

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Институт естественных наук

**МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ
ИЗУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ**

Сборник студенческих научных статей



Ижевск
2026

ISBN 978-5-4312-1360-1

© ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный университет», 2026
© Авторы статей, 2026

УДК 332.1(082)
ББК 65.04я43
М545

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом УдГУ

Отв. редактор: В. П. Сидоров, канд. геогр. наук, доцент.

М545 Методы и технические способы изучения территории : сб. студ. науч. ст. / отв. ред.: В. П. Сидоров. – Ижевск : Удмуртский университет, 2026. – 1 DVD-R (5,1 Мб). – Текст : электронный.

В сборнике научных статей студентов из Удмуртского государственного университета и Казанского (Приволжского) федерального университета рассматриваются различные методы и технические способы изучения территории.

Минимальные системные требования:

Celeron 1600 Mhz; 128 Мб RAM; Windows XP/7/8 и выше, 8x DVD-ROM разрешение экрана 1024×768 или выше; программа для просмотра pdf.

ISBN 978-5-4312-1360-1

© ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный университет», 2026
© Авторы статей, 2026

Методы и технические способы изучения территории
Сборник студенческих научных статей

Подписано к использованию 01.06.2026
Объем электронного издания 5,1 Мб, тираж 10 экз.
Издательский центр «Удмуртский университет»
426034, г. Ижевск, ул. Ломоносова, д. 4Б, каб. 021
Тел.: +7(3412)263-751 E-mail: editorial@udsu.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

Алексеев Денис Сергеевич

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И НЕДРЕВЕСНЫХ РЕСУРСОВ БЕРЕЗНЯКОВ I КЛАССА БОНИТЕТА В УСЛОВИЯХ ВОТКИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА (УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА)..... 6

Баженова Анна Сергеевна

СВОЙСТВА ЦЕЛИННЫХ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ ГПЗ «БЫЛИНА»..... 13

Ватченко Иван Михайлович

СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ВЫПОЛНЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СЪЕМКИ КОТЛОВАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА И ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ..... 21

Глухова Софья Андреевна

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА ИЖЕВСКА В ПЕРИОД С 19 ВЕКА ПО 21 ВЕК 37

Заболотских Екатерина Александровна

ПРОЦЕСС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В QGIS 53

Рябова Вероника Эдуардовна

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ МО «ГОРОД ИЖЕВСК» 63

Лекомцев Илья Сергеевич

ДИНАМИКА ПОЯВЛЕНИЯ КОТТЕДЖНЫХ ПОСЁЛКОВ
В ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ Г. ИЖЕВСКА 75

Микрюкова Анна Олеговна

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОСТ-
РАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРРИТОРИИ 81

Муравьев Артём Михайлович

ИНЖЕНЕРНО–ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ПОД-
ГОТОВКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ПРИМЕРЕ
СТАНЦИИ ТЕХОБСЛУЖИВАНИЯ» 100

Пантюхин Егор Андреевич

ОЦЕНКА ОБЪЕМА МЕСТНЫХ СЕЗОННЫХ МИГРАЦИЙ
НА ДАЧУ В ЗАВЬЯЛОВСКОМ РАЙОНЕ УДМУРТИИ 107

Пузеев Сергей Андреевич

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ МОРФОМЕТ-
РИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ОТ СТРУКТУРЫ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-
ТЕХНОЛОГИЙ 112

Филиппова Юлия Михайловна,

Ярлушкина Анастасия Юрьевна

ТЕРРИТОРИЯ КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ: ИНСТРУ-
МЕНТЫ, ПОДХОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ 126

Ходырева Марина Андреевна

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ОБЕСПЕ-
ЧЕННОСТИ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ 147

Шубина Анастасия Ивановна

ПОЛОВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКИХ
РАЙОНОВ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ 158

Ичетовкин Андрей Владимирович

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ НА ОС-
НОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
ЗЕМЛИ 170

Алексеев Денис Сергеевич

**ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ И НЕДРЕВЕСНЫХ РЕСУРСОВ
БЕРЕЗНЯКОВ I КЛАССА БОНИТЕТА В УСЛОВИЯХ
ВОТКИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА
(УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА)**

Научный руководитель: Сидоров Валерий Петрович, доцент, к.г.н,
Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. Статья посвящена анализу возрастной динамики таксационных показателей и оценке потенциала недревесных ресурсов в березовых древостоях I класса бонитета на территории Воткинского лесничества (Удмуртская Республика). Целью работы являлось составление местных таблиц хода роста для оптимизации лесохозяйственного планирования. Исследования проводились на основе данных глазомерно-измерительной таксации 80 круговых пробных площадей, заложенных в насаждениях типа леса «сосняк ширококотравный». Обработка данных осуществлялась с использованием математического моделирования по функции Митчерлиха. В результате получены уточнённые возрастные зависимости для средней высоты, среднего диаметра, суммы площадей сечений и общего запаса древостоев. Установлено, что максимальный выход деловой древесины и сортиментов (фанерный кряж) наблюдается в возрастном интервале 50–70 лет. Исследована динамика недревесных ресурсов: пик накопления древесной и технической зелени (до 15,0 т/га и 3,0 т/га соответственно) приходится на возраст 50 лет, в то время как запас берёсты максимален к 70 годам (30 м³/га). Проведено сравнение полученных данных с классическими таблицами хода роста (А. В. Тюрина, Варгас де Бедемара), подтвердившее необходимость использования региональных нормативов. Полученные результаты рекомендованы для практического применения при такса-

ции насаждений, планировании рубок главного и промежуточного пользования, а также для экономического обоснования комплексного использования древесных и недревесных ресурсов берёзовых древостоев.

Ключевые слова: берёза повислая, таблицы хода роста, таксационные показатели, возрастная динамика, недревесные ресурсы леса, лесное хозяйство, математическое моделирование, Воткинское лесничество.

Введение

Берёза является одной из ключевых лесообразующих пород Российской Федерации, занимая третье место по площади после лиственницы и сосны. В Удмуртской Республике березняки покрывают 614,7 тыс. га, что составляет около 32 % лесопокрытой площади. Значительная доля берёзовых древостоев, особенно в южно-таёжном районе Европейской части России, является производной и формируется на месте гарей, вырубок и сельхозугодий. Эффективное ведение лесного хозяйства в таких насаждениях требует глубокого понимания закономерностей их роста и развития, что находит отражение в таблицах хода роста.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки регионально адаптированных нормативных материалов для таксации и планирования хозяйственных мероприятий. Общепринятые таблицы хода роста, такие как таблицы А. В. Тюрина или Варгас де Бедемара, могут не в полной мере отражать локальные почвенно-климатические условия и структуру модальных (среднеполнотных, смешанных) насаждений, что приводит к ошибкам в оценке запаса, расчёте расчётной лесосеки и проектировании рубок ухода.

Цель исследования – анализ возрастной динамики основных таксационных показателей и недревесных ресурсов березняков I класса бонитета в Воткинском лесничестве и разработка на этой основе местных таблиц хода роста для практического применения в лесном хозяйстве.

Задачи исследования:

1. Сбор и анализ материалов таксации для березовых древостоев I класса бонитета.

2. Математическое моделирование возрастной динамики таксационных показателей (средней высоты, диаметра, суммы площадей сечений, запаса).

3. Оценка динамики товарной структуры и выхода недревесных ресурсов (древесная зелень, кора).

4. Сравнение полученных результатов с существующими таблицами хода роста и формулировка практических рекомендаций.

1. Объекты и методика исследований

1.1. Характеристика района исследований.

Объектом исследования стали лесные насаждения Государственного Казённого Учреждения «Воткинское лесничество», расположенного в восточной части Удмуртской Республики. Общая площадь лесничества – 68 829 га, из которых эксплуатационные леса составляют 39 466 га (52 %). Территория относится к южно-таёжному лесному району с умеренно-континентальным климатом. Основные лесообразующие породы – ель, сосна, берёза, осина.

1.2. Материалы и методы.

Для исследования были отобраны таксационные описания и заложены круговые пробные площади в березовых древостоях I класса бонитета типа леса «сосняк широколиственный». Всего было заложено и обработано 80 круговых пробных площадей постоянного радиуса (400 м² при полноте $\geq 0,7$ и 600 м² при полноте $< 0,7$), методика которых соответствует ОСТ 56-69-83.

На каждой пробной площади проводился полный пересчет деревьев с измерением высот и определением категорий технической годности. Средний возраст определялся с помощью возрастного бурава. Камеральная обработка включала расчёт числа стволов на 1 га, средних таксационных показателей и статистическую оценку их достоверности.

Для моделирования возрастной динамики таксационных показателей использовалась функция А. Митчерлиха, признанная оп-

тимальной для описания роста биологических объектов. Расчеты выполнялись с помощью программы «Michhod v.3» (2009). Динамика товарной структуры определялась на основе товарных таблиц для лесов центральных и южных районов РФ, а выход недревесных ресурсов (древесная зелень, береста) рассчитывался по общесоюзным нормативам.

2. Результаты и обсуждение

2.1. Возрастная динамика таксационных показателей.

На основе обработки экспериментальных данных по 10 учётным выделам была получена таблица хода роста для березняков I класса бонитета (Таблица 1). Статистический анализ показал, что коэффициент изменчивости таксационных показателей варьирует в пределах 0,02–16,1 %, а точность опыта не превышает 10 %, что свидетельствует о достаточной достоверности полученных результатов.

Таблица 1

Фрагмент таблицы хода роста березняков I класса бонитета Воткинского лесничества (расчёт по модели Митчерлиха)

Возраст, лет	H, м	D, см	G, м ² /га	M, м ³ /га
20	11.5	8.6	15.6	68
40	20.3	18.8	22.0	188
60	24.6	21.5	27.4	292
70	27.3	22.2	28.1	333

Сравнение полученных данных с классическими таблицами (А. В. Тюрина, Варгас де Бедемара) выявило существенные различия. Наибольшие отклонения от экспериментальных значений наблюда-

лись в таблицах Варгас де Бедемара: в среднем по высоте – на 1 м, по диаметру – 3–5 см, по запасу – 30–100 м³/га. Это подтверждает тезис о необходимости использования региональных таблиц, более точно отражающих местные условия роста.

2.2. Товарная структура и выход недревесных ресурсов.

Анализ товарной структуры показал, что доля деловых деревьев в исследуемых древостоях составляет в среднем около 80 % (II класс товарности). Максимальный выход деловой древесины (130 м³/га) и сортиментов, в первую очередь фанерного кряжа, наблюдается в возрасте 70 лет.

Расчёт динамики недревесных ресурсов (Таблица 2) показал, что максимальный запас древесной зелени (15,0 т/га) и технической зелени (3,0 т/га) приходится на возраст 50 лет, при этом удельный вес листвы составляет 56 %. Запас бересты, рассчитанный по нормативам И.А. Нахабцева, непрерывно увеличивается с возрастом, достигая максимума (30 м³/га) к 70 годам.

Таблица 2

Динамика недревесных ресурсов в березняках I класса бонитета

Возраст, лет	Запас м ³ /га	Древесная зелень, т	Техническая зелень, т	Береста, м ³
20	68	7.5	1.5	6
50	241	15.0	3.0	22
70	333	10.0	2.0	30

Полученные данные позволяют экономически обосновывать комплексное использование древостоев не только для заготовки древесины, но и для сбора вторичных ресурсов, особенно в ходе рубок ухода и рубок спелых насаждений.

Заключение

1. На основе комплекса полевых исследований и математического моделирования впервые для условий Воткинского лесничества разработаны уточнённые таблицы хода роста для березняков I класса бонитета. Таблицы отражают региональные особенности роста и рекомендованы к использованию для актуализации таксационных описаний и лесохозяйственного планирования.

2. Установлено, что максимальная хозяйственная эффективность (выход деловой древесины и сортиментов) достигается в возрасте 50–70 лет. Пик накопления недревесных ресурсов (древесной зелени) наблюдается раньше – в 50 лет.

3. Сравнительный анализ подтвердил значительные расхождения (до 30 % по запасу) данных, полученных в результате исследования, с классическими общепринятыми таблицами, что доказывает важность и практическую ценность разработки местных нормативов.

4. Использование полученных результатов позволит повысить точность таксации, оптимизировать планирование рубок главного и промежуточного пользования, а также оценить экономический потенциал от заготовки недревесных ресурсов, способствуя устойчивому и многоцелевому лесопользованию в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 552 с.

2. Загребев В. В. Типовые и стандартные таблицы хода роста сосновых насаждений СССР. – Пушкино, 1973. – 41 с.

3. Лесохозяйственный регламент Воткинского лесничества УР [Электронный ресурс]. – URL: [https://minpriroda-udm.ru/...](https://minpriroda-udm.ru/) (дата обращения: 01.03.2025).

4. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / сост. В. В. Загребев и др. – М.: Колос, 1992. – 495 с.

5. Соколов П. А., Петров А. А. Таксация ельников Прикамья (на примере Удмуртии). – Ижевск: ИжГСХА, 2004. – 272 с.

6. Liziniewicz, M. et al. Production of genetically improved silver birch plantations in southern and central Sweden // *Silva Fennica*. – 2022. – Vol. 56(1). – P. 1–20.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Алексеев Денис Сергеевич, студент 1 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: alekseev.denis.20029@gmail.com

Баженова Анна Сергеевна

**СВОЙСТВА ЦЕЛИННЫХ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ
ГПЗ «БЫЛИНА»**

Научный руководитель: Лекомцев А. Л., старший преподаватель,
Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. В статье представлены результаты исследования свойств целинных почв на территории государственного природного заказника «Былина». Почвенный профиль на данной территории характеризуется четкой дифференциацией горизонтов, что является индикатором интенсивного подзолистого процесса. Для почв свойственны высокая кислотность, низкая ёмкость катионного обмена и ненасыщенность основаниями, что обуславливает их невысокое естественное плодородие. Выявлено, что формирование профиля происходит под комплексным воздействием процессов лессиважа, кислотного гидролиза и оглеения. Полученные данные характеризуют почвы как типичные для подзоны средней тайги.

Ключевые слова: почвенный профиль, подзолистые почвы, лессиваж, гранулометрический состав.

На сегодняшний день исследования почвенного покрова Кировской области дают нам представление в основном о физико-химических и агрохимических свойствах пахотных горизонтов бывших сельскохозяйственных почв. Настоящее исследование актуально в связи с выраженной неоднородностью знаний о почвенном покрове ГПЗ «Былина». Как и для большинства ООПТ России, для данной территории характерна недостаточная изученность почвенного компонента геосистем. В связи с этим получение конкретных знаний о генезисе, составе и пространственной организации почв представляет собой научно-практическую задачу, решение которой позволит сформировать целостное представление о ландшафтной структуре заказника и определяет научную значимость работы.

Исследуемая территория расположена в северо-восточной части Кировской области, охватывающей Опаринский муниципальный округ и Подосиновский муниципальный район [3].

На северо-востоке и юго-востоке данная территория граничит с Костромской и Вологодской областями. С северо-восточной стороны, на противоположном берегу реки Юг, находятся крупные населенные пункты – Подосиновец и Демьяново, с общей численностью населения около 8 тысяч человек [5].

С точки зрения физико-географического деления, территория входит в северо-восточную часть Восточно-Европейской (Русской) равнины и относится к Моломо-Лузскому ландшафтному округу.

Центральную часть исследуемой территории пересекает водораздельная гряда, которая разделяет бассейны рек, текущих на север к Белому морю, и реки, относящиеся к бассейну Каспийского моря, текущие в южном направлении.

В современный период исследуемая территория характеризуется возвышенным умеренно пересечённым холмисто-увалистым рельефом с абсолютными высотами, варьирующими в интервале от 130 до 200 м, реже более.

Рассматривая геолого-геоморфологическую составляющую расположения, территория находится в восточном секторе осевой зоны Северных Увалов, которые поднимаются над краевой (восточной) частью Московской синеклизы, формируя обращённую структуру в рамках осадочного чехла на кристаллическом фундаменте древней Русской платформы [4]. К востоку от территории исследований синеклизы соединяется с Котельничско-Опаринским сводом, который является частью другой тектонической структуры – Волжско-Камской антеклизы. Геологически рассматриваемый участок, аналогично значительной части Восточноевропейской равнины, отличается двухъярусным строением, включающим кристаллический фундамент и осадочный чехол. В сложившихся условиях почвообразования зональные и азональные процессы в равной степени оказывают влияние на формирование почвенного покрова.

Зональные факторы, в первую очередь, представлены биоклиматическими условиями, которые включают в себя следующие составляющие:

- расположение в подзоне средней тайги влечёт за собой холодный и влажный климат, преобладание промывного, водозастойно-промывного и водозастойного типов водного режима [4];

- низкосолевая хвойно-мелколиственная древесная и мохово-лишайниковая растительность, бедная основаниями, определяет ведущую роль элювиальных процессов и слабое проявление биогенно-аккумулятивных процессов (кроме эу- и олиготрофных).

Также важную роль в формировании почвенного профиля оказывают и процессы педогенеза.

Биогенно-аккумулятивные процессы связаны с накоплением органического вещества и элементов питания в почве благодаря деятельности живых организмов.

Элювиальные процессы связаны с выносом веществ из верхних горизонтов почвы в нижние или за пределы почвенного профиля.

Педометаморфические процессы преобразование минеральной и органической массы почвы без существенного выноса или привноса веществ.

В пределах исследуемой территории наиболее распространенными являются группы почв, принадлежащие к следующим стволам и отделам согласно современной классификации почв России: постлитогенные; органогенные и синлитогенные [7].

В стволе постлитогенных почв наиболее характерны отделы текстурно-дифференцированных, альфегумусовых, а также глеевых почв.

В стволе органогенного почвообразования широко представлены почвы торфяного отдела.

В синлитогенном стволе наиболее заметную роль играет отдел аллювиальных почв [1].

В отделе торфяных почв (органогенный ствол) широко представлены типы торфяных олиготрофных почв; менее характерны торфяные эутрофные и торфяные эутрофные глеевые почвы [6].

Преобладающими на данной территории являются почвы зонального ряда: подзолистые, дерново-подзолистые, подзолы и дерново-подзолы, в том числе их оглеенные типы и подтипы. Наряду с ними широко представлены почвы азональной группы: торфяные олиго- и эутрофные, аллювиальные.

В рамках выполнения научной работы был проведён детальный анализ гранулометрического состава целинных почв исследуемой территории. Особый интерес представляют подзолистые почвы, сформировавшиеся на моренных суглинках, которые отличаются присутствием литогенных включений в виде галечно-гравийного материала, составляющего около 4–5 % от общего объёма почвенного профиля.

Характерной особенностью данных почв является их неоднородный состав: среди типичных моренных суглинков встречаются карбонатные разновидности, содержащие известковый щебень. Эти включения особенно заметны на контакте с материнскими породами и в их составе, что свидетельствует о сложной истории почвообразования в районе.

Наиболее полная картина свойств целинных почв была получена при изучении образцов с ГПЗ «Былина», анализ которых представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Гранулометрический состав подзолистых почв
Северных Увалов и ГПЗ «Былина»**

Горизонт, Глубина, см	Содержание фракции, %						сумма фракций <0,01
	1– 0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	<0,001	
Разрез ЗБ-16 – ППгМк: Мелко-подзолистая глееватая легкосуглинистая почва на моренном карбонатном суглинке							
EL (6-14)	14,60	42,74	23,15	15,00	0,08	4,43	19,51
BTg (14-53)	15,83	33,94	25,88	17,84	1,44	5,07	24,35
BCsa (53-63)	9,56	31,16	27,08	23,19	3,88	5,13	32,20

Разрез ЗБ-105 – П2лМ: Мелко-подзолистая легкосуглинистая почва на моренном бескарбонатном суглинке							
EL (3-10)	18,99	37,92	23,17	12,48	5,40	2,04	19,92
BEL (10-47)	16,26	30,63	25,21	17,63	5,10	5,17	27,90
BT (47-85)	10,86	30,44	17,64	23,65	12,30	5,11	41,06
Разрез ЗБ-131 – (А)П2длМ: Мелкодерново-подзолистая легкосуглинистая почва на моренном бескарбонатном суглинке							
AY (2-10)	15,57	34,19	20,28	19,88	8,08	2,00	29,96
EL (10-23)	5,04	51,52	22,60	12,84	5,32	2,68	20,84
BEL (23-55)	5,13	51,29	22,20	13,12	5,24	3,02	21,38
BT (55-70)	11,07	37,73	23,68	14,72	9,74	3,06	27,52

Полученные данные указывают на общие черты в строении почв подзолистого типа, образованных на материнских породах разного генетического типа. Для данных почв характерно утяжеление гранулометрического состава от легкосуглинистого в минеральных и органоминеральных горизонтах до средне- и тяжелосуглинистого в средних горизонтах.

Формирование почвенного профиля с четко выраженными горизонтами является результатом интенсивного подзолообразования, в котором сочетаются такие процессы, как лессиваж (перемещение глины), кислотный гидролиз, а также окислительно-восстановительные условия элювиально-глеевого и глеевого режимов.

Преобладание промывного и водозастойно-промывного водных режимов является причиной активного протекания элювиальных процессов, не смотря на присутствие карбонатов в материнских породах.

Для более детального изучения свойств подзолистых почв ГПЗ «Былина» был проведён комплекс физико-химических и агрохимических анализов, анализ результатов которых позволит сделать обоснованные выводы относительно специфики и особенностей изучаемых почвенных образований.

Таблица 2

**Физико-химические и агрохимические свойства почв
ГПЗ «Былина»**

Разрез 23Б17 – П ₄ ЛМ: Глубоко-подзолистая легкосуглинистая почва на моренном бескарбонатном суглинке							
Горизонт, Глубина, см	рН		Нг	S	ЕКО	V	ОВ
	Н ₂ O	КСI					
EL (7-23)	5,41	4,25	5,69	0,25	5,94	4,21	0,73
BEL (23-55)	5,75	4,10	9,19	3,25	12,44	26,13	1,23
BT (55-78)	5,72	3,99	8,75	4,25	13,00	32,69	0,51
Разрез 43Б09 – П4М: Неглубоко-подзолистая почва на моренных валунных суглинках							
Горизонт, Глубина, см	рН		Нг	S	ЕКО	V	ОВ
	Н ₂ O	КСI					
AY (2-7)	4,3	3,49	25,38	0,25	25,63	0,98	7,13
EL (7-15)	5,14	4,16	9,19	0,75	9,94	7,55	0,90
BEL (15-29)	5,35	4,26	9,19	9,75	18,94	51,49	0,92
BT1 (29-56)	5,4	4,13	7,88	10,00	17,88	55,94	0,76
BT2 (56-95)	4,82	3,55	3,94	0,50	4,44	11,27	3,73
Разрез 43Б08 – ТПг4М: Торфянисто-глубокоподзолистая глееватая почва на моренных валунных суглинках							
Горизонт, Глубина, см	рН		Нг	S	ЕКО	V	ОВ
	Н ₂ O	КСI					
T° (5-11)	4,48	3,45	31,94	1,00	32,94	3,04	27,12
Elg (11-20)	4,99	3,98	13,56	3,00	16,56	18,11	2,41
BEL (20-44)	5,42	4,16	6,13	4,50	10,63	42,35	0,61
BT1 (44-62)	5,31	3,95	8,31	6,50	14,81	43,88	0,49
BT2 (62-85)	5,5	3,93	8,31	9,00	17,31	51,99	1,43

Почвы характеризуются высокой актуальной и потенциальной кислотностью с рН солевой вытяжки в кислом интервале, величины Нг их органогенных горизонтов достигают 20–30 Смол/кг почвы. Гидрологический режим олиготрофных болот, характеризующийся застойным характером увлажнения, исключает возможность вымывания кислых продуктов из почвенного профиля, что приводит к их постоянному накоплению.

Показатели суммы поглощённых оснований в верхних горизонтах достаточно низкие и увеличиваются к нижележащим горизонтам, что объясняется совокупностью факторов. В верхних торфяных горизонтах, представленных преимущественно слаботорфянистыми сфагновыми мхами, процессы минерализации органического вещества крайне замедлены из-за кислой среды и анаэробных условий, что ограничивает поступление элементов минерального питания. По мере углубления в почвенный профиль возрастает степень разложения органического материала, что способствует постепенному высвобождению катионов, ранее связанных в растительных остатках. Одновременно в нижних горизонтах усиливается влияние слаботорфянизированных грунтовых вод, которые, хотя и в незначительной степени, но пополняют ионный состав почвенного раствора.

В соответствии с изложенным находятся и величины ЕКО и V, почвы характеризуются низкими значениями емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями, что является прямым следствием их генезиса и специфических условий почвообразования. Формируясь в условиях верховых болот под влиянием атмосферного увлажнения, эти почвы развиваются при практически полном отсутствии минерального питания, что определяет особенности их поглощательной способности.

В целом, комплекс актуальных физико- и агрохимических показателей торфяных почв находится в полном соответствии с экологией педогенеза, в первую очередь с источниками, химизмом почвенно-грунтовых вод и составом растительности.

Преобладающими на данной территории являются почвы зонального ряда: подзолистые, дерново-подзолистые, подзолы и дерново-подзолы, в том числе их оглеенные типы и подтипы. Наряду с ними широко представлены почвы азональной группы: торфяные олиго- и эутрофные, аллювиальные. Изученные типы почв обладают различными свойствами. Общими для них свойствами являются: высокая кислотность, малое содержание оснований и относительно небольшое количество органического вещества и элементов минерального питания (за исключением торфяных горизонтов болотных почв). Это свидетельствует о низком плодородии почв водораздельных и долинных ландшафтов ГПЗ «Былина».

ЛИТЕРАТУРА

1. Варган И. А., Коновалов С. Г., Баженова А. С. Почвы пост-литогенного ствола Моломо-Лузского ландшафтного округа: тип Подзолистые почвы // II Региональная антиконференция «Студент. Наука. Регион». – 2023. – С. 129–132.

2. География Кировской области [Карты] : атлас-книга / ООО «Вятский географ», Кировское обл. отд-ние Русского географического о-ва, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Вятский гос. гуманитарный ун-т» ; отв. ред. Е. А. Колеватых. – Киров: Кировская обл. тип., 2015. – 79 с.

3. Климат Кирова / под ред. М.О. Френкеля, Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 215 с.

4. ООПТ России: информационно-аналитическая система (ИАС «ООПТ РФ»): [сайт]. – URL: <http://www.oort.aari.ru> (дата обращения: 30.03.2023).

5. Почвы Вятского края / Прокашев А. М. – Киров: государственный педагогический институт, 1992. – 64 с.

6. Природа, хозяйство, экология Кировской области: сборник статей / Адм. Кир. обл, Вят. гос. пед. ун-т. – Киров: Вятка, 1996. – 583 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Баженова Анна Сергеевна, студентка 1 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: bazhenovaanna200322@gmail.com

Ватченко Иван Михайлович

СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ВЫПОЛНЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СЪЕМКИ КОТЛОВАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА И ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Научный руководитель: Григорьев Иван Иванович, доцент, к.г.н,
Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. В данной статье рассмотрен современный метод выполнения исполнительной съемки котлована строящегося многоквартирного дома с применением БПЛА и фотограмметрической обработки. В результате обработки были получены высокоточные трёхмерные полигональные модели, на основании которых был вычислен объем котлована и оформлена исполнительная схема.

