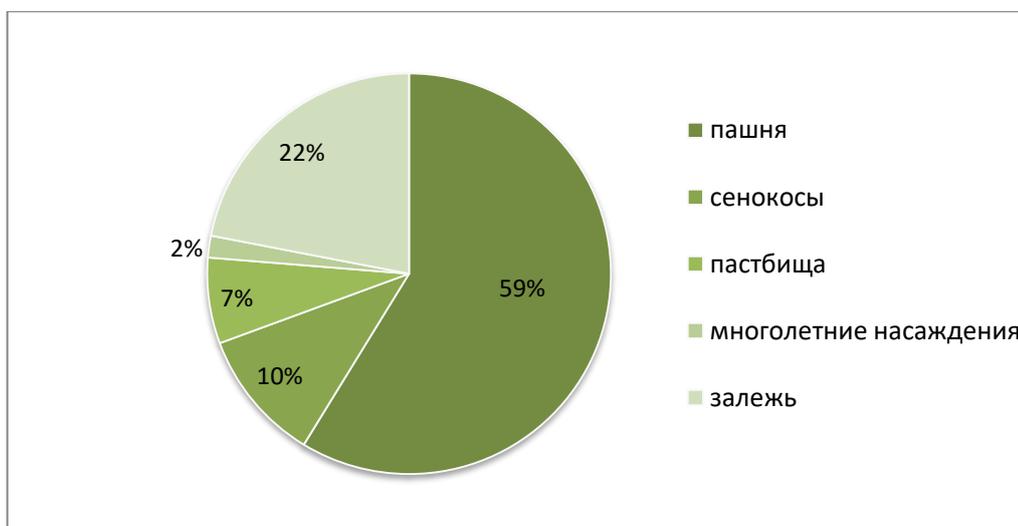


Рис.5. Площадь земель в хозяйствах всех категорий  
(на 1 июля 2016 года)

Ресурс «Демоскоп Weekly» представляет собой демографический электронный журнал, который публикуется два раза в месяц на русском языке в России, странах СНГ и Балтии. Журнал публикует информационные аналитические материалы по демографической ситуации, смертности,

рождаемости, миграции, здоровью, семье, занятости, уровню и образу жизни населения России и во всём мире.

Электронные выпуски журнала впервые появились 1 января 2001 года на базе журнала «Население и общество», издававшегося с октября 1994 года. С тех пор бюллетень издается при поддержке французского Национального института демографических исследований (ИНЕД). В работе над журналом принимают непосредственное участие сотрудники нескольких НИИ России и стран СНГ. В настоящее время основное участие в выпуске журнала принимает коллектив Института демографии НИУ «Высшая школа экономики» (<http://www.demoscope.ru/>).

В исследование демографических процессов включались данные всесоюзной переписи населения, как наиболее достоверные. Первая Всесоюзная перепись населения была проведёна по состоянию в декабре 1926 года. В ходе переписи учитывалось наличное население (по личным листкам), а в городах семейная карта давала возможность получить сведения и по постоянному населению.

Программа переписи включала 14 признаков: пол; возраст; народность; родной язык; место рождения; продолжительность проживания в месте переписи; брачное состояние; грамотность; физические недостатки; психическое здоровье; занятие (с выделением главного и побочного); положение в занятии и отрасль труда; для безработных — продолжительность безработицы и прежнее занятие; источник средств существования (для не имеющих занятия). В семейной карте учитывался состав семьи с выделением супружеских пар и их детей, продолжительность брака и жилищные условия.

В ходе исследования нами были определены временные промежутки, необходимые для работы. Так, в первую очередь были получены данные переписи населения 1989 года «Численность населения СССР, РСФСР и ее территориальных единиц по полу» (таблица 3). По данным было

произведено построение диаграммы (рис.6) В дальнейшем, были также добавлены данные за 2002 и 2010 года.

Таблица 3

Фрагмент таблицы

Всесоюзная перепись населения 1989 г.

Численность населения СССР, РСФСР и ее территориальных единиц по полу»

(<http://www.demoscope.ru/>)

Территория	Городское и сельское население			Городское население			Сельское население		
	оба пола	мужчины	женщины	оба пола	мужчины	женщины	оба пола	мужчины	женщины
Ленинградская область	1661173	767288	893885	1095181	503659	591522	565992	263629	302363
г. Бокситогорск	21839	10109	11730	21839	10109	11730	--	--	--
г. Волхов	50325	23064	27261	50325	23064	27261	--	--	--
Всеволожский горсовет	32230	13912	18318	31946	13796	18150	284	116	168
Гатчинский горсовет	80375	36077	44298	79714	35801	43913	661	276	385
г. Кингисепп	49954	23138	26816	49954	23138	26816	--	--	--
г. Кириши	53014	24027	28987	53014	24027	28987	--	--	--
г. Кировск	23655	10624	13031	23655	10624	13031	--	--	--
г. Лодейное Поле	26718	12635	14083	26718	12635	14083	--	--	--

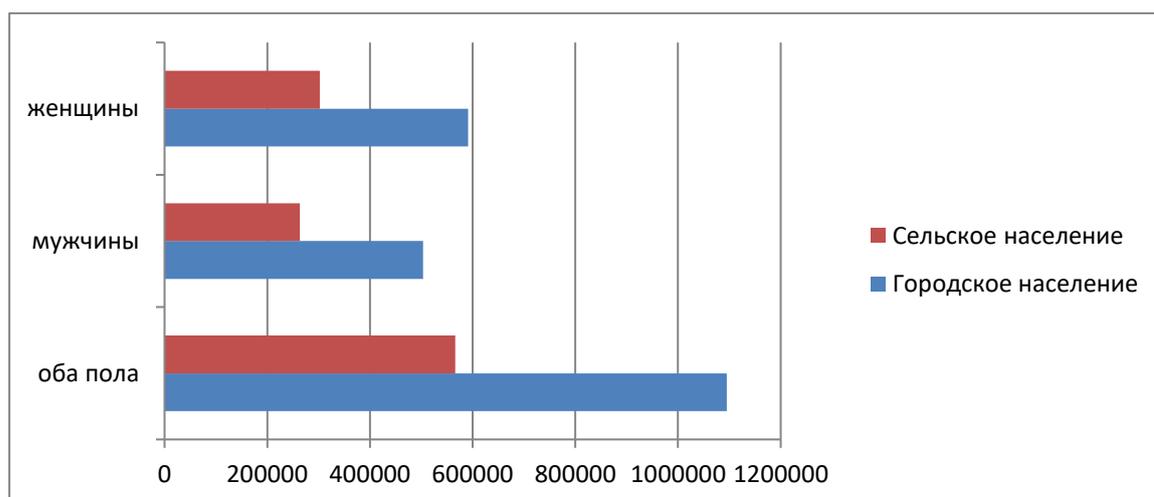


Рис.6. Численность населения в Ленинградской области по полу в 1989 году

Обуславливается выбор таких временных промежутков рядом причин. Во-первых, необходимы были данные периода 90х годов XX века. Первостепенной задачей стояло изучение демографических изменений с момента распада советского союза (как наиболее яркого события в истории России) и в настоящее время. Современные данные были получены ранее с сайта «Петростат».

Дальнейшая работа заключалась в формировании базы данных. На первом этапе все данные были подготовлены в виде таблиц Excel. Такое решение было обусловлено легкостью представления информации, удобством использования, хранения, а также дальнейшей конвертации. Так, на втором этапе таблицы были импортированы в базу геоданных ГИС (далее БД). В основу легла база геоданных, созданная в программном продукте ArcGIS. Его базовое приложение «ArcMap» версии 10.2. Платформа предназначена для работы с географической информацией, например, с анализом данных или их визуализацией.

В ArcGIS база геоданных – это набор географических наборов данных различных типов, хранящихся в общей папке файловой системы. База геоданных – это «родная» для ArcGIS структура данных; она является основным форматом данных, используемым для редактирования и управления данными

Для каждого типа данных создавался пространственный класс, содержащий информацию об отдельных пространственных объектах – районах Ленинградской области. Импортированные таблицы соединялись при помощи атрибутов с исходными слоями для дальнейшей работы (рис.7). Такой способ загрузки данных ускоряет процесс обработки информации и уменьшает вероятность появления ошибок.

	name	Прибывшие	Убывшие	Миграц прирост
	Бокситогорский район	2433	2279	-186
	Волосовский район	2632	2576	298
	Волховский район	2604	3052	-400
	Всеволожский район	44382	16460	44184
	Выборгский район	5224	5774	-440
	Гатчинский район	8924	8987	339
	Кингисеппский район	4333	3802	-2160
	Киришский район	1607	2456	1
	Кировский район	5138	3979	737
	Лодейнопольский район	969	1000	-155
	Ломоносовский район	5645	3201	2115

Рис.7. Фрагмент атрибутивной таблицы «Миграция»  
в программном обеспечении ArcMap

Проводя первоначальный анализ полученных данных, можно сделать вывод, что за последние 30 лет численность населения значительно выросла. Так, численность всего населения в Ленинградской области выросла на 13%. Большие изменения произошли в городской части, а вот количество сельского населения увеличилось незначительно (рис.8,9).

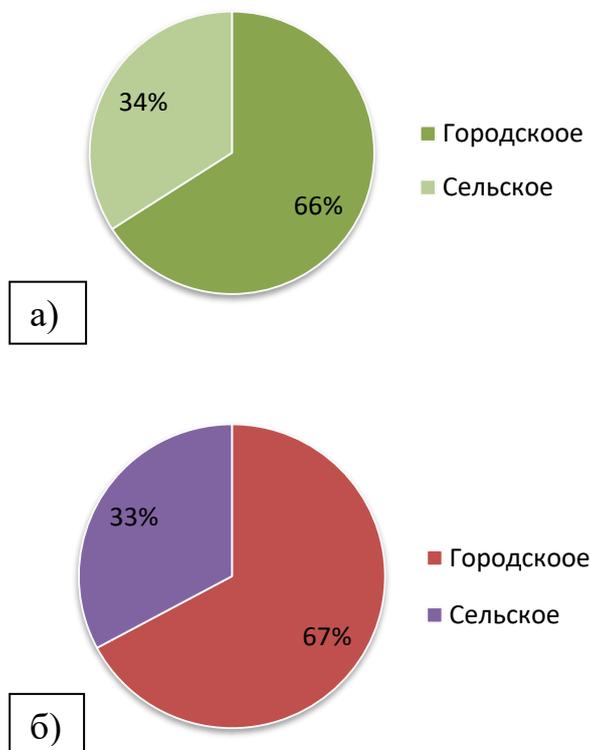


Рис.8. Численность населения по территориальным единицам:  
а) в 1989 году и б) в 2020 году

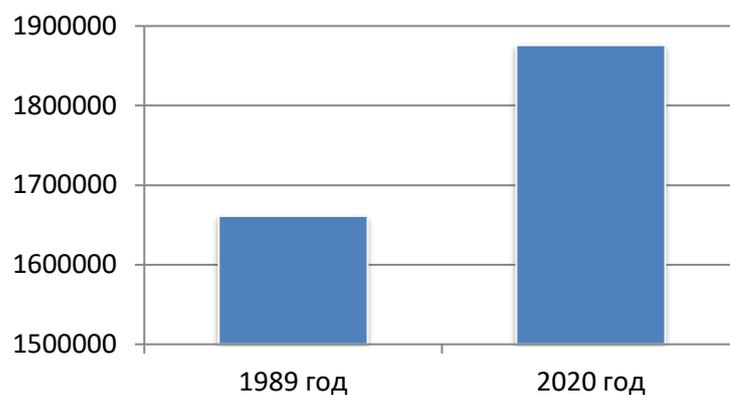


Рис.9. Численность населения в Ленинградской области

Подготовленная информация позволила дать первую оценку демографической ситуации в Ленинградской области в целом, и в отдельных районах в частности. Так, численность населения области выросла на 13% за последние 30 лет. Процентное соотношение сельского и городского населения практически не изменилось – 34% к 66% в 1989 году и 33% к 67% в 2020 году; городского населения значительно больше, чем сельского.

Использование дополнительных источников информации значительно повышает детальность изображения, а значит, и качество создаваемого картографического изображения. Поэтому, помимо статистических данных необходимо включать картографические данные, данные ДЗЗ и дорожной сети.

### 3.1.2. Картографические материалы

Любое исследование демографических процессов подразумевает использование картографического материала как источника информации. Это обуславливается удобством предоставления статистических данных. Несомненно, любое картографическое произведение должно быть не только понятным, но и корректным по своему содержанию, т.е. источники, которые легли в основу создания карты, должны быть достоверными.

В ходе исследования перед нами стал вопрос о необходимости изучения картографических материалов более раннего периода времени, чем предполагалось изначально. Такое решение было обусловлено тем, что для анализа демографических процессов в Ленинградской области стоит привлечь данные того периода, когда территория была образована. В случае с территорией исследования это период конца 1920 – начала 1930 годов, поскольку Ленинградская область как обособленный субъект была выделена в 1927. Данные того периода можно рассмотреть как отправную точку для исследования изменения демографических показателей во времени.

Подходящим картографическим материалом для исследования являлся Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года. Среди карт, представленных в атласе, наиболее интересны были карты населения, а также карт сельского хозяйства, антропогенной трансформации ландшафтов, дорожной сети.

Атлас Ленинградской области создан по инициативе Научно-исследовательского географо-экономического института (НИГЭИ) ЛГУ им. А. А. Жданова и Педагогического института имени А. И. Герцена, поддержанной Ленинградским обкомом КПСС, Облисполкомом, Географическим обществом Союза ССР и Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Основные работы по составлению Атласа выполнены НИГЭИ и фабрикой № 5.

Атлас является сводным картографическим трудом, в котором обобщен большой фактический материал по изучению природы, населения, хозяйства, культуры и истории области. Он содержит 125 многокрасочных карт и картограмм, сопровождаемых пояснительным текстом. Карты отображают успехи в развитии экономики и культуры Ленинградской области за 50 лет Советской власти. Значительное место в Атласе уделено истории Ленинграда и области, особенно революционному прошлому.

Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года дает полную характеристику природных условий и экономики области, имеющих в области сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов, состояние их использования к началу второй пятилетки и перспективы использования в ближайшем будущем. Экономические карты атласа составлены по отчетным данным на 1 января 1933 г., а естественно-исторические — по данным последних исследований. Каждая карта сопровождается дополнительными картограммами, картодиаграммами и пояснительным текстом.

В ходе подготовки картографических материалов производилось визуально-интерактивное дешифрирование подготовленных материалов. Для решения данной задачи был выбран программный продукт ArcGIS. Так, например, была проведена векторизация карты «Земельные угодия % под пашней» из Атласа Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года (рис.10).

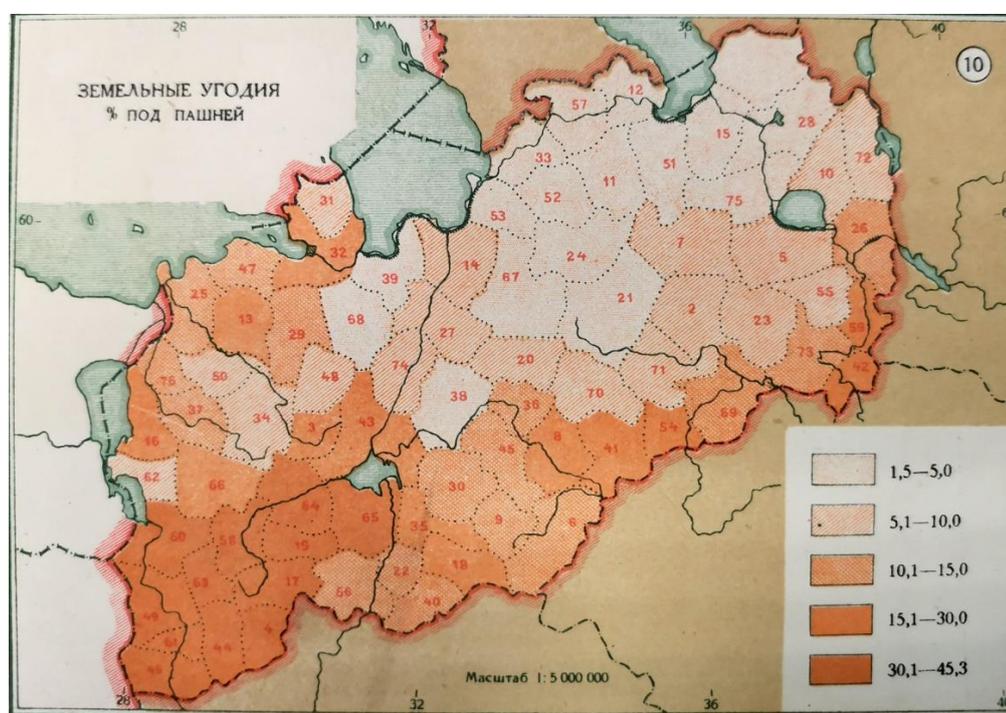


Рис.10. Земельные угодия % под пашней  
(Атлас Ленинградской области и Карельской АССР, 1934)

Привязка исходной карты осуществлялась с помощью инструмента «Пространственная привязка». Пространственная привязка растра довольно трудоемкий процесс, поскольку важно произвести корректное расположение карты в пространстве. При привязке карт 1934 года особое внимание уделялось границам Ленинградской области, т.к. во-первых, границы к настоящему моменту изменились, а во-вторых, размер картографического материала довольно мелкий, поэтому границы сильно генерализованны.

В последующем выполнялось дешифрирование всей карты (рис.11). В подготовленной базе данных создавался пространственный слой для каждого типа объектов и с помощью инструмента «редактирование» производилось векторизация.

Исходная таблица слоя дополнялась новыми столбцами, поэтому, помимо основных автоматически созданных («Fid», «Shape») добавился, например, столбец «Количество», для учета процента земельных угодий под пашней.

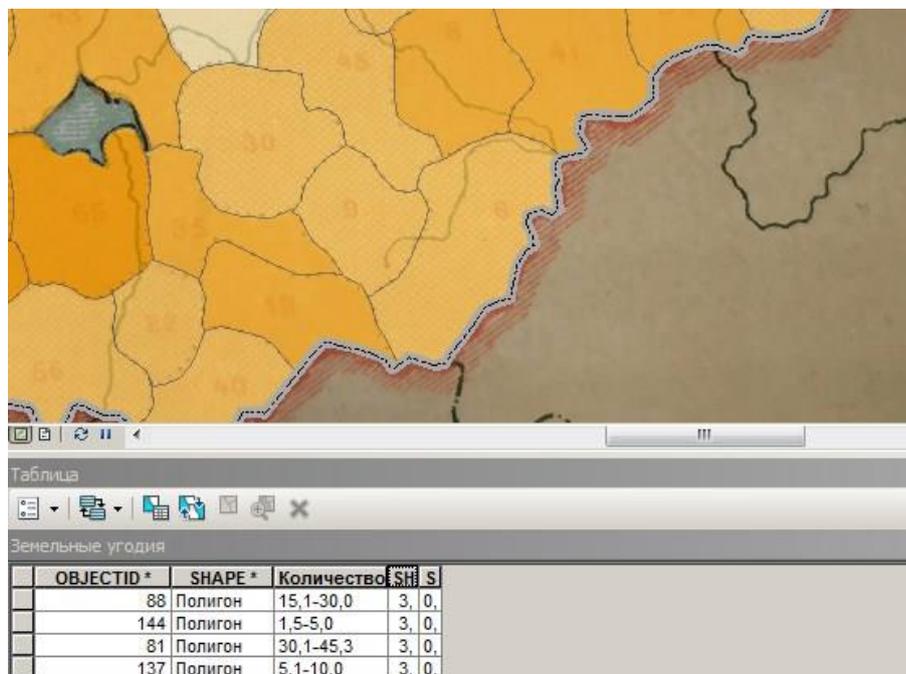


Рис.11. Фрагмент векторизованного изображения и атрибутивной таблицы

Помимо непосредственной векторизации картографических изображений для перевода в цифровой формат, проводился сбор статистических данных для дальнейшего анализа. Например, данные о численности населения из картографического материала были добавлены в ранее созданную таблицу базы геоданных со значениями, полученными из информационных бюллетеней Петростат. Подготовленные материалы стали основой для создания ряда картографических изображений в ходе исследовательской работы.

### **3.1.3. ДДЗ на территорию Ленинградской области**

В рамках диссертации рассматривалась задача о применении данных дистанционного зондирования Земли для изучения демографических процессов Ленинградской области. Обуславливается это тем, что по данным ДДЗ можно получить сведения о площадях объектов по средствам дешифрирования снимков. В ходе работы с помощью автоматического дешифрирования необходимо было провести изучение площадей сельскохозяйственных угодий.

Изучение изменения площадей сельскохозяйственных угодий необходимо для выявления взаимосвязей с изменением показателей численности сельского населения. Доступных исследований о связи изменения площадей сельскохозяйственных земель и демографических показателей нет. Однако, важно отметить, что изменения которые произошли после 90х годов привели к изменению демографических показателей по районам Ленинградской области. Например, распады колхозов являлись прямым фактором для переселения людей, что понесло за собой исчезновения целых поселений.

Поэтому, на отдельные районы Ленинградской области были выбраны данные дистанционного зондирования Земли. Это снимки Landsat весенне-летнего периода времени (с мая по сентябрь). Для исследования

был выбран 2020 год (рис.12). Космические снимки были получены с сайта Геологической службы США – U.S. Geological Survey.



Рис.12. Космический снимок Landsat 8

Геологическая служба США – это научно-исследовательская государственная организация, которая специализируется в геологической съёмке США, а также занимается изучением различных наук о Земле. Доступ к ресурсу возможен как для просмотра каталога данных зондирования Земли, так и для непосредственного получения хранимых в нём материалов.

#### **3.1.4. Данные дорожной сети**

В работе большое внимание уделяется данным сети автомобильных дорог. Развитие дорожной сети напрямую влияет на численность населения, в общем, и на демографические процессы в частности. Так, фактор доступности отдельных населенных пунктов к качественным дорогам

непосредственно оказывает действие на различные характеристики населения.

Исследования, показывающие напрямую взаимосвязь демографических показателей и данных дорожной сети, отсутствуют. В задачи исследования входило изучение доступности населенных пунктов к крупным автомобильным дорогам и транспортно-пересадочным узлам. Важно отметить, что рассматривались только автодороги с асфальтобетонным покрытием, как наиболее качественные транспортные сети.

Данные за настоящий период времени имеются в свободном доступе на различных ресурсах. Так, наиболее полные данные по автомобильным дорогам Ленинградской области представлены на сайте OSM – OpenStreetMap.

OpenStreetMap (т.е. открытая карта улиц) является некоммерческим веб-картографическим проектом, который занимается созданием подробной свободной и бесплатной географической карты мира. Редакторы это – сообщество участников – пользователей Интернета. Для создания карт используются различные данные, начиная с персональных GPS-трекеров и заканчивая панорамами улиц. Предоставляются данные, как правило, компаниями, а корректируются и вносятся человеком, который создает карту.

OpenStreetMap использует топологическую структуру данных, состоящую из точек, линий и отношений. Выгрузить данные с ресурса можно в любом формате, например, как шейп-файл (shp) – родной формат данных для программного обеспечения ArcGIS. Поскольку работа выполняется именно в этом программном продукте, то было принято решение использовать данные в формате шейп.

С ресурса были выгружены данные на всю территорию Ленинградской области (рис.13). Проверить качество данных на соответствие векторизованных дорог с реальными объектами можно только

по средствам сравнения по картам или в натуре, например, при полевом выезде. Однако, база геоданных портала постоянно дополняется и обновляется, поэтому, можно сделать вывод, что наиболее крупные автомобильные дороги занесены в базу. Также, при проверке и сравнению данных из базы с данными на онлайн картах несогласованности выявлено не было.