Ключевые слова: БПЛА, аэрофотосъемка, фотограмметрия, трехмерная модель, исполнительная съемка, инженерная геодезия.

Введение

Строительство многоквартирных жилых зданий представляет собой сложный многоэтапный процесс, включающий проектирование, организацию земляных работ, возведение конструкций и последующий контроль выполненных мероприятий. Одним из важнейших этапов являются исполнительные съемки, необходимые для точного расчета объемов земляных работ, что оказывает непосредственное влияние на общую стоимость проекта и сроки его реализации.

Современное состояние строительной отрасли характеризуется внедрением новых технологий и инструментов, позволяющих автоматизировать процессы создания исполнительной документации. Среди наиболее перспективных направлений выделяются использование дистанционных методов съёмки, применение фотограмметрии, трехмерного моделирования, геоинформационных систем (ГИС) и систем автоматизированного проектирования (САПР).

Актуальность темы исследования обусловлена возрастающими требованиями к точности и автоматизации определения объемов земляных работ при строительстве многоквартирных домов.

Цель – с помощью аэрофотосъемки и метода фотограмметрической обработки получить трехмерные модели рельефа, на основании которых провести расчет объема котлована и оформить исполнительную схему. Тем самым повысить автоматизацию процесса и увеличить точность расчетов.

Результаты исследования могут быть использованы строительными организациями, проектировщиками и специалистами, занимающимися контролем качества строительства.

Понятие исполнительной съемки в инженерной геодезии

Исполнительные съемки играют ключевую роль в инженерной геодезии, обеспечивая контроль над качеством и точностью выполнения строительного-монтажных работ, а также фиксируя фактическое положение инженерных сооружений относительно проектной документации.

Инженерная геодезия - представляет собой область геодезии, которая занимается изучением и решением задач, связанных с определением и обеспечением точных геодезических данных для проектирования, строительства и эксплуатации различных инженерных объектов [13].

Главная задача исполнительной съемки – это выявление возможных отклонений возводимых конструкций от проектных значений. Съемка проводится не только в отношении зданий, сооружений, но и в отношении любых линейных объектов, подземных коммуникаций и инженерных сетей [9].

Исполнительная геодезическая схема – исполнительный геодезический чертеж, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений связи между элементами (составными частями) построенной (реконструированной) подземной сети инженерных коммуникаций, возведенного здания, строения, сооружения, несущих и ограждающих конструкций [3].

Геометрические параметры в геодезической исполнительной документации, проектные значения и действительные отклонения рекомендуется отражать в соответствии с ГОСТ Р 51872-2024 «Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения и требованиями» и правилами других нормативных документов.

БПЛА и аэрофотосъемка

За последние десятилетия произошли значительные изменения в методологии геодезических работ. Классические инструменты, такие как нивелиры и обычные оптические теодолиты, можно сказать уже уступили место современным цифровым приборам и технологиям спутникового позиционирования. Благодаря этому резко повысились скорость и точность выполнения измерений и появилась возможность автоматизированной обработки больших объемов данных.

Прогресс привел к появлению новых возможностей: оснащённые камерами и сенсорами БПЛА позволяют собирать большие объёмы данных за короткий срок, покрывая крупные площади и выполняя съёмку труднодоступных объектов.

Беспилотный летательный аппарат – это летательное средство, управляемое дистанционно или автоматически, которое используется для получения данных о рельефе, объектах и их пространственных координатах [7].

Аэрофотосъёмка – это фотографирование территории или объекта с определенной высоты от поверхности Земли при помощи беспилотного летательного аппарата или съёмки с управляемого судна [6].

В рамках инженерной геодезии обработанная съёмка используется в основном для составления ортофотоплана и исполнительной схемы по объемам земляных масс. Именно при подсчете объемов проявляются положительные аспекты применения БПЛА.

Земляные работы в строительстве

Строительство представляет собой сложный многоэтапный процесс. Одним из ключевых этапов является проведение земляных работ, которые играют важную роль в обеспечении надежности и долговечности возводимых сооружений.

Земляными работами называют планировку участков для строительства, рытье котлованов и траншей для устройства фундаментов и прокладки коммуникаций, разработку выемок и отсыпку насыпей при прокладке дорог и каналов, устройство временных земляных перемычек при перекрытии рек, обратную засыпку [8].

Земляные сооружения нередко обладают неправильной формой с точки зрения геометрии, сложным рельефом или значительным объемом, что делает применение классических геометрических формул неэффективным решением. Простые расчеты потребуют много времени и ресурсов, причем не будет гарантии высокой точности итоговых результатов.

Именно поэтому при работе с нестандартными формами и условиями применяют современные геодезические методы. Так, одним из самых новых методов по съемки рельефа с целью дальнейшего вычисления объемов земли, является применение БПЛА. С помощью дронов, производится съемки местности, которая в дальнейшем обрабатывается методами фотограмметрии и другими ПО.

Подготовка к съемке

Выполнение инженерно-геодезических работ на объекте инициируется поступлением соответствующего заказа. Так, поступил заказ на проведение съемки котлована возводимого жилого дома № 2, включенного в состав жилого комплекса «Арден на Селтинской», расположенного в Ленинском районе города Ижевск, ограниченном улицами Селтинская и Луначарского. По результатам геодезической съемки планируется рассчитать фактический объем разработанного котлована и предоставить заказчику исполнительную схему.

Было принято решение выполнить съемку с помощью ДЛ Phantom 3.



Рис. 1. DJI Phantom 3

DJI Phantom 3 – беспилотный летательный аппарат с системой автоматического управления (автопилот). Беспилотник имеет: спутниковую систему позиционирования GPS, максимальную высоту полета над уровнем моря 6000 м, камеру с разрешением 4000×3000 и фокусным расстоянием 3,61 мм, рабочий диапазон углов вращения в поперечной оси: $-90^{\circ}...+30^{\circ}$ [15].

До начала полета БПЛА обязательно проводят установку специальных маркеров на исследуемой территории. Маркеры используются при проведении съёмки для точной привязки изображений к местности и улучшения точности создаваемой карты или модели. Обычно они представляют собой круглые или крестообразные разметки ярких цветов, расположенные на поверхности земли таким образом, чтобы их можно было легко распознать на снимке. Каждый такой маркер снимается ГНСС-приемником, получая точные координаты в системе МСК-18.

Съемка территории с помощью БПЛА

Завершив подготовку к вылету, наступает этап самого полета. Управление дроном ведется посредством приложения DroneDeploy, установленного на смартфон, синхронизированный с устройством. Мы задали высоту полета 48,5 м. Перекрытие снимков было задано 75 %. Такое перекрытие самое оптимальное для наших целей.

После задания необходимых параметров программа самостоятельно рассчитывает оптимальный путь и передает команды квадрокоптеру.

Для точного расчёта объёма котлована было организовано два выезда на объект с использованием беспилотного летательного аппарата. Первая сессия проводилась непосредственно перед началом строительных работ и включала съёмку текущего состояния рельефа на объекте. За один такой вылет удалось собрать массив из 110 снимков.

После завершения разработки котлована на объекте была проведена вторая съёмка той же самой территории с целью снять изменения ландшафта после проведённых работ. Итогом второго выезда стало получение 70 снимков исследуемого участка.

Обработка данных в программе Agisoft Metashape

Чтобы эффективно обработать данные мы будем использовать программу Agisoft Metashape, которая позволяет создавать трёхмерные модели объектов, модели рельефа местности и ортофотопланы на основе снимков, сделанных с земли или с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Начнем обработку первого полета, который был выполнен до начала работ по разработке котлована. Первым этапом станет выравнивание снимков. Выравнивание необходимо для совмещения снимков в единую модель. Agisoft Metashape запускает алгоритм автоматического обнаружения уникальных особенностей на каждом снимке, называемых связующими точками. Эти точки представляют собой характерные элементы изображения (углы зданий, края дорог, границы деревьев и другие чётко выраженные детали). Программа сравнивает связующие точки разных снимков, находя совпадения и определяя области перекрытия. Так же в процессе выравнивания программа корректирует геометрию снимков, исправляет искажения, вызванные перспективой съёмки отдельных снимков и дефектами линзы камеры.

Далее следует этап загрузки текстового файла формата TXT, содержащего координаты маркеров. Эта выполняется с помощью команды «Импорт привязки». Здесь важно выбрать соответствующую систему координат (МСК-18).

Положение маркера определяется его координатами на снимках. Для определения пространственных координат маркера необходимо измерить его координаты на по крайней мере двух снимках. В ручном режиме проекции маркеров определяются пользователем на каждом изображении, где виден маркер.

После расстановки маркеров выбираем команду «Преобразовать привязку», тем самым переводим весь проект в систему координат МСК-18.

Для дальнейшей работы нам необходимо создать плотное облако точек. Это делается с помощью команды «Построить облако точек» из раздела обработки.

Технически облако точек представляет собой базу данных, в которой содержатся точки, расположенные в трехмерной системе координат. Однако, с точки зрения типичного рабочего процесса, единственно важным является тот факт, что облако точек представляет собой точнейшую цифровую запись объекта или пространства, сохраненную в виде очень большого количества точек, покрывающих поверхности объекта [14].

На основе облака точек, с помощью команды «Построить модель» мы создаем трехмерную полигональную модель.

Для того, чтобы сделать модель более наглядной и реалистичной, в программе Metashape на основе снимков можно построить текстуру, которая накладывается на 3D модель.

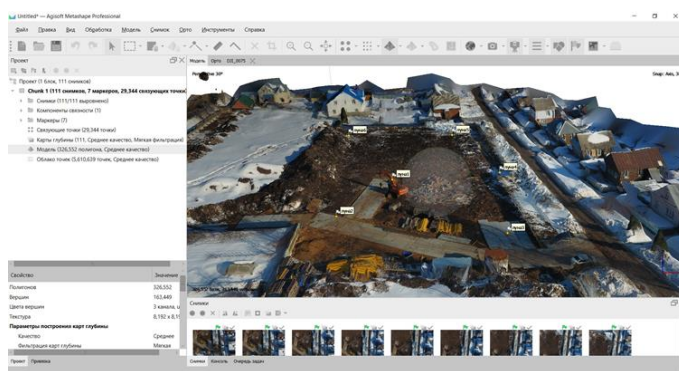


Рис. 2. Модель с наложенной текстурой

Обработка материалов второго полета на объекте проводится аналогично первому, однако теперь уже на основании съемки местности после завершения земляных работ (разработки котлована). Итоговым результатом обработки выступает высокоточная трёхмерная полигональная модель котлована.

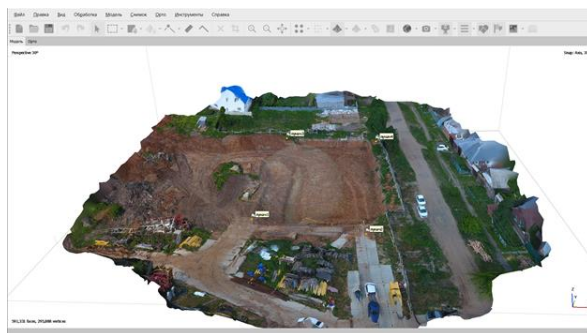


Рис. 3. Модель с наложенной текстурой после разработки котлована

Помимо трехмерной модели, нам также очень важен ортофотоплан территории, полученный непосредственно после окончания процесса строительства котлована. Ортофотоплан поможет точно установить границы котлована по его верхнему краю (бровке). Это упростит последующий процесс обрезания ненужных фрагментов поверхности.



Рис. 4. Ортофотоплан местности после разработки котлована

Ортофотоплан – это фотографический план местности, на котором представлена земная поверхность и объекты на ней с точной привязкой к заданной системе координат [11].

Дальнейшая работа будет производиться в программе AutoCAD Civil 3D.

Создание TIN-поверхности, вычисление фактического объема котлована и оформление исполнительной схемы в AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D предлагает мощные инструменты для работы с трехмерными моделями и пространственными данными. В данной программе удобно работать с поверхностями, и анализировать их.

Первоначально работа в AutoCAD Civil 3D начинается с открытия трехмерной модели, сохраненной в формате DXF, которую мы предварительно подготовили и экспортировали из программы Agisoft Metashape. Начнем с модели, которая была получена до начала работ. Данный проект представляет из себя множество треугольников, вершины которых имеют координаты, в том числе и высоту.

Далее, нам необходимо построить TIN-поверхность на основе 3D-граней. Эта поверхность будет называться базовой.

Поверхность TIN – в основе такой поверхности лежат треугольники, которые соединяют между собой ближайшие друг к другу точки поверхности и образуют триангуляционную сеть. Отметка любой точки на поверхности определяется интерполяцией отметок вершин ближайших треугольников [12].

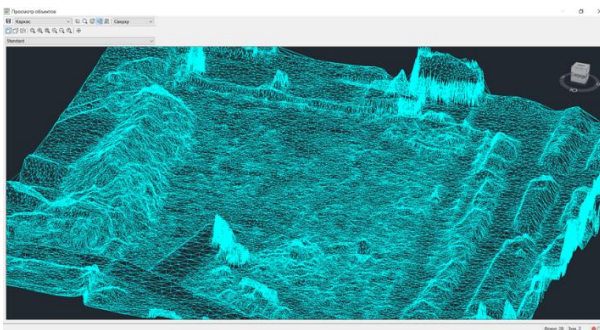


Рис. 5. TIN-поверхность до начала работ по разработке котлована

Таким же образом на основе 3D-граней, мы создаем поверхность после проведения работ по разработке котлована, которая называется поверхностью сравнения.

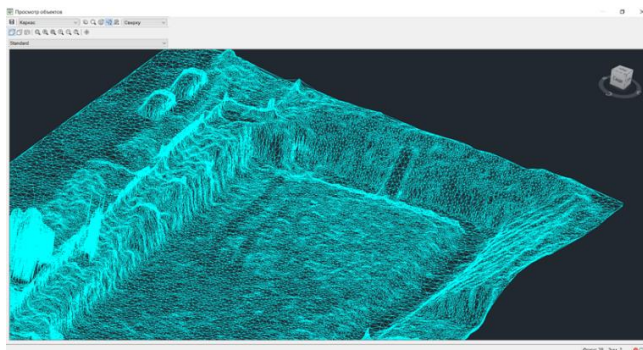


Рис. 6. TIN-поверхность котлована

Следующий этап заключается в обрезке поверхностей по верхнему краю котлована (бровке), чтобы исключить лишнюю площадь из расчетов. Для этого загружается ортофотоплан территории в AutoCAD Civil 3D. Это позволяет увидеть четкую линию верхнего края котлована. Далее, вручную прорисовывается линия, соответствующая именно верхнему контуру котлована. По данной границе удаляются лишние участки обеих поверхностей, выходящие за пределы очерченной линии.

AutoCAD Civil 3D автоматически вычисляет разницу между начальной поверхностью и поверхностью после разработки котлована.

Два основных подхода к вычислению объема:

- метод квадратов;
- метод триангуляции.

Метод квадратов для расчёта объёма заключается в построении картограммы земляных масс. Картограмма земляных масс – это план земельного участка, на котором представлено графическое изображение распределения объемов грунта (земляных масс). Создается в виде специальной сетки квадратов. В центре квадрата указан объём выемки-насыпи, а в углах квадратов отображают рабочие, фактические и проектные отметки, а также обязательно указывают линию нулевых работ – граница выемки и насыпи грунта.

Метод квадратов при расчетах использует исключительно отметки высот, зафиксированными лишь в углах каждого квадрата, полностью игнорируя особенности рельефа между этими точками. Это неизбежно снижает точность итоговых результатов.

Метод триангуляции учитывает полную геометрическую структуру исходных поверхностей, гарантируя высокую точность вычислений объема [11].

Для оценки точности и сопоставления полученных данных мы выполним расчет объема котлована дважды – используя метод триангуляции и метод квадратов. Затем проанализируем различия в конечных показателях и сделаем соответствующие выводы.

Используя метод квадратов, первое, что необходимо сделать, это создать сетку квадратов. Делаем это с помощью Geo Cartogram и задаем размер стороны квадрата 5 метров, что вполне достаточно для нашей рабочей площади котлована.

Далее, на основе двух поверхностей и сетки квадратов, в данной программе автоматически строится картограмма земляных работ. Итоговый объем выемки или насыпи выводится программой автоматически в виде таблицы снизу сетки квадратов. В нашем случае итоговой объем выемки котлована методом квадратов составил – 3877,44 м³.

Вычислим объем методом триангуляции. Это можно сделать базовыми инструментами AutoCAD Civil 3D. Для этого создается так называемая поверхность TIN для объема, в параметрах которой указывается базовая поверхность и поверхность сравнения. И программа автоматически сравнивает эти поверхности.

Итоговые значения представляют собой суммарный объем вынутого грунта, разделённый на положительные (насыпь) и отрицательные (выемка) составляющие. Нас интересует только значение выемки, для окончательного оформления результатов. Итоговый объем выемки котлована, рассчитанный методом триангуляции составил – 4371,93 м³.

TIN	
Количество треугольников	603427
Максимальная площадь треугольника	0.02кв. м
Минимальная длина треугольника	0.00м
Максимальная длина треугольника	0.30м
Объем	
Базовая поверхность	до (1)
Поверхность сравнения	после (1)
Коэффициент выемки	1.00
Коэффициент засыпки	1.00
Объем выемки (отрегулировано)	4371.93 Куб. м
Объем насыпи (отрегулировано)	6.00 Куб. м
Чистый объем (отрегулировано)	4365.94 Куб. м<Выемка>
Объем выемки (без поправок)	4371.93 Куб. м
Объем насыпи (без поправок)	6.00 Куб. м
Чистый объем (без поправок)	4365.94 Куб. м<Выемка>

Рис. 7. Итоговые значения сравнения двух поверхностей

Полученная разница в объемах, рассчитанных методом квадратов и методом триангуляции, достигает 494,49 м³, что соответствует 12,75 %. Это существенное отклонение наглядно демонстрирует, насколько кардинально могут расходиться результаты различных методов измерения.

Однако в данном конкретном проекте приоритет отдавался максимальной точности, так как такое требование было обозначено самим заказчиком. Поэтому решение оформить исполнительную документацию методом триангуляции оказалось наиболее обоснованным.

Чтобы предоставить значение объёма котлована в понятной и наглядной форме, нам необходимо оформить исполнительную схему, что будет являться финальным этапом в данной работе по вычислению объема котлована. Самым главным свойством исполнительной

схемы как у карт является читаемость. Для хорошей читаемости схемы необходимо настроить размер шрифтов так, чтобы текст был читаем, но не перекрывал друг друга.

Исходя из координат осей на акте разбивки и закрепления ГРО, мы создаем крайние оси здания с помощью инструментов рисования в AutoCAD Civil 3D. Отключаем видимость базовой поверхности, оставляя только поверхность после разработки котлована, включаем отображение горизонталей. А также расставляем фактические абсолютные отметки по всей площади дна котлована.

В конце необходимо вставить сводку по выемке/насыпи, которая и выводит на экран данные об объеме, а также добавить штамп.

Таким образом, интеграция современных методов в проведение исполнительных съемок, основанная на использовании беспилотных летательных аппаратов, трехмерного моделирования, фотограмметрии и САПР, показала себя эффективным средством повышения качества, точности и производительности инженерно-геодезических работ в строительстве, а также снижения их себестоимости.

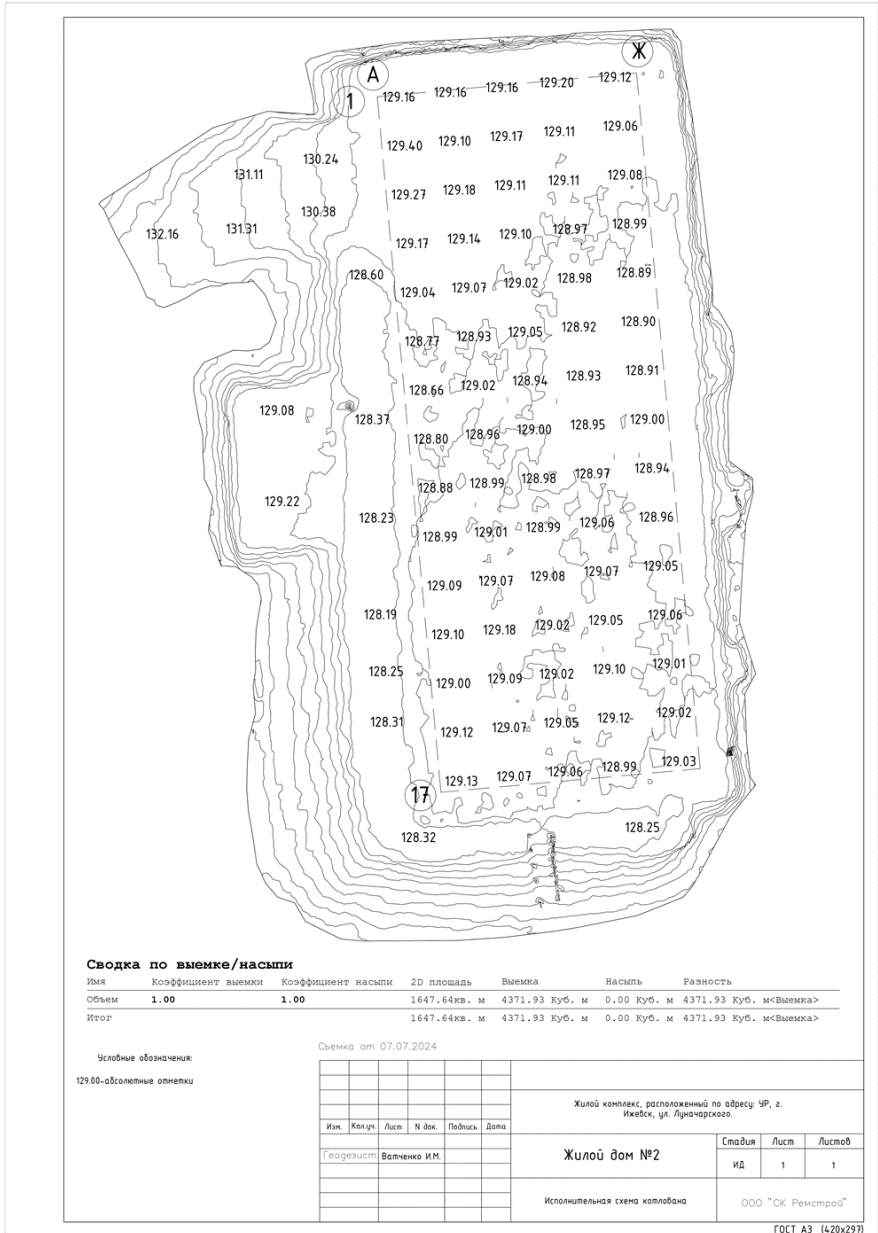


Рис. 8. Исполнительная схема котлована

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Ростехнадзора от 26.12.2006 № 1128 (ред. от 09.11.2017) «Об утверждении и введении в действие требований к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требований, предъявляемых к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения».

2. ГОСТ Р 59328-2021 «Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования»

3. ГОСТ Р 51872-2024 «Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения».

4. СП 126.13330.2017 «СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве».

5. СП 45.13330.2017 «СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты».

6. Беспилотная съемка: в чем разница между аэрофотосъемкой и фотограмметрией? / [Электронный ресурс] // skymec: [сайт]. – URL: <https://skymec.ru/blog/drone-use-cases/geodeziya/raznitsa-mezhdu-aerofotosemkoj-fotogrammetriey/> (дата обращения: 09.04.2025).

7. Беспилотные летательные аппараты в геодезии: современные решения и их преимущества / [Электронный ресурс] // geokontinent: [сайт]. – URL: <https://www.geokontinent.ru/company/articles/1272/> (дата обращения: 15.04.2025).

8. Земляные работы / [Электронный ресурс] // stroi-mos: [сайт]. – URL: <https://stroj-mos.ru/news/80/> (дата обращения: 01.05.2025).

9. Исполнительная съемка / [Электронный ресурс] // araksgeo: [сайт]. – URL: <https://www.araksgeo.ru/service/geodezicheskie/ispolnitelnaya-semka/> (дата обращения: 12.06.2025).

10. Методы расчёта картограммы / [Электронный ресурс] // beardyugin: [сайт]. – URL: <https://beardyugin.com/ru/blog/news/cartogram-calculation-methods/> (дата обращения: 01.02.2025).

11. Ортофотоплан / [Электронный ресурс] // sevbtі: [сайт]. – URL: <https://sevbtі.ru/news/CHto-takoe-ortofotoplan-i-dlya-chego-on-nuzhen/> (дата обращения: 23.04.2025).

12. Поверхности в Autodesk Civil 3D: типы поверхностей, создание, добавление данных и редактирование, объединение и экспорт. / [Электронный ресурс] // infars: [сайт]. – URL: <https://infars.ru/blog/poverhnosti-v-civil-3d/> (дата обращения: 25.04.2025).

13. Федотов Г. А. Инженерная геодезия: Учебник. – 3-е изд., испр. – М.: Высш, шк., 2006.– 463 с.: ил.

14. Что такое облака точек / [Электронный ресурс] // kubarta: [сайт]. – URL: <https://kubarta.ru/chto-takoe-oblaka-tochek/> (дата обращения: 18.04.2025).

15. DJI Phantom 3 / [Электронный ресурс] // dji: [сайт]. – URL: <https://www.dji.com/ru/support/product/phantom-3-standard> (дата обращения: 23.04.2025).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Ватченко Иван Михайлович, студент 1 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: vatchenkoivan2003@gmail.com

Глухова Софья Андреевна

**СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА
ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА ИЖЕВСКА
В ПЕРИОД С 19 ВЕКА ПО 21 ВЕК**

Научный руководитель: Сидоров Валерий Петрович, доцент, к.г.н.,
Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. В статье рассматривается история города Ижевска, его изменения со временем. А также предоставлена теоретическая информация и методика создания электронного атласа, который покажет территориальное развитие города с момента его основания.

Ключевые слова: электронный атлас, развитие города, MapInfo Professional, HTML, программный код, создание сайта.

Введение

Территориальное или пространственное развитие городов – это процесс, связанный с планированием и управлением территорией, целью которого является создание сбалансированной, эффективной и устойчивой среды для людей. Он включает в себя комплекс мероприятий по управлению земельными территориями, благоустройству, улучшению транспортной сети и экологической ситуации, социальной сферы и экономики и другим сферам города.

Цель территориального развития – обеспечить сбалансированный рост города, минимизировать негативные последствия чрезмерной застройки и сохранить природные зоны и культурное наследие.

Преобразование карт в цифровой формат расширяет их функциональность, упрощает использование и позволяет отобразить большой объём данных. Электронные карты удобно хранить и распространять. Карты можно увеличивать и уменьшать, и вы сможете легко просматривать интересующие вас объекты.

Атлас – систематическое собрание взаимодополняющих карт, выполненное по единой программе и изданное в виде книги или просто комплекта листов.

Создание электронных атласов, прежде всего, обеспечит доступ к данным материалам для всех пользователей и их проще и быстрее обновлять в будущем.

Целью статьи является создание электронного атласа территориального развития города Ижевска (с 1984 по 1987 – город Устинов).

В соответствии с данной целью решаются следующие задачи: изучение литературных и интернет материалов об изменениях города Ижевска; изучение литературных и интернет материалов о том, как можно создать атлас в электронном виде; поиск картографических материалов на территорию города в период с 19 по 21 века; изучение теории и основ создания электронных атласов.

Исторический обзор развития территории города Ижевска

История Ижевска тесно связана с развитием оружейного производства и машиностроения. Город основан в 1760 году на берегу реки Иж, вокруг металлургического завода графа Шувалова. Изначально это поселение называлось Ижевским заводом, развивалось медленно и строго вокруг предприятия.

Во второй половине 19 века началась интенсивная промышленная застройка. Территория постепенно расширялась вдоль берега реки, появлялись жилые дома и общественные учреждения.

Первая половина 20 века была временем активного роста города, так как массовое производство оружия и развитие оборонной промышленности привели к значительному притоку рабочей силы.

Особенно бурный рост произошёл в советское время, когда город был крупным военно-промышленным центром. Появились новые микрорайоны и жилые массивы [3].

Советский период привнес принципиально новые черты в развитие Ижевска: город стал центром крупной промышленности, из-

вестным на всю страну производителем стрелкового вооружения, мототехники и гражданской продукции. В послевоенные годы Ижевск продолжал развиваться, приобретая черты крупного промышленного центра с развитой социальной сферой и благоустроенными территориями [5].

Современное состояние территории города

По состоянию на начало XXI века территория Ижевска делится на пять административных округа: Первомайский, Ленинский, Устиновский, Октябрьский и Индустриальный. Основу градостроительной концепции составляет компактная система пространственной застройки с чётким зонированием жилых, производственных и рекреационных зон. Развитие периферийных районов сопровождается активным строительством многоквартирных домов и созданием социальной инфраструктуры [2].

Особенностью современного Ижевска остаётся высокая плотность промышленных предприятий, сосредоточенных в центре и юго-восточной части города. Основная отрасль – производство оружия и металлургия, что обусловлено традиционными функциями Ижевска как промышленного центра [10].

Развитие и инфраструктура городских жилых зданий играет важную роль в обеспечении комфортного проживания и функционирования города. Для развития городской среды необходим комплексный подход, учитывающий потребности населения и требования устойчивого развития. За последние десятилетия Ижевск столкнулся со значительными изменениями в развитии жилой застройки и инфраструктуры. Рост числа жителей, обновление городского пространства и требования современной жизни ставят перед администрацией и бизнесом новые задачи, требующие комплексных и справедливых решений.

В последние годы Ижевск стремительно превратился в один из крупнейших центров жилищного строительства в Поволжье. Ведущими факторами являются масштабные инвестиционные проекты,

осуществляемые крупными застройщиками. Примечательно, что основными объектами являются жилые комплексы, рассчитанные на разные сегменты потребителей. Однако стоит отметить неравномерную застройку жилых зданий. Активная застройка осуществляется в северных и восточных районах города, в то время как в центральных и южных районах инвестиционный интерес отсутствует. Большое количество однотипных многоэтажных строений, лишённых архитектурной индивидуальности [12].

Другой важной проблемой является низкий уровень благоустройства прилегающей территории, включая дорожные сети и инженерные коммуникации. К примерам можно отнести: низкую эффективность транспортных развязок, узкие тротуары и несоответствие объёма дорожной сети требованиям законодательства. Всё это способствует снижению общего качества городской среды [11].

Инфраструктурное обеспечение является вторым ключевым направлением в развитии Ижевска. На сегодняшний день эксплуатация водопроводных, электрических и газовых сетей вызывает тревогу у специалистов. Многочисленные поломки и аварии свидетельствуют о низкой готовности городской инфраструктуры к нагрузкам.

Основными причинами сложившейся ситуации являются хроническое недоинвестирование сферы ЖКХ, отсутствие долгосрочных программ модернизации, использование устаревшего оборудования.

Вопрос зеленого строительства и озеленения также является важным фактором. Современные проекты требуют достаточного количества зелёных зон, парков и пешеходных маршрутов. Однако реальные показатели указывают на крайне низкий уровень развития зеленой инфраструктуры, что негативно сказывается на качестве жизни горожан [1].

Подводя итог, можно сказать, что текущее состояние развития жилой недвижимости и инфраструктуры Ижевска нуждается в глубоком осмыслении и радикальных мерах. Только последовательная реализация целевых программ способна обеспечить надлежащее качество жизни и гармонию городской среды.

Экологическая ситуация складывается не лучшим образом, особенно качество воздуха. Основной источник загрязнения воздуха в Ижевске – выбросы углекислого газа и твёрдых частиц от крупных заводов и транспорта. А также довольно слабая организация по сбору и переработке бытовых отходов.

Существующие природные преимущества дополняются усилиями муниципалитета по озеленению и созданию экологических тропинок, но общее состояние окружающей среды требует дальнейшего внимания и вмешательства [13].

В целом, современная урбанистика и экология города находятся на стадии активных преобразований, вызванных необходимостью адаптации к внешним вызовам и внутренним ресурсам. Преимущества богатой природы и традиционного образа жизни сочетаются с антропогенным давлением и угрозами старения инфраструктуры. Стратегия устойчивого развития должна включать охрану лесов, контроль загрязнений и повышение уровня благоустройства, что обеспечит гармоничное сосуществование человека и природы в будущем.

Теоретико-методологические основы разработки электронных атласов

Электронные картографические атласы являются удачной альтернативой бумажным, основное их назначение заключается в повышении осведомленности пользователей о картографическом изображении геопространства. Они содержат карты высокого качества, имеют вполне простой интерфейс, гибкие механизмы использования гиперссылок и оснащены хорошими справочно-поисковыми системами. Поиск осуществляется отдельно по базам данных, картам и текстовой части всего атласа.

Технология создания электронных картографических атласов состоит из 5 этапов: разработка проекта электронного атласа, разработка сценария атласа, выбор комплекса программных средств, редакционно-подготовительные работы и составительско-оформительские работы.

Созданию электронных картографических атласов предшествует сбор, обработка и систематизация пространственных данных. Эти задачи решаются с помощью специальных программных продуктов, известных как геоинформационные системы (ГИС) [6].

Разработка структуры электронного атласа включает в себя ряд взаимосвязанных этапов. Электронный атлас представляет собой интерактивную информационную систему, предназначенную для удобной навигации и глубокого анализа пространственных данных.

Первым этапом проектирования структуры электронного атласа является определение его целевой аудитории и тематики [8].

Логическая структура атласа формируется на основе схемы содержания и порядка расположения представленных картографических листов. Организация всего содержимого должна соответствовать интуитивному восприятию, обеспечивать лёгкость навигации и поиск нужной информации. Основные компоненты логической структуры: каталог картографических листов, меню для выбора нужного раздела, система фильтров и поисковых систем, а также возможность переключения между различными видами отображения (например, различные карты, схемы или изображение со спутника) [7].

Пользовательский интерфейс играет одну из ключевых ролей в успехе электронного атласа. Интерфейс должен быть простым, понятным и привлекательным. Необходимо учитывать психологические и эргономические аспекты восприятия визуальной информации человеком. Типичным вариантом построения интерфейса является панель навигации слева, рабочая область посередине и информационные панели справа [9].

Навигационная система обеспечивает удобный и эффективный доступ к содержимому атласа. Выделяются следующие базовые способы навигации: линейная навигация (последовательная прокрутка страниц), древовидная навигация (разветвленная структура меню), навигация по гиперссылкам (непоследовательные переходы между страницами). Выбор оптимальной навигационной схемы зависит от объема данных и привычек пользователей [14].

Алгоритм отображения картографических данных является ключевым компонентом структуры электронного атласа. Выбранный алгоритм напрямую влияет на скорость загрузки и отображения данных [4].

Создание электронного атласа территориального развития Ижевска

Первый этап – поиск картографических материалов и аэрокосмоснимков и оцифровка скачанных материалов. Оцифровка, в данном случае, производится в ГИС программе «MapInfo».

На исходных и оцифрованных картах территории города должна быть указана его граница, что значительно сократило выбор картографических материалов.

Оцифровка карты за 2025 год тоже имела свои особенности. Она была оцифрована абсолютно другим способом. За основу был взят спутниковый снимок с сайта «OpenStreetMap». Из этой же базы данных были скачаны векторные данные на территорию Ижевска, а именно здания, дороги, гидрография с названиями рек и железные дороги. Площадь территории была выбрана произвольно, с ориентировкой на существующие границы города. Полученные векторные данные были импортированы в программу «QGIS» и экспортированы в подходящем для дальнейшей оцифровки формате (рис. 1).

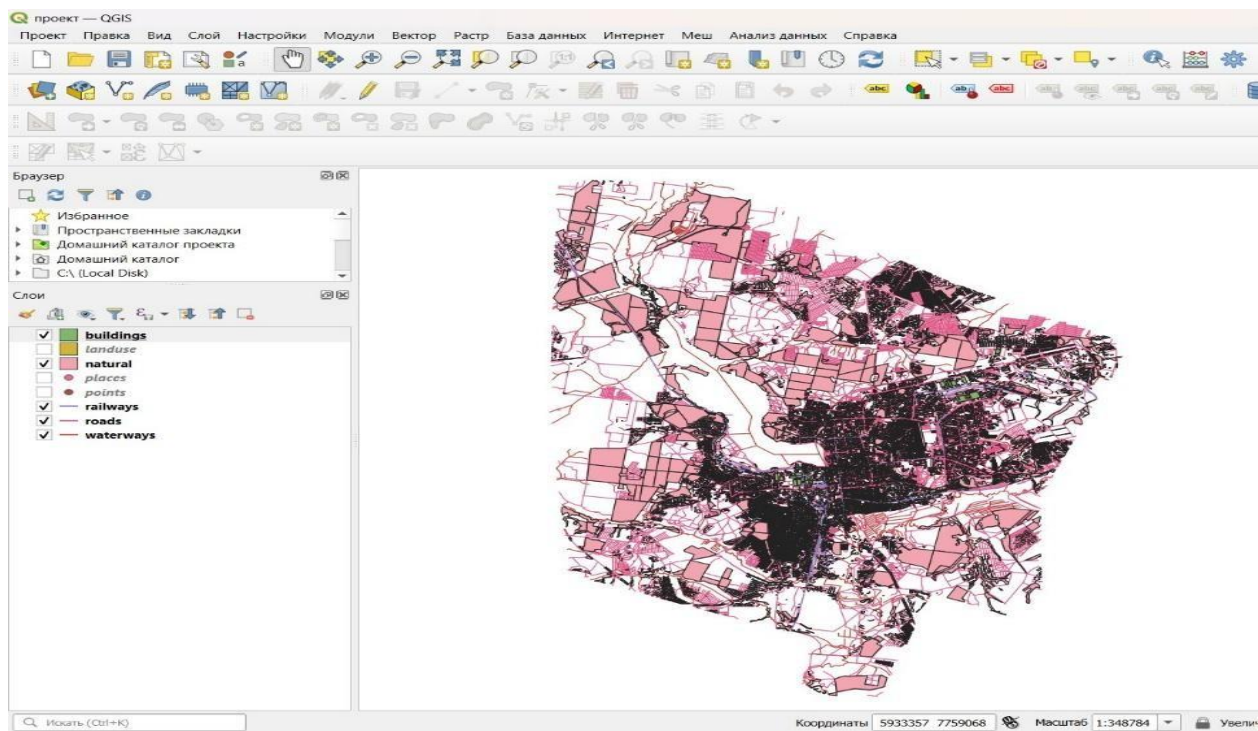


Рис. 1. Импортированные векторные данные с «OpenStreetMap» в программе «QGIS»

Недостающие данные для создания карты были взяты с сайта «Яндекс карты», а именно растительность, кладбища и болота.

Все карты были оформлены в единой цветовой гамме, шрифты, высота текста и размеры условных знаков так же идентичны. Также у карт одинаковый масштаб, в 1 см на карте равен 1.7 километра на местности (рис. 2).

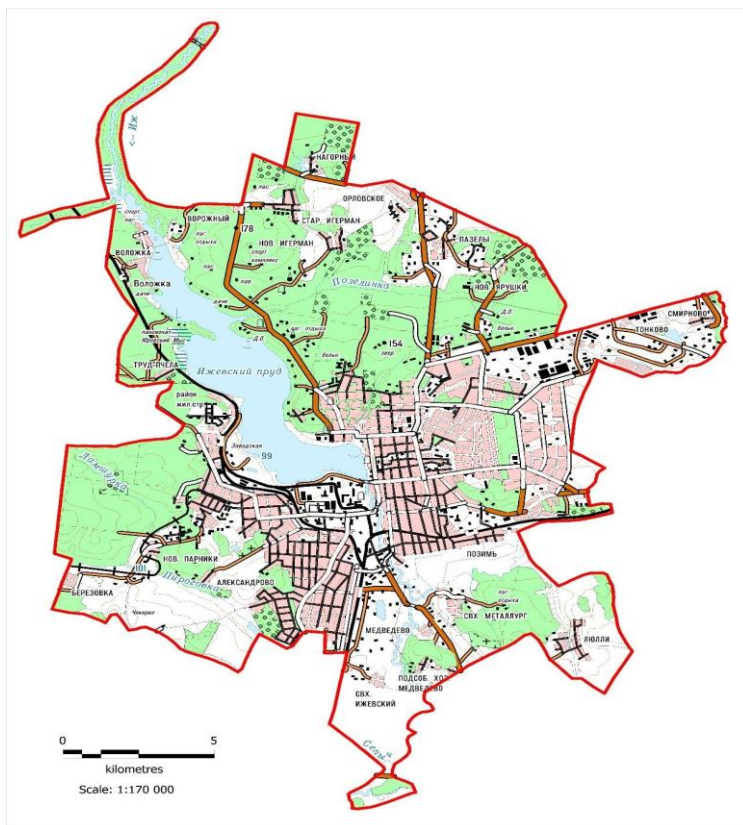


Рис. 2. Пример оформленной карты

Также для создания атласа нужно разработать программный код сайта, в котором он будет находиться. В данном случае используется программа Microsoft «Visual Studio». Все коды пишутся в текстовом виде и затем сохраняются в формате html.

Для электронного атласа необходимо создать следующие коды: фрейм (для грамотной и эстетичной расстановки всех элементов) и отдельные окна для распределения содержимого атласа (заголовков, содержание и окна вывода карт).

Фрейм в HTML – это отдельный законченный HTML-документ, который вместе с другими документами может быть отображён в браузере. Фреймы разбивают веб-страницу на отдельные окна, расположенные на одном экране, которые являются независимыми друг от друга. Каждое окно может иметь собственный адрес.

Электронный атлас был разделён на 3 окна для того, чтобы упростить его прочтение. У каждого окна есть свои установленные размеры, а также ссылки на HTML-документы, которые будут отображаться в каждом из окон (рис. 3).

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<frameset rows="10%, 90%">
<frame src="имя.html">
<frameset cols="15%,75%">
<frame src="содержание.html" name="1" />
<frame name="2" />
</frameset>
</frameset>
</html>
```

Рис. 3. Код фрейма

Далее следует написание для заголовка атласа (рис. 4).

Код для составления содержания атласа содержит в себе список из определённых периодов: первоначальная застройка, советский период и современность.

```
<!DOCTYPE HTML>
<html>
  <body background = "фон.jpg">
    <H2><p align=center>
      <font face="Book Antiqua">
        ~ АТЛАС территориального развития города ИЖЕВСКА в период с 19 по 21 века ~</font>
      </H2>
    </body>
  </html>
```

Рис. 4. Код для заголовка атласа

У каждого периода есть гиперссылки на карты, подписанные годом их создания. При нажатии на любой из годов открывается в соседнем окне изображение карты с масштабной линейкой и условными обозначениями, где знаки поделены на группы (рис. 5).

```
<html>
<head>
  <link rel=stylesheet href="стиль.css" type="text/css" >
</head>
<body background = "udm.jpg">
<H2><p align=center>СОДЕРЖАНИЕ</H2>
<ol>
  <li> Первоначальная застройка </li>
  <ul>
    <a href = "1871.html"TARGET = "2">
      <li> 1871
    </a>
  </ul>
  <li> Советский период </li>
  <ul>
    <a href = "1949.html"TARGET = "2">
      <li> 1949
    </a>
    <a href = "1974.html"TARGET = "2">
      <li> 1974
    </a>
    <a href = "1989.html"TARGET = "2">
      <li> 1989
    </a>
  </ul>
  <li> Современность </li>
  <ul>
    <a href = "2004.html"TARGET = "2">
      <li> 2004
    </a>
    <a href = "2009.html"TARGET = "2">
      <li> 2009
    </a>
    <a href = "2016.html"TARGET = "2">
      <li> 2016
    </a>
    <a href = "2025.html"TARGET = "2">
      <li> 2025
    </a>
  </ol>
</body>
</html>
```

Рис. 5. Код содержания атласа

Содержание оформлено в виде списка. Список оформлен при помощи таблицы стилей CSS – технология для создания внешнего вида документа. Эти таблицы используются при создании веб-страниц для задания цветов, шрифта, расположения и так далее (рис. 6).

```
body

p {
    text-align: center;

    font-family: Book Antiqua;
    font-size: 20px;
    color: black;
    border: 5px double blue;
    background-color: white;
}

ol li {
    padding: 2px;
    margin: 2px;
    font-family: vineta bt;
    font-size: 18px;
    text-align: left;
    border: 5px ridge black;
    background-color: white;
}

ul li {
    font-size: 15px;
    text-align: center;
    border: 2px solid black;
    background-color: white;
}
```

Рис. 6. Таблица стилей CSS

Самый трудозатратным этапом является написание кода для окна с картой, так как в итоговом варианте изображение должно масштабироваться колёсиком мышки и перетаскиваться так же с использованием мыши (рис. 7).

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <style>
    body {
      display: flex;
      justify-content: center;
      align-items: center;
      height: 100vh;
      margin: 0;
    }
    img {
      position: relative;
      border-radius: 10px;
      box-shadow: 0 0 10px rgba(0, 0, 0, 0.2);
      cursor: move;
      transition: transform 0.2s ease;
    }
  </style>
</head>
<body>
  

  <script>
    const image = document.getElementById('draggableImage');
    let isDragging = false;
    let prevX = 0, prevY = 0;
    let scaleFactor = 1.0;

    // Перетаскивание изображения
    image.addEventListener('mousedown', (e) => {
      isDragging = true;
      prevX = e.clientX;
      prevY = e.clientY;
    });

    document.addEventListener('mousemove', (e) => {
      if (isDragging) {
        const deltaX = e.clientX - prevX;
        const deltaY = e.clientY - prevY;
        image.style.left = `${parseFloat(image.style.left || 0) + deltaX}px`;
        image.style.top = `${parseFloat(image.style.top || 0) + deltaY}px`;
        prevX = e.clientX;
        prevY = e.clientY;
      }
    });

    document.addEventListener('mouseup', () => {
      isDragging = false;
    });

    // Масштабирование изображения колесиком мыши
    image.addEventListener('wheel', (e) => {
      e.preventDefault();
      if (e.deltaY < 0) {
        scaleFactor *= 1.1; // Увеличить масштаб при прокрутке вверх
      } else {
        scaleFactor /= 1.1; // Уменьшить масштаб при прокрутке вниз
      }
      image.style.transform = `translate(-50%, -50%) scale(${scaleFactor})`;
    });
  </script>
</body>
</html>

```

Рис. 7. Код окна с картой

Масштабируемость изображения позволяет увидеть его как целиком, так и рассмотреть каждую деталь по-отдельности. Хотя и у каждого браузера предусмотрена масштабируемость всего сайта сразу, но тут задача в изменении размера только одного конкретного окна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные проблемы транспортной инфраструктуры Ижевска / Сост. П. А. Орлов. – «Городское хозяйство», №3, 2023. – С. 45–57.
2. Градостроительство Ижевска: ретроспектива и современность / Сост. В. Н. Казанцев. – Ижевск: Удмуртский университет, 2016. – 320 с.
3. История Ижевска / Сост. Ю. И. Павлов. – Ижевск: Удмуртия, 2018. – 382 с.
4. Методы отображения пространственных данных в электронных атласах: Теория и практика / Сост. С. М. Щербатов. – Москва: Директ-Медиа, 2019. – 288 с.
5. Особенности современного градостроительства малых и средних городов России: проблемы и перспективы / Сост. М. Л. Сидоров. – Москва: Аспект Пресс, 2003. – 280 с.
6. Практика использования ГИС в составе электронных атласов / Сост. Н. И. Виноградова // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2019. – № 4. – С. 56–64.
7. Практические аспекты создания электронного атласа России / Сост. С. Н. Хитрова // Научные ведомости Белгородского университета. Серия: История. Политология. – 2019. – № 2. – С. 115–128.
8. Принципы разработки электронных атласов / Сост. Н. И. Самохвалова // Вестник ГУАП. – 2018. – № 4. – С. 56–63.
9. Психологические аспекты восприятия электронных карт / Сост. А. В. Панкратов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 11: Управление. Социология. Экономика. – 2017. – № 2. – С. 124–135.
10. Современные стратегии развития мегаполисов России: вызовы и перспективы / Сост. Г. А. Мельниченко. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 368 с.
11. Состояние транспортной инфраструктуры Ижевска / Сост. В. Н. Михайлова // Вопросы градостроительства. – 2023. – 2(1). – С. 56–72.

12. Строительное развитие Ижевска: тенденции, проблемы и перспективы / Сост. А. В. Селезнев, С. В. Калмыкова. – Ижевск: Удмуртский университет, 2022. – 272 с.

13. Экология городов Прикамья: состояние, проблемы и пути их решения / Сост. В.А. Кожухарь. – Пермь: Пермский научный центр УрО РАН, 2020. – 288 с.

14. Экспериментальное исследование навигации в электронном атласе / Сост. В. А. Радчук // Информационные технологии. – 2018. – № 6. – С. 34–41.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Глухова Софья Андреевна, студентка 1 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: sontiaoisnotacity@gmail.com

Заболотских Екатерина Александровна

ПРОЦЕСС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В QGIS

Научный руководитель: Петухова Лариса Николаевна,
доцент, к.г.н., Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. в данной статье рассматривается процесс автоматизированного дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли с использованием геоинформационной системы QGIS. Особое внимание уделяется задачам классификации изображений, распознавания образов и применению технологий машинного обучения для повышения эффективности и точности анализа спутниковых данных.

Ключевые слова: QGIS, SCP, автоматизированное дешифрирование.

Автоматизированное дешифрирование – распознавание объектов путём компьютерной обработки цифровых изображений на основе закодированных значений спектральной яркости каждого элемента пространственного разрешения (пиксела) [1].

Процесс включает в себя классификацию – выделение объектов или групп объектов на основе их яркости и геометрических характеристик, а также их последующую обработку и интерпретацию.

Цель статьи – осуществить процесс автоматизированного дешифрирования многозонального снимка в геоинформационной системе QGIS по снимкам Landsat 8.

В соответствии с целью следует выделить следующие *задачи*: скачивание многозональных снимков за октябрь 2024 года; синтезирование многозональных снимков; проведение автоматизированного дешифрирования в QGIS.

Областью интересов является восточная часть Удмуртской Республики рядом с Воткинским водохранилищем на границе с Пермским краем.

Первым этапом были выбраны наиболее подходящие космические снимки Landsat 8, загруженные с сайта Геологической службы США USGS [2].

Загрузка снимков производилась в ГИС QGIS через добавление растровых слоев. После этого снимки также были загружены через модуль SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) посредством функции Band set (набор каналов), который позволяет определить один или несколько наборов каналов, используемых в качестве входных данных. Далее происходил выбор области интересов через обрезку снимка.

Следующим этапом являлся процесс автоматизированного дешифрирования, включающий задачи классификации изображений, распознавания образов и применение методов машинного обучения, которые обеспечивают процесс самообучения алгоритмов распознавания [3]. Во вкладке SCP Dock создавался файл, в котором хранится классификация. При помощи инструмента ROI (Regions Of Interest) в ручном формате выделились полигоны, на базе которых рассчитываются характеристики объектов. Классификация строится на системе классов или макроклассов. Непосредственно перед классификацией всего растра для определения наиболее оптимальных характеристик был выбран небольшой участок, включающий максимальное возможное число имеющихся эталонов.

В данной классификации были выделены 10 слоев, такие как: гидрография (глубокая, неглубокая вода), растительность (разреженная, луговая), лес (лиственный, хвойный), почва (вспаханная, неспаханная), белая глина, населенные пункты (рис. 1).

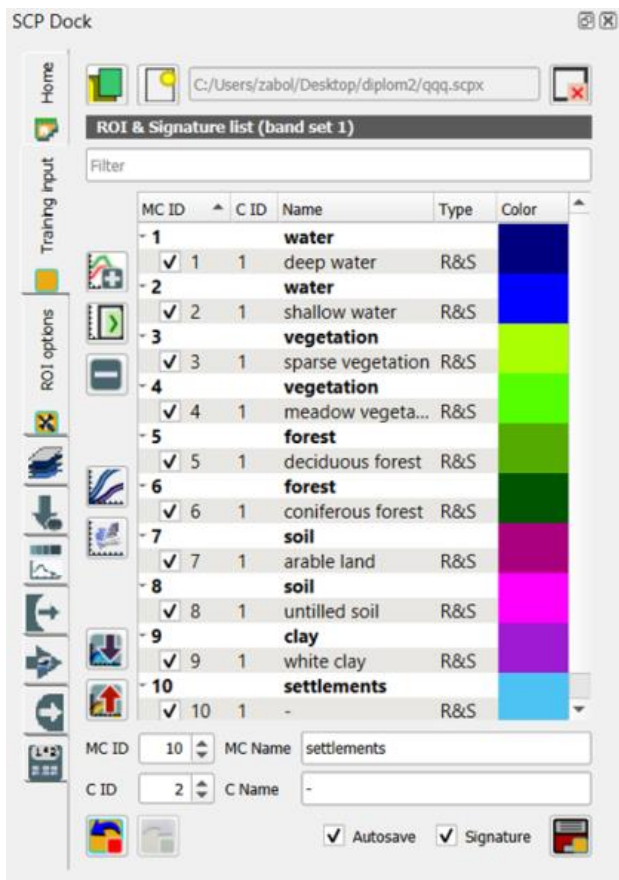


Рис. 1. Классификация

Данная классификация создавалась на основе нескольких эталонов. Так, комбинация 7-5-3 использовалась для выявления растительности (Луговая растительность – ярко-зеленый, не вспаханная почва – ярко-розовый, вспаханная почва – бледно-розовый, коричневые и оранжевые тона характерны для разреженной растительности) (рис. 2).