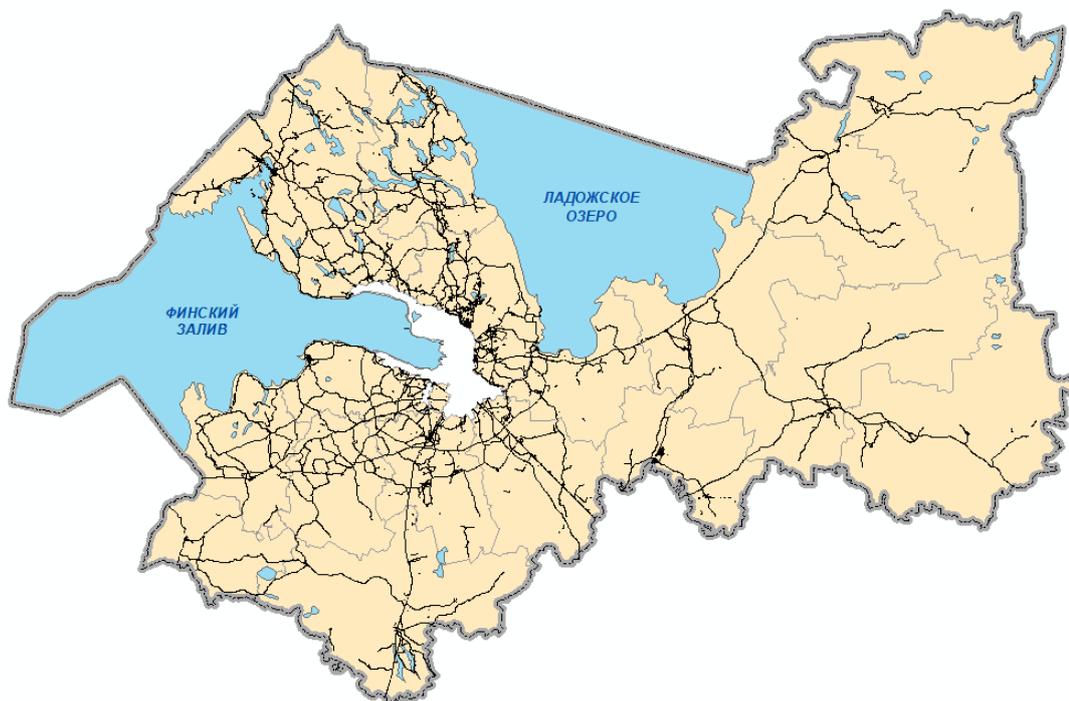


Рис.13. Представление базы геоданных автомобильных дорог

База данных состоит из ряда пространственных объектов типа «полилиния». У каждого объекта своя атрибутивная таблица (рис.14), в которой содержатся основные данные об автомобильных дорогах. Так, для каждой дороги присвоен атрибут с информацией о ее категории (шоссейная, пешеходная, проселочная и др.), а также о типе ее покрытия (асфальтобетон, грунт, песок и др.), геометрическая протяженность линии. Для работы нам необходимы данные о категориях дорог и типах покрытия.

osm id	Shape *	highway	name	layer	surface
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7151361	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
3422607	Полилиния	trunk	«Скандинавия»	1	asphalt
3919575	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
3919575	Полилиния	trunk	«Скандинавия»	1	asphalt
8198576	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
1760324	Полилиния	secondary	1-й Верхний переулок		asphalt
1872565	Полилиния	residential	1-я Дачная улица		asphalt
3137716	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt
9865443	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt
9865445	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt

Рис.14. Фрагмент атрибутивной таблицы

Оценка атрибутивной таблицы показала, что не на все дороги имеется информация о типах покрытия. Кроме того, части автомобильных дорог не присвоена категория и в таблице они являются неклассифицированными.

С OpenStreetMap также были получены данные о населенных пунктах Ленинградской области (рис.15). Первичная оценка данных на корректность показала, что объекты отобразились верно, без нарушения пространственной привязки. База данных населенных пунктов также состоит из ряда пространственных объектов типа «точка».

Shape *	osm id	place	name
Точка	281879422	hamlet	Александровка
Точка	134318864	village	Александровка
Точка	136237823	hamlet	Александровка
Точка	612038456	hamlet	Александровская Горка
Точка	908871022	hamlet	Алексеевка
Точка	135797574	village	Алексеевка
Точка	137667399	hamlet	Алексеевка
Точка	136415412	hamlet	Ананьино
Точка	333591768	neighbo	Андреевщина
Точка	106769169	hamlet	Андрианово
Точка	101112377	village	Аннино

Рис.15. Фрагмент базы геоданных населенных пунктов

В атрибутивных таблицах содержится информация о населенных пунктах. Каждому объекту на точке присвоено значение «name», в котором задано наименование населенного пункта. Помимо этого, в таблице

представлена информация о категории населенного пункта: город, поселок, деревня и другие.

Данные о дорожной сети и о населенных пунктах позволят решить ряд задач диссертации. Одной из основных стоит решение вопроса об удаленности населенных пунктов от асфальтированных автомобильных дорог. Необходимо выявить закономерность между показателем труднодоступности поселений к качественным автодорогам и его влиянием на демографические процессы.

## **3.2. Применение методов геоинформационного картографирования и создание карт демографических процессов для Ленинградской области**

### **3.2.1. Использование данных статистики**

Для управления демографическими процессами нужно иметь научное обоснование. В этом могут помочь карты демографических особенностей населения, которые можно использовать для анализа, мониторинга и прогнозирования демографической ситуации, а также для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов.

Картографирование демографических процессов – трудоемкий и сложный процесс, который включает в себя работу с большим количеством статистических данных. Их корректность, а также правильная подготовка позволяет упростить и автоматизировать процесс создания картографических изображений.

На первом этапе работы производилось картографирование основных показателей демографической ситуации. Для картографирования выбирались данные о численности населения за 1989 и 2020 года, в том числе проводилось деление на городское и сельское. Отдельное внимание уделялось картам миграционных процессов в Ленинградской области.

Заранее созданная и подготовленная база данных была подгружена в рабочий файл программного продукта ArcGIS. Данный программный продукт выбран для работы, поскольку базы данных в нем являются реляционными. В реляционных базах геоданных существует два типа таблиц: системные и набора данных. Первые отслеживают содержимое каждой базы, описывая все правила и отношения. Вторые работают конкретно с системными таблицами. Отличным примером может послужить геометрия полигональных данных в базе геоданных. Здесь класс объектов хранится в виде таблицы, называемой базовой. Каждая строка – отдельный элемент, который имеет идентификацию и поведение.

Для каждого типа данных создавался пространственный класс, содержащий информацию об отдельных пространственных объектах – районах Ленинградской области. Каждому району присваивалось значение о численности населения (рис.16). Таким образом, было создано несколько пространственных классов, содержащих статистическую информацию по годам исследования.

Район	Общее кол-во	Городское	Сельское
Бокситогорский район	-1,7	28,1	-46,4
Волосовский район	10,4	-3,1	15,1
Волховский район	49,6	126,9	-22,6
Всеволожский район	224,1	362	98,6
Выборгский район	82,6	169,9	14,7
Гатчинский район	72,5	184,7	7,4
Кингисеппский район	119,7	362,3	-9,3
Киришский район	323,3	49,7	-25,7
Кировский район	41,9	1059	-2,9
Лодейнопольский район	108,8	1615,6	-33,2
Ломоносовский район	16,2	81,8	-5,4
Лужский район	45,3	555,9	-22,3
Полпорожский район	53,2	139	-53,8

Рис.16. Фрагмент базы численности населения

Значения прироста населения Ленинградской области рассчитывались исходя из разницы численности населения в 1989 и 2020 году. Поэтому, полученные значения показывают прирост численности населения. Прирост населения – это увеличение численности населения

благодаря определенным факторам. В зависимости от различных факторов выделяется естественный и миграционный приросты.

На следующем этапе производилось построение карт автоматизированным способом с помощью различных геоинформационных методов. Для работы была выбрана группа методов, включающих картографирование по данным атрибутивных таблиц баз данных как наиболее оптимальная по ряду характеристик.

Так, для карт прироста населения был выбран метод картограмм. Такой метод показывает визуальную интенсивность какого-либо показателя в пределах территории на карте. Внутри каждой территориальной ячейки условно допускается, что картографируемое явление распространено в ней с одинаковой интенсивностью.

Для классификации значений был выбран метод естественных интервалов. После выявления средних значений определялись интервалы значений, что позволило равномерно распределить данные в интервалах и их охарактеризовать средними значениями характеристик объектов.

Метод естественных интервалов, как правило, используется для неравномерно распределенных данных. Алгоритм деления следующий: выявляются наиболее редко и наиболее часто встречающиеся значения атрибутов и назначаются последние в качестве среднего значения в каждом интервале. Распределение данных в пределах каждого интервала приближается к равномерному.

Как итог была построена карта прироста/убыли сельского населения Ленинградской области с 1989 года по 2020 год (рис.17). Особое внимание уделялось цветовой шкале карт. Предполагаемый изначально способ «светофора», который довольно часто используется в экологическом картографировании, не подошел для оформления карт населения. Отрицательные значения при такой шкале выделяются красным цветом, положительные – зеленым, а промежуточные – желтым. Однако, в исходных данных может и не быть таких значений, а промежуточные будут вовсе

некорректно отображаться. Поэтому, для карт демографической ситуации лучше всего подойдет двухцветная шкала, в которой нет противоположных друг другу цветов.

Градусная сетка строилась согласно системе координат всех карт – Пулково 1942, Зона 30 и проекции Гауса-Крюгера.

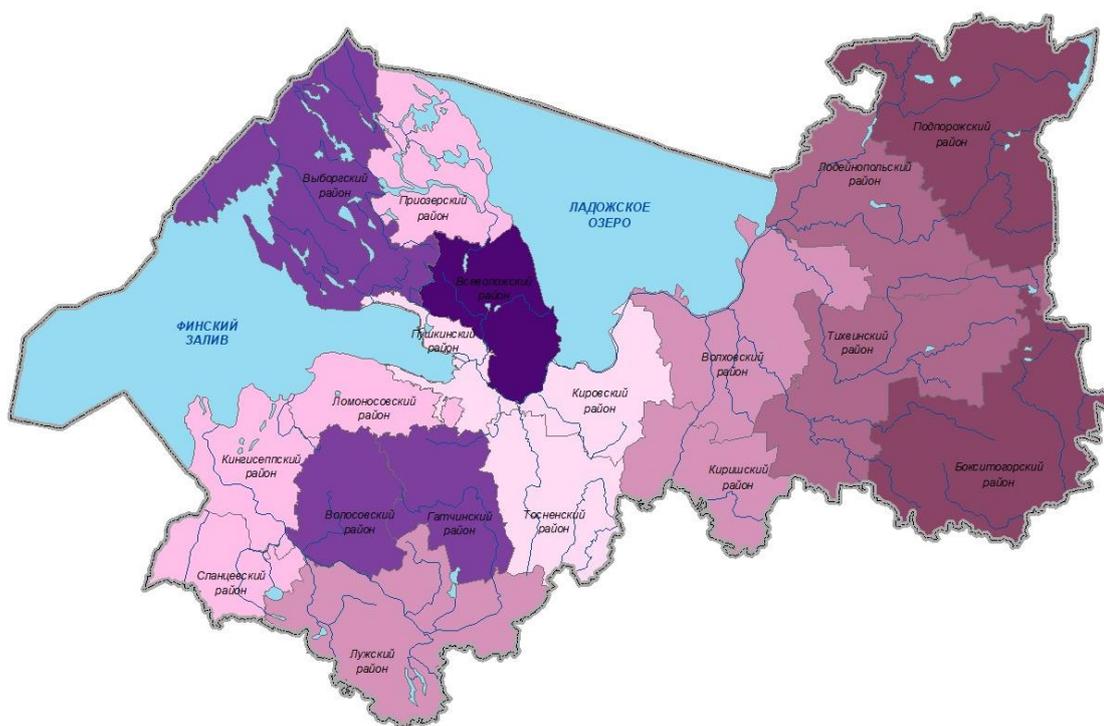


Рис.17. Прирост/убыль сельского населения Ленинградской области с 1989 по 2020 года

Карта прироста/убыли населения с 1989 года по 2020 год показывает насколько изменилось численность сельского населения в Ленинградской области за 30 лет. Так, можно заметить, что районы, тяготеющие к Санкт-Петербургу, имеют больший прирост населения. А вот районы более отдаленные, находящиеся на границе области, имеют меньший прирост.

Далее производилось построение карты прироста/убыли городского населения Ленинградской области с 1989 года по 2020 год (рис.18). Для карты прироста городского населения также был выбран способ

картограмм. Значения распределялись методом естественных интервалов. Цветовое решение для шкал осталось прежним – две растяжки цвета.

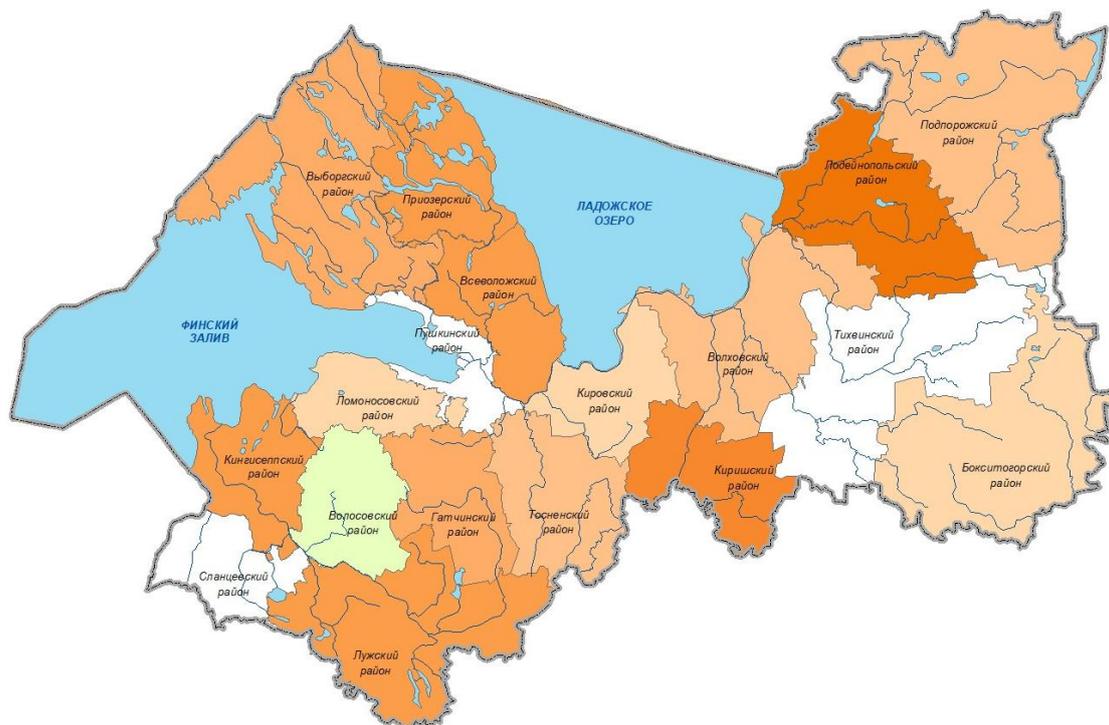


Рис.18. Прирост/убыль городского населения Ленинградской области с 1989 по 2020 гг

Практически во всех районах Ленинградской области значение прироста городского населения положительное. Исключением является только Волосовский район с отрицательным значением. Обусловлено такое изменение тем, что большое количество населения переезжает чаще в города, чем в поселки или деревни. При этом расположение района не влияет.

Наибольший интерес представляет карта прироста/убыли населения Ленинградской области с 1989 по 2020 гг. (рис.19). Данная карта показывает изменение численности всего населения Ленинградской области. Согласно статистическим данным, в это количество входят и показатели естественного прироста, и показатели миграции населения. Выбор метода построения шкалы значений аналогичный предыдущим картам.

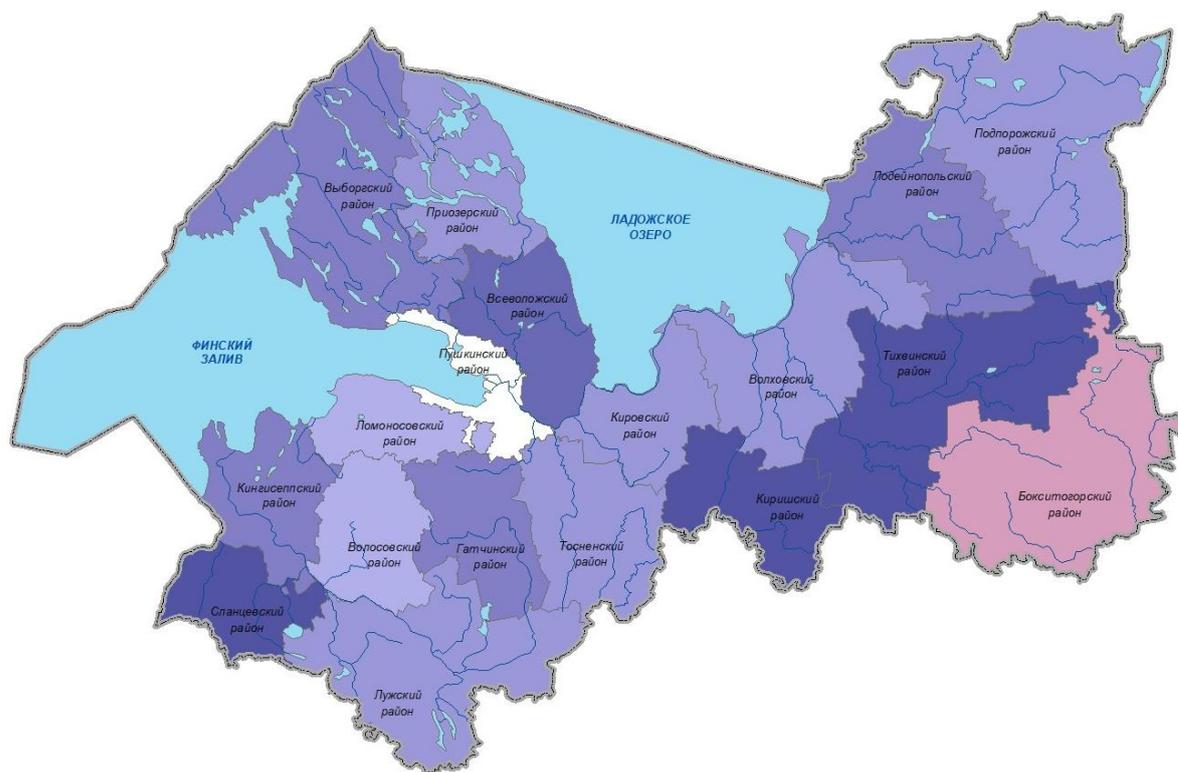


Рис.19. Прирост/убыль населения Ленинградской области  
с 1989 по 2020 гг

На полученной карте довольно хорошо можно заметить разницу значений. Больше всего здесь выделяется Бокситогорский район, в котором значение отрицательное, а также Киришский, Тихвинский, Сланцевский районы, в которых прирост населения довольно велик.

Полученные карты отображают лишь один тип данных, и для полноценного комплексного изучения демографических процессов таких карт может быть недостаточно. Однако, выбранный метод шкалы значений подходит для картографирования показателей численности населения. Обусловлено это тем, что главный принцип метода естественных интервалов заключается в показе неравномерно распределённых данных. При таком методе качественные и количественные характеристики состава и количества населения отображаются наиболее корректно. Стоит также отметить корректный выбор цветовых шкал, который позволил повысить читаемость и понятность карт.

На следующем этапе производилось картографирование миграционного движения населения. Миграционный (механический) прирост – это разность между числом людей, въехавших в страну на постоянное место жительства, и числом людей, выехавших из нее, за определенный промежуток времени. Миграция является сложным общественным процессом, картографирование которого значительно сложнее, чем картографирование естественного прироста населения.

В задачи настоящего исследования входило изучение применения различных методов геоинформационного картографирования для демографических процессов. Поэтому, выбор данных по миграционным потокам был независим от данных по приросту/убыли населения.

Для данного картографического исследования большое значение имела информационная база данных о миграции. Основным источником данных послужила бюллетень «Численность и миграция населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2018 году», в которой содержится информация о количестве выбывших и прибывших человек, а также миграционном приросте за 2017 и 2018 года. Данные подсчитаны для каждого района Ленинградской области.

Для карт миграционных потоков был выбран тот же метод картографирования, что и для карт населения – метод количественного фона, для шкалы – метод естественных интервалов. Цветовая шкала для значений также подбиралась исходя из типа карт: для социально-экономических, в частности карта населения – это растяжка двух цветов.

Одной из первых была построена карта «Миграционный прирост/убыль населения в Ленинградской области, 2017 - 2018 гг.» (рис.20). По данной карте можно заметить, что наиболее ярко выражены Всеволожский, Ломоносовский и Кингисеппский районы.

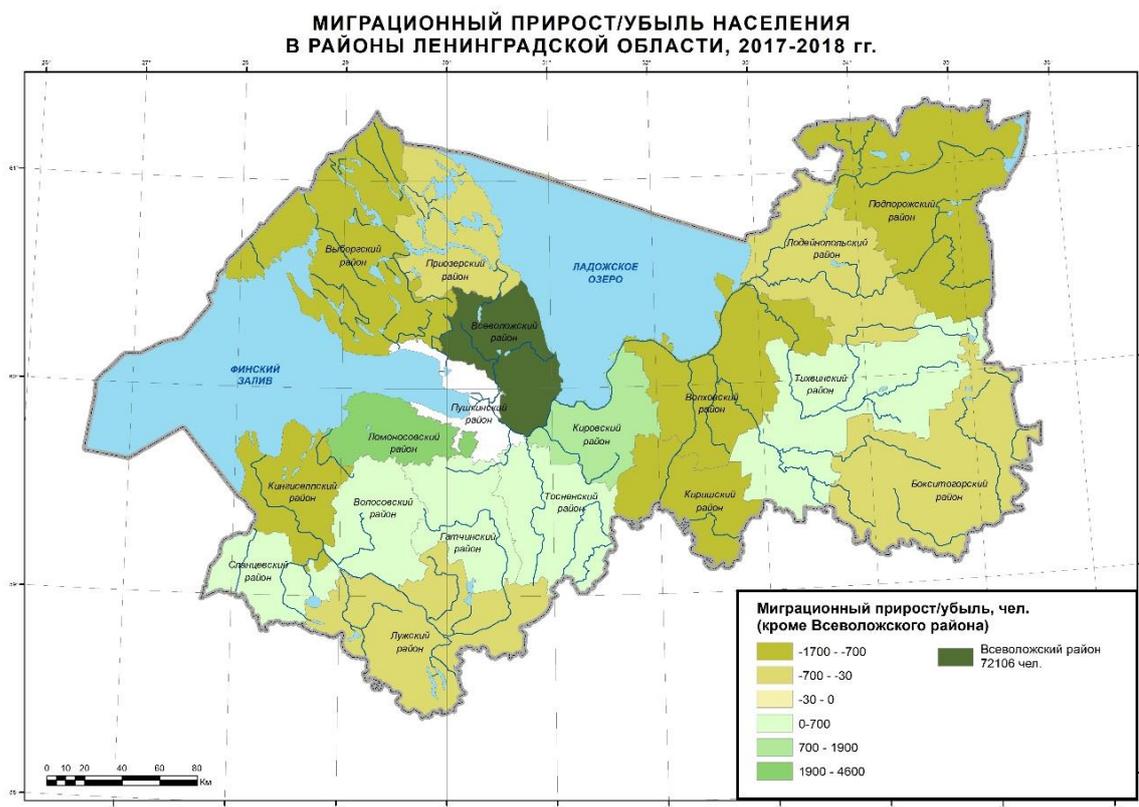


Рис.20. Миграционный прирост/убыль населения в Ленинградской области, 2017 – 2018 гг

Всеволожский район имеет наибольшее значение миграционного прироста. На комплексных картах его рекомендуется рассматривать отдельно, поскольку это может повлиять на корректное распределение значений.

Возможность картографирования миграции населения в Ленинградской области с помощью геоинформационных методов позволит понять, насколько корректно была подобрана методика создания картографического произведения. Поэтому, в исследовании рассматривается создание карт, которые отражают баланс механического движения и его отдельные составляющие, в том числе по населенным пунктам и территориальным единицам.

На основе статистических данных по миграционным процессам была также создана комплексная карта прироста населения и миграционных

процессов (приложение 1). Карта построена также с использованием картодиаграмм. С их помощью показана миграция населения: количество прибывших и убывших в 2018 году. Методом картограмм показан прирост населения. Всеволожский район также рассматривается отдельно, поскольку значения сильно выбиваются из общей выборки. Таким образом, можно судить о том, как сильно миграционный процесс влияет на изменение количества населения в Ленинградской области.

Изучение взаимосвязи сельскохозяйственных земель на численность населения также может являться способом отслеживания демографических процессов. Поэтому, в ходе исследования было выполнено построение карты сельскохозяйственных угодий и численности сельского населения в 1934 году (рис.21).

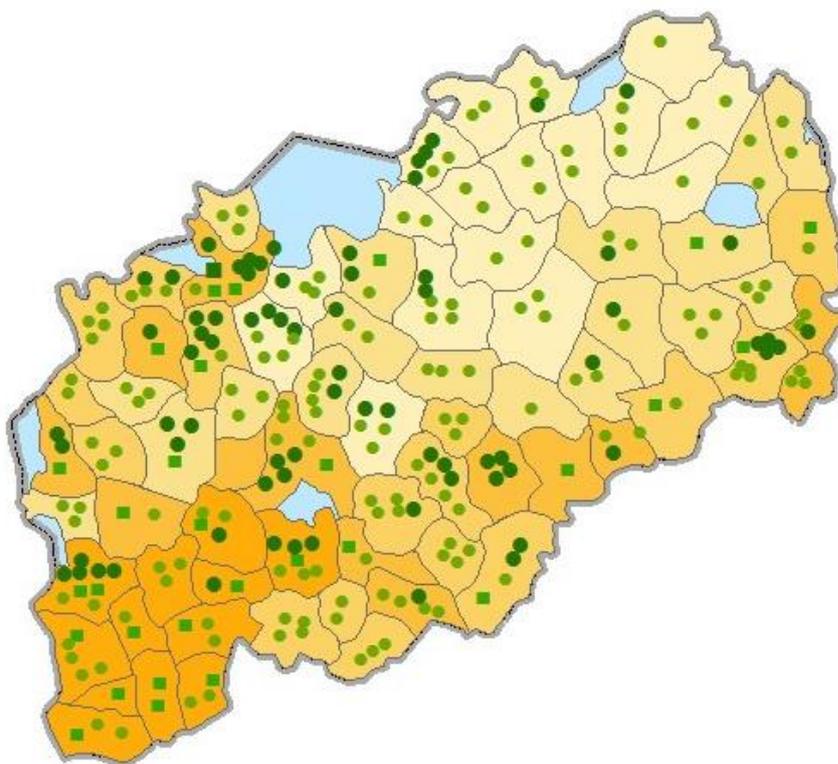


Рис.21. % сельскохозяйственных угодий под пашнями и население 1934 г

Выбор года полученных данных обуславливается тем, что необходимо привлечь данные того периода, когда территория исследования была образована. В случае с Ленинградской областью это период конца

1920 – начала 1930 годов, поскольку как обособленный субъект была она выделена в 1927 году. Карта позволяет отследить следующую взаимосвязь: сельскохозяйственных угодий, отданных под пашню больше в тех районах, где выше численность сельского населения. Это позволяет сделать вывод, что провести подобное сравнение можно и для данных 2020 года.

### 3.2.2. Использование данных дистанционного зондирования Земли

Отдельной задачей, решаемой в ходе исследования, стало применение данных дистанционного зондирования Земли для изучения демографических процессов. По данным ДЗЗ можно получить сведения о площадях сельскохозяйственных угодий. Изучение площадей сельскохозяйственных угодий необходимо для выявления взаимосвязей с показателем численности сельского населения в отдельных районах Ленинградской области. Получить сведения о площадях объектов по средствам дешифрирования снимков. Поэтому, для выделения участков сельскохозяйственных земель автоматизированным методом проводилась контролируемая классификация (рис.22). Классификация проводилась на тестовом участке – Сланцевском районе.



Рис.22. Фрагменты исходного и классифицированного снимка

Задачей классификации состоит в разделении пространства признаков на локальные области, соответствующие одному классу объектов. При этом программа выполняет достоверную классификацию при однозначном соответствии признаков объекту.

Полученные данные были переведены в векторный слой (рис.23). Это необходимо для подсчета статистики о площадях сельскохозяйственных угодий.

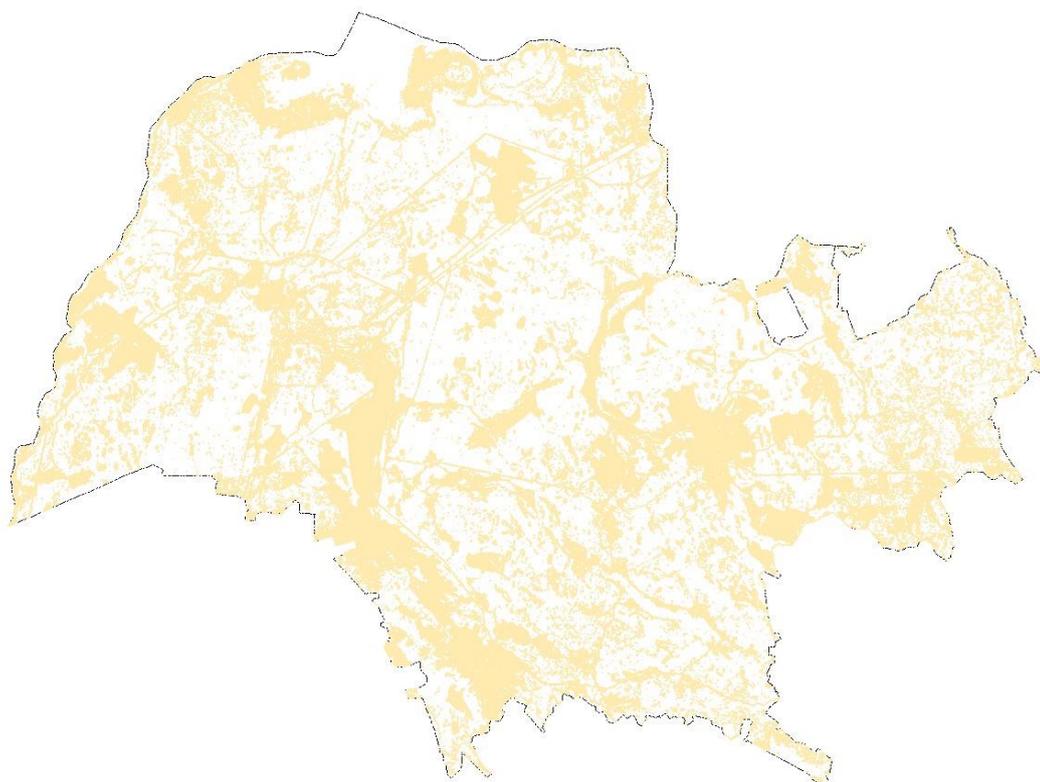


Рис.23. Сельскохозяйственные земли Сланцевского района в 2020 г

Для того, чтобы проверить насколько корректно прошла автоматизированная классификация, необходимо полученные данные сравнить со статистическими данными. Поэтому, полученная статистика сверялась с данными Петростата «Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года» (Том 3. Земельные ресурсы и их использование).

Данные по сельскохозяйственным угодьям могут послужить основой для создания карты, в которых показано взаимоотношение значения площадей сельскохозяйственных угодий и сельского населения. Обусловлено это тем, что большая часть пахотных земель расположена как раз вблизи сельских населенных пунктов. Помимо этого, возделыванием таких земель занимается в большей степени сельское население.

### 3.2.3. Использование данных дорожной сети

На следующем этапе производилась работа с данными дорожной сети. В задачи исследования входило изучение доступности сельских населенных пунктов к крупным автомобильным дорогам и транспортно-пересадочным узлам. Поэтому, по данным дорожной сети были построены буферные зоны для каждой автомобильной дороги (рис.24).

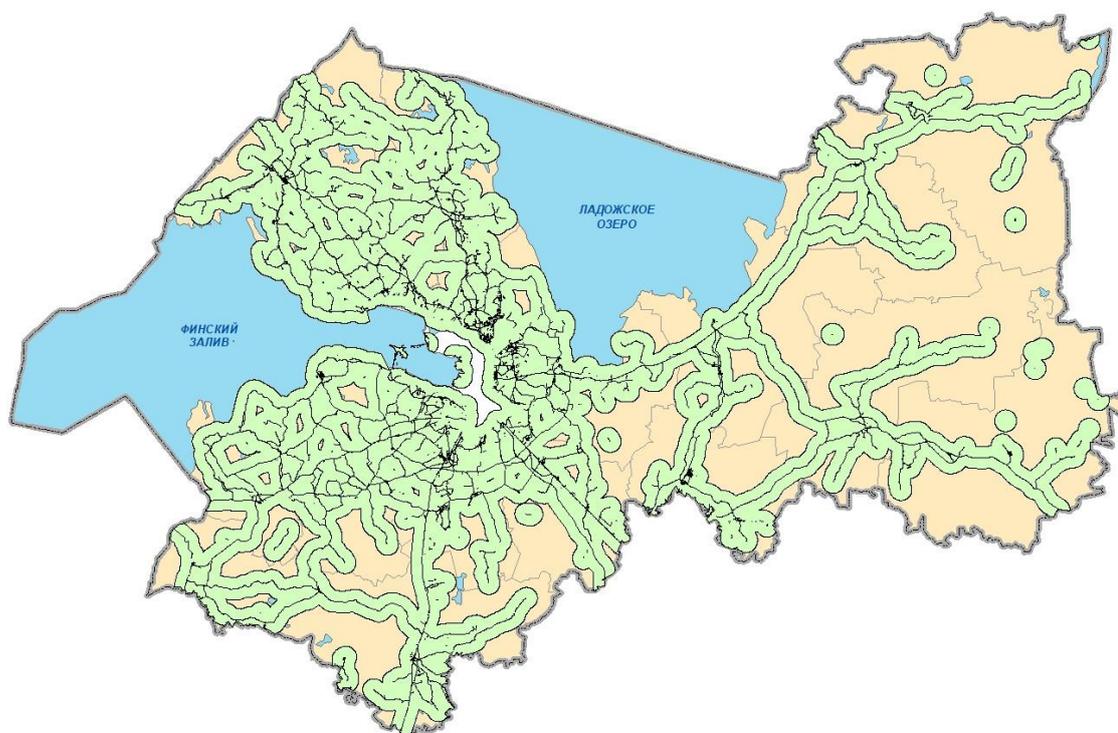


Рис.24. Буферные зоны для автомобильных дорог

Построение проводилось с помощью инструмента «Буфер». Буфер позволяет провести пространственный анализ территории и подсчитать статистику. Обычно при буферизации создается две области: одна в пределах указанного расстояния от объекта, другая за пределами. Первая область называется буферной.

Построение буферной зоны для дорожной сети производилось с учетом нескольких параметров. Во-первых, учитывались только дороги с асфальтобетонным покрытием, как наиболее качественные транспортные сети. Во-вторых, размер буфера был равен 5 километрам.

При построении буферного полигона от каждой вершины объекта, при помощи стандартного алгоритма вычисляется буферное смещение. Выходной буферный полигон строится из полученных смещений.

#### **3.2.4. Комплексное применение различных данных для картографирования демографических процессов**

Для более подробного изучения возможности геоинформационного картографирования миграционных процессов следует создать карту прибывшего и убывшего населения (рис.25). Поскольку, в рамках исследования рассматривается изменение численности, то сначала была посчитана разница значений, а затем все было пересчитано в проценты. Данная операция проводилась для того, чтобы повысить читаемость карты.

Помимо этого, был выбран иной метод картографирования – метод картограмм. В способе картограммы всегда используются расчетные показатели.

На карте показан процент того, насколько сильно изменилось количество прибывающих эмигрантов и убывающих иммигрантов в 2018 году по сравнению с 2017 годом. Там, самый низкий процент у Кингисеппского района, поскольку в 2018 году эмигрантов было гораздо

меньше, чем в 2017. А вот во Всеволожском районе ситуация обратная, там стало гораздо больше эмигрантов за один год.



Рис.25. Разница прибывшего/убывшего населения, 2017 – 2018 гг

Еще один способ, широко используемый в социально-экономическом картографировании – способ картодиаграмм. Он предполагает изображение суммарной величины явления с помощью графиков или диаграмм, помещаемых чаще всего внутри единиц территориального деления. При использовании этого способа карта в целом показывает распределение явления по исследуемой территории.

На практике на одной карте сочетают способы картодиаграммы и картограммы, т.к. они взаимно дополняют друг друга. Поэтому, следующая карта механического прироста населения (приложение 2) построена с использованием двух метод: картограмм и картодиаграмм. Для данных о миграционном приросте/убыли населения использовался метод

картограмм, а классификация шкалы производилась методом естественных интервалов. А для того, чтобы показать разницу прибывших и убывших людей использовался метод картодиаграмм. При этом, зеленым цветом диаграммы обозначены эмигранты, а красным иммигранты.

Отдельное внимание стоит уделить Всеволожскому району, который рассматривается отдельно, поскольку значения по данному району сильно выбиваются из общей массы. Данные по Всеволожскому району приводятся отдельно, в легенде карты.

В других районах построение диаграмм прошло корректно. Поэтому, можно судить о том, где произошел миграционный прирост/убыль и за счет чего – повлияло прибывающее население или убывающее.

Для данных дорожной сети применялся комплексный метод геоинформационного картографирования. На карту буферных зон дорожной сети (рис.24), были добавлены данные о населенных пунктах (рис.26). При совмещении производилась выборка тех объектов, которые попадали или не попадали в буферную зону. Для нанесения населенных пунктов использовался способ значков.

Анализ карты показал, что большая часть крупных населенных пунктов попадает в буфер 5 километров. Однако, многие поселки и деревни, особенно в районах, отдаленных от г. Санкт-Петербург, остались за пределами буферной зоны. Это говорит о том, что к данным поселениям нет качественных дорог, а значит, повышается труднодоступность к ним.

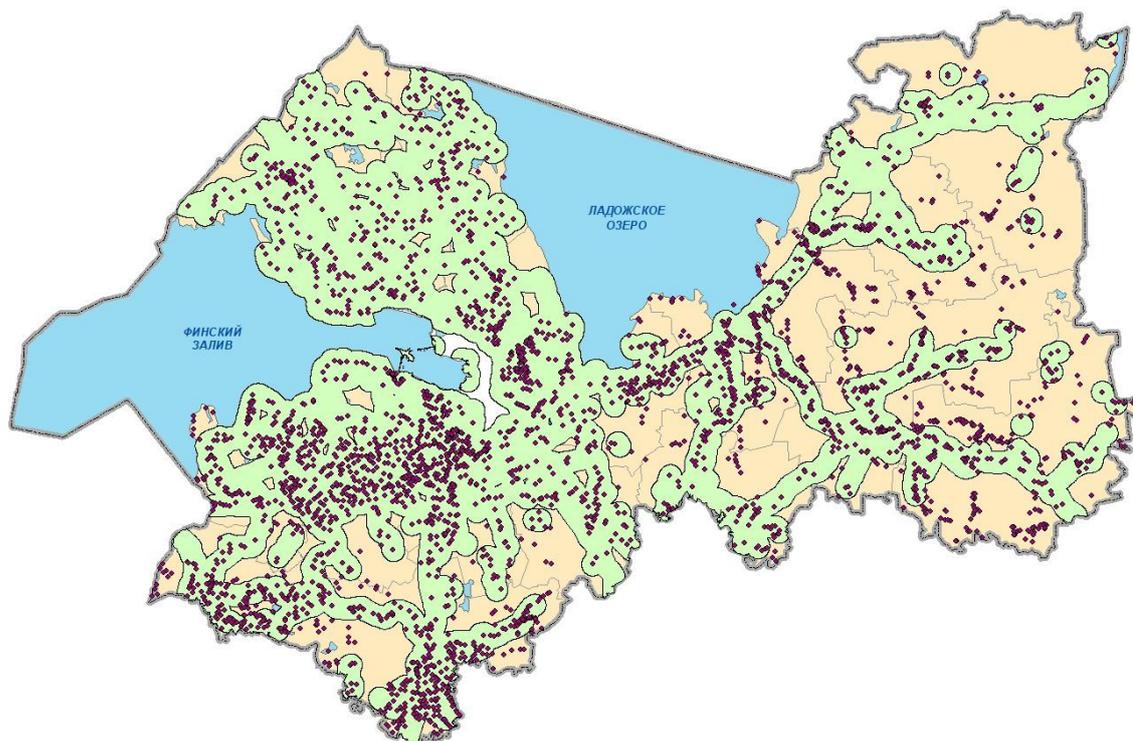


Рис.26. Доступность населенных пунктов до автомобильных дорог

Доступность населенных пунктов к качественным дорогам напрямую влияет на численность населения. Так, если сравнить полученную карту с картой прироста/убыли сельского населения (рис.17), то можно заметить, что большая часть населенных пунктов, которые не попадают в буфер, расположены как раз в тех районах, где прирост отрицательный. То есть наблюдается значительный отток населения. Это говорит о том, что данный метод можно применять для исследования демографических процессов.

## Заключение

Картографирование демографических процессов можно использовать для анализа демографической ситуации. Очень важен мониторинг и прогнозирование динамики изменения населения в Ленинградской области.

В ходе исследования были проведены сбор и обработка статистических данных. Для исследования демографических процессов была изучена статистическая информация. Были получены и обработаны следующие данные: численность постоянного населения в разрезе муниципальных образований Ленинградской области с 2018 и 2020 года, численность и миграция населения в 2018 году, итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. После проводилось формирование базы данных.

Найден и подготовлен картографический материал для проекта. Картографическим материалом для исследования являлся Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года, карта «Земельных угодий % под пашней». Была произведена векторизация карт численности населения и сельскохозяйственных за 1934 год.

Были подготовлены данные ДЗЗ для анализа изменения сельскохозяйственных земель. На территорию Ленинградской области были отобраны космические снимки (за 2020 год). Подготовлены данные дорожной сети за 2020год, составлена база геоданных.

Применены методы геоинформационного картографирования и созданы итоговые карты проекта.

По результатам обработки данных производилось картографирование основных показателей демографической ситуации. Было создано 11 карт.

Картографирование демографических процессов Ленинградской области необходимо для анализа, мониторинга и прогнозирования

демографической ситуации. Комплексный подход и использование разных исходных данных может привести к появлению новых научных методов в изучении демографических процессов

## Литература

1. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география: Понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983, 350 с.
2. Анохин А. А. География населения с основами демографии. Учебное пособие. М.: Издательство СПбГУ, 2015, 308 с.
3. Бажукова Н.В., Балина Т.А., Чекменева Л.Ю. Картографирование демографических процессов: традиции и современность // Вестник Геодезия и картография, 2020. № 11. С. 9-19.
4. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. М.: МГУ, 1997, 64 с.
5. Берлянт А.М. Картография: Учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2002, 336 с.
6. Берлянт А.М. Теория геоизображения. М.: ГЕОС, 2006, 262 с.
7. Бешенцев А. Н., Гармаев Е. Ж., Потаев В. С. Геоинформационный мониторинг территориальных социально-экономических систем // Вестник Бурятского Государственного Университета. Экономика и менеджмент, 2019. №3. С. 3-9.
8. Борисов В. А. Демография. Учебник для ВУЗов. М.: Nota Bene, 2018, 272 с.
9. Бутов В. И. Демография. М: Высшая школа, 2016, 237 с.
10. Верещагина А. В. Демография. М.: Дашков и Ко, Наука-Спектр, 2018, 256 с.
11. Джордан Л. На пороге новой эры: интеграция ГИС и дистанционного изображения // ARC/Review, 1997. № 1. С.8
12. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Принципы геоинформационного обеспечения геоэкологического картографирования регионального уровня // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки, 2006. № 1. С. 22-27.

13. Зимовец П.А., Бармин А.Н., Валов М.В., Бармина Е.А. Геоинформационное картографирование динамики урбогенеза // Геология, география и глобальная энергия, 2016. №. 1 (60). С. 53-59.
14. Зозуля П. В. Демография. Учебник и практикум. М.: Юрайт, 2016, 194 с.
15. Казяк Е.В., Лукашик А.А., Русанов Д.Л. Картографирование демографических процессов и процессов расселения в «Атласе населения словакии» // Демографические риски XXI века: (к Международному дню народонаселения): материалы II Межвузовского студенческого семинара. Минск: БГУ, 2015. С. 92–197.
16. Каргашин П.Е. Основы цифровой картографии: учебное пособие для бакалавров. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2019, 106 с.
17. Капустин В.Г. ГИС-технологии как инновационное средство развития географического образования в России // Педагогическое образование, 2009. №. 3. С. 68-76.
18. Коновалова Н. В. Эволюция картографических изображений и требований к тематическим картам // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2014. № 4. С. 380-384.
19. Косов П. И. Основы демографии. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2018, 288 с.
20. Краак М.-Я., Ормелинг Ф. Картография: визуализация геопространственных данных. Под. ред. В.С. Тикунова. М.: Научный мир, 2005, 325 с.
21. Лайкин В.И., Упоров, Г.А. Геоинформатика: учебное пособие. Комсомольск-на-Амуре: Изд-во АмГПУ, 2010, 162 с.
22. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: Учебник. М.: КДУ, 2008, 428 с.

23. Макаренко С.А., Маркаданова В.С. Особенности создания геоизображений с применением современных технологий // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект), 2018. № 2 (7). С. 97-101.
24. Моррисон Дж. Л. Картография нового тысячелетия // Геодезия и картография, 1996. № 8. С. 45-48.
25. Население. Лист I, II. Атлас Ленинградской области и Карельской АССР [Карты] / Позерн, Б. П., Иванов, А. М., Гюллинг, Э. А. Ленинград: Издание ГЭНИИ 1934г. V с.ил.53л.
26. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. М.: Изд-во МГУ, 1979, 160 с.
27. Прохорова Е.А. Социально-экономические карты: учебное пособие. М.:КДУ, 2010, 424 с.
28. Сельское хозяйство. Лист I, II. Атлас Ленинградской области и Карельской АССР [Карты] / Позерн, Б. П., Иванов, А. М., Гюллинг, Э. А. Ленинград: Издание ГЭНИИ 1934г. V с.ил.53л.
29. Серапинас Б. Б., Прохорова Е. А. Геоинфографика как современное направление геовизуализации в обучении студентов-картографов // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География, 2018. № 5. С. 94–99.
30. Тикунов В.С., Ротанова И.Н., Ефремов Г.А., Чунтай Билэгтмандах. Атласное геоинформационное картографирование: новые подходы на примере атласа Большого Алтая // Интерэкспо ГЕО-Сибирь, 2016. №5. С. 55-62.
31. Тимонин С.А. Математико-картографическое и геоинформационное моделирование демографических процессов в регионах Российской Федерации // Вестник Московского Университета, 2010. №5. С. 11-18.
32. Тихомиров Н. П. Демография. Методы анализа и прогнозирования. М.: Экзамен, 2017, 256 с.

33. Федоров Г. М. Об актуальных направлениях геодемографических исследований в России // Балтийский регион, 2014. – № 2(20). С. 7–28.
34. Чепкасов П. Н. Картографический и графический методы в социально-экономических исследованиях. Пермь: Пермский ун-т, 1985, 84 с.
35. Чепкасов П.Н. Разработка и составление социально-экономических карт. Пермь: Пермский ун-т, 1984, 88 с.
36. Шелестов Д. К. Историческая демография. Учебное пособие. М.: РГГУ, 2015, 286 с.
37. Юнусова А.Б. Геоинформационные технологии в исследовании миграционных процессов // Великие евразийские миграции, 2016. С. 29-35.
38. Bertin, J. *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Translated by W. J. Berg. University of Wisconsin Press, 1983, 460 p.
39. Christine Leuenberger, Izhak Schnell. *The Politics of Maps. Cartographic Constructions of Israel/Palestine*. Oxford University Press, 2020, 244 p.
40. David L. Thomson, Evan G. Cooch. *Modeling Demographic Processes in Marked Populations*. Springer US, 2009, 1132 p.
41. Esri Map Book Volume 29. USA: Esri Press. 2014, 136 p.
42. Jan Brunson, Nancy E. Riley. *International Handbook on Gender and Demographic Processes*. Springer Netherlands, 2018, 359 p.
43. Kory Olson. *The Cartographic Capital. Mapping Third Republic Paris, 1889-1934*. Liverpool University Press, 2018, 320 p.
44. Monmonier M. *How to lie with maps*. Third edition. Chicago: The University of Chicago press, 2018, 387 p.
45. [https://bookonline.ru/lecture/glava-5-karty-naseleniya#\\_idTextAnchor002](https://bookonline.ru/lecture/glava-5-karty-naseleniya#_idTextAnchor002) – Социально-экономические карты.
46. <http://earthexplorer.usgs.gov> – U.S. Geological Survey.
47. <http://www.demoscope.ru/weekly/pril.php> – Демоскоп Weekly.

48. <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0133948:article> – Геоинформационное картографирование (ГК).
49. <http://mapinmap.ru/archives/8688> – Подробная карта плотности населения СССР в 1929 году.
50. <http://nauka.x-pdf.ru/17informatika/678284-1-bolshaya-kartografiya-ili-integraciya-kartografii-geoinformatiki-distancionnogo-zondirovaniya-berlyant-nauchno-tehnicheskie.php> – Берлянт, А.М. «Большая картография» или интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования.
51. <https://petrostat.gks.ru/folder/29437> – Управление федеральной службы государственной статистики.
52. <https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm> – Что такое ArcGIS?
53. [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_BIBL\\_A\\_010451251/](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_010451251/) – Дазиметрическая карта Европейской России.
54. [https://studopedia.su/9\\_31753\\_programmnoe-obespechenie-gis.html](https://studopedia.su/9_31753_programmnoe-obespechenie-gis.html) – Программное обеспечение ГИС.
55. <https://www.zwsoft.ru/stati/programmy-dlya-gis-sovremennoe-programmnoe-obespechenie-dlya-gis> – Программы для ГИС: современное программное обеспечение для GIS – Программное обеспечение ГИС.