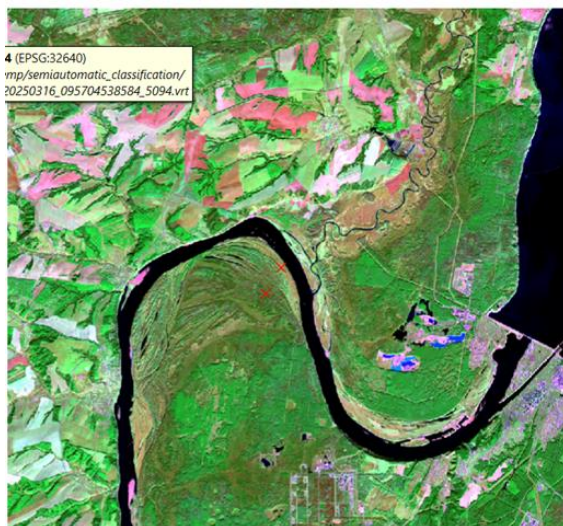


Рис. 2. Комбинация каналов 7-5-3

При выборе эталонов для вод использовалась комбинация 5-6-4, так как она позволила определить четкую границу между сухой и водой (рис. 3).

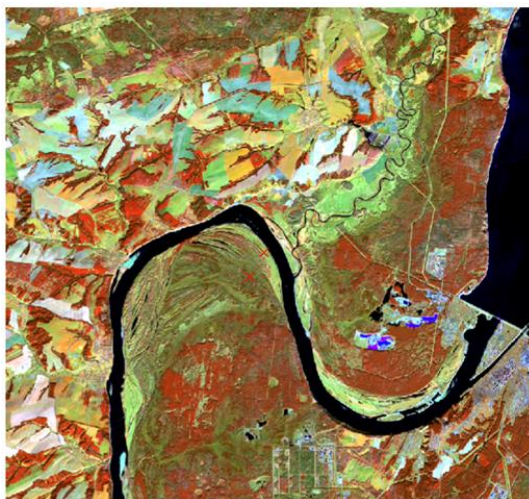


Рис. 3. Комбинация каналов 5-6-4

Для набора пикселей использовалось сочетание каналов 4-3-2 – «естественные цвета». Кроме того, для проверки точности автоматизированного дешифрирования в более высоком разрешении использовался спутниковый снимок, полученный из программы SAS Planet (рис. 4).



Рис. 4. Комбинация каналов 4-3-2 и спутниковый снимок

После классификации составленная карта представляет собой изображение, пикселям которого вместо исходного значения яркости присвоены значения цветов конкретного класса.

После этого полученный растр был векторизован. Для того, чтобы векторный слой проклассифицировался, нужно было изменить стиль в настройках слоя. Для этого во вкладке Стиль => Стилизация по уникальным значениям => Значение DN (так как при создании векторного слоя была добавлена колонка в атрибуты со значениями классификации) => Классифицировать (рис. 5).

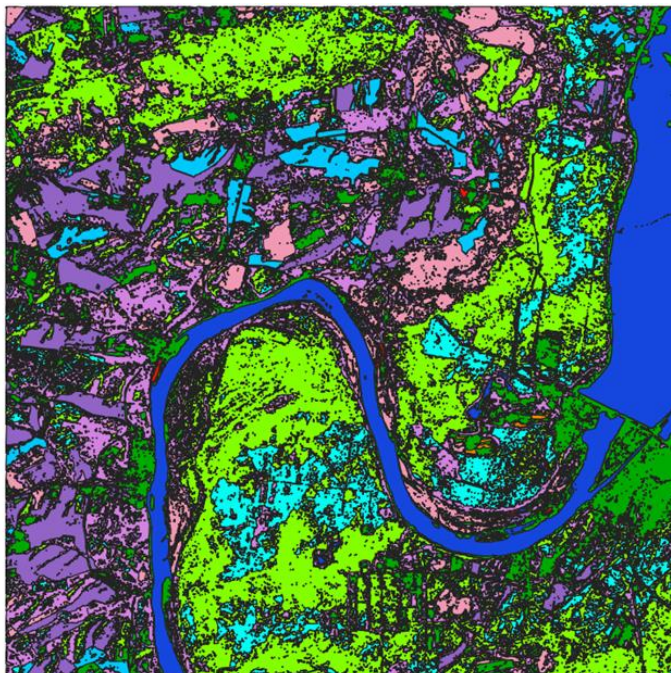


Рис. 5. Полученный вектор при помощи автоматизированного дешифрирования

Полученный векторный слой получился слишком детализированным, чтобы его упростить производилась генерализация. В рамках этого процесса необходимо было вычислить площадь полигонов. Векторный слой => Поля => Калькулятор полей. Расчет площади осуществлялся в квадратных метрах.

Следующим этапом являлось удаление полигонов присоединением их к полигону с наибольшей площадью. В данном случае рассматривался вариант, когда удалялась площадь до 30000 тысяч квадратных метров. Для этого нужно было выделить полигоны: Вектор => Выборка => Выбор по выражению.

После того как выделялись соответствующие полигоны нужно их было присоединить к соседним с наибольшей площадью: Вектор => Геообработка => Удалить выбранные полигоны (присоединить к соседним) (рис. 6).

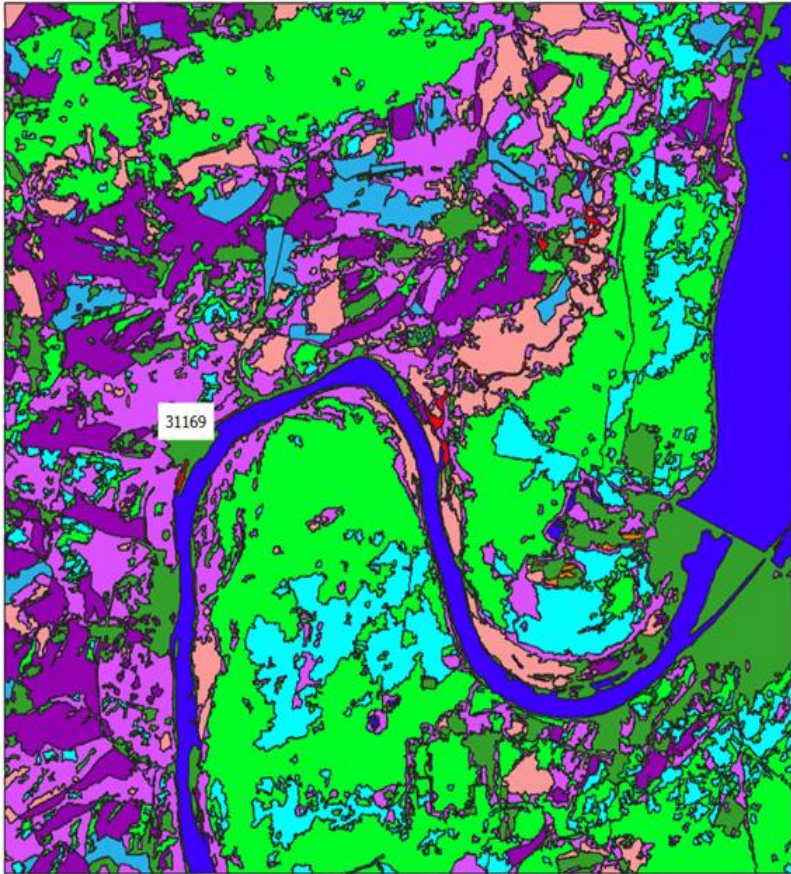


Рис. 6. Карта, где удалены полигоны площадью меньше 30000 квадратных метров

Далее данный векторный слой можно было сгладить: В редактированном слое => Упростить объект => Сглаживание (рис.7).

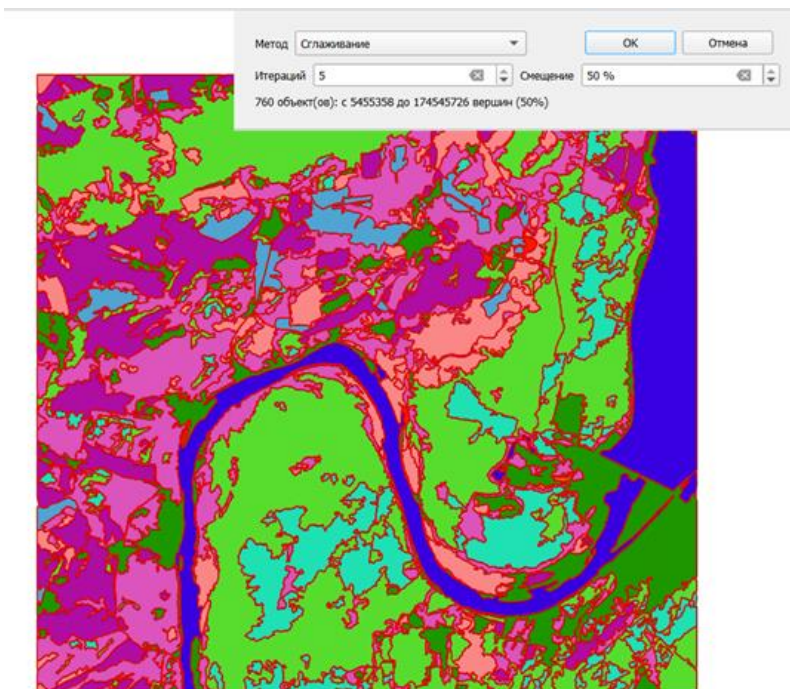
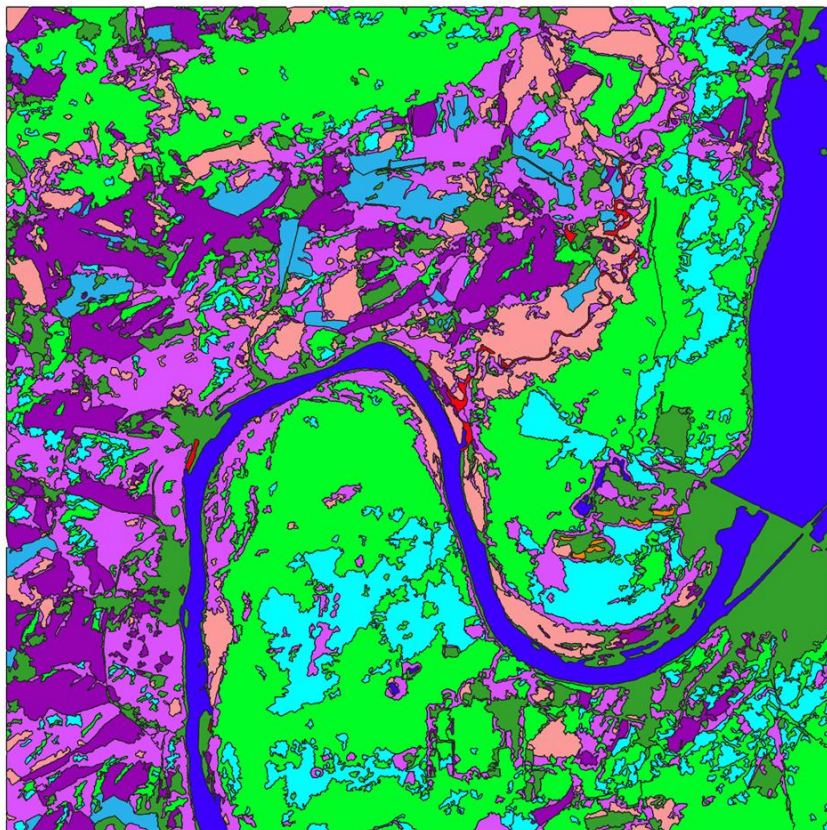


Рис. 7. Упрощенная карта

Итогом работы является готовый вариант карты, созданный в QGIS (рис. 8).

Таким образом, в результате процесса автоматизированного дешифрирования были успешно выявлены и точно обведены области, принадлежащие к определённым классам. Такой подход значительно облегчает работу с большими объёмами пространственных данных, сокращая время и затраты на ручную обработку информации. Использование автоматизированных методов позволяет повысить точность и однородность полученных результатов, а также способствует более эффективной интерпретации данных.



Условные обозначения:

- - Глубокая вода
- - Неглубокая вода
- - Разреженная растительность
- - Луговая растительность
- - Лиственный лес
- - Хвойный лес
- - Невспаханная земля
- - Вспаханная земля
- - Белая глина
- - Населенные пункты



Рис. 8. Результат автоматизированного дешифрирования в QGIS

ЛИТЕРАТУРА

1. Лурье И. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы: Учеб. пособие для магистрантов ун-тов / И. К. Лурье, А. Г. Косиков; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. Геогр. фак. Каф. картографии и геоинформатики, Центр геоинформ. технологий. – М.: Науч. мир, 2003. – С. 23–29.

2. The United States Geological Survey (USGS): Science for a changing world [Электронный ресурс]. – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 05.03.2025).

3. Шихов А. Н., Герасимов А. П., Пономарчук А. И., Перминова Е. С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учебное пособие. – Пермь, 2020. – 191 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Заболотских Екатерина Александровна, студентка 1 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: zabolotskikh.k@bk.ru

Рябова Вероника Эдуардовна

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ МО «ГОРОД ИЖЕВСК»

Научный руководитель: Сидоров Валерий Петрович, доцент, к.г.н.,
Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. В статье рассматриваются теоретико-методологические основы исследования общественного богатства и обосновывается ключевое место человеческого капитала в его структуре. Предложен ресурсно-индексный подход к оценке человеческого капитала на муниципальном уровне, позволяющий нивелировать масштабные различия районов и привести разнородные статистические данные к сопоставимому виду. На примере пяти административных районов города Ижевска проведён комплексный сравнительный анализ по 13 показателям, сгруппированным в пять блоков: демографический, образовательный, трудовой, социально-инфраструктурный и социально-правовой потенциал. Выявлена существенная внутригородская дифференциация человеческого капитала и отсутствие районов-лидеров по всему комплексу показателей.

Ключевые слова: человеческий капитал, общественное богатство, ресурсно-индексный подход, административные районы, г. Ижевск, интегральный индекс, муниципальная статистика.

Термин «общественное богатство» был впервые введён в экономическую теорию Адамом Смитом в труде «Исследование о природе и причинах богатства народов» (1776) [11]. Он считал, что богатство нации определяется не количеством драгоценных металлов, как полагали меркантилисты, а совокупностью произведённых товаров и услуг, необходимых для удовлетворения потребностей населения. Смит заложил основы понимания богатства как результата производительного труда, выделив ключевые факторы его формирования: разделение труда, накопление капитала и расширение рынков сбыта.

Карл Маркс внёс существенный вклад, определив сущность капиталистического богатства, его источники и формы. Маркс создал теоретическую базу для анализа богатства через призму производственных отношений, показав, что стоимость создаётся трудом наёмных рабочих, а прибавочная стоимость присваивается собственником средств производства. Его концепция позволила увидеть богатство не просто как накопление материальных благ, а как сложную систему экономических отношений [5].

Теоретики институциональной экономики расширили понятие, включив «неосвязаемые» элементы: знания, социальные институты, культурный капитал. Т. Пикетти в своём труде «Капитал в XXI веке» показал, что неравенство в распределении богатства носит структурный характер, а его динамика определяется соотношением темпов экономического роста и нормы прибыли на капитал [10]. Институциональный подход позволил увидеть богатство как систему, включающую формальные и неформальные правила, традиции и нормы поведения, определяющие эффективность экономической деятельности.

В современном понимании общественное богатство – это совокупность материальных и нематериальных ценностей, которые создаются и принадлежат обществу в целом. Оно является накопленным результатом человеческой деятельности, включает ресурсы, используемые для производства благ, и ресурсы, непосредственно не участвующие в производстве, но необходимые для поддержания качества жизни населения [7; 8]. Важнейшим отличием общественного богатства от частного является его принадлежность всему обществу и направленность на удовлетворение общественных потребностей [4].

Общественное богатство представляет собой многокомпонентную систему. В российском научном сообществе выделяют три основных компонента:

1. Природный капитал – географическое положение, размеры территории и природные ресурсы. Этот компонент задаёт физические рамки экономической деятельности и определяет базовый по-

тенциал развития территории. Природные ресурсы выступают как первичный фактор производства, однако их значение различается в зависимости от структуры экономики и технологического уровня общества.

2. Вещественный капитал – средства производства, созданные человеческим трудом и способствующие увеличению выпуска продукции. Включает здания, сооружения, машины, оборудование, инфраструктуру. В ряде зарубежных исследований вещественный капитал рассматривается в узком смысле как основной капитал, без оборотных средств, однако российская традиция включает в этот компонент и накопленные материальные запасы.

3. Человеческий капитал – численность и качество населения. Этот компонент охватывает знания, навыки, здоровье и опыт людей, которые используются для создания экономических благ. Концептуальная основа человеческого капитала была заложена в трудах классиков экономической мысли – Уильяма Петти, Адама Смита и Давида Рикардо. Однако сам термин ввёл Т. Шульц, а Г. Беккер разработал микроэкономическую теорию инвестиций в человека [1].

Ни у кого из исследователей не вызывает сомнений тот факт, что ведущим компонентом общественного богатства является именно человеческий капитал. По оценкам Всемирного банка, на его долю приходится от 60 до 65 % национального богатства развитых стран. Это объясняется тем, что именно люди создают и эффективнее используют все остальные формы капитала.

Оценка человеческого капитала на уровне административных районов крупного промышленного центра требует адаптации классических макроэкономических теорий к региональной статистической базе. Традиционные макроэкономические модели, оперирующие агрегированными показателями на уровне национальной или региональной экономики, оказываются недостаточно чувствительными для выявления внутригородской дифференциации.

В рамках данной работы используется ресурсно-индексный подход, базирующийся на теории Т. Шульца и Г. Беккера, рассматривающих человеческий капитал как совокупность врождённых спо-

собностей и приобретённых знаний, здоровья, навыков и опыта, которые используются для получения дохода и повышения качества жизни. Суть подхода заключается в построении интегрального индекса, агрегирующего частные показатели в сводные блоки. Это позволяет нивелировать различия в масштабе районов и сравнивать качественные характеристики человеческого капитала [2].

Для оценки человеческого капитала районов г. Ижевска был применён ресурсно-индексный подход, основанный на расчёте стандартизированных коэффициентов по каждому показателю. Стандартизированный коэффициент рассчитывается посредством деления фактического значения показателя района на нормативное (эталонное) значение, принятой в российской и международной статистической практике. Если коэффициент больше единицы, то показатель района превышает норматив, что свидетельствует о благополучном состоянии данного компонента человеческого капитала. Интеграция частных показателей в единый интегральный индекс осуществляется на основе принципа аддитивной агрегации: среднее арифметическое стандартизированных коэффициентов по каждому блоку позволяет получить обобщённую оценку данного компонента, а среднее арифметическое блоковых индексов – интегральный индекс человеческого капитала района.

Для расчетов используется метод стандартизированных коэффициентов (балльный метод). Он позволяет перевести натуральные показатели в сопоставимый вид по формуле:

$$Z_i = (X_i - \min) / (\max - \min)$$

где: Z_i – балльная оценка показателя, X_i – значение показателя в конкретном районе, $(\min)_x$ и $(\max)_x$ – минимальное и максимальное значения показателя среди всех районов города.

Для показателей, имеющих обратную направленность (то есть показателей, рост значения которых свидетельствует о снижении качества человеческого капитала), применяется обратная формула нормирования:

$$Z_i = (\max - X_i) / (\max - \min)$$

После присвоения весов группам показателей рассчитывается интегральный индекс:

$$I = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + \dots + w_n \cdot x_n$$

где: I – интегральный индекс; w_i – вес группы показателей; x_i – средний нормализованный показатель по группе.

На основе анализа информационных возможностей Удмуртстата и данных Администрации города Ижевска сформирована система из 13 показателей, сгруппированных в пять блоков (Таблица 1) [6].

Таблица 1

Система показателей оценки человеческого капитала

Показатель	Ед. измерения	Блок	Направленность
Коэффициент естественного прироста	на 1000 чел.	Демографический потенциал	Прямой
Коэффициент миграционного прироста	на 1000 чел.	Демографический потенциал	Прямой
Доля населения трудоспособного возраста	%	Демографический потенциал	Прямой
Ожидаемая продолжительность жизни	лет	Демографический потенциал	Прямой
Коэффициент демографической нагрузки	чел.	Демографический потенциал	Обратный
Число образовательных учреждений на 10 000 населения	ед.	Образовательный и интеллектуальный потенциал	Прямой
Число студентов вузов на 1000 населения	чел.	Образовательный и интеллектуальный потенциал	Прямой
Уровень занятости населения	%	Трудовой и экономический потенциал	Прямой
Среднемесячная заработная плата	руб.	Трудовой и экономический потенциал	Прямой

Количество правонарушений	чел.	Социально-правовой потенциал	Обратный
Обеспеченность врачами на 10 000 населения	чел.	Социально-инфраструктурный потенциал	Прямой
Средняя жилая площадь на одного жителя	кв. м	Социально-инфраструктурный потенциал	Прямой
Число учреждений культуры и спорта на 10 000 населения	ед.	Социально-инфраструктурный потенциал	Прямой

Для расчётов были взяты данные Удмуртстата и Администрации города Ижевска за 2023–2026 годы. Оценка проводилась по 13 показателям, агрегированным в пять блоков: демографический, образовательный и интеллектуальный, трудовой и экономический, социально-инфраструктурный и социально-правовой потенциалы [13]. Таким образом, в Ижевске всего 5 районов, в каждом из которых была проведена комплексная оценка человеческого капитала (таблица 2).

Таблица 2

Сводные показатели человеческого капитала административных районов г. Ижевска

Район	Демографический потенциал	Образовательный потенциал	Трудовой потенциал	Социально-инфраструктурный потенциал	Социально-правовой потенциал	Интегральный индекс
Индустриальный	0,40	0,765	0,04	0,72	0,25	0,41
Ленинский	0,19	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05
Октябрьский	0,06	1,00	1,00	0,63	1,00	0,73
Первомайский	0,16	0,02	0,23	0,65	0,35	0,29
Устиновский	0,13	0,00	0,28	1,00	0,47	0,38

Все административные районы Ижевска распределены по территории города неравномерно, а группами, которые сформировались исторически в процессе территориального роста города и формирования его промышленных, жилых и инфраструктурных зон: Ленинский, Октябрьский, Индустриальный, Первомайский и Устиновский районы [3; 14].

Лидером по совокупности показателей является Октябрьский район. Причиной такой высокой сбалансированности профиля человеческого капитала заключается в сочетании наиболее высокой доли населения трудоспособного возраста (61,2 %), лучшей обеспеченности врачами (115 на 10 000 населения), наибольшего числа студентов вузов (2 094 на 10 000 населения) и максимального количества учреждений культуры и спорта (2,56 на 10 000 населения). Однако даже Октябрьский район характеризуется наиболее глубокой депопуляцией (-5,1 ‰), что свидетельствует о системных демографических проблемах, характерных для всех районов города.

Октябрьский район сосредоточил в северной части Ижевска значительную территорию, являясь одним из крупнейших районов города. Именно здесь сосредоточены ключевые учреждения образовательного и медицинского профиля. Это во многом объясняет лидирующее положение Октябрьского района, так как он находится в выгодном положении: на его территории расположены два высших учебных заведения, 57 детских садов, крупные лечебные учреждения республиканского значения, а также развитая сеть торговых и развлекательных центров, привлекающих покупателей не только из Октябрьского, но и из соседних районов города. Транспортная доступность обеспечивается сетью городских автобусных маршрутов, а также трамвайной и троллейбусной линиями.

Ленинский район сосредоточен в юго-западной и западной частях Ижевска и граничит с Завьяловским районом Удмуртской Республики. Здесь на территории района расположены предприятия машиностроения, металлообработки и оборонно-промышленного комплекса, а также объекты транспортной и коммунальной инфраструктуры. Результатом исторического развития района, после прохождения дли-

тельных фаз промышленного освоения, становятся контрастные зоны: многоэтажная жилая застройка советского и постсоветского периодов в исторической части и значительная доля индивидуальной жилой застройки на периферии. Здесь расположен концерн «Калашников», специализирующийся на производстве стрелкового оружия и высокоточной техники, а также ПАО «Ижсталь» – ведущий производитель спецсталей и стального проката.

Когда все административные районы Ижевска находятся в относительной близости к центру города, то *Ленинский район* демонстрирует, как природные особенности и транспортная инфраструктура могут компенсировать недостаток равномерного развития. Пруд и пойма реки Иж отделяют территорию района от центральной части города, что придаёт Ленинскому району особый ландшафтный характер. Транспортная инфраструктура представлена сетью городских автобусных маршрутов и трамвайных линий, связывающих Ленинский район с центром города и другими районами. Однако большая площадь района при относительно низкой плотности населения (880 человек на один квадратный километр) создаёт сложности в обеспечении равного доступа к социальным услугам для всех жителей.

Являясь ключевым промышленным центром города, история *Индустриального района* началась в 1960-х годах на фоне строительства завода «Ижтяжбуммаш» (в наши дни – ООО Завод «БУММАШ»), что положило начало формированию мощной промышленной базы территории. Индустриальный район сочетает промышленную мощь с развитой образовательной инфраструктурой. Благодаря расположению на его территории Удмуртского государственного университета и семи средних специальных учебных заведений район лидирует по количеству образовательных учреждений (6,53 на 10 000 населения).

Парадоксальным образом во всех без исключения районах Ижевска зафиксирован отрицательный естественный прирост населения, несмотря на то что Ижевск является крупным экономическим, культурным и научно-образовательным центром региона с населением около 618 тысяч человек [9]. Дело в том, что типичная для промышленных центров Урала тенденция старения населения приводит к тому,

что численность умерших превышает численность родившихся во всех пяти районах. Наименьшее отклонение от нормы наблюдается в Индустриальном районе (-1,9 %) из-за более молодой возрастной структуры, а наиболее глубокая депопуляция – в Октябрьском (-5,1 %), где высока доля пожилых людей.

Таким образом, в человеческом капитале Ижевска прослеживаются следующие тенденции: для демографического потенциала характерны повсеместная депопуляция и старение населения, местоположение районов определяется их историко-промышленным развитием. Районы с развитой образовательной и медицинской инфраструктурой тяготеют к центральной и северной частям города, а промышленные зоны формируют высокий трудовой потенциал на востоке.

Стоит отметить, что в большинстве случаев районы с высоким образовательным потенциалом и районы с высоким трудовым потенциалом размещены в разных частях города. Но есть случаи, когда в одном районе представлены одновременно высокие показатели как образовательного, так и трудового потенциала. Это Октябрьский и Индустриальный районы. Этот феномен объясняется наличием на их территории крупных высших учебных заведений (Удмуртский государственный университет и три вуза в Октябрьском районе), а также развитой промышленной базы, обеспечивающей высокий уровень занятости. Крупные лечебные учреждения республиканского значения, расположенные в этих районах, позволяют им лидировать одновременно по нескольким блокам показателей человеческого капитала.