Санкт-Петербургский государственный университет

**МОРОЗОВА Дарья Евгеньевна**

**Выпускная квалификационная работа**

**Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области**

Уровень образования: магистратура  
Направление *05.04.03 «Картография и геоинформатика»*  
Основная образовательная программа *ВМ.5523.2020*  
*«Геоинформационное картографирование»*

Научный руководитель:  
доцент кафедры картографии  
и геоинформатики, к.г.н.,  
Сидорина Инесса Евгеньевна

Рецензент:  
доцент кафедры экономической  
географии  
РГПУ им. А.И. Герцена, к.г.н.,  
Полякова Светлана Дмитриевна

Санкт-Петербург  
2021

## Содержание

Введение .....	3
Глава 1. Применение геоинформационных систем в современной картографии.....	5
1.1. Геоинформационное картографирование .....	5
1.2. Применение ArcGIS в современной картографии.....	12
Глава 2. Картографирование демографических процессов.....	15
2.1. Демографические процессы и методы их исследования .....	15
2.2. Картографирование демографических процессов .....	18
2.2.1. История картографирования демографических процессов.....	18
2.2.2. Современное картографирование демографических процессов.....	21
2.2.3. Методы картографирования демографических процессов .....	23
Глава 3. Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области .....	26
3.1. Сбор и обработка исходных материалов.....	26
3.1.1. Статистические данные .....	26
3.1.2. Картографические материалы .....	36
3.1.3. ДДЗЗ на территорию Ленинградской области.....	40
3.1.4. Данные дорожной сети .....	41
3.2. Применение методов геоинформационного картографирования и создание карт демографических процессов для Ленинградской области .....	45
3.2.1. Использование данных статистики.....	45
3.2.2. Использование данных дистанционного зондирования Земли.....	54
3.2.3. Использование данных дорожной сети .....	56
3.2.4. Комплексное применение различных данных для картографирования демографических процессов.....	57
Заключение.....	61
Литература .....	63
Приложение 1.....	68
Приложение 2.....	69

## Введение

Высокая изменчивость разнообразных демографических характеристик населения приводит к необходимости частого обновления карт демографических процессов или других характеристик населения. Карты, обладая высокой наглядностью и информативностью, способны привлечь внимание большой аудитории к демографическим проблемам.

Создание социально-экономических карт только по данным статистики является недостаточно полноценным. Особенно актуально для картографирования демографических процессов привлекать не только полевые, статистические и картографические данные, но и материалы аэрокосмической съемки и данных дорожной сети. Последние два источника позволяют получить уникальную информацию о других данных, которые помогают рассмотреть демографические процессы более подробно.

Различные методы геоинформационного картографирования (далее ГК) используются не только при автоматизации работ по картографированию демографических процессов, но и для анализа исходных данных и получения новых производных карт. Технологии геоинформационных систем продвинулись достаточно далеко в своем развитии, что позволяет применять различные методы для создания карт. Поэтому, основная цель научно-исследовательской работы изучение комплексного подхода в геоинформационном картографировании для изучения демографических процессов в Ленинградской области.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Сбор и обработка статистических данных по демографии Ленинградской области за 1989, 2017, 2018 и 2020 года.
2. Поиск исходных картографических материалов. Подготовка картографических материалов для проекта.
3. Подготовка данных дистанционного зондирования Земли.
4. Подготовка данных дорожной сети Ленинградской области.

5. Применение методов геоинформационного картографирования.  
Создание итоговых карт проекта.

Актуальность темы обусловлена огромной важностью комплексного применения различных методов геоинформационного картографирования в сфере демографических исследований. Результаты картографирования демографических особенностей населения можно будет использовать для специалистов в сфере социально-экономической географии, занимающихся изучением демографических процессов в Ленинградской области.

Полученные результаты можно использовать для анализа, мониторинга и прогнозирования демографической ситуации в регионах РФ, а также для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов.

# **Глава 1. Применение геоинформационных систем в современной картографии**

## **1.1. Геоинформационное картографирование**

Геоинформационное картографирование – это отрасль картографии, в которой изучаются теоретические и практические аспекты информационно-картографического моделирования геосистем. Главная задача ГК – создание карт как образно-знаковых моделей действительности. Данное направление регулирует решения, связанные с применением стандартных, а также разработкой специализированных ГИС-технологий и новых методов картографирования на их основе.

Важность геоинформационного картографирования обуславливается не только автоматизированным воспроизводством картографического изображения, но и автоматизацией использования карт. Хороший пример это использование ГИС для создания новых карт и автоматизации исследований по картам. ГК является новым средством моделирования процессов реальной действительности. Такой интерактивный способ позволяет сочетать различные принципы обработки, редактирования и корректуры. Однако, ручная генерализация с учетом взаимосвязей явлений и объектов связаны с эффективностью использования опыта и знаний картографа (<http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia>). Актуальность в первую очередь связана с автоматизированной генерализации, которая по-прежнему остается далекой от завершения.

Об актуализации геоинформационного картографирования и развития картографии упоминается еще в статье Дж. Моррисона «Картография нового тысячелетия» (Моррисон Дж.Л.,1996). Автор определяет, что любое картографическое производство, которое строится на аналоговых методах составления и издания карт, устарело. Картография в целом должна представлять электронные технологии, где в центре

внимания должны находиться новые методы сбора информации и сети коммуникации.

Во второй половине 80-х годов на начальных этапах становления ГК воспринималось как процесс автоматизированного воспроизводства карт. Дальнейший этап развития связан с разработкой теории и методов создания картографических баз данных и математико-картографического моделирования, создания картографических моделей как физических явлений (Берлянт А.М., 1997). Разработка теории и методов геоинформационного картографирования по мнению Берлянта А.М. принадлежит к фундаментальным проблемам картографии. Автор поясняет, что ГК при всей своей фундаментальности имеет практическую направленность, отвечающую содержанию многих прикладных задач. Оптимальное сочетание фундаментальных исследований и прикладного проблемно-ориентированного тематического картографирования обеспечат благоприятные перспективы развития геоинформационного картографирования.

В настоящее время геоинформационное картографирование все увереннее становится магистральным направлением развития картографической науки и производства. Согласно Берлянту А.М., перспектива развития нового научного направления, которое объединит картографию, аэрокосмическое зондирование и компьютерной графики является следствием внедрения геоинформационного картографирования и ГИС-технологий. Данное направление первоначально опирается на достижения картографии.

Многие синтетические научные направления являются результатом интеграции картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования. Этот вопрос отражен в работе «Большая картография или интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования». В работе автор рассматривает предпосылки такой интеграции и о понятиях «геоматика» и «геоиконика» (<http://наука.х->

pdf.ru/17informatika/). Берлянт А.М. в ряде других своих работ неоднократно упоминает о геоматике, которая благодаря своей краткости и выразительности стремительно завоевала популярность в ряде стран. Геоинформационное картографирование же составляет самую сердцевину этого направления (Берлянт А.М.,1997).

В России эта идея интеграции картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования до сих пор остается дискуссионной темой. Согласно Берлянту, данные научные направления подразумевают объединение методов и технологий картографирования, ДЗЗ, фотограмметрии и дешифрирования, спутникового позиционирования, геоинформатики, а также ряда других смежных отраслей современных геопространственных наук (<http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia>).

Геоинформационное картографирование позволяет создавать геоизображения. Единая теория геоизображения представлена в работе Берлянта А.М. (Берлянт А.М.,2006). В книге дана классификация геоизображений, отражены основные модельные свойства каждого вида. Отдельное внимание уделяется роли геоинформатики. О методах и способах создания геоизображений написано в работе Макаренко С.А. и Маркаданова В.С (Макаренко С.А., Маркаданова В.С., 2018)

Авторы определяют алгоритм взаимодействия методов и способов при создании и моделировании геоизображений.

Основные отличительные особенности ГК и ГИС содержатся в системах хранения, обработки и вывода информации. Они связаны в первую очередь с содержанием базы данных (далее БД) и набором специализированных программ для моделирования, анализа и отображения информации. Цифровая картографическая информация организуется в картографические БД, которые представляют собой систематизированное множество цифровых карт. Такие карты являются цифровыми моделями, созданными путем цифрования картографических источников, фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования,

цифровой регистрации данных полевых съемок или иным способом. Об основных понятиях и последовательности создания цифровых карт описано в учебном пособии Каргашина П.Е. «Основы цифровой картографии» (Каргашин П.Е., 2019). Особое внимание уделяется технологии проектирования цифровых карт, а также аспектам работы с геопространственными данными. Для реализации работ по цифровой картографии используется программное обеспечение, на которое автор дает краткий обзор.

Л. Джордан (Джордан Л, 1997) в своей работе предполагает, что картой будущего станет Разумное Изображение (Intelligent Image). Это будет сложное изображение, синтезирующее информацию, которая будет собрана из разных источников в реальном масштабе времени. Пользователь будет работать с изображением в интерактивном режиме, а также сможет перемещаться по нему в любом направлении в различных измерениях. А использование глобальных позиционирующих систем позволят обеспечить качество, целостность и точность данных будут.

Многие процессы создания карт представлены в книге Краак М.-Я. и Ормелинг Ф. «Картография: визуализация геопространственных данных» (Краак М.-Я., Ормелинг Ф., 2005). Основанием для большинства идей послужила книга «Semiology of Graphics» (Bertin, J., 1983). Краак и Ормелинг рассматривают не только место карты и картографирования в геоинформационной среде, но также отмечают методы сбора данных, особенности картографической основы. Помимо этого, большое внимание в издании уделяется вопросам визуализации, а также и инструментариям программных пакетов и их функциям, необходимых для выполнения работ. Отдельно анализируется применение карт для целей исследовательской картографии.

Среди зарубежных источников о геоинформационном картографировании также стоит отметить книгу «How to lie with maps» Mark Monmonier. В издании рассматриваются вопросы создания и актуализации

карт, а также о применение онлайн-картирования и новых технологиях работы с цифровыми картами (Monmonier M., 2018). Интересна книга «Esri Map Book Volume 29», издательство Esri Press. Издание предлагает примеры того, как сообщество пользователей ГИС реализует различные идеи с помощью программного продукта ArcGIS для пространственно-ориентированного решения географических проблем (Esri Map Book, 2014).

Особое значение для геоинформационного картографирования и ГИС-технологий имеют вопросы создания специальных тематических карт. Статья Коноваловой Н. В. посвящена разработке принципов проектирования тематических карт и атласов, а также требований к картографированию (Коновалова Н. В, 2014). Рассматриваются темы улучшения представления и чтения картографических изображений. Особая роль отводится изучению ассоциаций и стереотипов мышления пользователя карты в процессе чтения.

Лайкин и Упоров (Лайкин В.И., Упоров, Г.А, 2010) рассматривают различные области применения ГИС, количество которых постоянно растет. В список входит управление земельными ресурсами, геология, инженерные изыскания в строительстве, тематическое картографирование, сельское хозяйство и многое другое. ГИС-технологии выступают инструментом для управления информацией любого типа с точки зрения ее пространственного местоположения.

Следует отметить также важность методов географической индикации при комплексных географических исследованиях. Например, ландшафтно-индикационные методы эффективны при картографировании почв и ландшафтов (Серапинас Б. Б., Прохорова Е. А., 2018), оценке качества фунтовых вод и изменений климата и др. Системные географические произведения и ГИС имеют различную тематику, пространственный охват и назначение. Общая структура ГИС, отдельных блоков и слоев информации во многом повторяет структуру получаемых картографических произведений.

Основные принципы геоэкологического картографирования территории региона представлены в статье Заиканова В.Г., Минаковой Т. Б. и Булдакова Е. В. (Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., 2006). В данном опыте итогом работ является полноценный комплект карт. На основе геоинформационных программных пакетов осуществляется геоэкологическое картографирование, которое в дальнейшем используется при оценке состояния геосистем и региональном планировании природопользования.

Тикунов В.С., Ротанова И.Н., Ефремов Г.А. и др. в своей работе (Тикунов В.С, 2016) освещают вопросы создания международного Атласа Большого Алтая. В статье рассматриваются новые подходы в атласном геоинформационном картографировании. Атлас планируется как интегрированная веб-ГИС (ГИС-портал), состоящая из локальных атласов.

Комплексные географические исследования подразумевают всестороннее изучение генезиса, современного состояния и тенденций развития геосистем. Географическое моделирование неотрывно от методов районирования, структурного анализа и т.д. Географическая интерполяция и экстраполяция позволяют продолжать выявленные закономерности в будущее время, на неизвестную территорию или на неизученный объект (Алаев Э.Б., 1983). Для решения подобных задач использую самые разные методы геоинформационного картографирования.

В статье «Геоинформационное картографирование динамики урбогенеза» (Зимовец П.А., 2016) представлены результаты оценки динамики площади жилой и промышленной застройки в городе Волжском. Последовательное составление «карт различий» для серии пар снимков 1950-1980-х гг., 1980-1990-х гг. и 1990-2000-х гг. позволило получить количественные характеристики тренда роста застройки в г. Волжском. Полученная цифровая карта пространственной динамики городской территории позволила установить основные тенденции в развитии процессов урбогенеза.

Геоинформационное картографирование развивается и в направлении оперативного картографирования. В практических ситуациях оперативное изготовление карт становится важным условием выполнения задачи. Такие оперативные картографические работы предназначены для решения широкого спектра проблем. Прежде всего, для предупреждения о неблагоприятных или опасных процессах, слежения за их развитием, составления прогнозов, а также выбора вариантов контроля (Берлянт А.М., 2002).

Оперативность изготовления карт, технические возможности ГИС необходимость визуализации результатов мониторинга динамики процессов или явлений стали важными факторами развития методов геоинформационного картографирования окружающей среды. Лурье И.К. приводит 2 эффективных метода отображения динамики геосистем: анимационное картографирование и виртуальные изображения (Лурье И.К., 2008). Важным остается направление моделирования процессов, эффективность которого очень высока, и связана, в первую очередь, необходимостью создания банков данных.

ГИС-технологии являются средством развития просвещения. В.Г. Капустин в своей статье (Капустин В.Г., 2009) рассматривает важность ГИС для географического образования, которое определяется функциональными возможностями. Геоинформационное картографирование позволяет упрощать процесс проведения картометрических операций, а также обеспечить визуализацию любых данных. Автор подчеркивает высокий образовательный потенциал ГИС-технологий.

Бешенцев А.Н. в статье представляет результаты исследования территориальных социально-экономических систем. Автор описывает методику мониторинга территориальных социально-экономических систем и происходящих в них процессов на базе геоинформационной технологии, а также разрабатывает систему территориально-административных уровней для геоинформационного мониторинга и картографирования социально-

экономических процессов исследуемой территории. По итогу составлена серия инвентаризационных и аналитических карт динамики социально-экономических процессов. Выполнен краткий анализ демографической ситуации (Бешенцев А.Н., 2019).

Оценка миграционной ситуации и процессов проводила Юнусова А.Б. Автор считает, что оценка не будет неполной без актуальной информации и визуального представления данных. Исследование миграций предполагает использование ГИС в качестве инструмента оценки на основе картографирования пространственных и статистических данных, создания визуальных представлений об основных тенденциях миграций, пространственного анализа баз данных. При этом пространственные данные могут быть многомерными, отражая миграционные процессы в динамике. ГИС как инструмент предусматривает операции ввода, экспорта, импорта, обмена, предобработки, обработки, анализа, вывода, визуализации и т.п., включаемых в состав функциональных возможностей ГИС (Юнусова А.Б., 2016).

Геоинформационное картографирование аккумулирует достижения дистанционного зондирования, космического картографирования, картографического метода исследования и математико-картографического моделирования. В своем развитии геоинформационное картографирование использует опыт комплексных географических исследований и системного тематического картографирования. Благодаря этому в конце XX в. геоинформационное картографирование стало одним из магистральных направлений развития картографической науки и производства.

## **1.2. Применение ArcGIS в современной картографии**

Современная тенденция геоинформационного картографирования проявляется в использовании ГИС-пакетов, а также распространенных графических пакетов программ, что снимает необходимость создания

специализированных систем ГК. Чаще это понятие применяют, когда стоит задача создания компьютерной карты в традиционном виде и наличие устройств вывода такой.

Геоинформационные системы с развитием интернет-технологий приобретают большое значение, как для личного пользования, так и для предприятий большого масштаба. При этом ГИС сейчас обеспечиваются современными программными средствами. ГИС системы обладают рядом преимуществ: большой аналитический ресурс, множество инструментов для обработки и использования данных, значительная экономия временных, денежных затрат, изучение геопространственных сведений и многое другое (<https://www.zwsoft.ru/stati/>).

В настоящее время существуют сотни отечественных и зарубежных разработок программных средств, которые отвечают большей части этих критериев. Большая часть программного обеспечения не является одной из подсистем в чистом виде. Сегодня имеется огромное количество программных продуктов, которые доступны на любой аппаратной платформе. Эти продукты, в основном, можно разделить на два "лагеря": высококачественные профессиональные ГИС (high-end) и пакеты настольного картографирования некоторыми функциями ГИС.

Первые отличает большая мощность, полный функциональный набор инструментов. Они обеспечивают все функции, какие требуются для большинства приложений. Вторые составляют основную массу разработок на рынке ГИС программ в последние несколько лет. Это так называемые пакеты настольного картографирования ГИС, которые имеют не так много функций и изначально разрабатывались для простого анализа и вывода карт и графиков (<https://studopedia.su/>).

Одной из полнофункциональных ГИС-систем, имеющих совершенные средства для создания карт, является ARCGIS компании ESRI. Это программное обеспечение для построения ГИС любого уровня, позволяет использовать географическую информацию для проведения

анализа, лучшего понимания данных и принятия более информированных решений.

ArcGIS представляет собой полную систему, которая позволяет собирать, организовывать, управлять, анализировать, обмениваться и распределять географическую информацию. Платформа позволяет публиковать географическую информацию для доступа и использования любыми пользователями. ArcGIS это также и инфраструктура для создания карт и географической информации, доступной между сообществами пользователей, а также в сети Интернет для широкого доступа.

Семейство продуктов ArcGIS подразделяется на настольные и серверные. Основные продукты настольной линейки – ArcView, ArcEditor, ArcInfo, где каждый последующий включает функциональные возможности предыдущего. Основной серверный продукт – ArcGIS for Server, предназначен для многопользовательских геоинформационных проектов с централизованным хранилищем и неограниченным числом рабочих мест, публикации интерактивных карт в Интернете.

ArcGIS применяют в большом диапазоне приложений, включая планирование, анализ, управление имуществом, ознакомление с операциями, работа на площадке. Семейство продуктов ArcGIS используют для решения различных задач, управления данными, принятия лучших решения и планирования, моделирования и управления изменениями и многое другое (<https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/>).

## **Глава 2. Картографирование демографических процессов**

### **2.1. Демографические процессы и методы их исследования**

Важнейшую роль в развитии общества играют демографические процессы. Это связано не только с тем, что необходимым условием существования и развития общества является процесс воспроизводства людей, но и с тем, что многие социальные и политические процессы определяются изменениями в составе населения, т. е. демографическими процессами.

В узком смысле, демография – это статистика населения, изучающая состав, структуру населения (по полу, возрасту, занятиям и т. п.) и его движение, определяемое рожденьями, смертями и перемещениями (миграцией). В широком смысле, демография – это система наук о населении, изучающих помимо статистики теорию народонаселения (общие закономерности развития населения) и демографическую политику.

Демографические процессы – это процессы изменения численности, состава и структуры населения, изменения его территориального распределения. Основными факторами, определяющими численную и возрастную структуру населения в современном мире, являются рождаемость, смертность и миграция.

Демографические процессы приводят к:

- приросту населения за счет изменения одного или нескольких показателей – рост рождаемости, низкая смертность и иммиграции;
- убыли населения, определяется снижением рождаемости, ростом смертности, эмиграцией.

Классификация демографических процессов представлена на рисунке 1.



Рис.1. Классификация демографических процессов

Вопросы, связанные с населением, всегда интересовали людей. На эти и многие другие вопросы демографического развития населения Земли даются ответы в учебнике «География населения с основами демографии» (Анохин А.А., 2015). В нем в доступной форме изложены основные понятия и термины географии населения, охватывающие всю совокупность демографических процессов, рассмотрены источники сведений о населении, история демографических исследований в России и в мире.

В учебнике (Борисов В.А., 2018) Борисова В. А. широко представлены данные социолого-демографических исследований, переписей населения, статистической отчетности, результаты прогнозов. В пособии представлена подробная статистическая информация по современным тенденциям воспроизводства населения – фактически это справочное издание, позволяющее найти необходимые цифры по брачности, разводимости, рождаемости, смертности и другим демографическим процессам.

В учебном пособии (Бутов В.И., 2016), подготовленном профессором В. И. Бутовым, рассматриваются наиболее актуальные демографические процессы, происходящие в зарубежном мире и России. Автор представил комплексное исследование, в котором дан ряд важных законодательных документов и статистических таблиц, относящихся к проблемам народонаселения.

Федоров Г. М. в своей статье (Федоров Г.М., 2014) рассматривает возникновение, развитие и современное состояние исследований геодемографической обстановки в СССР и РФ. Автор отмечает недостаточную изученность проблемы и неполное использование возможностей геодемографических исследований в регулировании регионального развития.

Основная цель работы показать важность геодемографической составляющей комплексных исследований региона для нужд регионального стратегического планирования и программирования, особенности геодемографической типологии субъектов РФ. В процессе исследования на основе кластерного подхода выделены типы регионов РФ по особенностям естественного и миграционного движения населения; оценены взаимные корреляционные связи демографических, экономико-, социально-, расселенческо-демографических и др. показателей и перечислены принципиальные возможности регулирования геодемографической обстановки в зависимости от типологических особенностей регионов (Федоров Г. М., 2014).

В пособии Верещагиной А. В. (Верещагина А. В., 2018) представлены ключевые проблемы демографической науки и формирование представления о том, что представляет демографическое изучение общества. В пособии освещены следующие темы: демография в системе научного знания, история демографии, демографические процессы, миграционные процессы в современной России, демографическая политика и ее особенности в России.

Многое в биологии можно понять с точки зрения демографии. Это демографические процессы рождения и смерти, которые определяют темпы роста населения и темпы изменения частот генов. Однако анализ демографических процессов у свободноживущих организмов далеко не прост.

Монография «Modeling Demographic Processes in Marked Populations» представляет собой моментальный снимок развивающейся области. Всего в нем одиннадцать разделов, охватывающих важнейшие биологические и статистические рубежи, новые разработки программного обеспечения. Монография охватывает новейшие подходы к моделированию динамики популяции, также в ней рассматриваются вопросы оценки численности и перемещения (David L. Thomson, 2009).

Международные справочники по народонаселению предлагают актуальные научные обзоры и источники информации по основным предметным областям и вопросам демографии и народонаселения. Например, в книге «International Handbook on Gender and Demographic Processes» исследуются темы, представляющие жизненно важный интерес. Это старение населения, смертность, демография сельских районов, бедность, семейная демография, и т.д. (Jan Brunson, 2018).

Christine Leuenberger и Izhak Schnell в своей работе (Christine Leuenberger, 2020) прослеживают, как географические науки переплелись с политикой, территориальными претензиями и государственным строительством в Израиле/Палестине. В частности, основное внимание уделяется истории географических наук до и после создания государства Израиль, а также тому, как геодезия, картографирование и обозначение новой территории стали важной частью его создания.

В монографии приводится яркий пример того, как карты служили для пробуждения чувства национальной идентичности, облегчили государству способность управлять и помогли очертить территорию. Помимо геополитических функций карт для построения национального государства, они также стали оружием в войнах карт.

## **2.2. Картографирование демографических процессов**

### **2.2.1. История картографирования демографических процессов**

Социально-экономическое картографирование базируется на исследованиях взаимоотношения человека и его среды обитания. Карты населения – обязательный атрибут вводного раздела любого тематического атласа. Картографирование различных характеристик населения рекомендуется составлять при комплексном картографировании регионов.

Все аспекты изучения населения отображаются на картах. Тематика очень разнообразна: расселение, структура и динамика, миграции и др. В тематическом аспекте классифицируются карты в пять групп: карты размещения населения и расселения; карты демографических характеристик населения; карты социально-экономических характеристик; этнографические карты и карты экологических характеристик населения.

Основные направления картографического изучения населения сложились в середине XIX–начале 50-х гг. XX в. С тех пор картографирование населения прошло путь от построения первых математически обоснованных таблиц смертности-дожития (Л. Эйлер) до формирования основных принципов создания демографических карт.

Среди карт размещения населения и расселения самыми известными к началу XX в. были «Дазиметрическая карта Европейской России» Семенова-Тян-Шанского В.П. (1923-1927 г.) масштаба 1:420 000, которая показала характеристику населения способом ареалов (рис.2). Исторически термин связан лишь с одной из своих методических разновидностей.

Стоит упомянуть и «Обзорную карту плотности населения СССР» Каменецкого В.А. (1929 г.) масштаба 1:10 000 000, составленная по материалам переписи 1926 г (рис.3). Способ картограммы на данной карте – основной способ изображения для плотности сельского населения; шкала при этом используется переломная. «Карта населения СССР» В. П. Коровицына (1963 г.) масштаба 1:4 000 000 отражает плотность сельского населения, которая рассчитана на единицу площади (на км<sup>2</sup>). Также на карте даны контуры ареалов плотности сельского населения.

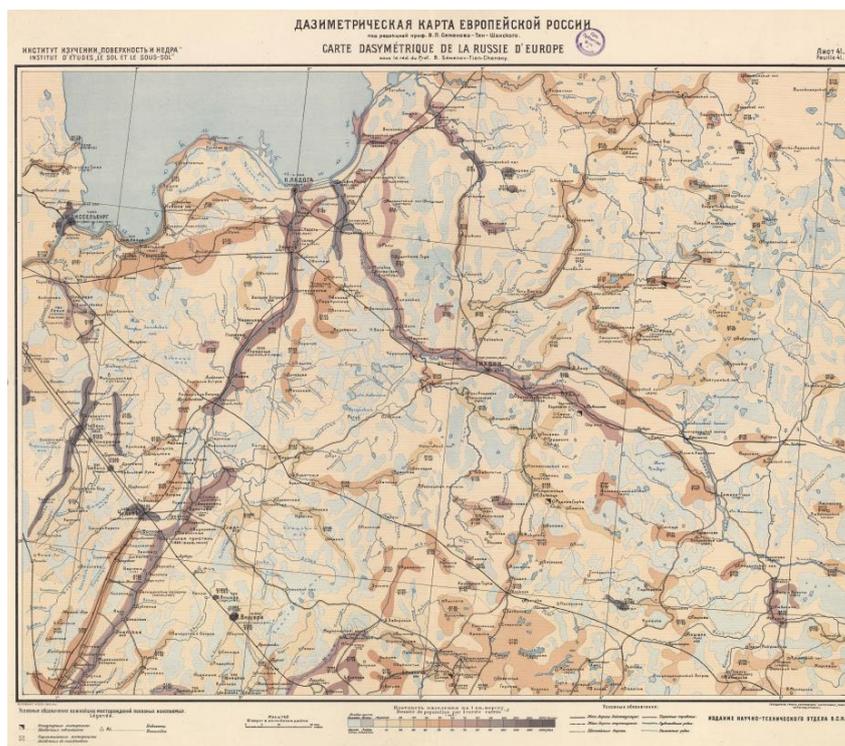


Рис.2. Дазиметрическая карта Европейской России (<https://rusneb.ru/>)

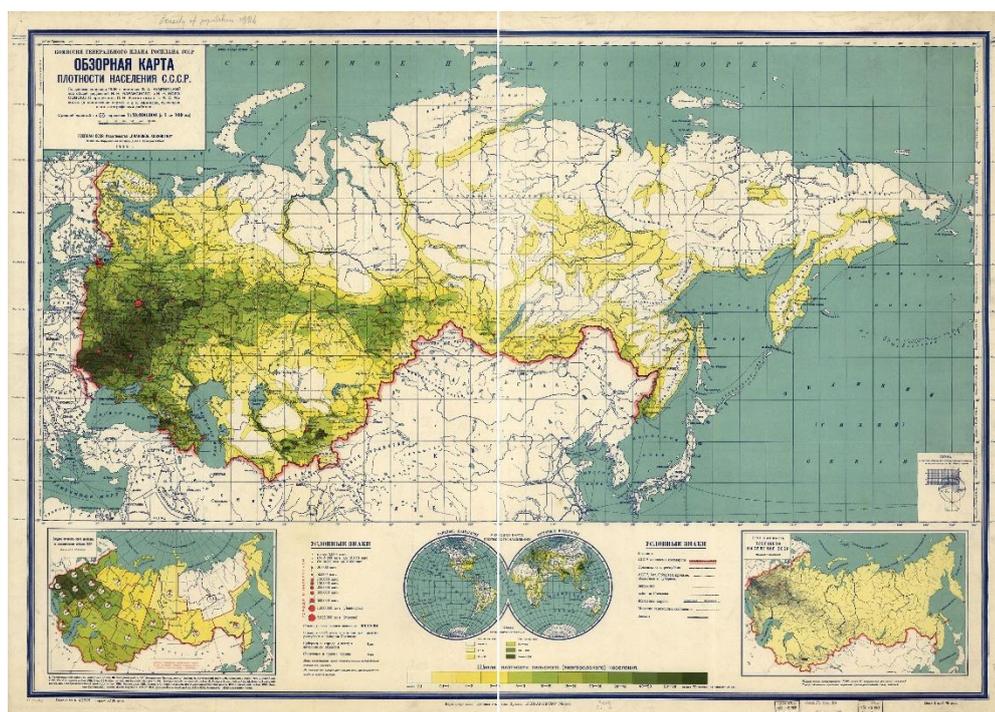


Рис.3. Обзорная карта плотности населения СССР  
 (<http://mapinmap.ru/archives/8688>)

Базовым произведений в картографировании населения можно назвать «Карту населения СССР» (1977 г.) в масштабе 1:2 500 000. Карта составлена по материалам переписи 1970 г. Она отражает размещение

населения не только по методу людности поселений, но и по плотности сельского населения. Деление производится по административным районам. Людность постоянных поселений дана в шкале, близкой к абсолютной.

На географическом факультете МГУ составлена «Карта населения СССР» в масштабе 1:4 000 000 для высшей школы. Составители карты Евтеев О. А., Ковалев С. А., Котлова З. Ф.; опубликована в 1986 г. Карта дает достаточно современное представление о географии населения: она показывает людность городских поселений. Помимо этого, показана плотность сельского населения, рассчитанная на 1 км<sup>2</sup>. Ареалы расселения выделены обводкой постоянных поселений с учетом географической ситуации: рельефа, гидрографии, путей сообщения (<https://bookonlime.ru/lecture/>).

### **2.2.2. Современное картографирование демографических процессов**

Одним из важнейших объектов социально-экономического картографирования является население. На картах оно рассматривается как основной компонент и преобразующая сила географической оболочки, производитель, а также главный потребитель разнообразной материальной и духовной продукции.

Население, как самостоятельный объект картографирования, представляет собой данные о совокупности людей, которые проживают в определенное время на определенной территории. Поэтому, составление карт населения или карт демографических процессов имеет ряд индивидуальных особенностей. Одной из таких особенностей является географическая дискретность, то есть приуроченность размещения населения к сети населенных пунктов. Следующая особенность – это отсутствие явной выраженности явления при картографировании, а также его характеристик на местности. И третья, не менее важная особенность,

заключается в создании карт населения преимущественно по статистическим данным.

ГИС-технология обеспечивает решение важнейшей задачи социально-демографического мониторинга – отслеживание пространственных закономерностей поведения населения, знание которых позволяет разрабатывать и реализовывать на практике адекватную региональную социально-экономическую политику.

В качестве примера можно привести социально-демографическую ГИС Германии, в которой Мониторинговые задачи решаются на базе автоматизации сбора, обработки и картографирования обширной социально-экономической и демографической информации в разрезе всех административно-территориальных единиц страны. В Великобритании создана и функционирует национальная ГИС, предназначенная для мониторинга размещения трудовых ресурсов, изучения миграции населения и анализа рынка рабочей силы.

Самым важным этапом картографирования демографических показателей является выбор способа картографического изображения и определение картографической классификации объектов. Отличительной чертой геоинформационного картографирования населения в разрезе административно-территориальных единиц является визуализация атрибутивной информации в связи с тем, что картографируются не сами объекты, а их свойства.

Большой интерес с точки зрения картографической визуализации данных представляет «Атлас населения Словакии» (Зозуля П. В, 2016). В нем помимо традиционных способов изображения, используется множество способов, несвойственных для отображения социально-экономических показателей. Данное картографическое произведение является одним из ярких примеров систематизации результатов демографического картографирования.

Традиционные и современные методы картографирования социальных и демографических процессов представлены в статье «Картографирование демографических процессов: традиции и современность» Бажукова Н.В., 2020). Авторы раскрывают методику многофакторного анализа геодемографической ситуации, выявляют территориальные особенности, на основе которых проводится типология субъектов Российской Федерации.

В статье подчеркнута необходимость использования разнообразных методов картографирования и моделирования, а также перехода от нанесения на карту единичных количественных демографических показателей к отображению системы качественных характеристик и индикаторов формирования геодемографической ситуации.

Карты могут быть использованы для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов в России. Об этом пишет в своей работе Тимонин С.А., который рассматривает вопросы, связанные с возможностью применения картографического метода для изучения демографических процессов в России. В статье также сформулировано определение карт демографических характеристик населения, описаны используемые методики создания комплексных и синтетических карт путем построения легенд табличного типа, разработки интегральных индексов и оценочных классификаций (Тимонин С.А., 2010).

### **2.2.3. Методы картографирования демографических процессов**

Демографические особенности населения образует целая группа показателей: пол и возраст, семейное состояние, естественная динамика населения (рождаемость и смертность), механическое движение (миграции). Для каждого показателя на картах используются различные методы картографирования.

Так, на картах структуры населения по полу и возрасту чаще всего используются половозрастные пирамиды. Они строятся в абсолютном исчислении населения по процентному соотношению возрастных групп. Пирамида, используемая как значковый способ, может показать индивидуальную характеристику городских и сельских поселений. А способом картодиаграмм – обобщенную территориальную характеристику, при условии того, что пирамида относится ко всему району.

Значковым способом по населенным пунктам отображаются абсолютные или относительные показатели. Например, состав населения по семейному состоянию и размеру сетей. Эти характеристики также могут отражаться картограммами и картодиаграммами, если показатели представлены по территориальным единицам. В зарубежных картах и атласах довольно часто способом картограмм показывается число лиц, состоящих в браке, разведённых или вдовых.

Естественный прирост населения картографируется, как правило, в свободной форме. Он представляет собой разность рождаемости и смертности, которая измеряется в абсолютных и относительных показателях. Картографирование может строиться по территориальным единицам или по населенным пунктам. Общая картина естественного движения создается значками, ареалами, качественным фоном.

Одно из центральных мест в картографировании демографических процессов занимает перемещение людей (миграции). На картах миграционные потоки показываются за разные промежутки времени: в течении лет, сезонов, суток. Картографирование может быть по числу прибывших и выбывших, в рамках исследуемой территории и за ее пределами. Для характеристики миграции используются и сложные показатели, например, коэффициент миграционного прироста или сальдо миграции.

Если в миграционном процессе принимает участие небольшое количество людей, то используется другой показатель – нетто-миграция. На

картах он обычно показывается способом картодиаграмм или способом значков. Довольно часто в атласах встречается картографирование естественного и механического движения населения. Способом картограмм может быть показано отношение естественного прироста к миграционному. Иногда показателем может быть соотношение, например, во сколько раз изменилось численность населения за некоторый промежуток времени.

Наибольший интерес представляют карты, в которых используются знаки движения для миграционных потоков. Он обычно применяется в школьных атласах. Стрелки постоянной толщины показывают начальный и конечный пункты перемещения населения. Масштабные стрелки на картах и картосхемах часто представлены в сети Интернет. Они имеют достаточно простое содержание и характеризуют перемещение населения в историческом аспекте.

Оценка демографической ситуации невозможна без анализа и отражения ее в динамике. С помощью картограмм можно показать типы регионов по значимости процессов движения численности населения (Прохорова Е.А., 2010).

### **Глава 3. Применение методов геоинформационного картографирования для изучения демографических процессов в Ленинградской области**

#### **3.1. Сбор и обработка исходных материалов**

##### **3.1.1. Статистические данные**

Демографическая характеристика является одной из основных характеристик населения. Для оценки и прогноза демографических процессов необходимо иметь корректные исходные данные. В демографии такими являются данные статистики, которые представляют собой значения по основным демографическим показателям. Демографические показатели же в свою очередь представляют собой систему статистических данных.

Для работы было необходимо выбрать статистические данные, которые отвечали бы исходным запросам исследования: достоверность источника, корректность информации, определенные демографические показатели, доступность получаемых данных и некоторые другие. Стоит отметить, что в ходе работы количество данных сократилось, поскольку не все они отвечали необходимым запросам. Поэтому, были отобраны основные абсолютные демографические показатели: общая численность населения, механический прирост населения, миграционное сальдо, половой состав.

Отбор информации начался с определения источников. Наиболее достоверным каналом получения информации о демографических процессах Ленинградской области стало Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области «Петростат». «Петростат» является территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Он осуществляет государственный статистический учёт на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

«Петростат» как государственный орган представляет собой организованное предприятие, включающее ряд отделов государственной статистики 8 административных районов. Согласно электронному ресурсу, в настоящее время «Петростат» объединяет в себе 22 отдела центрального аппарата, а также 3 отдела государственной статистики (включая представителей отделов в районах) Санкт-Петербурга и 13 отделов государственной статистики (включая представителей отделов в районах) Ленинградской области.

Отдельно стоит отметить «коллекцию» данных, представленных в управлении. Всего, в каталоге официальных статистических изданий Петростата представлено 133 наименования, в число которых включено 23 сборника, 4 буклета, 5 докладов, 24 бюллетени, 104 экспресс-информации. По данным на 1 января 2016 в статистическом регистре было учтено 375,0 тыс. единиц субъектов экономики по Санкт-Петербургу, из которых 38,3 тысячи – по Ленинградской области. Большую часть изданий доступна на сайте бесплатно, однако часть экономико-статистической информации «Петростат» предоставляет за деньги (<https://petrostat.gks.ru/>).

Статистику по демографическим показателям можно получить на электронном ресурсе Петростата в разделе «Население». На сегодняшний день в электронном формате лишь небольшая часть информации. Во-первых, это методологические пояснения, касательно понятий, входящих в состав демографических показателей. Во-вторых, это сама статистическая оперативная информация, представленная следующим документом «Численность постоянного населения в разрезе муниципальных образований Ленинградской области по состоянию...» за разные периоды времени: с 2018 года по 2021 год.

Данные представляют собой выдержки из «Письма Петростата о согласовании бланков служебных документов». Это небольшой документ с основной информацией о численности населения в разрезе муниципальных образований. Вся численность разбита на 3 графы: все население, городское

и сельское. Численность также поделена по районам, городам, городским поселениям (в т.ч. поселки городского типа) и сельским поселениям.

В таблице 1 представлен фрагмент таблицы «Численность постоянного населения Ленинградской области в разрезе муниципальных образований по состоянию на 1 января 2020 года».

Таблица 1

Фрагмент таблицы

Численность постоянного населения Ленинградской области в разрезе муниципальных образований по состоянию на 1 января 2020 года (<https://petrostat.gks.ru/>)

Территория	Все население	в том числе:	
		городское	сельское
Ленинградская область	1875872	1260249	615623
Бокситогорский муниципальный район	48625	38028	10597
г. Бокситогорск	15091	15091	--
Волосовский муниципальный район	51778	11828	39950
г. Волосово	11828	11828	--
Волховский муниципальный район	88198	64617	23581
г. Волхов	44256	44256	--

В разделе «Публикации» представлены электронные формы публикации. Так, на сайте «Петростат» представлен статистический бюллетень «Численность и миграция населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2018 году», в котором содержится информации о численности и миграции населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Согласно методологическому пояснению, данные о миграции были получены в результате разработки документов статистического учета прибытий и выбытий, которые поступали от Управления по вопросам миграции ГУ МВД России по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. При регистрации и снятии с регистрационного учета населения

составляются листки статистического учета мигрантов, как по месту жительства, так и при регистрации по месту пребывания.

Наиболее интересным разделом для исследования является «Ленинградская область» и подразделы о численности населения и миграционном приросте. Так, таблица «Итоги миграции населения по муниципальным районам» (таблица 2) содержит информацию о количестве выбывших и прибывших человек, а также миграционном приросте за 2018 и 2019 года. Данные разделены по муниципальным районам Ленинградской области.

Таблица 2

Фрагмент таблицы

Итоги миграции населения по муниципальным районам (<https://petrostat.gks.ru/>)

	2018			2019		
	число прибывших, чел	число выбывших, чел	миграционный прирост, снижение (-), чел	число прибывших, чел	число выбывших, чел	миграционный прирост, снижение (-), чел
Ленинградская область	124177	80436	80436	114462	76581	37881
в том числе: муниципальные районы						
Бокситогорский	2380	2566	-186	2303	2402	-99
Волосовский	2659	2361	298	2695	2298	397
Волховский	2481	2881	-400	2414	2587	-173
Всеволожский	64301	20117	44184	63356	23637	39719

По данным было произведено построение диаграммы (рис.4) для наглядности представления информации.

Для исследования большое значение имеет статистическая информация о площадях сельскохозяйственных угодий. Так, одной из задач, решаемых в ходе исследования, является выявление взаимосвязи между изменением численности сельского населения и площадей сельскохозяйственных угодий. Корреляция позволит проследить наличие или отсутствие отношений между данными.

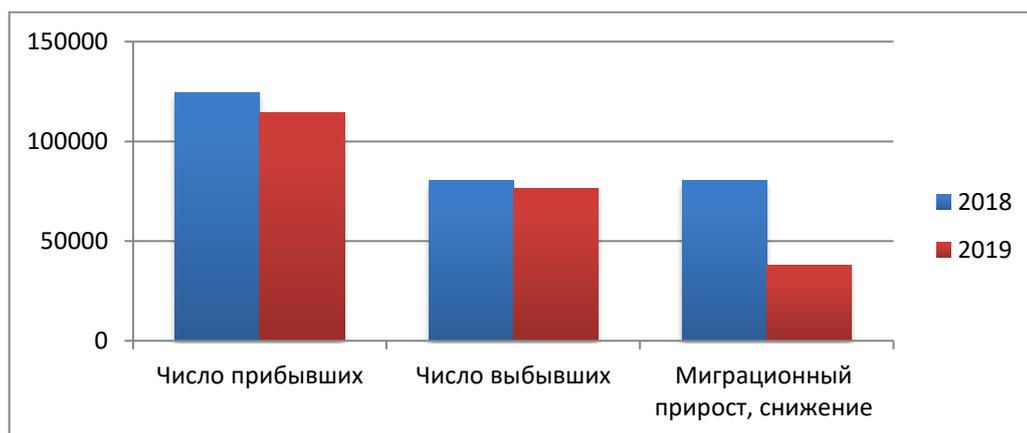


Рис.4. Итоги миграции населения в Ленинградской области с 2018 года по 2019 год

Поскольку определение площадей сельскохозяйственных угодий производилось автоматизированным способом при дешифрировании данных дистанционного зондирования Земли, то необходимо было проверить полученные данные. Поэтому, дальнейшее использование данных заключалось в сравнении статистической информации из органа государственной статистики и информации, получаемой при исследовании территории Ленинградской области по аэрокосмическим снимкам. Проведение такого рода сравнения важно для определения корректности автоматически получаемой информации с помощью компьютерных технологий, в частности геоинформационных систем.

На сайте Управления Федеральной службы государственной статистики «Петростат» также были получены «Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года» (Том 3. Земельные ресурсы и их использование). В томе представлены итоги о наличии и использовании земельных ресурсов в разрезе муниципальных районов и городских округов Ленинградской области. В сборнике содержатся данные об общей земельной площади, размере сельскохозяйственных угодий в сельскохозяйственных организациях, крестьянских хозяйствах и другие данные. В отдельном разделе размещены таблицы по структуре

сельскохозяйственных угодий в разрезе категорий хозяйств, земельной площади по видам использования в личных подсобных и других индивидуальных хозяйствах граждан и некоммерческих объединениях.

Наиболее важным для исследования являлся раздел «Наличие и использование земельных ресурсов», таблица «Площадь земель в хозяйствах всех категорий» (рис.5). Данные представлены не только в разрезе муниципальных образований, но также и по типу сельскохозяйственных угодий: пашни, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, залежи.

Для исследования были также необходимы статистические данные более старого периода времени, которые не представлены на сайте Петростата. Поэтому, произведен дополнительный поиск информации. Необходимые данные были получены с ресурса «Демоскоп Weekly».

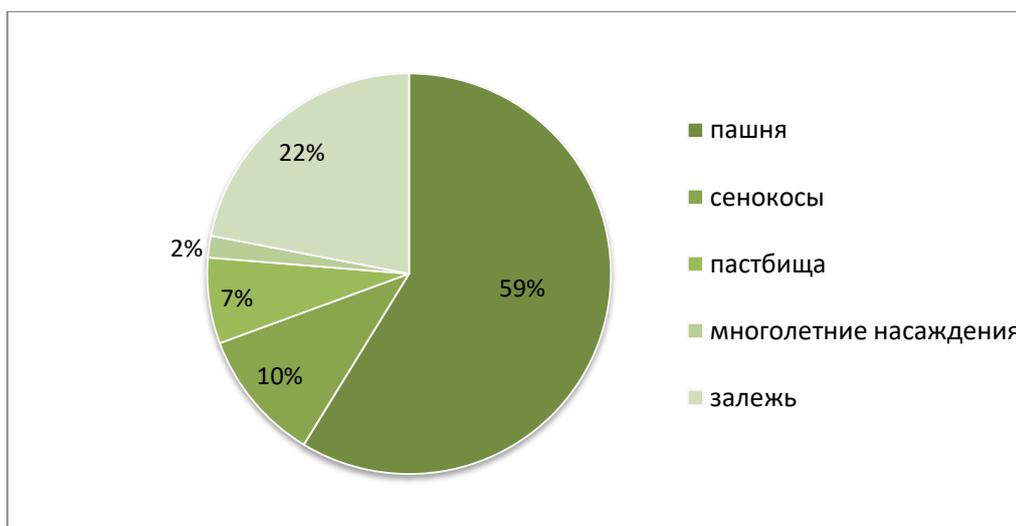


Рис.5. Площадь земель в хозяйствах всех категорий  
(на 1 июля 2016 года)

Ресурс «Демоскоп Weekly» представляет собой демографический электронный журнал, который публикуется два раза в месяц на русском языке в России, странах СНГ и Балтии. Журнал публикует информационные аналитические материалы по демографической ситуации, смертности,

рождаемости, миграции, здоровью, семье, занятости, уровню и образу жизни населения России и во всём мире.

Электронные выпуски журнала впервые появились 1 января 2001 года на базе журнала «Население и общество», издававшегося с октября 1994 года. С тех пор бюллетень издается при поддержке французского Национального института демографических исследований (ИНЕД). В работе над журналом принимают непосредственное участие сотрудники нескольких НИИ России и стран СНГ. В настоящее время основное участие в выпуске журнала принимает коллектив Института демографии НИУ «Высшая школа экономики» (<http://www.demoscope.ru/>).

В исследование демографических процессов включались данные всесоюзной переписи населения, как наиболее достоверные. Первая Всесоюзная перепись населения была проведёна по состоянию в декабре 1926 года. В ходе переписи учитывалось наличное население (по личным листкам), а в городах семейная карта давала возможность получить сведения и по постоянному населению.

Программа переписи включала 14 признаков: пол; возраст; народность; родной язык; место рождения; продолжительность проживания в месте переписи; брачное состояние; грамотность; физические недостатки; психическое здоровье; занятие (с выделением главного и побочного); положение в занятии и отрасль труда; для безработных — продолжительность безработицы и прежнее занятие; источник средств существования (для не имеющих занятия). В семейной карте учитывался состав семьи с выделением супружеских пар и их детей, продолжительность брака и жилищные условия.

В ходе исследования нами были определены временные промежутки, необходимые для работы. Так, в первую очередь были получены данные переписи населения 1989 года «Численность населения СССР, РСФСР и ее территориальных единиц по полу» (таблица 3). По данным было

произведено построение диаграммы (рис.6) В дальнейшем, были также добавлены данные за 2002 и 2010 года.

Таблица 3

Фрагмент таблицы

Всесоюзная перепись населения 1989 г.