В настоящее время усиливается роль территориально дифференцированной политики, направленной на сглаживание социально-экономических различий внутри городов. Для повышения качества человеческого капитала важны инвестиции в образование, здравоохранение и профессиональную подготовку, которые помогают создавать высококвалифицированную и адаптивную рабочую силу. Тем самым увеличивается потребность в точечной оценке человеческого капитала на муниципальном уровне, поэтому особенно важно развивать ресурсно-индексный подход к его оценке. Такой подход позволяет нивелировать масштабные различия районов и привести разнородные статистические данные к сопоставимому виду. Напри-

мер, в Ленинском районе зафиксирован наиболее высокий уровень правонарушений (214,6 на 10 000 населения) при наименьшей обеспеченности врачами (29 на 10 000 населения), а в Первомайском районе наблюдается минимальная обеспеченность культурно-спортивными учреждениями (0,85 на 10 000 населения) [12].

При проведении комплексной оценки человеческого капитала административных районов г. Ижевска было выяснено, что различные районы демонстрируют разные уровни развития и степень сбалансированности человеческого капитала, что связано с различными факторами, такими как историко-географические особенности формирования районов, ресурсная обеспеченность и экономико-географическое положение. В целом, человеческий капитал является важнейшим компонентом общественного богатства (составляющим от 60 % до 65 % мирового объёма), который продолжает снабжать экономику квалифицированными кадрами, а также выявляется необходимость разработки адресных муниципальных программ, направленных на сглаживание выявленных диспропорций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mincer J. Investment in Human Capital and Personal Income Distribution // *Journal of Political Economy*, Vol. 66, No. 4 (Aug., 1958), pp. 281–302.
2. Беккер Г. С. Человеческое поведение: экономический подход. Избранные труды по экономической теории. – М.: ГУ ВШЭ, 2003. – 672 с.
3. Город Ижевск: официальные сведения / Администрация города Ижевска. – URL: <https://www.izh.ru/i/info/15900.html> (дата обращения: 25.03.2026).
4. Денисенко М. В. Общественное богатство как категория политической экономии: автореферат дис. кандидата экономических наук: 08.00.01 / МГУ им. М. В. Ломоносова. – Москва, 1991. – 26 с.: ил. РГБ ОД, 9 91-3/445-7
5. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. – М., 1963. – Т. I. – С. 3.

6. Об административно-территориальном устройстве Удмуртской Республики: Закон Удмуртской Республики от 20.06.2005 № 40-РЗ (ред. от 01.07.2025) // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/960012488> (дата обращения: 25.03.2026).

7. Общественное богатство // Словарь бизнес-терминов: [сайт]. – URL: <https://dic.academic.ru/> (дата обращения: 07.06.2024).

8. Общественное богатство России // Экономическая азбука. – URL: http://www.razlib.ru/delovaja_literatura/yekonomicheskaja_azbuk.php

9. Оценка численности населения муниципальных образований Удмуртской Республики на 1 января 2025 года: статистический бюллетень / Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике. – Ижевск, 2025. – 1 файл (PDF; размер не указан). – URL: (дата обращения: 25.03.2026). – Текст: электронный.

10. Пикетти, Т. Капитал в XXI веке. Москва: Дело, 2013.

11. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. – М.: Эксмо, 2007. – 960 с.

12. Статистика зарегистрированных преступлений: [новостная статья] / Прокуратура УР // БезФормата: [сайт]. – 2024. – 07 августа. – URL: <https://ijevsk.bezformata.com/listnews/zaregistrirovannih-prestupleniy/132438808> (дата обращения: 26.03.2026).

13. Удмуртстат. Показатели населения районов г. Ижевск [Электронный ресурс]: Excel-файл / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике. – Ижевск, [2025]. – 1 файл. – URL: локальный файл).

14. Устав муниципального образования «Город Ижевск»: принят решением Городской думы г. Ижевска от 16 июня 2005 года № 333 (в ред. от 20.03.2025). – Ижевск: Изд-во Администрации г. Ижевска, 2025. – URL: https://izhevsk-r18.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/41/297/ustav_2025.pdf (дата обращения: 25.03.2026).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Рябова Вероника Эдуардовна, студентка 3 курса бакалавриата направления «География», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: eimenver@yandex.ru

Лекомцев Илья Сергеевич

ДИНАМИКА ПОЯВЛЕНИЯ КОТТЕДЖНЫХ ПОСЁЛКОВ В ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ Г. ИЖЕВСКА

Научный руководитель: Лекомцев А. Л., старший преподаватель,
Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Одним из компонентов современных российских агломераций являются коттеджные поселения, окружающие практически все крупные города и формирующие новые взаимоотношения с пригородами. В российской науке системно рассматривают этот вопрос А. Г. Махрова, А. И. Трейвиш, Т. Нефедова и др.; подход российских исследователей несколько отличается от зарубежных, рассматривающих загородные дома в контексте рекреационного туризма или риэлторского анализа [5]. Важной частью изучения пригородной зоны является определение характера субурбанизации.

Субурбанизация – это процесс, при котором происходит более быстрый переход населения из городов в пригородные зоны. Основные аспекты субурбанизации:

1. Социальные факторы: поиск более комфортных условий для жизни: многие жители стремятся к спокойной жизни вдали от городской суеты. Повышение интереса к загородному жилью и участкам для дачного строительства.

2. Экологические факторы: увеличение внимания к экологии и здоровому образу жизни: жители ищут чистые и безопасные места для проживания.

3. Культурные и демографические изменения: изменение структуры населения: молодые семьи часто предпочитают жить за пределами города, где есть возможность организовать пространство для детей [1].

Субурбанизация ведет к увеличению населения и площади пригородных поселений. Отдаленные районы становятся все более доступными благодаря развитию транспортной инфраструктуры, такой как автомагистрали и общественный транспорт. Это привлекает людей, которые хотят жить в тихом и спокойном месте, но при этом иметь доступ ко всему, что может предложить современный город.

Однако субурбанизация также имеет негативные последствия. Она приводит к увеличению потребления транспорта, расходов на его содержание и загрязнение окружающей среды. Кроме того, «субурбы» могут страдать от недостатка социальной и коммунальной инфраструктуры, так как они очень разрознены и не всегда сопровождаются необходимыми объектами, такими как школы, магазины и больницы [4]. Процессам субурбанизации в России, кроме препятствий экономического характера, мешает и слабое развитие инфраструктуры. В Европе, имеющей развитую сеть дорог при развитой автомобилизации населения, жизнь за городом становится более предпочтительной чем в центре крупного города. В России же, где дорожная сеть развита значительно слабее и группируется в основном вблизи крупной городской агломерации, жить за городом становится не всегда удобно и выгодно. Тем не менее, устойчивая потребность иметь основное жилище среди природного окружения у горожан имеется [3].

Ижевская агломерация в настоящее время находится на интенсивной стадии своего развития [2]. В предлагаемой статье рассмотрена динамика субурбанизационных процессов в Завьяловском районе. В последние годы наблюдается тенденция к освоению пригородных территорий и созданию коттеджных посёлков на границе города или за его пределами. Северная и юго-восточная часть Ижевска, благодаря близости к городской инфраструктуре и доступности земель, остаётся привлекательной для таких проектов.

В процессе научной работы были собраны данные о времени появления коттеджных посёлков в пригородной зоне Ижевска с 1991 по 2026 год. Рассчитаны площади застраиваемых территорий и количество оформленных участков по годам. В расчеты взяты исключительно участки, имеющие вид разрешённого использования «индивидуальная жилая застройка».

Проанализировав собранные данные, можно сделать вывод о рынке загородной недвижимости в Завьяловском районе. Период с середины 2000-х до начала 2020-х годов характеризуется высокой активностью застройки. Поселки различаются по своей площади: от очень крупных (более 100 га) до точечных (менее 5 га). Также наблюдается тенденция освоения ближнего пригорода (до 15 км) и средней удаленности (15–25 км).

Самые старые проекты датированы 1994–1995 годами, что говорит о «первой волне» загородной застройке.

Наибольшее количество поселков появилось в 2009 г. – 10, 2011 г. – 13, 2014 г. – 13. Это может быть связано с большим спросом на загородную недвижимость, работы строительных компаний и развитием инфраструктуры.

В 2000 и 2010 годах – стабильное развитие рынка. Поселки 2020–2024 годов (Например, Новый Ягул, Новый Ягул 2, Белые росы 2 и др.) свидетельствуют о сохранении этой тенденции, хоть и их количество не такое большое как в пиковые года.

В ближнем пригороде (до 15 км) есть как крупные поселки (например, Чекерил – 331,46 га), так и небольшие. Вероятно, это самые ликвидные и дорогие варианты с учетом транспортной доступности. Самое большое количество поселков расположено в средней удаленности от города (15–25 км). Расстояние 18–23 км является самым распространенным для строительства. Дальний пригород представлен единичными проектами – Докша-2, Новые Гольяны, Рассвет, Люк, Мирный, Солнечная долина.

Основное количество коттеджных поселков сосредоточено в северной и юго-восточной части от границ города Ижевска. Это связано с транспортной доступностью. В этих направлениях более развита дорожная сеть за счет чего более удобная доступность к центру города, нежели в западной части. Также на строительство коттеджных поселков повлиял фактор того, что поселения, такие как Ягул, Первомайский, Завьялово, Хохряки, Октябрьский, являются наиболее населенными. Следовательно, вокруг этих поселений происходила пошаговая застройка коттеджными поселками, так как у населения на это был спрос.

Также некоторые поселки входят в черту города. Это свидетельствует о том, что, как и все города, Ижевск расширялся, за счет чего территория этих поселений постепенно входила в черту города.

Таким образом, основное развитие строительства приходится на период после 2005 с пиком в 2010. Строительство ведется вокруг уже существующих поселков, появляются новые очереди, формируются кластеры. Имеется спрос как на небольшие КП в 10–15 км от города, так и крупные проекты в 20–25 км.

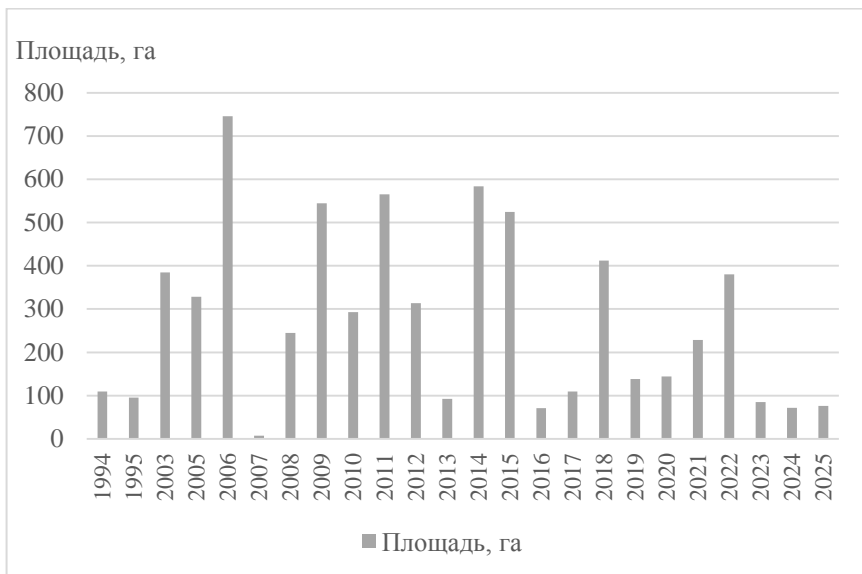


Рис. 1. Общая площадь коттеджных поселков по годам

Представленная диаграмма показывает года, в которые были построены коттеджные поселки, и их общая площадь. В 2006 году коттеджные поселки (7 поселков) занимают самую большую площадь, при этом в 2009, 2011 и 2014 годах самые высокие показатели по количеству застройки. А на следующий год, в 2007, наблюдается самое наименьший показатель площади – 1 поселок площадью 7,18 га. В период с 2008 по 2022 наблюдаются резкие скачки по площади, занятой поселками. А с 2023 года по 2025 – низкие показатели застройки.

Таким образом, рынок загородной недвижимости в пригородной зоне Ижевска прошёл несколько этапов развития. Первая волна коттеджной застройки пришлась на середину 1990-х годов, а наиболее активный рост наблюдался с середины 2000-х до начала 2020-х. Пиковые годы по количеству новых посёлков – 2009, 2011 и 2014, что связано с высоким спросом, деятельностью строительных компаний и развитием инфраструктуры. После 2014 года темпы строительства снизились, но тенденция к развитию сохраняется, особенно в ближнем и среднем пригороде.

Рынок характеризуется устойчивым спросом на загородную недвижимость, особенно в зонах с хорошей транспортной доступностью. Строительство ведётся вокруг уже существующих населённых пунктов, формируются новые очереди и кластеры. Несмотря на снижение темпов в последние годы, интерес к коттеджным посёлкам сохраняется как к небольшим объектам в 10–15 км от города, так и к крупным проектам в 20–25 км.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарнага А. Ф., Охотникова Ю. В., Громенко И. В., Тюкавкина И. Л., Савкова Н. В. Процессы субурбанизации в России и мире. Причины. Особенности // Социология. – 2020. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsessy-suburbanizatsii-v-rossii-i-mire-prichiny-osobennosti>

2. Лекомцев А. Л. Ижевская агломерация: границы, структура, сложность [Электронный ресурс] / А. Л. Лекомцев, А. А. Литвинов, В. С. Украинцев // География и регион : материалы междунар. науч.-практ. конф., (23–25 сент. 2015 г.) / М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет». - Пермь: Пермский гос. нац. исслед. ун-т, 2015. – Т. II. Социально-экономическая география. – С. 296–300. – Библиогр.: с. 300 (3 назв.). – URL: <http://elibrary.udsu.ru/xmlui/handle/123456789/13409>.

3. Субурбанизация за рубежом и в России. – URL: https://ecodelo.org/9072-3_7_1_suburbanizatsiya_za_rubezhom_i_v_rossii-3_ekologizatsiya_gorodov_sibiri_predposylki_vozmo (дата обращения: 08.04.2026).

4. Субурбанизация: феномен социального и географического преобразования // Мебельный гуру. – URL: <https://mebelniyguru.ru/blog/suburbanizaciya-fenomen-socialnogo-i-geograficeskogo-preobrazovaniya> (дата обращения: 08.04.2026).

5. Трейвиш А. И. Дачная мобильность, дачный менталитет и дачеведение [Электронный ресурс] /А.И. Трейвиш // Демоскоп Weekly. – 2015. – № 655-656. – Режим доступа: <http://demoscope.ru/weekly/2015/0655/tema07.php>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Лекомцев Илья Сергеевич, студент 2 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: alekomcev@mail.ru

Микрюкова Анна Олеговна

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРРИТОРИИ

Научный руководитель: Алексеева Юлия Петровна,
старший преподаватель, к.г.н,
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г. Казань

Исследование пространственных характеристик территорий в современной науке приобретает особую значимость в условиях усиления цифровизации, развития геоинформационных технологий и усложнения пространственных процессов. Современные методы анализа территорий основываются на интеграции геоинформационных систем, данных дистанционного зондирования, пространственной статистики и моделирования, что обеспечивает более глубокое понимание структуры, динамики и взаимосвязей территориальных элементов [5]. Рост доступности высокоточных данных, внедрение беспилотных летательных аппаратов, развитие спутниковых платформ, а также совершенствование программных решений создают базу для более комплексного подхода к исследованию пространственных параметров территории [4; 24].

Исследование современных методологических подходов к анализу пространственных характеристик территорий опирается на значительный корпус отечественных научных работ, формирующих теоретические и прикладные основания пространственного анализа. Существенный вклад в развитие данного направления принадлежит Падалко Ю. А., чьи исследования посвящены применению геоинформационных технологий в оценке территориальной структуры и выявлении закономерностей пространственной организации регионов. В его трудах подробно обоснованы методические решения, связанные с анализом территориальной доступности, распределением ресурсного потенциала и исследованием структурных параметров

пространственных систем, что подчёркивает необходимость комплексного и многокомпонентного подхода к изучению пространственного развития [28].

Значимой теоретико-методологической основой для понимания эволюции пространственного анализа является работа Гвоздева Р. С., рассматривающего исторические этапы становления данного научного направления. Автор последовательно показывает переход от классической географической традиции XX века к современному этапу цифровизации и широкому внедрению ГИС-технологий в исследовательскую практику. Особый акцент делается на формирование методологических оснований пространственного моделирования и тех научных школ, которые стали фундаментом для современных аналитических концепций и технологий [4].

Весомый вклад в исследование современных тенденций пространственного развития внесён коллективом авторов – Чибилёвым А. А. (мл.), Григоревским Д. В. и Падалко Ю. А. В их совместной работе рассматриваются ключевые направления трансформации регионального пространства, включая динамику рекреационно-туристических систем, изменения инфраструктурного каркаса и особенности формирования новых функциональных зон. Исследование демонстрирует, как методы пространственного анализа и моделирования интегрируются в процессы территориального планирования, позволяя повышать обоснованность управленческих решений и оценивать устойчивость регионального развития [5].

Существенное методическое значение имеет также исследование Падалко Ю. А., посвящённое анализу пространственного распределения водных ресурсов в степной зоне России. Автор показывает, что применение ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования создаёт возможности для выявления структур природных ресурсов, оценки их пространственной вариативности и анализа влияния как природных, так и антропогенных факторов. Работа подчёркивает роль пространственного анализа как инструмента комплексного изучения природно-ресурсных систем [18].

Дополняют методологическую картину исследования Телегиной М. В., ориентированные на применение объектно-ориентированных методов в анализе территориальных структур. В её трудах рассматриваются подходы к обработке геоданных, формированию пространственных моделей и исследованию отдельных категорий территориальных объектов. Автор обосновывает значимость использования ГИС-технологий при проектировании, оптимизации пространственного размещения и принятии управленческих решений, что подчеркивает возрастающую роль цифровых инструментов в прикладных исследованиях территорий [27].

В настоящей статье ставится цель рассмотреть современные подходы к исследованию пространственных характеристик территорий, оценить методологические и технические средства анализа, а также определить перспективы развития пространственных исследований. Для достижения этой цели последовательно решаются следующие задачи:

- анализ теоретико-методологических основ пространственного изучения территорий;
- характеристика ключевых методологических подходов (картографического, геоинформационного, дистанционного, геостатистического);
- описание современного технического инструментария для сбора и обработки пространственных данных;
- рассмотрение способов интеграции данных и построения комплексных моделей пространственного анализа;
- определение направлений практического применения современных методов в градостроительстве, природопользовании и региональном управлении [8; 25].

Методологическая база исследования опирается на представление территории как сложной пространственной системы, включающей природные, социально-экономические и инфраструктурные компоненты, взаимодействие которых формирует структуру и динамику территориального развития. В этом контексте пространственный анализ рассматривается как универсальный инструмент

выявления закономерностей размещения, трансформации и взаимозависимости объектов, что подтверждается развитием современных концепций географического моделирования и геоинформационных подходов [14; 15].

Теоретико-методологические основы исследования территории формируются в рамках междисциплинарного научного направления, сочетающего классические географические концепции, методы пространственного анализа и современные цифровые технологии. Территория рассматривается как сложная система, включающая природные, социально-экономические и инфраструктурные компоненты, которые взаимодействуют между собой и определяют структуру пространственной организации. Современные подходы подчеркивают необходимость перехода от описательных характеристик к аналитическим моделям, позволяющим изучать закономерности размещения объектов, пространственные связи и динамику трансформаций территориальных систем. Разработка количественных методов анализа, ориентированных на использование геоинформационных систем, дистанционного зондирования и пространственной статистики, является ключевым этапом формирования современной методологии исследования территории, что подтверждается рядом работ отечественных исследователей [17].

Развитие пространственного анализа как научного направления тесно связано с ростом возможностей цифрового моделирования и совершенствованием инструментов геоинформатики [1]. Исследователи отмечают, что методологическая эволюция территориальных исследований характеризуется постепенным отказом от статического картографического описания и переходом к моделированию пространственного развития, прогнозированию и выявлению факторов, влияющих на устойчивость территориальных систем [2; 13]. Важной особенностью современных теоретических подходов является учёт многомасштабности территориальных процессов: пространственные явления проявляются по-разному на локальном, региональном и межрегиональном уровнях, что требует использования гибких аналитических процедур и инструментов, адаптированных

к условиям каждого уровня. Работы по пространственному развитию российских регионов демонстрируют значимость анализа структурных характеристик, взаимосвязанности территорий и факторов пространственной поляризации [22–23].

Значительный вклад в развитие методологической базы внесли исследования, посвящённые изучению пространственных инфраструктурных систем. В этом направлении обосновывается необходимость комплексного анализа транспортных, энергетических, информационных и инженерных коммуникаций, определяющих пространственную структуру регионов. Использование пространственного моделирования инфраструктуры позволяет выявлять узловые точки развития, зоны напряжения и перспективные направления пространственной интеграции территорий [25]. В современных условиях особое значение приобретает исследование пространственной организации социально-экономических процессов, поскольку именно инфраструктурные связи играют ключевую роль в формировании региональных кластеров, зон активного развития и территорий опережающего роста.

Источники, посвящённые историческому развитию концепции пространственного анализа, подчеркивают, что формирование научного подхода к изучению территории происходило постепенно – от картографических описаний к аналитическим моделям, учитывающим пространственные закономерности, взаимосвязи и распределение ресурсов. Изучение эволюции методологии позволяет лучше понять логику становления современного научного аппарата территориальных исследований и роль цифровизации в его трансформации [5]. Таким образом, теоретико-методологические основы исследования территории опираются на синтез классических географических представлений и инновационных подходов пространственного анализа, что обеспечивает возможность комплексного изучения территорий, выявления закономерностей их развития и формирования научно обоснованных моделей пространственной организации.

Современные методологические подходы к исследованию пространственных характеристик территории отличаются разнообразием теоретических основ и инструментальной базы, что обусловлено усложнением территориальных систем и развитием цифровых технологий. Каждый подход имеет свою специфику, набор методов и аналитических возможностей, что позволяет выделить их сравнительные преимущества и ограничения. Для систематизации методологических особенностей и определения их практической ценности представлена сравнительная таблица, отражающая ключевые характеристики наиболее распространённых современных подходов.

Таблица 1

Сравнительная таблица современных методологических подходов к исследованию пространственных характеристик [10]

Подход	Основная характеристика	Используемые методы и инструменты	Преимущества	Ограничения
Геоинформационный (ГИС-подход)	Анализ пространственных данных на основе многослойных моделей	Создание карт, пространственный анализ, моделирование, оценка доступности, сетевой анализ	Высокая точность, визуализация сложных структур, возможность мультислойной интеграции	Требует качественных данных и специализированного ПО
Картографический и объектно-ориентированный подход	Изучение территории через систему пространственных объектов и их атрибутов	Картографирование, классификация объектов, структурный анализ	Подходит для детального анализа территории, территориальных единиц, обеспечивает наглядность	Меньше возможностей для динамической оценки процессов

Дистанционное зондирование (ДЗЗ)	Получение актуальных пространственных данных дистанционными методами	Спутниковые снимки, БПЛА, аэросъёмка, спектральный анализ	Обеспечивает оперативность, охват больших территорий, высокое разрешение	Ограничено погодными условиями, требует сложной обработки
Пространственно-статистический подход	Анализ закономерностей распределения объектов и процессов	Геостатистика, модели пространственной автокорреляции, регрессионные модели	Позволяет выявлять скрытые зависимости, проводить прогнозы	Требует больших массивов данных и математической подготовки
Компьютерное моделирование и машинное обучение	Моделирование динамики территорий и выявление сложных закономерностей	Агент-ориентированные модели, нейросети, кластеризация, Big Data-анализ	Высокая предсказательная способность, работа с большими данными	Риск «чёрного ящика», высокая вычислительная сложность
Интеграционный подход (data fusion)	Объединение разнородных пространственных данных	Синтез ГИС-данных, статистики, ДЗЗ и социально-экономических показателей	Создаёт целостную картину территории, повышает точность анализа	Сложность согласования данных разных форматов

Представленная сравнительная таблица позволяет увидеть, что современные методологические подходы к исследованию пространственных характеристик отличаются не только инструментальными возможностями, но и глубиной аналитического охвата. ГИС-подход и методы дистанционного зондирования обеспечивают высокий уровень пространственной детализации, в то время как статистические и моделирующие методы позволяют выявлять зако-

номерности и прогнозировать развитие территориальных процессов. Интеграционные подходы, объединяющие разнородные данные, формируют основу комплексного анализа, позволяющего получить максимально полную картину территориальной организации. В совокупности эти подходы формируют современную методологическую платформу, обеспечивающую гибкость, глубину и научную обоснованность анализа пространственных систем.

Особенностью современных методологических подходов становится межмасштабный и междисциплинарный характер: методы применимы как на уровне микроуровня (город, квартал), так и на уровне макроуровня (регион, страна) с учётом различий в масштабах, конфигурациях и динамике территориальных систем [19]. Также растущую роль играет концепция анализа инфраструктурных и социально-экономических сетей как пространственных систем, что требует применения комбинированных методов ГИС-анализа, дистанционного зондирования и пространственно-статистического моделирования. Для примера, работы, посвящённые современным методам пространственного анализа урбанизированных территорий, подчёркивают возможность использования интегрированных методик для анализа зелёной инфраструктуры, оценки плотности, связности и пространственного распределения объектов [6, 20]. В других исследованиях выделяются методологические подходы к формированию комплексных проектов развития территории, где аналитика территориальных характеристик становится отправной точкой для планирования и прогнозирования развития [16]. При этом теоретико-методологический обзор показывает, что методологические рамки пространственного исследования включают системный, отраслевой, эволюционный и пространственный подходы, что расширяет возможности анализа сложных территориальных систем [7].

Современные территориальные исследования опираются на широкий спектр технических средств, которые обеспечивают сбор, обработку, моделирование и визуализацию пространственных данных. Эти инструменты формируют основу аналитической инфраструктуры, позволяющей изучать территориальные процессы с высокой точностью и детализацией. Каждая группа технических средств

имеет свои особенности, функциональные возможности и область применения. Для систематизации их свойств представлена сравнительная таблица, отражающая ключевые характеристики наиболее распространённых инструментов территориальных исследований.