Численность населения СССР, РСФСР и ее территориальных единиц по полу»

(<http://www.demoscope.ru/>)

Территория	Городское и сельское население			Городское население			Сельское население		
	оба пола	мужчины	женщины	оба пола	мужчины	женщины	оба пола	мужчины	женщины
Ленинградская область	1661173	767288	893885	1095181	503659	591522	565992	263629	302363
г. Бокситогорск	21839	10109	11730	21839	10109	11730	--	--	--
г. Волхов	50325	23064	27261	50325	23064	27261	--	--	--
Всеволожский горсовет	32230	13912	18318	31946	13796	18150	284	116	168
Гатчинский горсовет	80375	36077	44298	79714	35801	43913	661	276	385
г. Кингисепп	49954	23138	26816	49954	23138	26816	--	--	--
г. Кириши	53014	24027	28987	53014	24027	28987	--	--	--
г. Кировск	23655	10624	13031	23655	10624	13031	--	--	--
г. Лодейное Поле	26718	12635	14083	26718	12635	14083	--	--	--

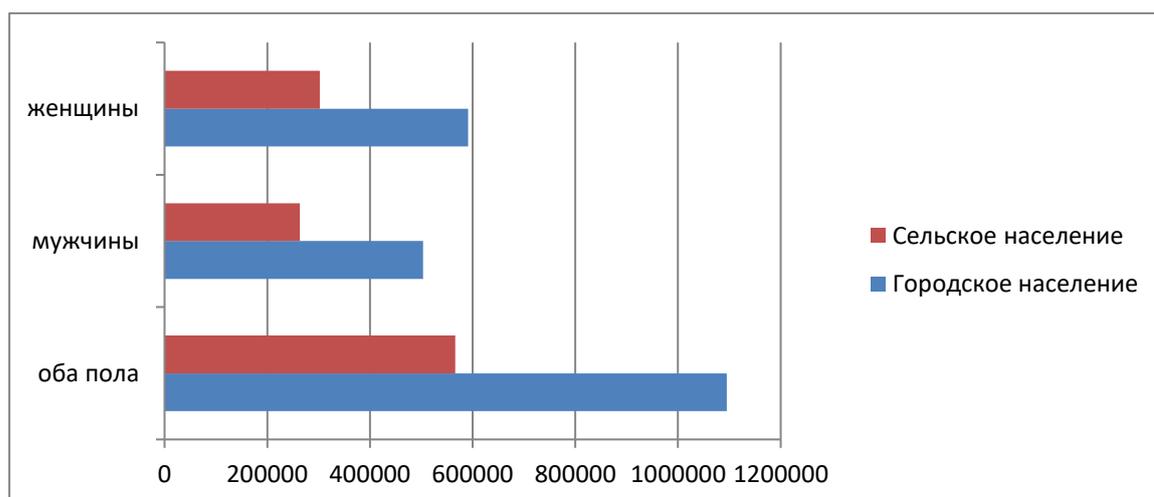


Рис.6. Численность населения в Ленинградской области по полу в 1989 году

Обуславливается выбор таких временных промежутков рядом причин. Во-первых, необходимы были данные периода 90х годов XX века. Первостепенной задачей стояло изучение демографических изменений с момента распада советского союза (как наиболее яркого события в истории России) и в настоящее время. Современные данные были получены ранее с сайта «Петростат».

Дальнейшая работа заключалась в формировании базы данных. На первом этапе все данные были подготовлены в виде таблиц Excel. Такое решение было обусловлено легкостью представления информации, удобством использования, хранения, а также дальнейшей конвертации. Так, на втором этапе таблицы были импортированы в базу геоданных ГИС (далее БД). В основу легла база геоданных, созданная в программном продукте ArcGIS. Его базовое приложение «ArcMap» версии 10.2. Платформа предназначена для работы с географической информацией, например, с анализом данных или их визуализацией.

В ArcGIS база геоданных – это набор географических наборов данных различных типов, хранящихся в общей папке файловой системы. База геоданных – это «родная» для ArcGIS структура данных; она является основным форматом данных, используемым для редактирования и управления данными

Для каждого типа данных создавался пространственный класс, содержащий информацию об отдельных пространственных объектах – районах Ленинградской области. Импортированные таблицы соединялись при помощи атрибутов с исходными слоями для дальнейшей работы (рис.7). Такой способ загрузки данных ускоряет процесс обработки информации и уменьшает вероятность появления ошибок.

	name	Прибывшие	Убывшие	Миграц прирост
	Бокситогорский район	2433	2279	-186
	Волосовский район	2632	2576	298
	Волховский район	2604	3052	-400
	Всеволожский район	44382	16460	44184
	Выборгский район	5224	5774	-440
	Гатчинский район	8924	8987	339
	Кингисеппский район	4333	3802	-2160
	Киришский район	1607	2456	1
	Кировский район	5138	3979	737
	Лодейнопольский район	969	1000	-155
	Ломоносовский район	5645	3201	2115

Рис.7. Фрагмент атрибутивной таблицы «Миграция»  
в программном обеспечении ArcMap

Проводя первоначальный анализ полученных данных, можно сделать вывод, что за последние 30 лет численность населения значительно выросла. Так, численность всего населения в Ленинградской области выросла на 13%. Большие изменения произошли в городской части, а вот количество сельского населения увеличилось незначительно (рис.8,9).

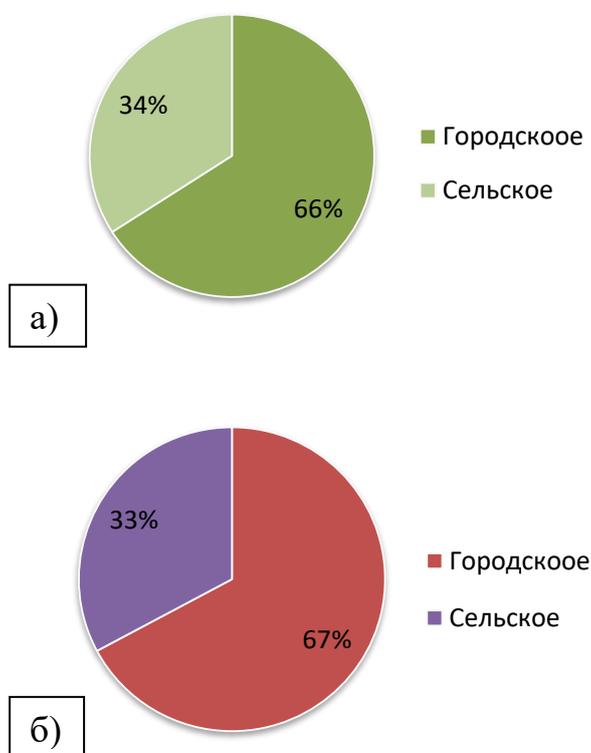


Рис.8. Численность населения по территориальным единицам:  
а) в 1989 году и б) в 2020 году

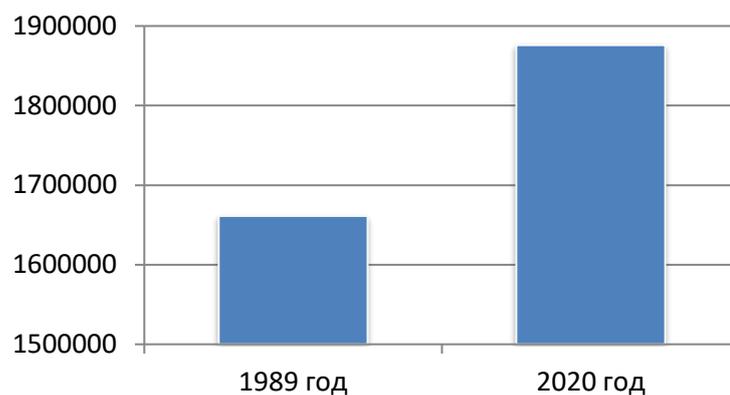


Рис.9. Численность населения в Ленинградской области

Подготовленная информация позволила дать первую оценку демографической ситуации в Ленинградской области в целом, и в отдельных районах в частности. Так, численность населения области выросла на 13% за последние 30 лет. Процентное соотношение сельского и городского населения практически не изменилось – 34% к 66% в 1989 году и 33% к 67% в 2020 году; городского населения значительно больше, чем сельского.

Использование дополнительных источников информации значительно повышает детальность изображения, а значит, и качество создаваемого картографического изображения. Поэтому, помимо статистических данных необходимо включать картографические данные, данные ДЗЗ и дорожной сети.

### 3.1.2. Картографические материалы

Любое исследование демографических процессов подразумевает использование картографического материала как источника информации. Это обуславливается удобством предоставления статистических данных. Несомненно, любое картографическое произведение должно быть не только понятным, но и корректным по своему содержанию, т.е. источники, которые легли в основу создания карты, должны быть достоверными.

В ходе исследования перед нами стал вопрос о необходимости изучения картографических материалов более раннего периода времени, чем предполагалось изначально. Такое решение было обусловлено тем, что для анализа демографических процессов в Ленинградской области стоит привлечь данные того периода, когда территория была образована. В случае с территорией исследования это период конца 1920 – начала 1930 годов, поскольку Ленинградская область как обособленный субъект была выделена в 1927. Данные того периода можно рассмотреть как отправную точку для исследования изменения демографических показателей во времени.

Подходящим картографическим материалом для исследования являлся Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года. Среди карт, представленных в атласе, наиболее интересны были карты населения, а также карт сельского хозяйства, антропогенной трансформации ландшафтов, дорожной сети.

Атлас Ленинградской области создан по инициативе Научно-исследовательского географо-экономического института (НИГЭИ) ЛГУ им. А. А. Жданова и Педагогического института имени А. И. Герцена, поддержанной Ленинградским обкомом КПСС, Облисполкомом, Географическим обществом Союза ССР и Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Основные работы по составлению Атласа выполнены НИГЭИ и фабрикой № 5.

Атлас является сводным картографическим трудом, в котором обобщен большой фактический материал по изучению природы, населения, хозяйства, культуры и истории области. Он содержит 125 многокрасочных карт и картограмм, сопровождаемых пояснительным текстом. Карты отображают успехи в развитии экономики и культуры Ленинградской области за 50 лет Советской власти. Значительное место в Атласе уделено истории Ленинграда и области, особенно революционному прошлому.

Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года дает полную характеристику природных условий и экономики области, имеющих в области сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов, состояние их использования к началу второй пятилетки и перспективы использования в ближайшем будущем. Экономические карты атласа составлены по отчетным данным на 1 января 1933 г., а естественно-исторические — по данным последних исследований. Каждая карта сопровождается дополнительными картограммами, картодиаграммами и пояснительным текстом.

В ходе подготовки картографических материалов производилось визуально-интерактивное дешифрирование подготовленных материалов. Для решения данной задачи был выбран программный продукт ArcGIS. Так, например, была проведена векторизация карты «Земельные угодия % под пашней» из Атласа Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года (рис.10).

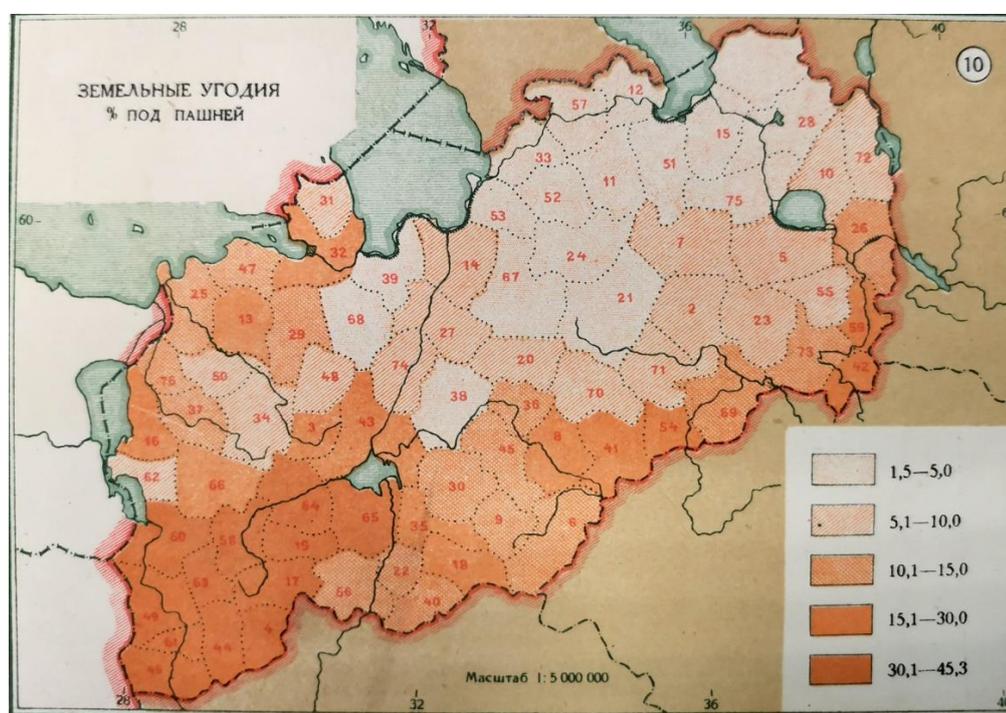


Рис.10. Земельные угодия % под пашней  
(Атлас Ленинградской области и Карельской АССР, 1934)

Привязка исходной карты осуществлялась с помощью инструмента «Пространственная привязка». Пространственная привязка растра довольно трудоемкий процесс, поскольку важно произвести корректное расположение карты в пространстве. При привязке карт 1934 года особое внимание уделялось границам Ленинградской области, т.к. во-первых, границы к настоящему моменту изменились, а во-вторых, размер картографического материала довольно мелкий, поэтому границы сильно генерализованны.

В последующем выполнялось дешифрирование всей карты (рис.11). В подготовленной базе данных создавался пространственный слой для каждого типа объектов и с помощью инструмента «редактирование» производилось векторизация.

Исходная таблица слоя дополнялась новыми столбцами, поэтому, помимо основных автоматически созданных («Fid», «Shape») добавился, например, столбец «Количество», для учета процента земельных угодий под пашней.

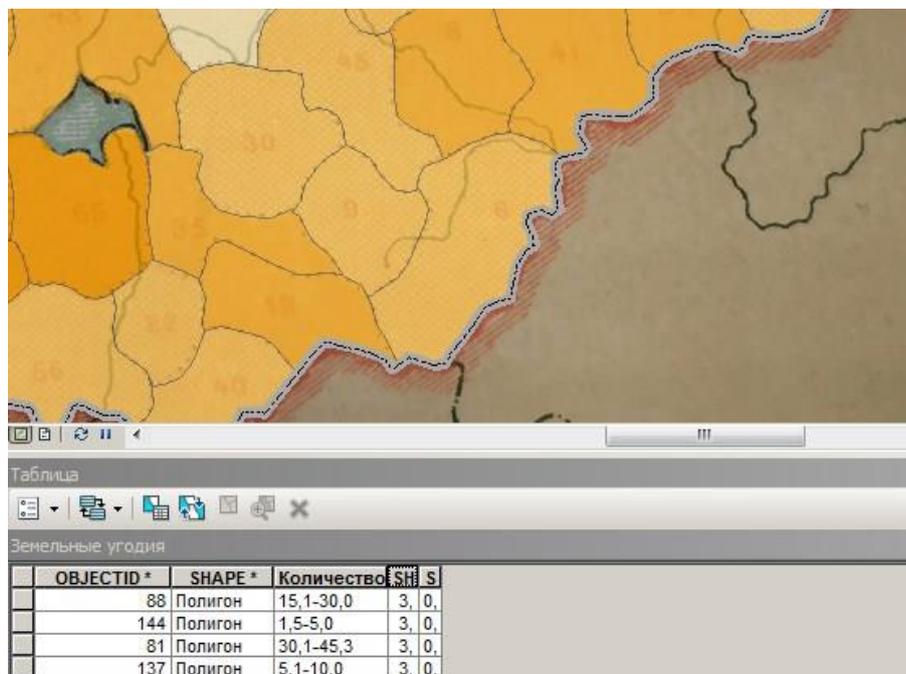


Рис.11. Фрагмент векторизованного изображения и атрибутивной таблицы

Помимо непосредственной векторизации картографических изображений для перевода в цифровой формат, проводился сбор статистических данных для дальнейшего анализа. Например, данные о численности населения из картографического материала были добавлены в ранее созданную таблицу базы геоданных со значениями, полученными из информационных бюллетеней Петростат. Подготовленные материалы стали основой для создания ряда картографических изображений в ходе исследовательской работы.

### **3.1.3. ДДЗ на территорию Ленинградской области**

В рамках диссертации рассматривалась задача о применении данных дистанционного зондирования Земли для изучения демографических процессов Ленинградской области. Обуславливается это тем, что по данным ДДЗ можно получить сведения о площадях объектов по средствам дешифрирования снимков. В ходе работы с помощью автоматического дешифрирования необходимо было провести изучение площадей сельскохозяйственных угодий.

Изучение изменения площадей сельскохозяйственных угодий необходимо для выявления взаимосвязей с изменением показателей численности сельского населения. Доступных исследований о связи изменения площадей сельскохозяйственных земель и демографических показателей нет. Однако, важно отметить, что изменения которые произошли после 90х годов привели к изменению демографических показателей по районам Ленинградской области. Например, распады колхозов являлись прямым фактором для переселения людей, что понесло за собой исчезновения целых поселений.

Поэтому, на отдельные районы Ленинградской области были выбраны данные дистанционного зондирования Земли. Это снимки Landsat весенне-летнего периода времени (с мая по сентябрь). Для исследования

был выбран 2020 год (рис.12). Космические снимки были получены с сайта Геологической службы США – U.S. Geological Survey.



Рис.12. Космический снимок Landsat 8

Геологическая служба США – это научно-исследовательская государственная организация, которая специализируется в геологической съёмке США, а также занимается изучением различных наук о Земле. Доступ к ресурсу возможен как для просмотра каталога данных зондирования Земли, так и для непосредственного получения хранимых в нём материалов.

#### **3.1.4. Данные дорожной сети**

В работе большое внимание уделяется данным сети автомобильных дорог. Развитие дорожной сети напрямую влияет на численность населения, в общем, и на демографические процессы в частности. Так, фактор доступности отдельных населенных пунктов к качественным дорогам

непосредственно оказывает действие на различные характеристики населения.

Исследования, показывающие напрямую взаимосвязь демографических показателей и данных дорожной сети, отсутствуют. В задачи исследования входило изучение доступности населенных пунктов к крупным автомобильным дорогам и транспортно-пересадочным узлам. Важно отметить, что рассматривались только автодороги с асфальтобетонным покрытием, как наиболее качественные транспортные сети.

Данные за настоящий период времени имеются в свободном доступе на различных ресурсах. Так, наиболее полные данные по автомобильным дорогам Ленинградской области представлены на сайте OSM – OpenStreetMap.

OpenStreetMap (т.е. открытая карта улиц) является некоммерческим веб-картографическим проектом, который занимается созданием подробной свободной и бесплатной географической карты мира. Редакторы это – сообщество участников – пользователей Интернета. Для создания карт используются различные данные, начиная с персональных GPS-трекеров и заканчивая панорамами улиц. Предоставляются данные, как правило, компаниями, а корректируются и вносятся человеком, который создает карту.

OpenStreetMap использует топологическую структуру данных, состоящую из точек, линий и отношений. Выгрузить данные с ресурса можно в любом формате, например, как шейп-файл (shp) – родной формат данных для программного обеспечения ArcGIS. Поскольку работа выполняется именно в этом программном продукте, то было принято решение использовать данные в формате шейп.

С ресурса были выгружены данные на всю территорию Ленинградской области (рис.13). Проверить качество данных на соответствие векторизованных дорог с реальными объектами можно только

по средствам сравнения по картам или в натуре, например, при полевом выезде. Однако, база геоданных портала постоянно дополняется и обновляется, поэтому, можно сделать вывод, что наиболее крупные автомобильные дороги занесены в базу. Также, при проверке и сравнению данных из базы с данными на онлайн картах несогласованности выявлено не было.

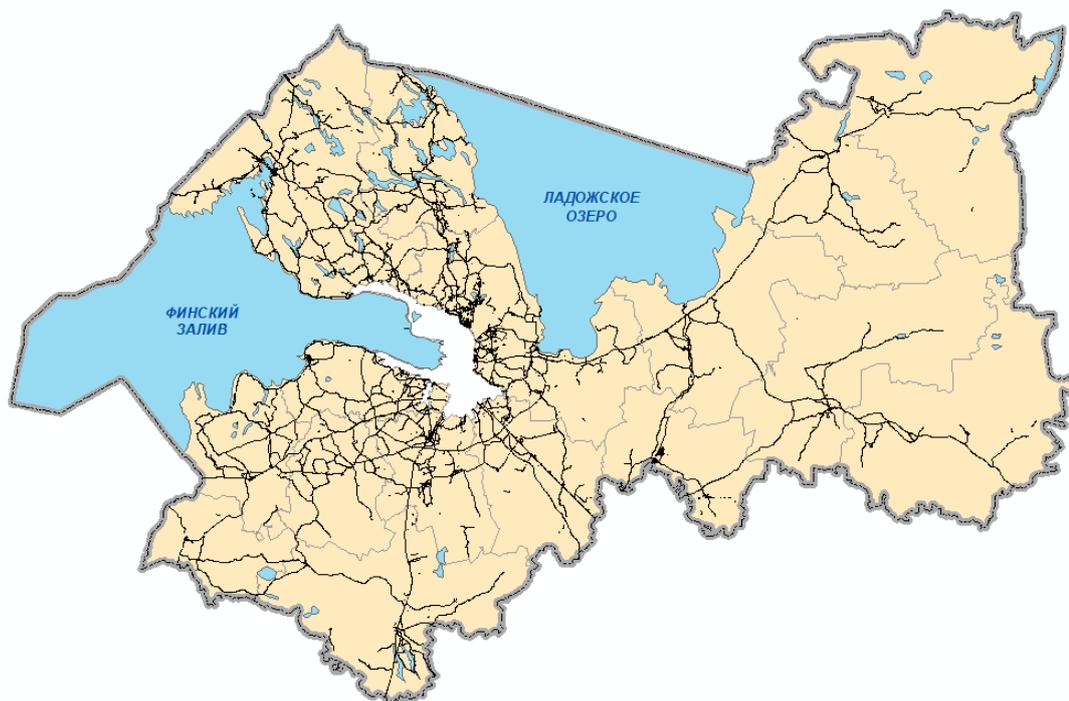


Рис.13. Представление базы геоданных автомобильных дорог

База данных состоит из ряда пространственных объектов типа «полилиния». У каждого объекта своя атрибутивная таблица (рис.14), в которой содержатся основные данные об автомобильных дорогах. Так, для каждой дороги присвоен атрибут с информацией о ее категории (шоссейная, пешеходная, проселочная и др.), а также о типе ее покрытия (асфальтобетон, грунт, песок и др.), геометрическая протяженность линии. Для работы нам необходимы данные о категориях дорог и типах покрытия.

osm id	Shape *	highway	name	layer	surface
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7613228	Полилиния	motorway	«Нева»		asphalt
7151361	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
3422607	Полилиния	trunk	«Скандинавия»	1	asphalt
3919575	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
3919575	Полилиния	trunk	«Скандинавия»	1	asphalt
8198576	Полилиния	trunk	«Скандинавия»		asphalt
1760324	Полилиния	secondary	1-й Верхний переулок		asphalt
1872565	Полилиния	residential	1-я Дачная улица		asphalt
3137716	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt
9865443	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt
9865445	Полилиния	secondary	1-я Красная дорога		asphalt

Рис.14. Фрагмент атрибутивной таблицы

Оценка атрибутивной таблицы показала, что не на все дороги имеется информация о типах покрытия. Кроме того, части автомобильных дорог не присвоена категория и в таблице они являются неклассифицированными.

С OpenStreetMap также были получены данные о населенных пунктах Ленинградской области (рис.15). Первичная оценка данных на корректность показала, что объекты отобразились верно, без нарушения пространственной привязки. База данных населенных пунктов также состоит из ряда пространственных объектов типа «точка».

Shape *	osm id	place	name
Точка	281879422	hamlet	Александровка
Точка	134318864	village	Александровка
Точка	136237823	hamlet	Александровка
Точка	612038456	hamlet	Александровская Горка
Точка	908871022	hamlet	Алексеевка
Точка	135797574	village	Алексеевка
Точка	137667399	hamlet	Алексеевка
Точка	136415412	hamlet	Ананыино
Точка	333591768	neighbo	Андреевщина
Точка	106769169	hamlet	Андрианово
Точка	101112377	village	Аннино

Рис.15. Фрагмент базы геоданных населенных пунктов

В атрибутивных таблицах содержится информация о населенных пунктах. Каждому объекту на точке присвоено значение «name», в котором задано наименование населенного пункта. Помимо этого, в таблице

представлена информация о категории населенного пункта: город, поселок, деревня и другие.

Данные о дорожной сети и о населенных пунктах позволят решить ряд задач диссертации. Одной из основных стоит решение вопроса об удаленности населенных пунктов от асфальтированных автомобильных дорог. Необходимо выявить закономерность между показателем труднодоступности поселений к качественным автодорогам и его влиянием на демографические процессы.

## **3.2. Применение методов геоинформационного картографирования и создание карт демографических процессов для Ленинградской области**

### **3.2.1. Использование данных статистики**

Для управления демографическими процессами нужно иметь научное обоснование. В этом могут помочь карты демографических особенностей населения, которые можно использовать для анализа, мониторинга и прогнозирования демографической ситуации, а также для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов.

Картографирование демографических процессов – трудоемкий и сложный процесс, который включает в себя работу с большим количеством статистических данных. Их корректность, а также правильная подготовка позволяет упростить и автоматизировать процесс создания картографических изображений.

На первом этапе работы производилось картографирование основных показателей демографической ситуации. Для картографирования выбирались данные о численности населения за 1989 и 2020 года, в том числе проводилось деление на городское и сельское. Отдельное внимание уделялось картам миграционных процессов в Ленинградской области.

Заранее созданная и подготовленная база данных была подгружена в рабочий файл программного продукта ArcGIS. Данный программный продукт выбран для работы, поскольку базы данных в нем являются реляционными. В реляционных базах геоданных существует два типа таблиц: системные и набора данных. Первые отслеживают содержимое каждой базы, описывая все правила и отношения. Вторые работают конкретно с системными таблицами. Отличным примером может послужить геометрия полигональных данных в базе геоданных. Здесь класс объектов хранится в виде таблицы, называемой базовой. Каждая строка – отдельный элемент, который имеет идентификацию и поведение.

Для каждого типа данных создавался пространственный класс, содержащий информацию об отдельных пространственных объектах – районах Ленинградской области. Каждому району присваивалось значение о численности населения (рис.16). Таким образом, было создано несколько пространственных классов, содержащих статистическую информацию по годам исследования.

Район	Общее кол-во	Городское	Сельское
Бокситогорский район	-1,7	28,1	-46,4
Волосовский район	10,4	-3,1	15,1
Волховский район	49,6	126,9	-22,6
Всеволожский район	224,1	362	98,6
Выборгский район	82,6	169,9	14,7
Гатчинский район	72,5	184,7	7,4
Кингисеппский район	119,7	362,3	-9,3
Киришский район	323,3	49,7	-25,7
Кировский район	41,9	1059	-2,9
Лодейнопольский район	108,8	1615,6	-33,2
Ломоносовский район	16,2	81,8	-5,4
Лужский район	45,3	555,9	-22,3
Полпорожский район	53,2	139	-53,8

Рис.16. Фрагмент базы численности населения

Значения прироста населения Ленинградской области рассчитывались исходя из разницы численности населения в 1989 и 2020 году. Поэтому, полученные значения показывают прирост численности населения. Прирост населения – это увеличение численности населения

благодаря определенным факторам. В зависимости от различных факторов выделяется естественный и миграционный приросты.

На следующем этапе производилось построение карт автоматизированным способом с помощью различных геоинформационных методов. Для работы была выбрана группа методов, включающих картографирование по данным атрибутивных таблиц баз данных как наиболее оптимальная по ряду характеристик.

Так, для карт прироста населения был выбран метод картограмм. Такой метод показывает визуально интенсивность какого-либо показателя в пределах территории на карте. Внутри каждой территориальной ячейки условно допускается, что картографируемое явление распространено в ней с одинаковой интенсивностью.

Для классификации значений был выбран метод естественных интервалов. После выявления средних значений определялись интервалы значений, что позволило равномерно распределить данные в интервалах и их охарактеризовать средними значениями характеристик объектов.

Метод естественных интервалов, как правило, используется для неравномерно распределенных данных. Алгоритм деления следующий: выявляются наиболее редко и наиболее часто встречающиеся значения атрибутов и назначаются последние в качестве среднего значения в каждом интервале. Распределение данных в пределах каждого интервала приближается к равномерному.

Как итог была построена карта прироста/убыли сельского населения Ленинградской области с 1989 года по 2020 год (рис.17). Особое внимание уделялось цветовой шкале карт. Предполагаемый изначально способ «светофора», который довольно часто используется в экологическом картографировании, не подошел для оформления карт населения. Отрицательные значения при такой шкале выделяются красным цветом, положительные – зеленым, а промежуточные – желтым. Однако, в исходных данных может и не быть таких значений, а промежуточные будут вовсе

некорректно отображаться. Поэтому, для карт демографической ситуации лучше всего подойдет двухцветная шкала, в которой нет противоположных друг другу цветов.

Градусная сетка строилась согласно системе координат всех карт – Пулково 1942, Зона 30 и проекции Гауса-Крюгера.

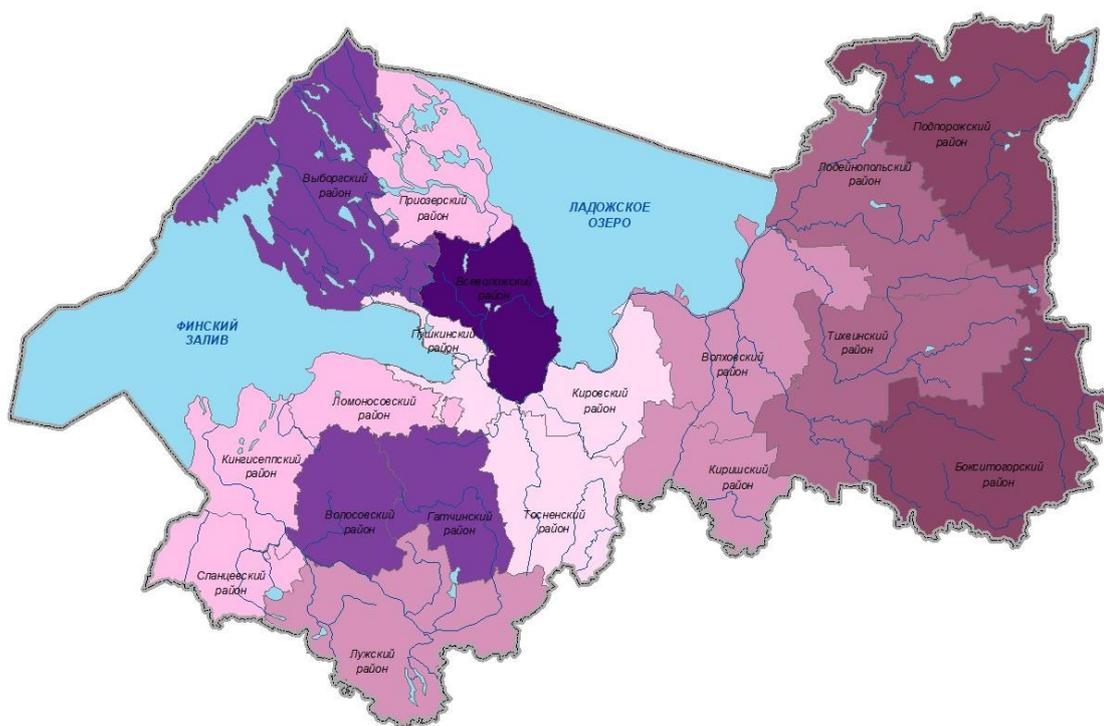


Рис.17. Прирост/убыль сельского населения Ленинградской области с 1989 по 2020 года

Карта прироста/убыли населения с 1989 года по 2020 год показывает насколько изменилось численность сельского населения в Ленинградской области за 30 лет. Так, можно заметить, что районы, тяготеющие к Санкт-Петербургу, имеют больший прирост населения. А вот районы более отдаленные, находящиеся на границе области, имеют меньший прирост.

Далее производилось построение карты прироста/убыли городского населения Ленинградской области с 1989 года по 2020 год (рис.18). Для карты прироста городского населения также был выбран способ

картограмм. Значения распределялись методом естественных интервалов. Цветовое решение для шкал осталось прежним – две растяжки цвета.

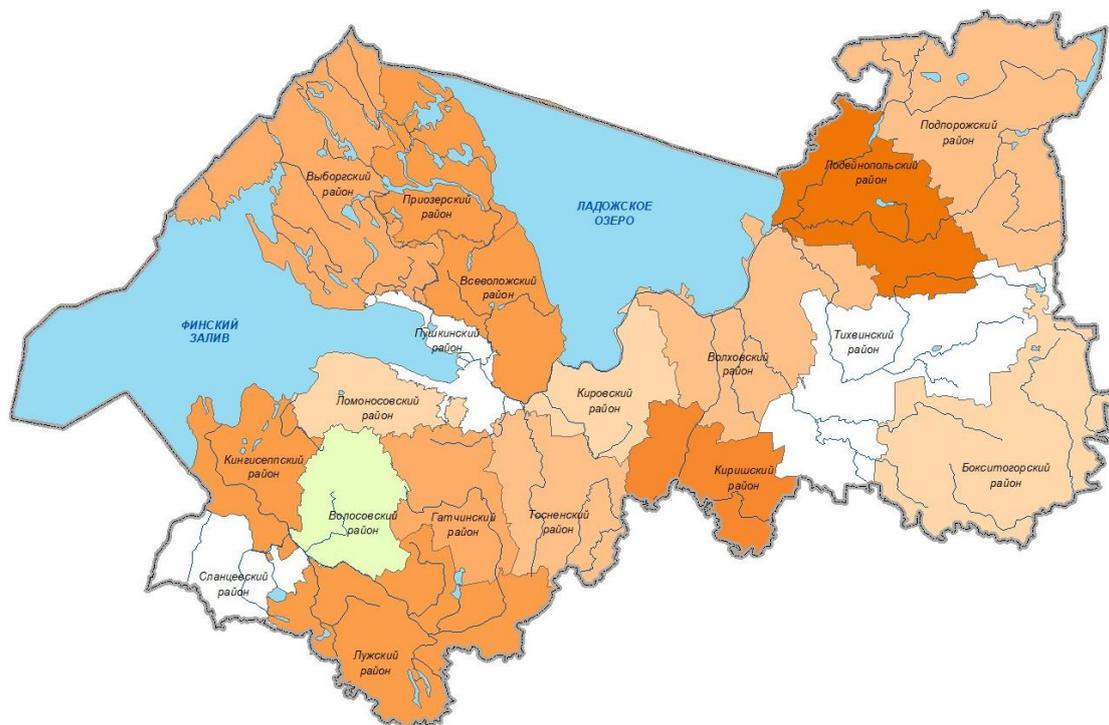


Рис.18. Прирост/убыль городского населения Ленинградской области с 1989 по 2020 гг

Практически во всех районах Ленинградской области значение прироста городского населения положительное. Исключением является только Волосовский район с отрицательным значением. Обусловлено такое изменение тем, что большое количество населения переезжает чаще в города, чем в поселки или деревни. При этом расположение района не влияет.

Наибольший интерес представляет карта прироста/убыли населения Ленинградской области с 1989 по 2020 гг. (рис.19). Данная карта показывает изменение численности всего населения Ленинградской области. Согласно статистическим данным, в это количество входят и показатели естественного прироста, и показатели миграции населения. Выбор метода построения шкалы значений аналогичный предыдущим картам.

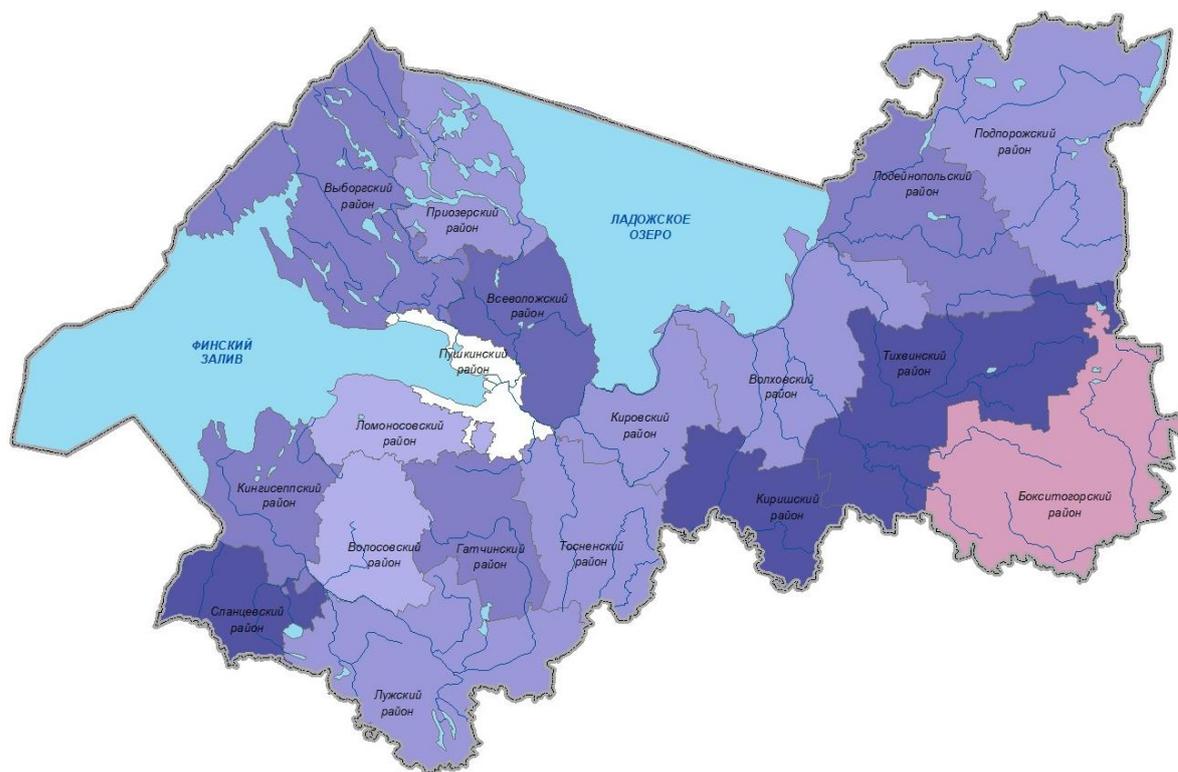


Рис.19. Прирост/убыль населения Ленинградской области  
с 1989 по 2020 гг

На полученной карте довольно хорошо можно заметить разницу значений. Больше всего здесь выделяется Бокситогорский район, в котором значение отрицательное, а также Киришский, Тихвинский, Сланцевский районы, в которых прирост населения довольно велик.

Полученные карты отображают лишь один тип данных, и для полноценного комплексного изучения демографических процессов таких карт может быть недостаточно. Однако, выбранный метод шкалы значений подходит для картографирования показателей численности населения. Обусловлено это тем, что главный принцип метода естественных интервалов заключается в показе неравномерно распределённых данных. При таком методе качественные и количественные характеристики состава и количества населения отображаются наиболее корректно. Стоит также отметить корректный выбор цветовых шкал, который позволил повысить читаемость и понятность карт.

На следующем этапе производилось картографирование миграционного движения населения. Миграционный (механический) прирост – это разность между числом людей, въехавших в страну на постоянное место жительства, и числом людей, выехавших из нее, за определенный промежуток времени. Миграция является сложным общественным процессом, картографирование которого значительно сложнее, чем картографирование естественного прироста населения.

В задачи настоящего исследования входило изучение применения различных методов геоинформационного картографирования для демографических процессов. Поэтому, выбор данных по миграционным потокам был независим от данных по приросту/убыли населения.

Для данного картографического исследования большое значение имела информационная база данных о миграции. Основным источником данных послужила бюллетень «Численность и миграция населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2018 году», в которой содержится информация о количестве выбывших и прибывших человек, а также миграционном приросте за 2017 и 2018 года. Данные подсчитаны для каждого района Ленинградской области.

Для карт миграционных потоков был выбран тот же метод картографирования, что и для карт населения – метод количественного фона, для шкалы – метод естественных интервалов. Цветовая шкала для значений также подбиралась исходя из типа карт: для социально-экономических, в частности карта населения – это растяжка двух цветов.

Одной из первых была построена карта «Миграционный прирост/убыль населения в Ленинградской области, 2017 - 2018 гг.» (рис.20). По данной карте можно заметить, что наиболее ярко выражены Всеволожский, Ломоносовский и Кингисеппский районы.

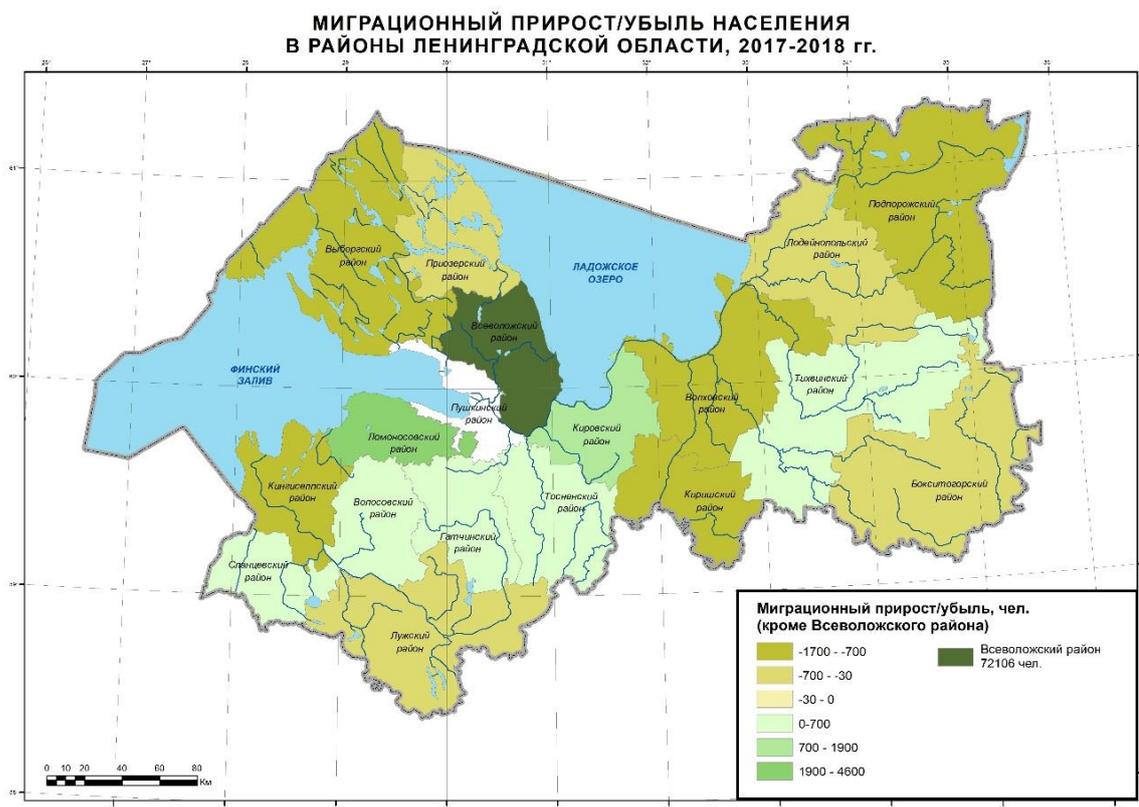


Рис.20. Миграционный прирост/убыль населения в Ленинградской области, 2017 – 2018 гг

Всеволожский район имеет наибольшее значение миграционного прироста. На комплексных картах его рекомендуется рассматривать отдельно, поскольку это может повлиять на корректное распределение значений.

Возможность картографирования миграции населения в Ленинградской области с помощью геоинформационных методов позволит понять, насколько корректно была подобрана методика создания картографического произведения. Поэтому, в исследовании рассматривается создание карт, которые отражают баланс механического движения и его отдельные составляющие, в том числе по населенным пунктам и территориальным единицам.

На основе статистических данных по миграционным процессам была также создана комплексная карта прироста населения и миграционных

процессов (приложение 1). Карта построена также с использованием картодиаграмм. С их помощью показана миграция населения: количество прибывших и убывших в 2018 году. Методом картограмм показан прирост населения. Всеволожский район также рассматривается отдельно, поскольку значения сильно выбиваются из общей выборки. Таким образом, можно судить о том, как сильно миграционный процесс влияет на изменение количества населения в Ленинградской области.

Изучение взаимосвязи сельскохозяйственных земель на численность населения также может являться способом отслеживания демографических процессов. Поэтому, в ходе исследования было выполнено построение карты сельскохозяйственных угодий и численности сельского населения в 1934 году (рис.21).

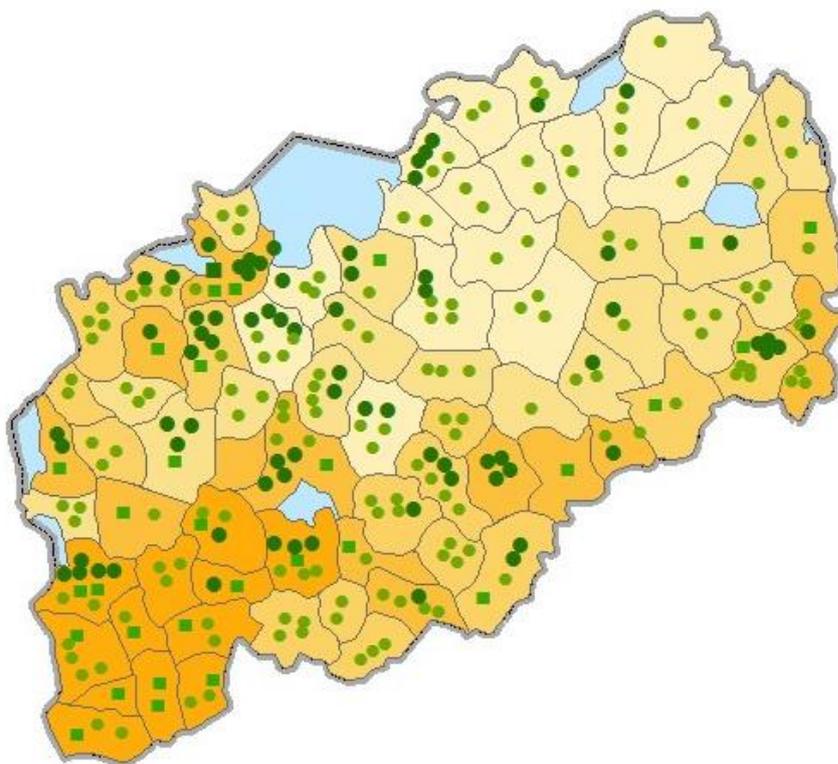


Рис.21. % сельскохозяйственных угодий под пашнями и население 1934 г

Выбор года полученных данных обуславливается тем, что необходимо привлечь данные того периода, когда территория исследования была образована. В случае с Ленинградской областью это период конца

1920 – начала 1930 годов, поскольку как обособленный субъект была она выделена в 1927 году. Карта позволяет отследить следующую взаимосвязь: сельскохозяйственных угодий, отданных под пашню больше в тех районах, где выше численность сельского населения. Это позволяет сделать вывод, что провести подобное сравнение можно и для данных 2020 года.

### 3.2.2. Использование данных дистанционного зондирования Земли

Отдельной задачей, решаемой в ходе исследования, стало применение данных дистанционного зондирования Земли для изучения демографических процессов. По данным ДЗЗ можно получить сведения о площадях сельскохозяйственных угодий. Изучение площадей сельскохозяйственных угодий необходимо для выявления взаимосвязей с показателем численности сельского населения в отдельных районах Ленинградской области. Получить сведения о площадях объектов по средствам дешифрирования снимков. Поэтому, для выделения участков сельскохозяйственных земель автоматизированным методом проводилась контролируемая классификация (рис.22). Классификация проводилась на тестовом участке – Сланцевском районе.



Рис.22. Фрагменты исходного и классифицированного снимка

Задачей классификации состоит в разделении пространства признаков на локальные области, соответствующие одному классу объектов. При этом программа выполняет достоверную классификацию при однозначном соответствии признаков объекту.

Полученные данные были переведены в векторный слой (рис.23). Это необходимо для подсчета статистики о площадях сельскохозяйственных угодий.