Таблица 2

Сравнительная таблица технических средств и инструментов территориальных исследований [3; 21; 28]

Группа инструментов	Основное назначение	Типовые средства и технологии	Преимущества	Ограничения
Геоинформационные системы (ГИС)	Анализ, моделирование и визуализация пространственных данных	ArcGIS, QGIS, MapInfo, GeoServer	Многослойные модели, высокая аналитичность, удобная визуализация	Требуют качественных данных и подготовки специалистов
Средства дистанционного зондирования (ДЗЗ)	Получение данных о состоянии территории без прямого контакта	Спутниковые снимки (Sentinel, Landsat), БПЛА, аэросъёмка	Высокое разрешение, возможность регулярного мониторинга	Зависимость от погодных условий, высокая стоимость обработки
Глобальные навигационные системы (GNSS/GPS)	Высокоточное определение координат объектов	GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Trimble	Точность позиционирования, мобильность и простота применения	Ошибки при плотной застройке, в горах и лесах
Лидарные и лазерные сканеры	Детальное моделирование рельефа и объектов	LiDAR, лазерные сканеры наземного и воздушного типа	Создают 3D-модели высокой точности, эффективны для сложных территорий	Высокая стоимость оборудования и обработки данных

Полевые измерительные комплексы	Сбор натуральных данных и характеристик объектов	Тахеометры, нивелиры, почвенные и экологические датчики	Получение первичных данных в реальном времени	Ограниченность территории измерений, трудоёмкость
Аналитическое и моделирующее ПО	Статистический, гео-статистический и прогнозный анализ	R, Python (GIS-пакеты), MATLAB, гео моделирующие платформы	Высокая гибкость, возможность машинного обучения	Требует вычислительных ресурсов и экспертных навыков
Системы обработки больших данных	Интеграция и анализ больших массивов пространственной информации	Hadoop, Spark, облачные платформы	Работа с Big Data, параллельная обработка	Сложность настройки и высокая стоимость инфраструктуры

Сравнительный анализ демонстрирует, что современные технические средства территориальных исследований образуют комплексную технологическую систему, в которой каждый инструмент выполняет свою функцию и дополняет другие средства. ДЗЗ обеспечивает оперативный сбор данных, ГИС – их структурирование и анализ, навигационные системы – точное позиционирование, а моделирующее программное обеспечение - выявление закономерностей и построение прогнозов. Использование этих инструментов в совокупности позволяет получать глубокие, всесторонние и научно обоснованные результаты, что делает техническую инфраструктуру важнейшим элементом современной территориальной аналитики.

Интеграция данных и комплексный анализ территории становятся центральными элементами современных территориальных исследований, поскольку разнообразие источников информации – спутниковые изображения, ГИС-слои, полевые измерения, статистические базы, сенсорные сети - требует методов их объединения и совместного анализа. В основе интеграции лежит создание много-

слойных пространственных баз данных, где растровые, векторные и табличные данные синтезируются для получения более полной картины структуры, динамики и взаимосвязей территориальных элементов [9]. Ключевым аспектом является способность объединять разнородные данные (data fusion) и предоставлять аналитическую платформу для проведения комплексного анализа: оценивания плотности, связности, доступности и функциональной взаимосвязи объектов и территорий. Одним из направлений является использование больших данных (Big Data) и машинного обучения, что позволяет обрабатывать массивы пространственно-временных данных, выявлять скрытые закономерности, определять типологии территорий и формировать сценарии развития.

Важным моментом является применение интеграционных подходов для получения взаимосвязанных показателей: когда данные дистанционного зондирования комбинируются с административными и статистическими данными, появляется возможность оценивать не просто отдельные пространственные характеристики, а динамику изменения территориальной структуры, выявлять зоны трансформации, прогнозировать эволюцию территорий. Например, внедрение интеллектуальных систем оценки развития территорий и интеграции пространственных и социально-экономических атрибутов позволяет повысить точность аналитических выводов и управленческих решений [11]. Также методологическая база подчёркивает, что комплексный анализ требует межмасштабного подхода: интеграция данных должна обеспечивать охват микро-, мезо- и макроуровней, учитывая различия в структурах, потоках и масштабах взаимодействий территориальных систем [12].

Современные исследования демонстрируют, что интеграция данных становится не просто техническим процессом, но методологическим инструментом: создание единой аналитической среды, где пространственные, временные и тематические измерения объединяются, позволяет строить модели территориальной устойчивости, выявлять взаимозависимости между природными и антропогенными компонентами, контролировать территориальные изменения и форми-

ровать управленческие сценарии. Примером является применение платформ, ориентированных на сбор, объединение и анализ геопро-странственных данных, где возможно сравнение территорий по аб-солютным и относительным показателям, что облегчает картирова-ние развития и диагностику пространственных диспропорций [28]. Таким образом, интеграция данных и комплексный анализ террито-рии представляют собой новую парадигму исследовательской прак-тики, ориентированную на синтез технологий, методов и данных для получения целостного представления о территориальных системах и их развитии.

Применение современных методов исследования простран-ственных характеристик территории в практической деятельности становится одним из ключевых направлений развития территори-ального планирования, управления природными ресурсами и градо-строительного анализа. Внедрение геоинформационных систем, ди-станционного зондирования, пространственно-статистических мо-делей и средств интеллектуального анализа данных позволяет зна-чительно повысить точность оценок территориальной динамики, выявлять скрытые закономерности распределения объектов и ана-лизировать взаимосвязи между природными и антропогенными компонентами. В сфере градостроительства современные методы используются для мониторинга состояния городской среды, оценки плотности застройки, определения функциональных зон, моделиро-вания транспортной доступности и анализа пространственного по-ведения населения. Применение ГИС-инструментов в разработке генеральных планов, схем территориального планирования и проек-тов благоустройства позволяет учитывать структуру территории, существующие ограничения, потенциальные направления развития и риски трансформации среды. Это способствует формированию научно обоснованных управленческих решений и повышает эффек-тивность пространственного развития городов.

В области управления природными ресурсами современные методы обеспечивают возможность многоуровневого анализа при-родных систем, включая оценку состояния водных объектов, мони-

торинг лесных и сельскохозяйственных территорий, анализ ландшафтной структуры и выявление зон экологического риска. Данные дистанционного зондирования, сенсорных систем и спутниковых платформ позволяют осуществлять оперативное наблюдение за изменениями природной среды, определять степень антропогенного воздействия, прогнозировать деградационные процессы и формировать планы природоохранных мероприятий. Особенно значимой становится интеграция данных ГИС с экологическими и климатическими показателями, что позволяет детально оценивать устойчивость территорий, характер пространственного распределения природных объектов и их чувствительность к внешним факторам.

В региональной политике и социально-экономическом управлении методы пространственного анализа применяются для диагностики диспропорций территориального развития, выявления полюсов роста, анализа распределения инфраструктурных элементов и оценки доступности услуг. Использование геоаналитических инструментов даёт возможность выявлять закономерности пространственной концентрации населения и бизнеса, оптимизировать размещение социальных объектов, транспортных сетей и инженерной инфраструктуры. Современные исследования показывают, что сочетание ГИС-анализа, пространственной статистики и сетевого моделирования позволяет комплексно оценивать потенциал регионов, определять точки напряжённости, прогнозировать сценарии развития и формировать стратегические планы территориальной организации. Таким образом, применение современных пространственных методов не ограничивается исследовательскими задачами, а становится инструментом практического управления, обеспечивая повышение устойчивости территорий и рациональность их развития.

Проведённое исследование позволило выявить ключевые направления развития современных подходов к изучению пространственных характеристик территории и показать, что трансформация методологической базы территориальных исследований тесно связана с цифровизацией, расширением доступности пространственных данных и совершенствованием аналитических инструментов.

Теоретико-методологическая часть работы продемонстрировала, что современные представления о территории основаны на её понимании как сложной, многокомпонентной и динамичной системы, функционирование которой определяется совокупностью природных, социальных, экономических и инфраструктурных факторов. Это требует комплексного подхода, включающего межмасштабный анализ, интеграцию различных методов и использование развивающихся цифровых технологий.

Анализ современных методологических подходов показал, что наибольшую значимость сегодня приобретают геоинформационные методы, дистанционное зондирование, пространственная статистика, моделирование и алгоритмы интеллектуального анализа данных. Особое внимание уделяется междисциплинарной интеграции ГИС-технологий, методов машинного обучения и Big Data-подходов, что позволяет существенно расширить исследовательские возможности и обеспечить получение новых знаний о пространственной структуре и динамике территорий. При этом важным элементом становится способность соединять данные разного типа, происхождения и масштаба, обеспечивая комплексный аналитический охват и высокую точность интерпретации полученных результатов.

Рассмотрение технических инструментов территориальных исследований показало, что современная аналитика невозможна без сочетания программных, аппаратных и вычислительных ресурсов, включая спутниковые системы наблюдений, беспилотные летательные аппараты, лидарные комплексы, GPS/GNSS-оборудование и многофункциональные ГИС-платформы. Эти средства не только повышают оперативность и точность получения данных, но и позволяют применять сложные модели для анализа территориальных процессов, прогнозирования и оценки устойчивости.

Комплексный анализ территории, основанный на интеграции данных, представлен как ключевое направление современной научной и практической деятельности. Многоуровневое объединение пространственных, социально-экономических и экологических данных формирует основу для построения целостной картины террито-

риального развития и разработки эффективных решений в сфере управления, планирования и мониторинга.

В практическом аспекте современные методы демонстрируют высокую результативность в градостроительстве, региональном планировании, оценке природных ресурсов, экологическом мониторинге и управлении пространственным развитием. Применение прогрессивных технологий делает возможным повышение качества территориального управления, обеспечение устойчивости развития и поддержание рационального использования ресурсов.

Таким образом, современные методы исследования пространственных характеристик территории представляют собой фундаментальную основу для повышения эффективности научного анализа и практического управления территориальными системами. Их дальнейшее развитие будет определяться расширением инструментальных возможностей, углублением междисциплинарного взаимодействия и интеграцией новых цифровых технологий, что открывает перспективы для более точного, оперативного и комплексного понимания пространственной организации территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Ю. П., Рубцов В. А., Рожко М. В. Анализ туристско-рекреационного потенциала с применением геоинформационных технологий // Туризм и рекреация: фундаментальные и прикладные исследования: материалы XVII Международной научно-практической конференции, Елец, 20–21 апреля 2022 г. – Елец: ЕГУ им. И. А. Бунина, 2022. – С. 407–414.

2. Алексеева Ю. П., Рубцов В. А. Корреляционно-регрессионный анализ факторов, влияющих на туристическую дестинацию (на примере Республики Татарстан) // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 64–73. – DOI 10.5281/zenodo.7979358.

3. Балашов С. А. Применение ГИС в системе территориального планирования и управления // Социум и жизненное простран-

ство личности (междисциплинарные аспекты): материалы II Всеросс. науч.-практ. конф., Пенза, 27–28 марта 2019 г. / Под ред. Е. В. Ерёминой, В. Ф. Мухамеджановой. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2019. – С. 54–58.

4. Гвоздев Р. С. Пространственный анализ: история и перспективы развития // Молодёжь и системная модернизация страны: материалы Междунар. науч. конф. студентов и молодых учёных, Курск, 25–26 мая 2016 г. Т. 2. – Курск: Университетская книга, 2016. – С. 27–31.

5. Григоревский Д. В., Чибилёв А. А., Падалко Ю. А. Пространственный анализ территориальной удалённости ООПТ Оренбургской области от проектируемого транспортного коридора «Западная Европа – Западный Китай» // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 11-1. – С. 208–214.

6. Егорова Я. В., Шаймарданова В. В. Пространственный анализ для задач территориального развития (на примере Приволжского района г. Казань) // Экономика в меняющемся мире: материалы VIII Междунар. экономич. форума, Казань, 13–17 мая 2024 г. – Казань: ИПК «Бриг», 2024. – С. 80–84.

7. Еремина И. А. Методологические подходы по формированию комплексных проектов развития территории // Стратегия как инструмент социально-экономического развития региона: материалы Всеросс. науч.-практ. конф., Барнаул, 14 апреля 2022 г. – Барнаул: ООО «Пять плюс», 2022. – С. 26–31.

8. Жоголева А. В., Полукеева Т. С. Пространственное восприятие городской среды: уровни, аспекты, коды, методы изучения // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: материалы 78-й Всеросс. науч.-техн. конф., Самара, 19–23 апреля 2021 г. – Самара: СамГТУ, 2021. – С. 265–275.

9. Рожко М. В., Булатова Г. Н., Рубцов В. А., Сидоров В. П. Картографические методы в туризме. – Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2023. – 192 с. – ISBN 978-5-4312-1149-2.

10. Чибилёв А. А., Соколов А. А., Руднева О. С. и др. Картографический анализ современного социально-эколого-экономиче-

ского состояния пространственного развития степных регионов России. Т. 2. – Оренбург: Институт степи УрО РАН, 2023. – 51 с. – ISBN 978-5-605-12090-2.

11. Коробицына Е. С., Демидова П. М. Интеграция методов интеллектуального анализа в геопропространственную базу данных земельных участков // Инновационные технологии в строительстве: материалы III Всеросс. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 11–12 ноября 2021 г. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2021. – С. 53–58. – DOI 10.46973/9785907295568_2021_53.

12. Лежнина Ю. А., Евдошенко О. И. Интеграция данных ГИС при получении интегрированного индекса качества городской среды // Потенциал интеллектуально одарённой молодежи...: материалы IX Междунар. форума, Астрахань, 28–29 апреля 2020 г. – Астрахань: АГАСУ, 2020. – С. 375–379.

13. Макар С. В. Пространственный анализ: развитие концепции и возможностей применения // Вестник Финансового университета. – 2012. – № 2(68). – С. 61–72.

14. Манаева И. В., Ткачева А. С., Канищева А. В. Модели пространственного развития территорий: анализ зарубежной литературы // Теоретическая экономика. – 2020. – № 2(62). – С. 74–83.

15. Малютина М. А., Пощенко Д. А., Перов А. Ю. Применение дистанционного зондирования для определения границ зон с особыми условиями использования территорий // Студенческие научные работы землеустроительного факультета: материалы Междунар. конф., Краснодар, 19 февраля 2020 г. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – С. 60–64.

16. Максимов Д. В., Ткачева И. С. Методологические аспекты пространственного анализа и планирования гостиничной инфраструктуры крупного города // Россия и её регионы...: материалы междунар. конф., Пермь, 26 сентября – 1 октября 2017 г. – Пермь: ПГНИУ, 2017. – С. 530–534.

17. Наумов И. В., Никулина Н. Л., Сиротин Д. В. и др. Моделирование пространственного развития территорий. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2021. – 243 с. – ISBN 978-5-94646-655-4. – DOI 10.17059/mprt2021.

18. Падалко Ю. А. Водные ресурсы регионов степной зоны РФ: современное состояние и проблемы устойчивого водопользования // Проблемы социально-экономической географии и природопользования: материалы Всеросс. конф., Ростов-на-Дону – Таганрог, 1 декабря 2017 г. – Ростов-на-Дону – Таганрог: ЮФУ, 2017. – С. 391–395.

19. Панасюк М. В., Пудовик Е. М. Анализ динамики территориальной структуры расселения с применением ГИС // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2024. – Т. 30, № 2. – С. 380–395. – DOI 10.35595/2414-9179-2024-2-30-380-395.

20. Петров Л. А., Колбовский Е. Ю. Современные методы пространственного анализа зелёной инфраструктуры урбанизированных территорий (на примере г. Грозного) // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2020. – Т. 5, № 3(21). – С. 39–51. – DOI 10.25744/genb.2020.20.3.004.

21. Стародумова У. А., Шемякина Е. В., Варган И. А., Крысов А. А. Применение данных ДЗЗ и ГИС в ландшафтных исследованиях // Природопользование и устойчивое развитие регионов России: материалы IV Всеросс. конф., Пенза, 18–19 июня 2022 г. – Пенза: ПГАУ, 2022. – С. 82–87.

22. Проскурнова К. Ю. Вопросы пространственного развития российских регионов // Государственное управление. Электронный вестник. – 2022. – № 92. – С. 116–128. – DOI 10.24412/2070-1381-2022-92-116-128.

23. Сабирзянов А. М., Панасюк М. В. Роль пространственных данных в решении задач территориального планирования // Актуальные вопросы рационального использования земельных ресурсов...: материалы Всеросс. конф., Казань, 28 марта 2024 г. – Казань: КГАУ, 2024. – С. 62–69.

24. Современные тенденции пространственного развития и приоритеты общественной географии: материалы междунар. конф., Барнаул, 12–19 сентября 2018 г. Т. 2. – Барнаул: АлтГУ, 2018. – 409 с. – ISBN 978-5-91556-424-3.

25. Сурнина Н. М., Шишкина Е. А. Теоретико-методологические и практические аспекты исследования пространственных инфраструктурных систем региона // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12, № 10. – С. 2701–2724. – DOI 10.18334/err.12.10.116378.

26. Телегина М. В., Бородкин Р. М. Исследование геоинформационных систем для визуализации объектных свойств территорий // Информационные технологии: проблемы и решения. – 2015. – № 1–2(2). – С. 257–259.

27. Телегина М. В., Бородкин Р. М. Применение объектных свойств территорий для пространственного анализа // Вестник КИ-ГИТ. – 2014. – № 5(46). – С. 14–18.

28. Ямашкин А. А., Ямашкин С. А. Синтез и распространение пространственных данных о метагеосистемах для информационной поддержки управленческих решений // Региональные геосистемы. – 2022. – Т. 46, № 2. – С. 241–253. – DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-2-241-253.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Микрюкова Анна Олеговна, бакалавр 2 года обучения направления подготовки «Туризм и гостиничное дело», Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.

E-mail: stirisidium@gmail.com

Муравьев Артём Михайлович

**ИНЖЕНЕРНО–ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
НА ПРИМЕРЕ СТАНЦИИ ТЕХОБСЛУЖИВАНИЯ»**

Научный руководитель: Кудрявцев Андрей Федорович,
доцент, к.г.н., Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. В данной статье был описан порядок проведения камеральных работ по итогу инженерно-геодезических изысканий. Также здесь были представлены особенности обработки данных в соответствующем программном обеспечении. Был составлен технический отчёт станции техобслуживания.

Ключевые слова: инженерно-геодезические изыскания, проектная документация, инженерно-топографический план.

«Инженерно – геодезические изыскания для подготовки проектной документации на примере станции техобслуживания».

Инженерно-геодезические работы являются важной и неотъемлемой частью комплекса работ по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений, автомобильных дорог и сооружений на них, аэродромов, гидромелиоративных систем, объектов лесного хозяйства и лесного инженерного дела. Эти работы во многом определяют, как стоимость и качество строительства, так и условия последующей эксплуатации инженерных объектов. Поэтому инженер-строитель, инженер-землеустроитель, инженер лесного хозяйства должны хорошо владеть традиционными методами геодезии.

Цель исследования: целью работы является проведение инженерно-геодезических изысканий для строительства станции техобслуживания.

Инженерно-геодезические изыскания производились на объекте: «Станция технического обслуживания, расположенная по адресу: Удмуртская Республика, муниципальный округ Завьяловский район, территория промышленной зоны Шабердино» (рис. 1).



Рис. 1. Схема площадки изысканий

Съемочное планово-высотное обоснование создано методом построения сети, с использованием спутниковых технологий. Для развития съемочной сети были установлены два пункта временного закрепления GPS1 и GPS2.

За исходные пункты для развития съемочной сети приняты пункты государственной геодезической сети – Шадан, Забегалово, Стар. Сентек, Вожойка, Черная. Перед началом работ пункты ГГС были обследованы и признаны годными для получения удовлетворительных результатов при ГНСС - измерениях.

Обработка материалов тахеометрической съемки производилась в программном комплексе CredoDAT. Перед выполнением работ по съемке и обследованию существующих подземных соору-

жений и коммуникаций произведен сбор и анализ имеющихся архивных материалов. По окончании полевых работ в процессе обработки накопленной информации в камеральных условиях были загружены точки съемки в программе AutoCAD (рис. 2).

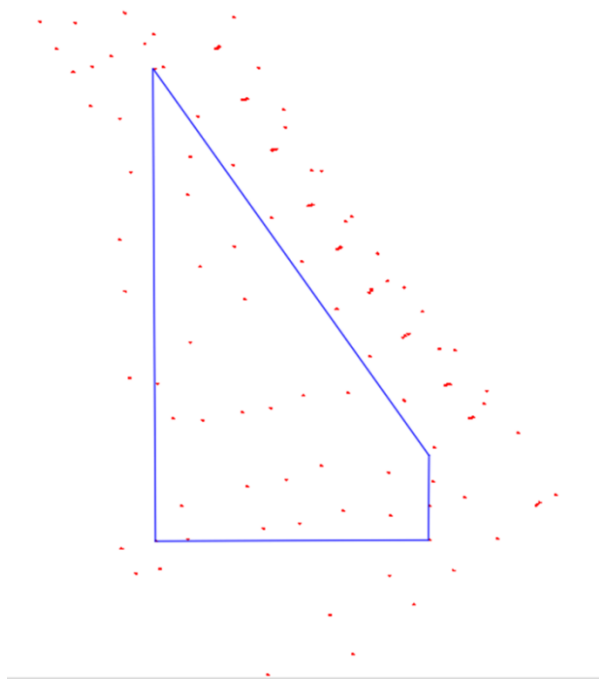


Рис. 2. Точки съемки

Следующим этапом камеральных работ было **создание цифровой модели рельефа (ЦМР)** в программе AutoCAD (рис. 3). Цифровые модели рельефа выступают в качестве картографической основы для привязки полученных в результате инженерных изысканий, земельно-кадастровых работ, обследований данных в пространстве.

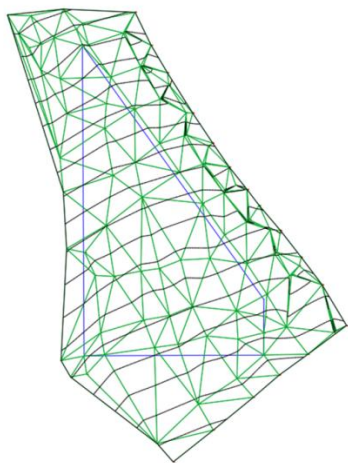


Рис. 3. ЦМР

Для наглядности и простоты восприятия рельефа в приложении AutoCAD была построена ЦМР в 3D виде (рис. 4).

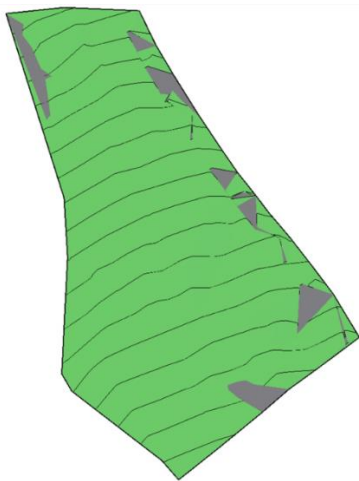


Рис. 4. ЦМР в 3D

на этой территории. Документы, сформированные на основе полученных результатов, выступают в качестве базы для получения разрешений на строительство или запрета на них в соответствии со степенью сложности, позволяют сформировать проекты зданий и сооружений, новых сетей инженерии, зеленых насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГКИНП 02-262-02 Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS.

2. ГОСТ 21.301-2021 СПДС. «Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям».

3. КИНП-02-033-82. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

4. СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

5. СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве».

6. СП 317.1325800.2017 «Инженерные изыскания для строительства. Общие правила производства работ».

7. СП 47.13330.2016. «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

8. Васильков Д. М., Пигин А. П. Об уравнивании инженерно-геодезических сетей планово-высотной опоры в системе CREDO_DAT // Автоматизированные технологии CREDO. Минск, 2000, № 1. – С. 44–45.

9. Инженерная геодезия. Табаков С. В., Постовалова А. А. – Хабаровск: издательство ДВГУПС, 2009. – 510 с.

10. Инженерная геодезия: учебное пособие. С. В. Смолич, А. Г. Верхотуров - Чита: ЧитГУ – 2009. – 185 с.

11. Кенесбаева А., Орынбасарова Э. О. «Спутниковая геодезия» / Учебное пособие для студентов специальности 5В071100 - «Геодезия и картография». – Алматы: МОК, 2020. – 80 с

12. Курошев, Г. Д. Геодезия и топография: учебник для студентов высших учебных заведений/ Г. Д. Курошев, Л. Е. Смирнов. 3-е изд., стер. – Москва: Академия, 2009. – 173 с.

13. Макаров К. Н. Инженерная геодезия: учебник для среднего профессионального образования / К. Н. Макаров. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2018. – 348 с. – ISBN: 978-5-534-02424-1.

14. Основные инженерно-геодезические изыскания при строительстве сооружений / Р. В. Загретдинов, Р. В. Комаров, А. Е. Сапронов, М. Г. Соколова. – Казань: Казан. Ун-т, 2020. – 98 с.

15. Перфилов В. Ф., Скогорева Р. Н., Усова Н. В. Геодезия: учебник для вузов – 2 изд., перераб. и доп. – М.: «Высшая школа», 2006. – 350 с.

16. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах. ПТБ-88.

17. Справочник современного изыскателя. Под общ. ред. Миальяна – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 590 с.

18. Фельдман В. Д., Михелев Д. Ш. Основы инженерной геодезии. – М.: Высшая школа, 2012.

19. Формирование отчетной документации по результатам инженерно-геодезических изысканий [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.geodesy-journal.ru/articles/2023/fedotova> (дата обращения: 12.04.2025).

20. Эффективность применения современных технологий в инженерно-геодезических изысканиях [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vestnik-geodesy.ru/articles/2020/kovalenko> (дата обращения: 15.04.2025).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Муравьев Артём Михайлович, студент 1 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: cska240703@gmail.com

Пантюхин Егор Андреевич

ОЦЕНКА ОБЪЕМА МЕСТНЫХ СЕЗОННЫХ МИГРАЦИЙ НА ДАЧУ В ЗАВЬЯЛОВСКОМ РАЙОНЕ УДМУРТИИ

Научный руководитель: Лекомцев Александр Леонидович, старший преподаватель, Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

Специалисты, изучающие миграции населения сходятся во мнении, что сезонные миграции населения относятся к числу наиболее сложных для изучения форм механического движения. К таким перемещениям относятся разовые туристические поездки в курортные зоны, маятниковые и сезонные перемещения на дачи, а также трудовые миграции, связанные с вахтовым или сезонным характером работы. Множественность причин, лежащих в основе таких миграций, существенно затрудняет использование традиционных методов исследования. Дополнительную сложность создаёт практически полное отсутствие официальной статистики по этим процессам – как на страновом, так и на региональном или муниципальном уровнях. В результате большинство исследователей вынуждены ограничиваться анализом отдельных, преимущественно трудовых, сезонных перемещений на локальном уровне, опираясь преимущественно на социологические методы [1; 3].

В качестве территории для изучения сезонных миграций на дачу был выбран Завьяловский район Удмуртской Республики. Данный район является пригородным и непосредственно окружает столицу региона – город Ижевск, что обуславливает протекание здесь интенсивных процессов субурбанизации. Ижевск и Завьяловский район совместно формируют ядро Ижевской агломерации, численность населения которой превышает один миллион человек [2]. Такая демографическая и пространственная структура создаёт благоприятные условия для анализа сезонных перемещений населения, связанных с дачной миграцией, и позволяет рассматривать их в контексте современных тенденций развития пригородных зон крупных городов.

Актуальность проблемы заключается в том, что на сегодняшний день на территории Завьяловского района находится более 200 садовых некоммерческих товариществ, по которым нет статистических данных о количестве ежесезонных перемещений населения.

Чтобы узнать объём местных сезонных рекреационных миграций, были собраны необходимые данные. Данные об объёме собирались полевым путём в 3 контрольных садовых некоммерческих товариществах, находящихся на одной крупной автодорожной магистрали, но на разных расстояниях от районного центра. Контрольными садовыми некоммерческими товариществами были выбраны СНТ «Заря», СНТ «Буровик» и СНТ «Прикамье-2».

В каждом из них проведены подсчеты приезжающего населения в летнее и зимнее время. Летом в каждом из трёх СНТ собирались данные по количеству въезжающих и выезжающих машин, а также количеству людей в них, входящих и выходящих людей, ежедневно в будни с 7:00 – 9:00, пятницу с 16:00 – 21:00 и в субботу с 8:00 до 12:00. Количество машин фиксировалось визуально. В зимнее время способ подсчёта оставался таким же, но длительность наблюдений сокращалась до 1 часа.

После сбора данных было рассчитано количество прибывших на машине и пришедших в СНТ, а также убывших на машине и вышедших из СНТ человек. За тем вычислена величина прибывших человек из расчета на количество участков и, аналогично убывших.

После нахождения прибывших на участок и убывших с участка человек вычислили среднюю арифметическую из всех временных промежутков, а за тем, всех дней наблюдений. После чего получили общие коэффициенты, показывающие сколько человек, прибывает из расчета на 1 участок и сколько человек убывает с 1 участка по району, которые используются для подсчётов объёма местных сезонных рекреационных миграций

Имея данные о количестве населения посещающего 1 дачный участок в среднем по району, был проведён расчет всего населения, совершающего миграции на дачу по Гольянскому тракту в Завья-

ловском районе. Для этого, среднее количество населения, посещающего 1 дачный участок, умножалось на количество участков в каждом СНТ.

В результате работы получили следующие результаты.

Общий расчетный поток населения, едущего на дачу, по Гольянскому тракту составляет 10435 человек. Из них 3428 добираются на машине – это 1840 машин и 1400 человека на автобусе. В обратную сторону 5607 человек. Из них 4654 на машине – это 2498 машин и 953 человек на автобусе.

На участке до поворота к селу Первомайский едет 348 человек. В огороды прибывают 161 человека, из них 114 человек на машине – это 61 машин, а в автобусе 47 человека. В обратную сторону 187 человека, из них 155 человек на машине – это 83 машин и 32 человека на автобусе.

На участке до поворота д. Берёзка едет 1213 человек. В огороды прибывают 561 человека, из них 398 человек на машине – это 214 машин, а в автобусе 162 человека. В обратную сторону 652 человека, из них 541 человек на машине – это 290 машин и 111 человек на автобусе.

На участке до поворота к ГРС№ 4 едет 1016 человек. В огороды прибывают 470 человека, из них 334 человек на машине – это 179 машин, а в автобусе 136 человека. В обратную сторону 546 человека, из них 452 человека на машине – это 243 машин и 93 человек на автобусе.

На участке до поворота к деревне Красный кустарь едет 2463 человек. В огороды прибывают 1140 человека, из них 809 человек на машине – это 434 машин, а в автобусе 330 человека. В обратную сторону 1323 человека, из них 1098 человека на машине – это 590 машин и 225 человек на автобусе.

На участке до поворота к с. Новая Казмаска едет 2208 человек. В огороды прибывают 1022 человека, из них 725 человек на машине – это 390 машин, а в автобусе 296 человека. В обратную сторону 1187 человека, из них 984 человека на машине – это 529 машин и 202 человека на автобусе.

На участке до поворота к деревне новое Мартьяново едет 498 человек. В огороды прибывают 231 человека, из них 164 человек на машине – это 88 машин, а в автобусе 67 человека. В обратную сторону 268 человека, из них 222 человека на машине – это 119 машин и 46 человека на автобусе.

На участке до поворота к селу к деревне Колюшево едет 1847 человек. В огороды прибывают 854 человека, из них 607 человек на машине – это 326 машин, а в автобусе 248 человека. В обратную сторону 992 человека, из них 823 человека на машине – это 442 машин и 169 человека на автобусе.

Отдельно в СНТ Буровик едет 757 человек. В огороды прибывают 350 человека, из них 249 человек на машине – это 134 машин, а в автобусе 102 человека. В обратную сторону 407 человека, из них 338 человека на машине – это 181 машина и 69 человека на автобусе.

Таким образом, разработанная методика полевого учёта сезонных миграций, основанная на подсчёте прибывающего и убывающего населения в контрольных СНТ, позволила получить количественные оценки объёмов дачных миграций по Гольянскому тракту. В ходе исследования были определены коэффициенты миграционных потоков на 1 участок и рассчитаны общие показатели по району.

Результаты исследования показали значительный масштаб сезонных миграций: общий расчётный поток населения, совершающего поездки на дачи по Гольянскому тракту, составляет 10435 человек. При этом большая часть мигрантов использует личный транспорт, а пиковые значения приходятся на выходные и праздничные дни.

Методика требует дальнейшей апробации и модернизации для повышения точности, и репрезентативности данных, а также для распространения на весь Завьяловский район. В дальнейшем планируется совершенствование инструментария и расширение числа контрольных точек для более полного анализа сезонных миграционных процессов.

Таким образом, исследование продемонстрировало высокую актуальность и практическую значимость изучения сезонных миграций в пригородных зонах крупных городов, а предложенный подход может быть использован для аналогичных работ в других регионах России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Землянский Д. Ю. Индикативный подход к оценке сезонной динамики размещения населения в России // Региональные исследования. – Смол. гуманитар. ун-т (Смоленск). – № 3. – С. 83–92.

2. Лекомцев А. Л. Подходы к делимитации границ Ижевской агломерации [Электронный ресурс] / А. Л. Лекомцев // География в современном мире: вековой прогресс и новые приоритеты: сб. ст. XIV Больш. географич. фестиваля / отв. ред. А. И. Краснов. - Санкт-Петербург: Свое Изд-во, 2018. – С. 829–833.

3. Шитова Ю. Ю., Шитов Ю. А. Микроанализ маятниковой трудовой миграции в Московской области // Регион: экономика и социология. – 2008. – № 4. – С. 119–137.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Пантюхин Егор Андреевич, студент 2 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: alekomcev@mail.ru

Пузеев Сергей Андреевич

**МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ
МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА
ОТ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

Научный руководитель: Рублева Елена Алексеевна, доцент,
к.г.н., Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. В данной статье рассмотрена методика выявления зависимостей морфометрических показателей рельефа от структуры землепользования с применением результатов дешифрирования разновременных снимков. В результате обработки были получены коэффициенты корреляции указывающие на степень влияния видов землепользования на морфометрические показатели рельефа.

Ключевые слова: рельеф, морфометрия, структура землепользования, коэффициент корреляции, ГИС-технологии.

Введение

Современные методы изучения земной поверхности тесно связаны с применением информационных технологий. Данный тандем технологий и методов позволяет проводить детальный и глубокий анализ свойств и закономерностей земной поверхности. В частности, применение комплекса, состоящего из дистанционного зондирования Земли, ГИС-технологий, электронных таблиц помогает решать множество задач прикладного характера, одна из которых – это установление взаимосвязи между морфометрическими показателями рельефа и структурой землепользования.

Выявление зависимостей между морфометрией рельефа и структурой землепользования необходимо для эффективного ведения земледелия, строительства городов, решения экологических проблем, поскольку рельеф часто является определяющим фактором для деятельности человека на местности.

Актуальность работы обусловлена необходимостью повысить эффективность методов выявления влияния структуры землепользования на морфометрию рельефа.

Цель исследования: выявить и проанализировать зависимость морфометрических показателей рельефа от структуры землепользования с помощью стандартных методик обработки анализа геопространственной информации.

Понятие морфометрии и классификация морфометрических показателей рельефа

Морфометрия – одно из направлений геоморфологии, которое исследует количественные характеристики рельефа с целью их выявления и описания. Морфометрия изучает происхождение и историю развития рельефа, создает морфологические основания, необходимые для познания закономерностей формирования и развития рельефа земной поверхности.

Морфометрия использует любую количественную информацию о рельефе территории, это могут быть нивелирные ходы, результаты эхолотирования, бурения, результаты картометрических работ. Морфология развивается как научное направление на фундаменте четырех наук: математики, картографии, геоморфологии, теории измерений [3].

Основные типы морфометрических показателей рельефа делятся на две группы:

1. Количественные:

- высота: абсолютная (координата Z точки относительно уровня мирового океана в заданной системе высот) и относительная (превышение точки относительно поверхности, принятой за начало отсчета);
- наклонность поверхности (наклон поверхности относительно горизонтальной направления): уклон (в градусах или процентах) и средний уклон (усредненный показатель уклона для единицы площади);

- формообразование (радиус окружности, приблизительно но описывающий форму профиля поверхности; экспозиция склона – ориентация склона по сторонам света);

- показатели объема и площади (площадь, объем выработки грунта, индекс плотности эрозионных образований – количество на единицу площади, индекс густоты эрозионных образований – протяженность на единицу площади);

- разветвленность рельефа (плотность сети дренажных линий – расстояние между сетями дренажей, длина стоков – сумма длин всех стоков).

2. Качественные:

- форма рельефа (холмистость, равнинность, овражно-балочная тип и т. д.);

- структура поверхности (наличие мелких деталей рельефа – микрорельеф);

- индикация направления экспозиции (направления дренажа и перемещение горных пород, распределение освещенности склонов) [2].

Классификация видов землепользования

Классификация видов землепользования основана на назначении земельных участков и характере деятельности на них. Выделяют следующие типы землепользования:

1. Сельскохозяйственное землепользование – выращивание сельскохозяйственных культур и ведение животноводства:

- пашни;
- пастбища;
- сенокосы;
- многолетние насаждения.

2. Лесное хозяйство – лесозаготовка и мероприятия, направленные на восстановление лесных массивов.

3. Промышленное землепользование – земли, занятые объектами промышленности, складами, объектами энергетики и т. д.

4. Территории населенных пунктов. Характеризуются высокой концентрацией искусственных твердых покрытий, ограничением площади зеленых насаждений, изменением поверхностного стока и водоотвода, изменением уровня подземных вод.

5. Рекреационное землепользование. Национальные парки, заповедники, зоны отдыха и туризма. Данный вид землепользования сводит к минимуму человека на ландшафт и морфометрические показатели рельефа.

6. Природоохранное землепользование. Включает в себя особо охраняемые территории: заповедники и заказники, ботанические сады, питомники – все, чтобы сохранить уникальные экосистемы и минимизировать воздействие человека на ландшафт.

7. Земли транспортного пользования. Транспортные магистрали значительно влияют на целостность естественного ландшафта [1].

Подготовка цифровой картографической основы и формирование базы данных исследования

В качестве информационной базы для исследования выступили суммарно 29 таблиц формата TAB:

- векторный слой речных бассейнов с морфометрическими показателями на территорию Удмуртской Республики;
- векторные слои с результатами дешифрирования разновременных космических снимков за 4 года (1989, 1999, 2013, 2023) по 7 типам землепользования.

Исследование разбито на 28 циклов и так как по выполняемым операциям они идентичны, далее в исследовании будут описаны операции только для одного цикла. Чтобы полностью сформировать базу данных для исследования необходимо повторить цикл в общей сложности 28 раз.

Первым шагом в формировании базы данных исследования является удаление лишних речных бассейнов из первоначального векторного слоя, в соответствии с границами территории землепользований. Для этого в MapInfo, с помощью команды [Файл] > [Открыть] нужно выбрать и открыть таблицу речных бассейнов с морфометрическими показателями и таблицы по типам землепользования: обрабатываемые пашни, необрабатываемые пашни, пастбища и луга, лесные массивы, пашни кормовых культур, застроенные территории, объекты гидрографии. В общей сложности в рабочем окне должно быть открыто 8 таблиц за один год (рис. 1).

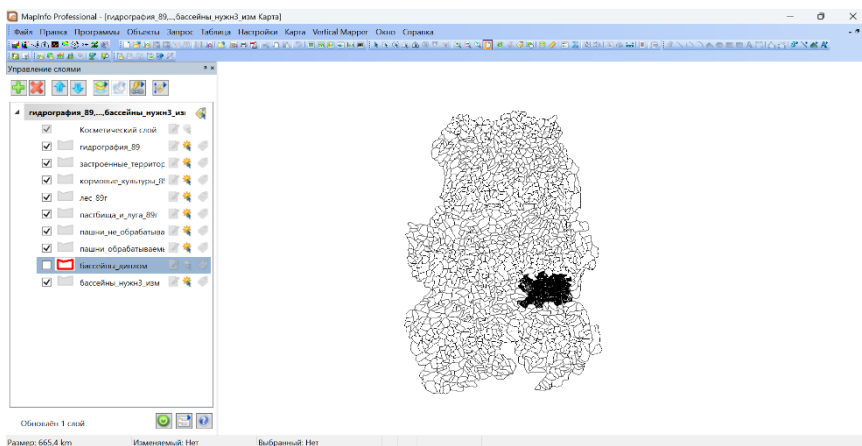


Рис. 1. Рабочее окно MapInfo с речными бассейнами и выделенными типами землепользования

Далее нужно удалить лишние бассейны рек, а оставить только те, которые всей своей площадью попадают в границы территории землепользования (рис. 2). В результате данной операции останется 40 бассейнов: 30 – на территории Завьяловского района Удмуртской Республики, 8 – на территории Воткинского района Удмуртской Республики, 2 – на территории Сарапульского района Удмуртской Республики [6].

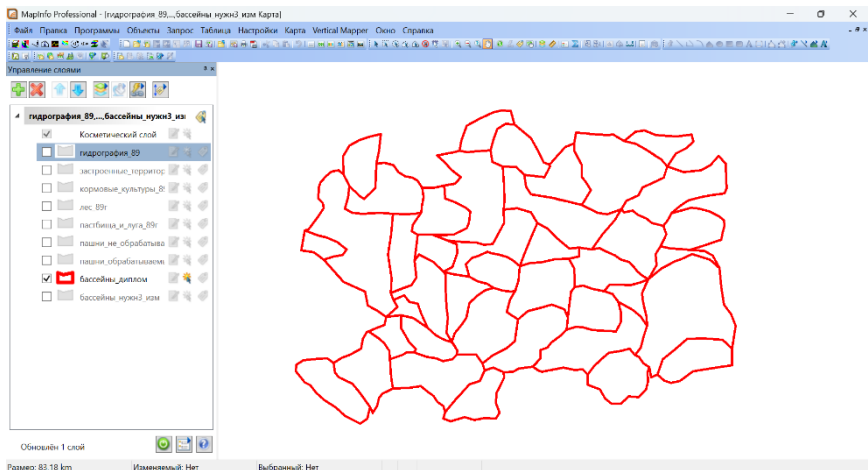


Рис. 2. Редактированная таблица бассейнов

Следующий шаг – создание нового поля в слое типа землепользования. Новое поле нужно для автоматического вычисления площадей типа землепользования внутри каждого бассейна. Для этого с помощью команды [Таблица] > [Изменить] > [Перестроить] необходимо открыть список всех таблиц проекта и выбрать таблицу типа землепользования, например, обрабатываемые пашни, предварительно сделав его изменяемым.

После выбора слоя из списка, MapInfo откроет окно редактирования таблиц, в котором можно создавать и удалять поля, менять их положение относительно друг друга и менять их проекции, задавать имя и тип данных для каждого поля. В рамках данного исследования необходимо создать поле [Площадь], тип данных [Десятичное], знаков: 8, после запятой: 1.

После завершения редактирования MapInfo автоматически закроет отредактированную таблицу, ее необходимо открыть заново с помощью команды [Файл] > [Открыть].

После внесения изменений в структуру таблицы производится разбивка полигона обрабатываемых пашен по границам бассейнов

рек. Для этого нужно выбрать полигон обрабатываемых пашен, предварительно указав этот слой как изменяемый, далее с помощью команды [Объект] > [Выбрать изменяемый объект] выбрать все объекты в слое бассейнов рек, после чего с помощью команды [Объект] > [Разрезать] выполнить разбивку обрабатываемых пашен по шаблону бассейнов рек и удалить внешний полигон. В результате единый полигон обрабатываемых пашен разобьется на множество полигонов, каждый из которых заключен внутри соответствующего бассейна (рис. 3).

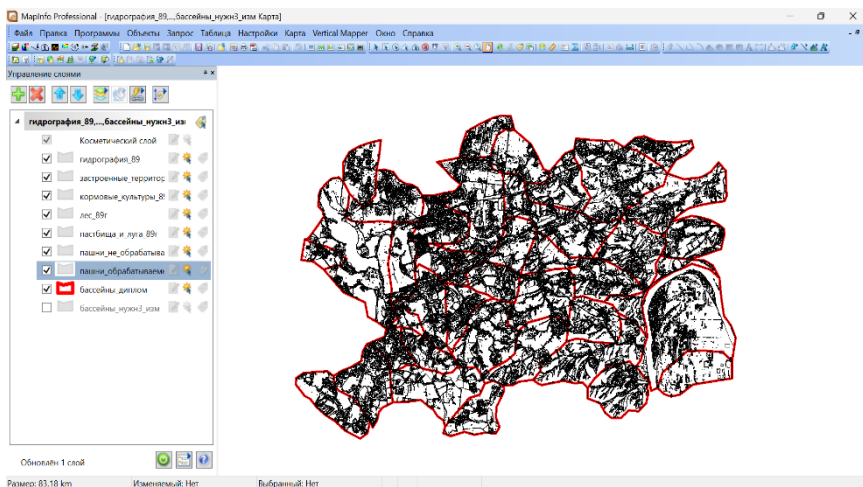


Рис. 3. Результат разбивки полигона обрабатываемых пашен

Следующий шаг – вычисление площадей обрабатываемых пашен. При выполнении команды [Таблица] > [Обновить колонку] откроется одноименное диалоговое окно. В поле [Обновить] нужно выбрать слой [обрабатываемые пашни], в поле [Обновить колонку] выбрать ранее созданную колонку [Площадь], в поле [Значения извлечь из] указать [обрабатываемые пашни].

Далее в этом же диалоговом окне необходимо активировать функцию [Составить], в появившемся диалоговом окне «Выражение», в поле [Функция] выбрать [Area] и нажать [ОК].

В результате выполнения данной операции в таблице обрабатываемых пашен в колонке [Площадь] появятся значения данного типа землепользования в квадратных километрах.

В данной таблице каждая строка – это площадь обрабатываемых пашен, заключенная внутри соответствующего бассейна.

Следующий шаг – создание поля [Площадь обрабатываемых пашен 1989] в слое бассейнов рек, тип данных [Вещественное]. Далее с помощью команды [Таблица] > [Обновить колонку] откроется диалоговое окно «Обновить колонку». В поле [Обновить] указывается таблица с бассейнами рек, в поле [Обновить колонку] указывается ранее созданное поле [Площадь обрабатываемых пашен 1989], в поле [Значение извлечь из] указывается таблица [Площадь обрабатываемых пашен], в поле [Для] указывается [Площадь].

В результате выполненной операции, в таблице бассейнов рек появится колонка со значениями площадей обрабатываемых пашен, заключенных в пределах соответствующих бассейнов. Как утверждалось ранее, всего исходные слои имеют 28 типов землепользования и для окончательного формирования базы данных исследования необходимо провести данный цикл операций (создание полей > разбивка по полигонам речных бассейнов > вычисление площадей типов землепользования > занесение значений площадей в таблицу с бассейнами рек), еще 27 раз, не считая описанный цикл. В результате в единой форме будет сформирована таблица с морфометрическими показателями рельефа по бассейнам рек и значениями площадей типов землепользования [4].

Последним шагом является экспорт таблицы в редактор электронных таблиц Microsoft Excel: Команда [Таблица] > [Экспорт] > [выбрать таблицу с бассейнами и указать формат файла dbf]. При открытии файла формата dbf в Excel необходимо вернуть название столбцов и убрать лишние знаки после запятой [5].

Из перечня морфометрических показателей, представленных в слое бассейнов рек, для исследования были выбраны следующие показатели:

- средний уклон оврагов;
- длина оврагов;
- густота оврагов;
- плотность оврагов.

Итоговая база данных представляет из себя 4 таблицы (рис. 4), разделенные по годам (1989, 1999, 2013, 2023), в каждой из которых есть общий элемент – морфометрические показатели, а также индивидуальными на каждый год:

- площадь обрабатываемых пашен;
- площадь необрабатываемых пашен;
- площадь пастбищ и лугов;
- площадь лесных массивов;
- площадь кормовых культур;
- площадь застроенной территории;
- площадь объектов гидрографии.

Показатели				Типы землепользования							Общая площадь бассейнов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Средний уклон	Плотность	Длина оврагов	Густота оврагов	пл.пш.об.89	пл.пш.необ.89	пл.пастб.и.луг.89	пл.лес.89	пл.корм.культ.89	пл.застр.терр.89	пл.гидро.89	
1,8	0	0	0	1,4	2,4	0,5	5,4	0,4	0,6	0,1	13,1
2,6	0,11	0	0	5,3	4,8	2,3	11,2	2,4	0,1	0,1	28,4
3,1	0,04	178	4	4,4	8,6	3,3	18,6	2,3	0,7	0,1	44,6
3,8	0,04	612	8	3,4	8,1	0,9	2,6	1,7	31,2	22,3	76,5
3,2	0,04	97	1,2	19,2	11	8,4	24,8	10,7	0,6	1,6	81
2,8	0,08	856,8	17	20,3	12,7	5,4	11,5	8,2	0,3	1,2	50,4
2,9	0,1	283,5	7	8,1	9	2,9	10,4	4,6	0,1	1,8	40,5
3,8	0,07	55,8	2	14	6	3,3	2,4	4,8	2	1,1	27,9
2,6	0	32,5	1	1,6	4	1,9	20,2	2	0,3	0,1	32,5
6,5	0,12	202,5	5	21,7	11,1	3	1,7	6,4	0	0,2	40,5
6,3	0,1	322	8	20,5	12,2	5,5	2,2	2,3	1,1	0	41,5
2,9	0,13	210,6	9	9	2,8	2,3	2,8	2,7	0	0	23,4
2,8	0	22,6	1	1	4,7	1,7	10,4	2,2	0	0,1	22,6
3,2	0,1	140	2	20,2	13,9	4,6	16,8	6,6	1,8	2	70,2
2,9	0,15	554	28	7	7,4	2,5	2,3	1,7	4,8	0,4	19,8
3,1	0,08	56	5	9,8	5,5	3,2	1,5	1,4	1,8	0,3	11,8
3,7	0,29	122	9	3,2	3,7	0,8	0,7	1,1	5,1	0,4	13,6

Рис. 4. Фрагмент итоговой таблицы для исследования на 1989 год

Вычисление коэффициента корреляции Пирсона как показателя зависимости морфометрических показателей от структуры землепользования

Корреляционный анализ – метод статистики, который позволяет выявить наличие и силу связи между двумя массивами переменных. Результатом корреляционного анализа является число, называемое коэффициентом корреляции, который принимает значение в диапазоне от -1 до +1, где:

- +1 – положительная корреляция, прямая зависимость переменных;
- 0 – означает отсутствие взаимосвязи между переменными;
- -1 – отрицательная корреляция, значения переменных имеют обратную зависимость.

Математическое представление коэффициента корреляции описывается как линейная взаимосвязь случайных переменных. Корреляция показывает, как изменение одной величины сопровождается изменением другой, но наличие причинно – следственной связи не гарантировано [7].

В Microsoft Excel коэффициент корреляции вычисляется с помощью функции [=КОРРЕЛ (массив1; массив2)], где массив 1 – значения морфометрических показателей, а массив 2 – значения площадей типов землепользования.

Результаты вычисления прямой корреляции представлены в таблицах 1, 2, 3, 4.

Таблица 1

Прямая корреляция на 1989 год

	пл.пш.об.1989	пл.пш.необ.1989	пл.пастб.и.луг.1989	пл.лес.1989	пл.корм.культ.1989	пл.застр.terr.1989	пл.гидро.1989
Средуклон	0,478737298	0,131307077	0,219290586	-0,478793982	-0,175970566	-0,022996878	-0,265372181
Плотность	-0,027240879	-0,354226252	-0,185043569	-0,250696125	-0,298174923	-0,048696471	-0,073407427
Длинасovre	0,218299035	-0,190509476	0,031660156	-0,202081607	-0,28643786	-0,050860229	-0,065906394
Густотасovre	-0,014557975	-0,339342474	-0,177061497	-0,203065306	-0,307121957	-0,059785727	-0,040866613

Таблица 2

Прямая корреляция на 1999 год

	пл.пш.об.1999	пл.пш.необ.1999	пл.пастб.и.луг.1999	пл.лес.1999	пл.корм.культ.1999	пл.застр.terr.1999	пл.гидро.1999
Средуклон	0,427105842	0,19339436	0,302847316	-0,468813209	0,127925725	0,003689726	-0,241026232
Плотность	-0,137461642	-0,191873438	-0,067854892	-0,241353698	-0,166412898	-0,047956262	-0,087853427
Длинасovre	-0,024644211	0,06087498	0,149155312	-0,197133895	-0,017968625	0,001142653	-0,074207708
Густотасovre	-0,16580021	-0,172453327	-0,043109187	-0,197644274	-0,135765152	-0,042105572	-0,057300376

Таблица 3

Прямая корреляция на 2013 год

	пл.пш.об.2013	пл.пш.необ.2013	пл.пастб.и.луг.2013	пл.лес.2013	пл.корм.культ.2013	пл.застр.terr.2013	пл.гидро.2013
Средуклон	0,511526274	0,310690657	-0,008825979	-0,461209915	-0,243960357	-0,102507367	-0,228875713
Плотность	-0,083271657	-0,067130729	-0,187779486	-0,237186331	-0,164616651	-0,102016068	-0,078791345
Длинасovre	0,131672991	0,141664422	-0,130682767	-0,184199124	-0,144307105	-0,122828575	-0,065613949
Густотасovre	-0,069717829	-0,058365713	-0,197779438	-0,188924383	-0,181740743	-0,121308177	-0,04844973

Таблица 4

Прямая корреляция на 2023 год

	пл.пш.об.2023	пл.пш.необ.2023	пл.пастб.и.луг.2023	пл.лес.2023	пл.корм.культ.2023	пл.застр.terr.2023	пл.гидро.2023
Средуклон	0,215359983	0,501253349	0,191848125	-0,447649299	0,545055584	-0,137632704	-0,228527613
Плотность	-0,179085687	-0,028606723	-0,078602427	-0,272417068	-0,040280198	-0,122718881	-0,084773462
Длинасovre	-0,014120347	0,256656465	-0,081486274	-0,216487742	-0,220877308	-0,144498153	-0,070682716
Густотасovre	-0,18243097	0,019048774	-0,11150886	-0,228749244	-0,016696188	-0,14316657	-0,05443033

Вычисление коэффициента ранговой корреляции Спирмена как показателя зависимости морфометрических показателей от структуры землепользования

При вычислении прямой корреляции в качестве показателей структуры землепользования использовались абсолютные значения без учета степени их влияния на морфометрические показатели. Чтобы учесть такое влияние необходимо присвоить ранг каждому значению площади структуры землепользования.