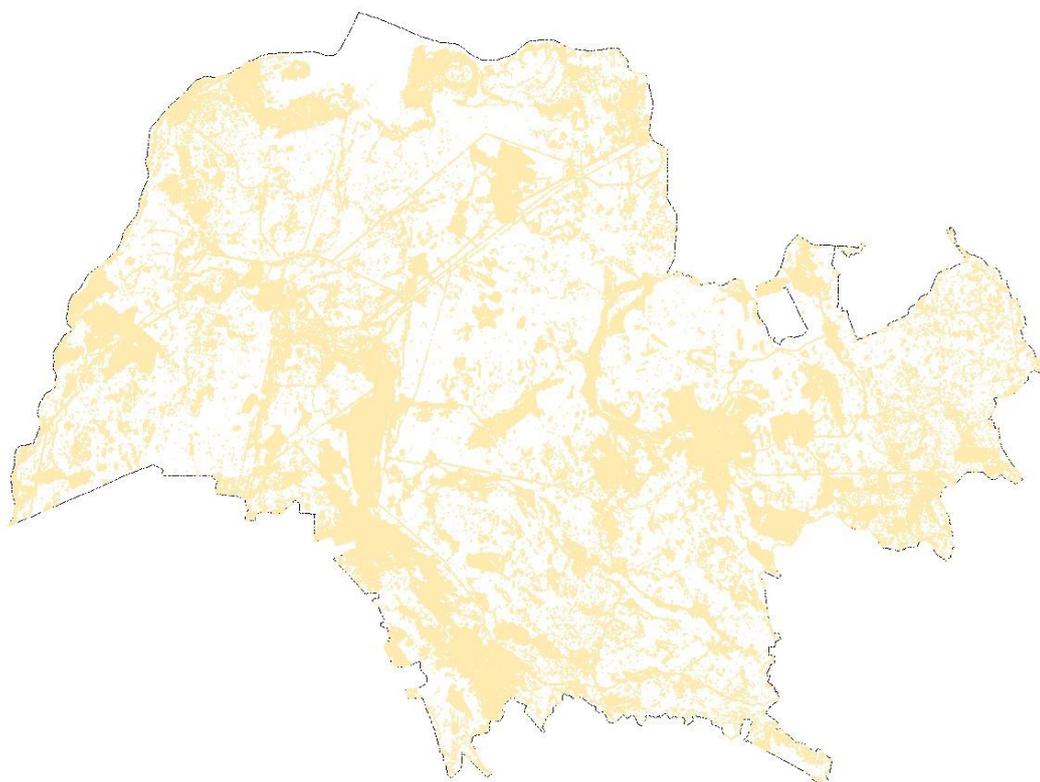


Рис.23. Сельскохозяйственные земли Сланцевского района в 2020 г

Для того, чтобы проверить насколько корректно прошла автоматизированная классификация, необходимо полученные данные сравнить со статистическими данными. Поэтому, полученная статистика сверялась с данными Петростата «Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года» (Том 3. Земельные ресурсы и их использование).

Данные по сельскохозяйственным угодьям могут послужить основой для создания карты, в которых показано взаимоотношение значения площадей сельскохозяйственных угодий и сельского населения. Обусловлено это тем, что большая часть пахотных земель расположена как раз вблизи сельских населенных пунктов. Помимо этого, возделыванием таких земель занимается в большей степени сельское население.

### 3.2.3. Использование данных дорожной сети

На следующем этапе производилась работа с данными дорожной сети. В задачи исследования входило изучение доступности сельских населенных пунктов к крупным автомобильным дорогам и транспортно-пересадочным узлам. Поэтому, по данным дорожной сети были построены буферные зоны для каждой автомобильной дороги (рис.24).

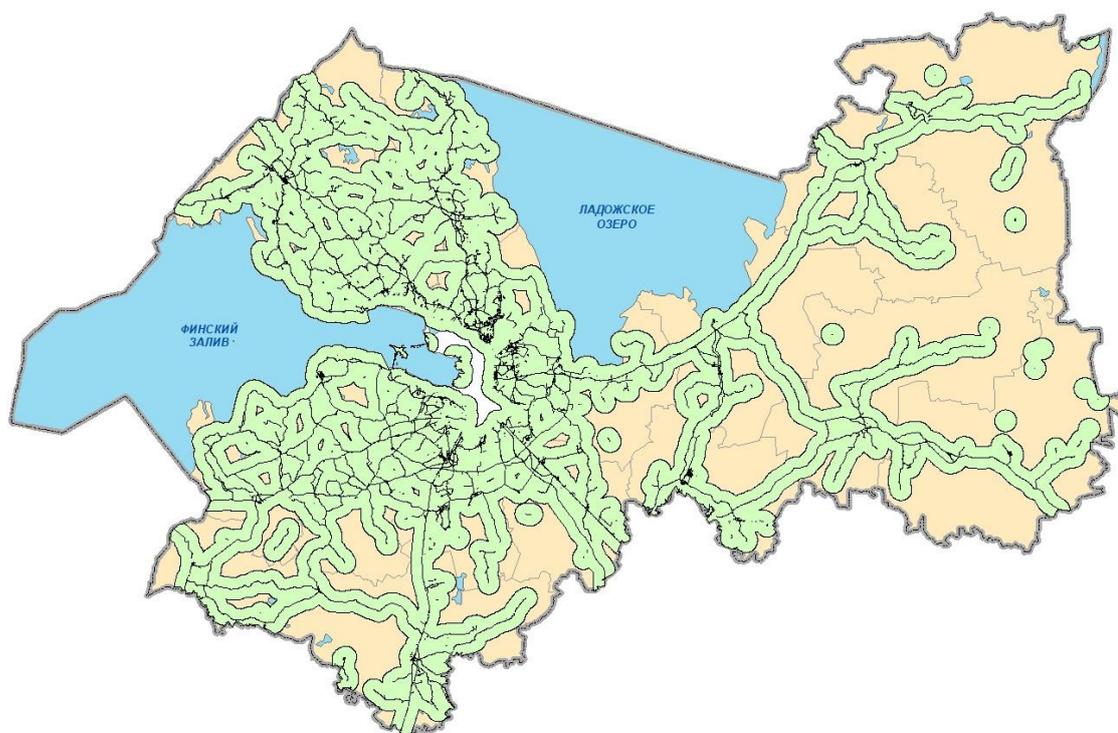


Рис.24. Буферные зоны для автомобильных дорог

Построение проводилось с помощью инструмента «Буфер». Буфер позволяет провести пространственный анализ территории и подсчитать статистику. Обычно при буферизации создается две области: одна в пределах указанного расстояния от объекта, другая за пределами. Первая область называется буферной.

Построение буферной зоны для дорожной сети производилось с учетом нескольких параметров. Во-первых, учитывались только дороги с асфальтобетонным покрытием, как наиболее качественные транспортные сети. Во-вторых, размер буфера был равен 5 километрам.

При построении буферного полигона от каждой вершины объекта, при помощи стандартного алгоритма вычисляется буферное смещение. Выходной буферный полигон строится из полученных смещений.

#### **3.2.4. Комплексное применение различных данных для картографирования демографических процессов**

Для более подробного изучения возможности геоинформационного картографирования миграционных процессов следует создать карту прибывшего и убывшего населения (рис.25). Поскольку, в рамках исследования рассматривается изменение численности, то сначала была посчитана разница значений, а затем все было пересчитано в проценты. Данная операция проводилась для того, чтобы повысить читаемость карты.

Помимо этого, был выбран иной метод картографирования – метод картограмм. В способе картограммы всегда используются расчетные показатели.

На карте показан процент того, насколько сильно изменилось количество прибывающих эмигрантов и убывающих иммигрантов в 2018 году по сравнению с 2017 годом. Там, самый низкий процент у Кингисеппского района, поскольку в 2018 году эмигрантов было гораздо

меньше, чем в 2017. А вот во Всеволожском районе ситуация обратная, там стало гораздо больше эмигрантов за один год.



Рис.25. Разница прибывшего/убывшего населения, 2017 – 2018 гг

Еще один способ, широко используемый в социально-экономическом картографировании – способ картодиаграмм. Он предполагает изображение суммарной величины явления с помощью графиков или диаграмм, помещаемых чаще всего внутри единиц территориального деления. При использовании этого способа карта в целом показывает распределение явления по исследуемой территории.

На практике на одной карте сочетают способы картодиаграммы и картограммы, т.к. они взаимно дополняют друг друга. Поэтому, следующая карта механического прироста населения (приложение 2) построена с использованием двух метод: картограмм и картодиаграмм. Для данных о миграционном приросте/убыли населения использовался метод

картограмм, а классификация шкалы производилась методом естественных интервалов. А для того, чтобы показать разницу прибывших и убывших людей использовался метод картодиаграмм. При этом, зеленым цветом диаграммы обозначены эмигранты, а красным иммигранты.

Отдельное внимание стоит уделить Всеволожскому району, который рассматривается отдельно, поскольку значения по данному району сильно выбиваются из общей массы. Данные по Всеволожскому району приводятся отдельно, в легенде карты.

В других районах построение диаграмм прошло корректно. Поэтому, можно судить о том, где произошел миграционный прирост/убыль и за счет чего – повлияло прибывающее население или убывающее.

Для данных дорожной сети применялся комплексный метод геоинформационного картографирования. На карту буферных зон дорожной сети (рис.24), были добавлены данные о населенных пунктах (рис.26). При совмещении производилась выборка тех объектов, которые попадали или не попадали в буферную зону. Для нанесения населенных пунктов использовался способ значков.

Анализ карты показал, что большая часть крупных населенных пунктов попадает в буфер 5 километров. Однако, многие поселки и деревни, особенно в районах, отдаленных от г. Санкт-Петербург, остались за пределами буферной зоны. Это говорит о том, что к данным поселениям нет качественных дорог, а значит, повышается труднодоступность к ним.

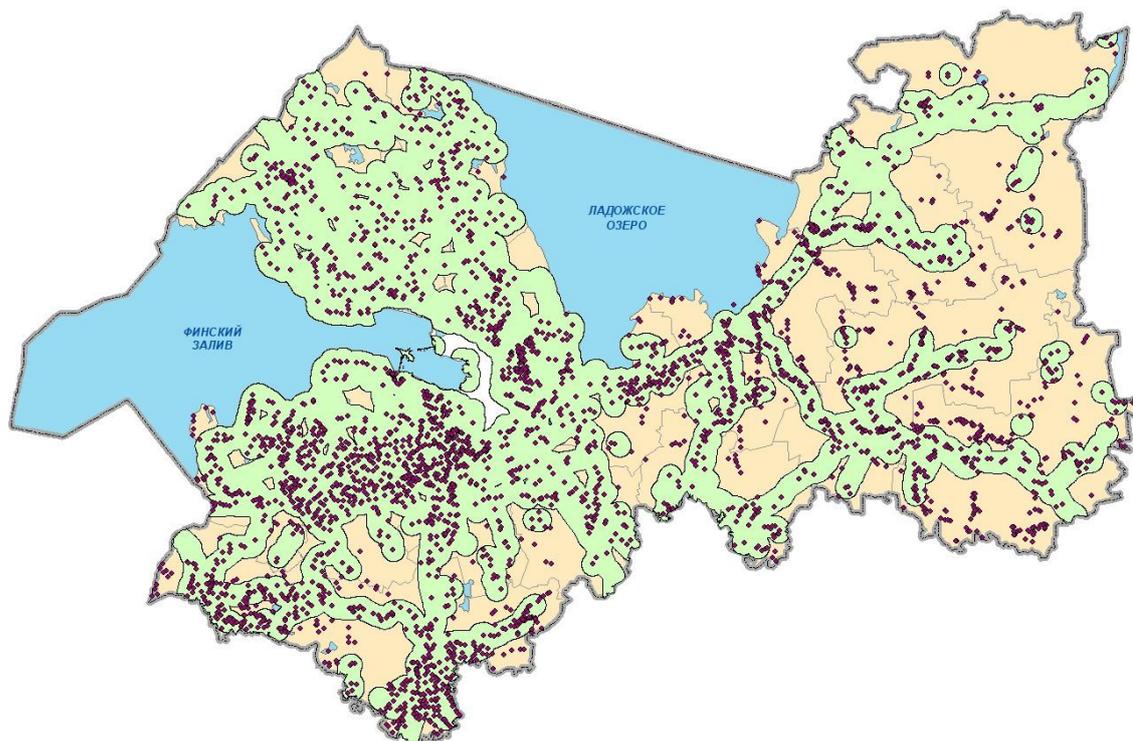


Рис.26. Доступность населенных пунктов до автомобильных дорог

Доступность населенных пунктов к качественным дорогам напрямую влияет на численность населения. Так, если сравнить полученную карту с картой прироста/убыли сельского населения (рис.17), то можно заметить, что большая часть населенных пунктов, которые не попадают в буфер, расположены как раз в тех районах, где прирост отрицательный. То есть наблюдается значительный отток населения. Это говорит о том, что данный метод можно применять для исследования демографических процессов.

## Заключение

Картографирование демографических процессов можно использовать для анализа демографической ситуации. Очень важен мониторинг и прогнозирование динамики изменения населения в Ленинградской области.

В ходе исследования были проведены сбор и обработка статистических данных. Для исследования демографических процессов была изучена статистическая информация. Были получены и обработаны следующие данные: численность постоянного населения в разрезе муниципальных образований Ленинградской области с 2018 и 2020 года, численность и миграция населения в 2018 году, итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. После проводилось формирование базы данных.

Найден и подготовлен картографический материал для проекта. Картографическим материалом для исследования являлся Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 года, карта «Земельных угодий % под пашней». Была произведена векторизация карт численности населения и сельскохозяйственных за 1934 год.

Были подготовлены данные ДЗЗ для анализа изменения сельскохозяйственных земель. На территорию Ленинградской области были отобраны космические снимки (за 2020 год). Подготовлены данные дорожной сети за 2020год, составлена база геоданных.

Применены методы геоинформационного картографирования и созданы итоговые карты проекта.

По результатам обработки данных производилось картографирование основных показателей демографической ситуации. Было создано 11 карт.

Картографирование демографических процессов Ленинградской области необходимо для анализа, мониторинга и прогнозирования

демографической ситуации. Комплексный подход и использование разных исходных данных может привести к появлению новых научных методов в изучении демографических процессов

## Литература

1. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география: Понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983, 350 с.
2. Анохин А. А. География населения с основами демографии. Учебное пособие. М.: Издательство СПбГУ, 2015, 308 с.
3. Бажукова Н.В., Балина Т.А., Чекменева Л.Ю. Картографирование демографических процессов: традиции и современность // Вестник Геодезия и картография, 2020. № 11. С. 9-19.
4. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. М.: МГУ, 1997, 64 с.
5. Берлянт А.М. Картография: Учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2002, 336 с.
6. Берлянт А.М. Теория геоизображения. М.: ГЕОС, 2006, 262 с.
7. Бешенцев А. Н., Гармаев Е. Ж., Потаев В. С. Геоинформационный мониторинг территориальных социально-экономических систем // Вестник Бурятского Государственного Университета. Экономика и менеджмент, 2019. №3. С. 3-9.
8. Борисов В. А. Демография. Учебник для ВУЗов. М.: Nota Bene, 2018, 272 с.
9. Бутов В. И. Демография. М: Высшая школа, 2016, 237 с.
10. Верещагина А. В. Демография. М.: Дашков и Ко, Наука-Спектр, 2018, 256 с.
11. Джордан Л. На пороге новой эры: интеграция ГИС и дистанционного изображения // ARC/Review, 1997. № 1. С.8
12. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Принципы геоинформационного обеспечения геоэкологического картографирования регионального уровня // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки, 2006. № 1. С. 22-27.

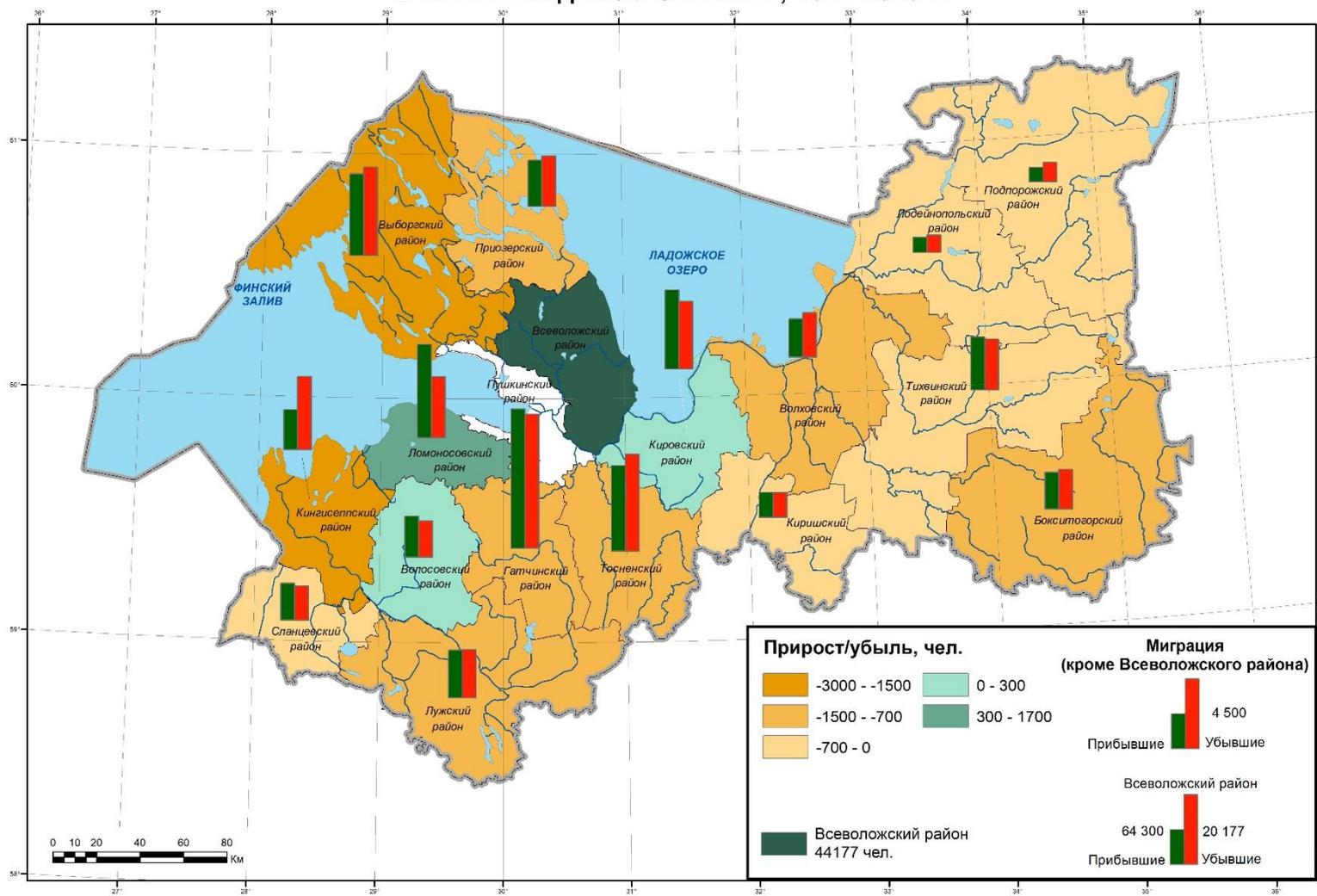
13. Зимовец П.А., Бармин А.Н., Валов М.В., Бармина Е.А. Геоинформационное картографирование динамики урбогенеза // Геология, география и глобальная энергия, 2016. №. 1 (60). С. 53-59.
14. Зозуля П. В. Демография. Учебник и практикум. М.: Юрайт, 2016, 194 с.
15. Казяк Е.В., Лукашик А.А., Русанов Д.Л. Картографирование демографических процессов и процессов расселения в «Атласе населения словакии» // Демографические риски XXI века: (к Международному дню народонаселения): материалы II Межвузовского студенческого семинара. Минск: БГУ, 2015. С. 92–197.
16. Каргашин П.Е. Основы цифровой картографии: учебное пособие для бакалавров. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2019, 106 с.
17. Капустин В.Г. ГИС-технологии как инновационное средство развития географического образования в России // Педагогическое образование, 2009. №. 3. С. 68-76.
18. Коновалова Н. В. Эволюция картографических изображений и требований к тематическим картам // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2014. № 4. С. 380-384.
19. Косов П. И. Основы демографии. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2018, 288 с.
20. Краак М.-Я., Ормелинг Ф. Картография: визуализация геопространственных данных. Под. ред. В.С. Тикунова. М.: Научный мир, 2005, 325 с.
21. Лайкин В.И., Упоров, Г.А. Геоинформатика: учебное пособие. Комсомольск-на-Амуре: Изд-во АмГПУ, 2010, 162 с.
22. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: Учебник. М.: КДУ, 2008, 428 с.

23. Макаренко С.А., Маркаданова В.С. Особенности создания геоизображений с применением современных технологий // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект), 2018. № 2 (7). С. 97-101.
24. Моррисон Дж. Л. Картография нового тысячелетия // Геодезия и картография, 1996. № 8. С. 45-48.
25. Население. Лист I, II. Атлас Ленинградской области и Карельской АССР [Карты] / Позерн, Б. П., Иванов, А. М., Гюллинг, Э. А. Ленинград: Издание ГЭНИИ 1934г. V с.ил.53л.
26. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. М.: Изд-во МГУ, 1979, 160 с.
27. Прохорова Е.А. Социально-экономические карты: учебное пособие. М.:КДУ, 2010, 424 с.
28. Сельское хозяйство. Лист I, II. Атлас Ленинградской области и Карельской АССР [Карты] / Позерн, Б. П., Иванов, А. М., Гюллинг, Э. А. Ленинград: Издание ГЭНИИ 1934г. V с.ил.53л.
29. Серапинас Б. Б., Прохорова Е. А. Геоинфографика как современное направление геовизуализации в обучении студентов-картографов // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География, 2018. № 5. С. 94–99.
30. Тикунов В.С., Ротанова И.Н., Ефремов Г.А., Чунтай Билэгтмандах. Атласное геоинформационное картографирование: новые подходы на примере атласа Большого Алтая // Интерэкспо ГЕО-Сибирь, 2016. №5. С. 55-62.
31. Тимонин С.А. Математико-картографическое и геоинформационное моделирование демографических процессов в регионах Российской Федерации // Вестник Московского Университета, 2010. №5. С. 11-18.
32. Тихомиров Н. П. Демография. Методы анализа и прогнозирования. М.: Экзамен, 2017, 256 с.

33. Федоров Г. М. Об актуальных направлениях геодемографических исследований в России // Балтийский регион, 2014. – № 2(20). С. 7–28.
34. Чепкасов П. Н. Картографический и графический методы в социально-экономических исследованиях. Пермь: Пермский ун-т, 1985, 84 с.
35. Чепкасов П.Н. Разработка и составление социально-экономических карт. Пермь: Пермский ун-т, 1984, 88 с.
36. Шелестов Д. К. Историческая демография. Учебное пособие. М.: РГГУ, 2015, 286 с.
37. Юнусова А.Б. Геоинформационные технологии в исследовании миграционных процессов // Великие евразийские миграции, 2016. С. 29-35.
38. Bertin, J. *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Translated by W. J. Berg. University of Wisconsin Press, 1983, 460 p.
39. Christine Leuenberger, Izhak Schnell. *The Politics of Maps. Cartographic Constructions of Israel/Palestine*. Oxford University Press, 2020, 244 p.
40. David L. Thomson, Evan G. Cooch. *Modeling Demographic Processes in Marked Populations*. Springer US, 2009, 1132 p.
41. Esri Map Book Volume 29. USA: Esri Press. 2014, 136 p.
42. Jan Brunson, Nancy E. Riley. *International Handbook on Gender and Demographic Processes*. Springer Netherlands, 2018, 359 p.
43. Kory Olson. *The Cartographic Capital. Mapping Third Republic Paris, 1889-1934*. Liverpool University Press, 2018, 320 p.
44. Monmonier M. *How to lie with maps*. Third edition. Chicago: The University of Chicago press, 2018, 387 p.
45. [https://bookonline.ru/lecture/glava-5-karty-naseleniya#\\_idTextAnchor002](https://bookonline.ru/lecture/glava-5-karty-naseleniya#_idTextAnchor002) – Социально-экономические карты.
46. <http://earthexplorer.usgs.gov> – U.S. Geological Survey.
47. <http://www.demoscope.ru/weekly/pril.php> – Демоскоп Weekly.

48. <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0133948:article> – Геоинформационное картографирование (ГК).
49. <http://mapinmap.ru/archives/8688> – Подробная карта плотности населения СССР в 1929 году.
50. <http://nauka.x-pdf.ru/17informatika/678284-1-bolshaya-kartografiya-ili-integraciya-kartografii-geoinformatiki-distancionnogo-zondirovaniya-berlyant-nauchno-tehnicheskie.php> – Берлянт, А.М. «Большая картография» или интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования.
51. <https://petrostat.gks.ru/folder/29437> – Управление федеральной службы государственной статистики.
52. <https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm> – Что такое ArcGIS?
53. [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_BIBL\\_A\\_010451251/](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_010451251/) – Дазиметрическая карта Европейской России.
54. [https://studopedia.su/9\\_31753\\_programmnoe-obespechenie-gis.html](https://studopedia.su/9_31753_programmnoe-obespechenie-gis.html) – Программное обеспечение ГИС.
55. <https://www.zwsoft.ru/stati/programmy-dlya-gis-sovremennoe-programmnoe-obespechenie-dlya-gis> – Программы для ГИС: современное программное обеспечение для GIS – Программное обеспечение ГИС.

**ЕСТЕСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ И МИГРАЦИОННЫЕ ПОТОКИ  
В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ, 2017-2018 гг**



### МИГРАЦИОННЫЙ ПРИРОСТ В РАЙОНАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ, 2017-2018 гг.