Коэффициент корреляции Спирмена позволяет выявить связь между переменными, которые необязательно должны быть связаны линейно. Такие переменные не имеют нормального распределения.

Расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена состоит из следующих этапов:

1. Присвоение значений рангов. Переменные сортируются по возрастанию, наименьшему значению присваивается наименьший ранг, например, 1. Далее ранги присваиваются по возрастанию, если встре-

чаются одинаковые значения переменных, то им присваивается средний между ними ранг, например, для двух значений 0, 1 присвоены ранги 3 и 4 (по их порядку в списке значений), тогда для каждого значения будет присвоен ранг 3,5 – как среднее арифметическое между 3 и 4.

2. Определение разницы рангов для каждой пары соответствующих значений.

3. Возведение каждой разности рангов в квадрат и нахождение суммы таких квадратов.

4. Вычисление коэффициента методом Пирсона.

При вычислении коэффициента ранговой корреляции важно учесть один нюанс – если ранг представляет из себя дробное число, то результат будет приблизительный, то есть перед формулой должен стоять знак \approx , если дробных рангов нет, то перед формулой будет знак $=$. Контроль правильности присвоения рангов выражается в одинаковой сумме рангов для каждого морфометрического показателя и показателя структуры землепользования [8].

В Microsoft Excel нет необходимости искать разность пар рангов, возводить ее в квадрат и подставлять результат в формулу. Достаточно присвоить ранг каждому значению, а потом найти значение коэффициента корреляции по методу Пирсона, то есть с помощью функции [=КОРРЕЛ (массив1; массив2)], где массив 1 – значения рангов морфометрических показателей, а массив 2 – значения рангов площадей типов землепользования.

Для присвоения рангов в Microsoft Excel применяется функция [=РАНГ.СР(число; ссылка; [порядок])], где:

- число – ячейка со значением морфометрического показателя или показателя типа землепользования;
- ссылка – массив переменных, откуда взято предыдущее значение;
- порядок – сортировка значений по возрастанию или убыванию (1 – по возрастанию, 0 – по убыванию).

Следующим шагом является вычисление коэффициентов корреляции методом Пирсона, по тем же параметрам массивов и формуле

как при вычислении прямой корреляции. Результат представлен в таблицах 5, 6, 7, 8.

Таблица 5

Корреляция с учетом рангов на 1989 год

	пл.пш.об.1989	пл.пш.необ.1989	пл.пастб.и.луг.1989	пл.лес.1989	пл.корм.культ.1989	пл.застр.терр.1989	пл.гидро.1989
Средуклон	0,520518102	0,120205177	0,258500194	-0,34867493	-0,090297075	0,097953302	-0,338461739
Плотность	0,343748045	-0,081384499	0,11685463	-0,540109994	-0,22627161	0,188518093	-0,243699957
Длинасovre	0,474722935	0,226341223	0,263022281	-0,155691905	-0,081869181	0,254907585	-0,084401331
Густотасovre	0,378779698	0,090820007	0,204706828	-0,353948237	-0,177515298	0,282127873	-0,157302113

Таблица 6

Корреляция с учетом рангов на 1999 год

	пл.пш.об.1999	пл.пш.необ.1999	пл.пастб.и.луг.1999	пл.лес.1999	пл.корм.культ.1999	пл.застр.терр.1999	пл.гидро.1999
Средуклон	0,44969993	0,141567754	0,426843094	-0,316720409	0,228899544	0,204960279	-0,248676928
Плотность	0,253730918	0,069174767	0,297744119	-0,497647569	0,047615207	0,278617258	-0,169772397
Длинасovre	0,383538306	0,346992501	0,352897034	-0,115826415	0,136344723	0,382412657	-0,014348201
Густотасovre	0,314547342	0,194581097	0,295215619	-0,306687025	0,041861491	0,372111012	-0,093894728

Таблица 7

Корреляция с учетом рангов на 2013 год

	пл.пш.об.2013	пл.пш.необ.2013	пл.пастб.и.луг.2013	пл.лес.2013	пл.корм.культ.2013	пл.застр.терр.2013	пл.гидро.2013
Средуклон	0,528110459	0,410891149	0,079086064	-0,339039275	-0,199830954	-0,121566968	-0,132509589
Плотность	0,302203003	0,218124695	0,055115908	-0,492314326	-0,088727657	0,025008306	-0,166271851
Длинасovre	0,44135219	0,382705328	0,120248707	-0,116590091	-0,027327412	0,050433175	0,0074202
Густотасovre	0,363387319	0,288989853	0,09705942	-0,305018653	-0,081197614	0,039393258	-0,066398132

Таблица 8

Корреляция с учетом рангов на 2023 год

	пл.пш.об.2023	пл.пш.необ.2023	пл.пастб.и.луг.2023	пл.лес.2023	пл.корм.культ.2023	пл.застр.терр.2023	пл.гидро.2023
Средуклон	0,254278374	0,48627252	0,427935941	-0,295332169	0,54747371	-0,237374516	-0,194867419
Плотность	0,090490127	0,270788102	0,27308859	-0,461766646	0,392486967	-0,097500134	-0,160506396
Длинасovre	0,276764704	0,460251532	0,346499039	-0,101133929	0,517371908	-0,004893208	-0,020345494
Густотасovre	0,190311982	0,378491492	0,348610184	-0,285339971	0,493493737	-0,053130761	-0,106226558

Более детальное изучение данной проблемы с учетом гидро-геологических особенностей и основ геоморфологии может повлиять на разработку пособий и рекомендаций по использованию земель человеком, охране окружающей среды, снижению и прогнозированию негативных последствий деятельности человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 25.12.2023) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2001. – № 44. – ст. 4147.
2. Мещеряков Ю. А. Избранные труды. Рельеф и современная геодинамика. – М.: Изд-во Наука, 1981 г. – 280 с.
3. Симонов Ю. Г. Объяснительная морфометрия рельефа. – М.: Изд-во ГЕОС, 1999 г. – 250 с.
4. Цветков В. Я., Булгакова Т. В. Основы работы с MapInfo. / Часть 1. Ввод информации. – М.: МГУПС (МИИТ), 2004. – 55 с.
5. Цветков В. Я., Булгакова Т. В. Основы работы с MapInfo. / Часть 2. Редактирование и вывод. – М. МГУПС (МИИТ), 2004. – 40 с.
6. Цветков В. Я. Основы работы с MapInfo. Ч1. Начальный этап работы / Электронные методические указания. – М.: Министерство общего и профессионального образования РФ. ЦЕНТР ИНФОРМАТИЗАЦИИ., Гос. регистр баз данных. 1998 г. – 55с.
7. «Корреляционный анализ. Использование Microsoft Excel для расчёта коэффициента корреляции». [Электронный ресурс]. – URL: <https://clck.ru/3McR6E> (дата обращения: 07.06.2025).
8. «Коэффициент ранговой корреляции Спирмена». [Электронный ресурс]. – URL: <https://clck.ru/3McuDS> (дата обращения: 07.06.2025).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Пузеев Сергей Андреевич, студент 1 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: sergey.orekhov.03@mail.ru

**Филиппова Юлия Михайловна,
Ярлушкина Анастасия Юрьевна**

ТЕРРИТОРИЯ КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ: ИНСТРУМЕНТЫ, ПОДХОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Научный руководитель: Алексеева Юлия Петровна, старший преподаватель, к.г.н.,
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г. Казань

В современную эпоху ускоренных глобальных трансформаций и активной цифровизации пространства становится особенно актуальным переосмысление категории «территория» как объекта анализа и управления. Изменения, связанные с ростом урбанизации, трансграничными миграциями, развитием информационных и коммуникационных технологий, приводят к тому, что традиционные представления о территории – в качестве статичного и географически фиксированного участка – всё больше уступают место динамическим, многомерным моделям. Исследования, посвящённые применению цифровых и геопространственных технологий в изучении территорий, подтверждают необходимость пересмотра методологических основ территориального анализа [23; 25].

Однако на практике перед исследователями возникает значительная проблематика. Во-первых, подходы к изучению территории оказываются разнородными: географические школы, региональная экономика, социология, экология – каждая дисциплина работает в своей парадигме, что приводит к методологической фрагментарности. Во-вторых, технологии пространственного анализа развиваются крайне быстро: геоинформационные системы (ГИС) [24; 26], дистанционное зондирование Земли и инструменты спектрального анализа [23], интеграция BIM и GIS-моделей [11], анализ пространственных данных с использованием открытых источников или Big Data [21] формируют новую технологическую среду исследований. Зарубежные исследования также подчёркивают переход к многоуровневым и мно-

гомерным моделям территориального анализа [9; 16]. Такая ситуация вызывает потребность в систематизации, без которой исследование территории остаётся разрозненным и не позволяет получить целостное представление о пространственных процессах.

Цель данной статьи – провести систематизацию инструментов, подходов и технологий исследования территории, выявить их взаимосвязь и определить направления практического применения.

Для достижения заявленной цели формулируются следующие задачи:

- определить сущность понятия «территория» как объекта анализа;
- проанализировать методы и инструменты исследования территории;
- рассмотреть современные цифровые технологии, применяемые в территориальных исследованиях;
- обозначить направления практического применения результатов пространственного анализа.

Теоретико-методологической базой исследования выступают работы по географии, региональной экономике, урбанистике, пространственному моделированию и ГИС-технологиям. Методологически применяются междисциплинарный анализ, сравнительный анализ, синтез, элементы системного подхода, а также анализ практических кейсов. Ограничения обусловлены доступностью и сопоставимостью пространственных данных, различием масштабов анализа (локальный, региональный, национальный), а также необходимостью владения специализированными цифровыми инструментами исследователем.

Исследование территории как сложной социально-экономической и пространственной системы уже несколько десятилетий занимает заметное место в отечественной научной традиции. В работах, посвящённых проблемам пространственного развития России, подчёркивается, что территория рассматривается не только как совокупность природных и ресурсных характеристик, но и как поле

взаимодействия экономических, социальных и институциональных процессов [23]. При этом территориальная организация становится ключевой основой для оценки устойчивости регионов, выявления асимметрий и формулирования мер государственной политики [23–24].

Отдельное направление исследований связано с анализом влияния цифровой трансформации на пространственное развитие регионов. Авторы отмечают, что цифровые технологии меняют традиционные подходы к управлению территорией, расширяют возможности мониторинга, прогнозирования и моделирования пространственных процессов [18; 24]. Цифровые платформы, геоинформационные системы и инструменты анализа больших пространственных данных трактуются как инфраструктура, обеспечивающая новый уровень управляемости территорий и сетевой взаимосвязанности регионов [18].

На пересечении теоретических работ о пространственном развитии и прикладных исследований стоит обширный пласт литературы, посвящённый геоинформационным системам (ГИС). В ряде публикаций ГИС описываются как базовый инструмент территориального анализа, позволяющий интегрировать разнородные данные о природных ресурсах, инфраструктуре, демографии и экономике в едином пространственном контексте [11; 25]. Одни авторы фокусируются на уточнении понятийного аппарата и критериев выбора оптимальной ГИС-платформы в зависимости от задач территориального анализа [25], другие – на институциональных и правовых аспектах использования геоинформационных систем [19].

Историческая эволюция ГИС и тенденции их развития в мире и в России также становятся предметом специальных обзоров. Отмечается постепенный переход от «классических» ГИС, ориентированных на картографирование и простейшие операции со слоями, к комплексным геопорталам, интегрированным с веб-сервисами, датчиками, мобильными приложениями и аналитическими модулями [19]. Подчёркивается, что современный этап характеризуется усилением аналитической составляющей ГИС, включением методов пространственной статистики, машинного обучения и моделирования сценариев пространственного развития.

Значительная часть отечественных исследований посвящена применению ГИС для анализа региональных и муниципальных территорий. Работы по ГИС-анализу региональных особенностей демонстрируют, что картографический метод остаётся важнейшим средством выявления пространственных различий и закономерностей развития регионов [11]. Муниципальные геоинформационные системы рассматриваются как инструмент поддержки принятия решений на уровне местного самоуправления: от учёта земель и объектов недвижимости до планирования инженерной и социальной инфраструктуры. В этих исследованиях подчёркивается, что внедрение муниципальных ГИС позволяет повысить прозрачность управления, сократить издержки, улучшить качество пространственных данных и обеспечить основу для долгосрочного планирования развития территории [9; 21].

В литературе представлено множество примеров применения ГИС-технологий в отдельных секторах территориального развития. В сельском и лесном хозяйстве геоинформационные системы используются для оценки природно-ресурсного потенциала, планирования размещения объектов возобновляемой энергетики, оптимизации использования земель [8].

В сфере землеустройства и кадастровых работ ГИС позволяют систематизировать сведения о землях и их правовом статусе, проводить типологизацию территорий и оценку эффективности их использования [16]. Для оценки участия различных территорий в социально-экономических процессах применяются методы геоинформационного картографирования и пространственной типологизации [26].

Отдельный блок публикаций связан с использованием ГИС в медицинской и экологической тематике. Исследования по социально-гигиеническому мониторингу показывают возможности геоинформационных систем для анализа пространственного распределения показателей здоровья населения, оценки влияния факторов среды и планирования профилактических мероприятий [13]. В экологических работах ГИС рассматриваются как основа для мониторинга состояния природных территорий, анализа антропогенной нагрузки и поддержки решений по охране окружающей среды [8; 11]. Таким образом, геоин-

формационные методы постепенно закрепляются как универсальный инструмент, применимый к самым различным аспектам территориального развития.

При этом в литературе отмечается ряд ограничений и проблем, связанных с применением современных технологий в территориальных исследованиях. Среди них – фрагментарность и неоднородность исходных данных, различия в методиках сбора и верификации информации, отсутствие единого стандарта интеграции статистических и пространственных данных [18; 24; 26]. Авторы обращают внимание и на институциональные барьеры: недостаточную подготовку специалистов, ограниченные финансовые и технические ресурсы органов власти, сложности межведомственного обмена информацией [9; 19; 21]. Всё это ведёт к тому, что, несмотря на очевидный потенциал ГИС и цифровых технологий, их роль в принятии управленческих решений на региональном и муниципальном уровнях реализована пока не в полной мере.

Обобщая анализ существующих исследований, можно отметить, что в отечественной литературе хорошо разработаны:

- теоретические подходы к пространственному развитию и региональной дифференциации территорий [18; 23–24];
- методические и технологические аспекты внедрения ГИС в практику территориального управления [8–9; 11; 13; 16; 19; 21; 24].
- отдельные отраслевые направления применения геоинформационных технологий (землеустройство, энергетика, экология, здравоохранение) [8; 13; 16; 26].

В то же время сравнительно мало работ, которые целостно рассматривают территорию именно как междисциплинарный объект, связывая теоретические модели пространственного развития с конкретным набором цифровых инструментов и технологий анализа. Данный пробел и обуславливает необходимость систематизации подходов, методов и технологий, предпринимаемой в настоящем исследовании.

В научной литературе категория «территория» трактуется как сложное, многомерное понятие, объединяющее природные, социаль-

ные, экономические и культурные компоненты. Наиболее устойчивым остаётся географическое понимание территории, согласно которому она представляет собой определённый участок земной поверхности, обладающий физическими границами, ресурсами, рельефом, климатом и другими природными характеристиками [23]. Однако в современных исследованиях территория всё чаще рассматривается как социально сконструированное пространство, в котором взаимодействуют население, хозяйственные системы, институты власти и культурные нормы [24]. Таким образом, территория перестаёт быть исключительно геофизической категорией и приобретает свойства социального и культурного феномена.

Социально-экономический анализ подчёркивает, что территория является основой для размещения производительных сил, формирования экономических кластеров и развития инфраструктуры, а также играет роль ключевого фактора в устойчивом развитии регионов [17]. В этом контексте территория выступает не только как физическая основа деятельности, но и как ресурс, имеющий собственную стоимость, уникальность и стратегический потенциал. Культурные исследования добавляют ещё одно измерение: территория интерпретируется как пространство идентичностей, традиций и символических значений, формирующих локальную специфику и влияющих на социальную динамику [23–24].

Важной характеристикой территории является её пространственно-временная природа. Территория не статична: её структурные свойства, границы и функциональное назначение изменяются во времени под воздействием урбанизации, социально-экономических процессов, политических решений и технологических преобразований [18]. В региональных исследованиях особое внимание уделяется тому, как изменяются пространственные связи, плотность населения, конфигурация экономических потоков, а также формы территориального управления. Таким образом, пространство и время оказываются взаимосвязанными измерениями, определяющими динамику территориального развития.

Отдельного рассмотрения требует различие между понятиями «территория», «пространство», «регион» и «зона». Пространство воспринимается как более абстрактная категория, характеризующая расположение объектов и их взаимные связи без привязки к административным или функциональным границам [23]. Территория, напротив, имеет конкретные очертания и структуру, включающую природные, хозяйственные и социальные компоненты. Понятие «регион» обычно употребляется в социально-экономическом контексте и относится к территории, выделенной на основе хозяйственных, культурных или административных критериев, обладающей собственной системой управления и развитием [18]. «Зона» же может пониматься как часть территории, обладающая унифицированными условиями – природными, экономическими или функциональными (например, климатическая зона или зона с особыми условиями хозяйствования).

Анализ территории как научной категории опирается на ряд теоретических парадигм, сформировавшихся в географии, экономике, социологии и смежных дисциплинах. Каждая из них предлагает собственный взгляд на структуру и функционирование территориальных систем, что позволяет формировать многомерное представление о пространственных процессах.

Классическая географическая школа рассматривает территорию прежде всего как природно-географический комплекс, структурированный по принципу ландшафтного членения. В рамках этой парадигмы территория изучается через её физико-географические характеристики – рельеф, климат, почвы, растительность, водные ресурсы. Такой подход позволяет выявлять пространственные различия, закономерности природного районирования и связи между природными условиями и хозяйственным освоением территорий [23].

Пространственная экономика, заложенная в трудах В. Кристаллера [3], А. Лёша [17] и развиваемая позднее М. Фуджитой [2], предлагает интерпретацию территории как экономического пространства, в котором размещаются хозяйственные центры, транспортные узлы и рынки [18]. Теории центральных мест и пространственного равновесия описывают закономерности формирования региональных систем расселения, распределения производств и взаимодействия между

центрами разного уровня. В современных исследованиях пространственная экономика объединяет географические и математические методы, включая моделирование потоков, оценку агломерационных эффектов и пространственную регрессию [18; 24].

Социально-пространственный подход, развиваемый в социологии и урбанистике, сосредоточен на социальном содержании территории. Территория рассматривается как пространство социальных практик, взаимодействий, норм и идентичностей. Урбанистические исследования показывают, что социальная структура городов формируется под воздействием транспортной доступности, инфраструктуры, распределения функций городской среды и культурных особенностей населения. Такой подход важен для понимания социальной сегрегации, качества городской среды и факторов развития человеческого капитала.

Культурно-географический подход акцентирует внимание на символическом, ценностном и историческом содержании территории. В рамках данной парадигмы территория трактуется как пространство культурных кодов, локальных традиций, ментальных карт и коллективной памяти. Особое значение придаётся изучению территориальной идентичности, культурного наследия, а также влиянию культурных факторов на социально-экономическое развитие регионов [23].

Институциональный и политико-географический подходы анализируют территорию через призму институтов, механизмов власти и политико-административного устройства. Территория понимается как поле взаимодействия различных уровней управления, где формируются нормы, регулирующие распределение ресурсов, принятие решений и реализацию государственной политики. Политическая география исследует влияние границ, геополитических факторов и стратегических интересов государства на формирование территориальной целостности и динамику развития регионов [18].

Современные представления о территории всё чаще основываются на системном подходе, который рассматривает её как целостную, структурированную и динамичную систему. В рамках системной парадигмы территория обладает рядом характеристик, позволяющих выделять её как особый тип пространственных систем.

Ключевым свойством является целостность, означающая взаимосвязанность всех элементов территории – природных ресурсов, населения, инфраструктуры, хозяйственных отраслей и институтов управления. Изменение любого элемента ведёт к перестройке всей системы, что подчёркивает комплексный характер территориального развития.

Иерархичность проявляется в структурном делении территории на уровни: от локального (муниципалитеты, городские районы) до регионального и национального. Каждый уровень обладает своими функциями, ресурсами и механизмами управления, но при этом включён в более крупные системы. Иерархическая структура позволяет системе сохранять устойчивость, распределять нагрузку и обеспечивать координацию процессов [18, 23].

Не менее важным свойством является взаимосвязанность элементов, проявляющаяся в наличии устойчивых экономических, транспортных, социальных и экологических связей. Эти связи обеспечивают функционирование территориальных систем как единого целого, формируя потоки населения, товаров, информации, инвестиций и услуг.

Особый интерес представляют территориальные социально-экономические системы (ТСЭС). Под ТСЭС понимаются пространственно организованные системы, объединяющие население, хозяйственный комплекс, инфраструктуру и природные условия, связанные едиными процессами развития. ТСЭС являются объектом анализа региональной экономики, пространственного планирования, географии и урбанистики. Исследователи подчеркивают, что эффективность функционирования таких систем зависит от согласованности процессов размещения производств, транспортных схем, демографической динамики и институционального регулирования [18; 24].

Одним из ключевых направлений изучения территорий является оценка устойчивости и динамики территориальных систем [22]. Устойчивость предполагает способность территории поддерживать стабильные характеристики в условиях внешних воздействий, сохраняя функциональность природной и социально-экономической среды. Динамика отражает направленность изменений – рост, спад, трансфор-

мацию пространственной структуры, формирование новых функциональных зон и изменение интенсивности межтерриториальных связей [10]. Исследования подчёркивают, что цифровые технологии и ГИС существенно усиливают возможности анализа устойчивости территорий, позволяя моделировать сценарии развития и оценивать риски [24].

Понимание территории как сложного и многослойного объекта исследования обусловило формирование различных научных подходов, каждый из которых акцентирует внимание на определённых характеристиках и процессах территориального развития. Современное территориоведение опирается на междисциплинарное взаимодействие географии, экономики, социологии, экологии и управленческих наук, что позволяет рассматривать территорию одновременно как природный комплекс, социальное пространство, экономическую систему и объект стратегического управления. В рамках такого многообразия подходов особенно важно выделить ключевые направления анализа, определяющие способы изучения и интерпретации территориальных процессов (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная таблица подходов

Подход	Объект анализа	Основные методы	Главная цель	Примеры применения
Географический	Природные и пространственные структуры	Картографирование, ландшафтный анализ, дифференциация	Выявление пространственных закономерностей	Картографирование ландшафтов, районирование
Экономико-географический	Хозяйственная деятельность	Анализ размещения, кластерный анализ, оценка диспропорций	Оптимизация экономического развития	Выявление кластеров, анализ специализации

Социологический / антропологический	Социальные группы и практики	Полевые исследования, анализ среды, изучение идентичностей	Понимание человеческого фактора развития	Оценка городской среды, миграционные исследования
Экологический	Экосистемы и природные процессы	Экологический мониторинг, оценка нагрузки, анализ экосистемных услуг	Обеспечение экологической устойчивости	Оценка рисков, природоохранное планирование
Управленческий / стратегический	Системы управления и планирования	Стратегический анализ, моделирование, нормативное регулирование	Развитие и управление территорией	Стратегии регионов, генпланы, цифровые платформы

Современные исследования территории опираются на широкий спектр инструментов, позволяющих проводить многомасштабный анализ природных, социальных и экономических процессов. Цифровизация, развитие ГИС-технологий, расширение баз данных и доступность спутниковых снимков сформировали новую методологическую среду, в рамках которой территория изучается как сложная динамическая система. Наиболее значимые группы инструментов рассмотрены ниже.

Таблица 2

Основные группы инструментов исследования территории

Группа инструментов	Цель	Примеры	Возможности
Картографические и ГИС	Визуализация и пространственный анализ	ArcGIS, QGIS	Интеграция данных, геокодирование, моделирование
Пространственный анализ	Выявление закономерностей	закономерностей Moran's I, LISA, GWR	Анализ кластеров, пространственная регрессия

ДЗЗ	Мониторинг и классификация	Sentinel, Landsat	Оценка биоразнообразия, урбанизации, NDVI
Социально-аналитические методы	Изучение поведения населения	Интервью, соцсети	Анализ восприятия, мобильности
Экономико-статистические	Оценка развития	Индикаторы, прогнозы	Выявление потенциала и рисков

Современное изучение территории всё чаще опирается на цифровые технологии, которые кардинальным образом меняют возможности анализа, моделирования и управления пространственными системами. Цифровая трансформация открывает новые источники данных, методы обработки и платформы, что позволяет исследователям работать с территорией в режиме реального времени, на больших массивах данных и с высокой степенью детализации.

Одним из ключевых источников информации становятся большие массивы пространственных данных – Big Data – получаемые от мобильных операторов, транспортных систем, устройств Интернета вещей (IoT), открытых государственных платформ [7]. Эти данные содержат значения о перемещениях людей, транспортных потоках, активности устройств и инфраструктуры, и позволяют получать динамические характеристики территории: интенсивность использования, изменения во времени, сетевые связи. При этом методы обработки больших массивов данных включают распределённые вычисления, параллельную обработку, алгоритмы машинного обучения и потоковой аналитики. Применение таких технологий даёт возможность анализировать территориальное развитие и устойчивость, выявлять новые взаимосвязи между инфраструктурой, населением и средой.

Искусственный интеллект (ИИ) и методы машинного обучения становятся важнейшими инструментами пространственного анализа. С их помощью исследователи классифицируют ландшафты, извлекая из спутниковых снимков типы землепользования, зоны изменений, нарушенную среду. Далее ИИ используется для прогноза простран-

ственного развития: моделируются сценарии роста города, изменения инфраструктуры, миграции населения. Автоматическое выделение объектов по снимкам (например, зданий, дорог, водоёмов) с помощью нейросетей и алгоритмов глубокого обучения помогает ускорить анализ и повысить точность картирования. Такие технологии позволяют перейти от статичного анализа к динамическому моделированию территорий в режиме мониторинга и оперативного реагирования [1; 4].

Технологии 3D-моделирования и цифровых двойников территории (digital twin) дают исследователям и администраторам возможность визуализировать и симулировать территорию в трёх измерениях. 3D-карты, BIM-модели (Building Information Modeling), цифровые представления городов позволяют интегрировать данные о зданиях, инфраструктуре, инженерных сетях и природном рельефе в единую модель. Это обеспечивает мониторинг инфраструктуры, выявление рисков, анализ устойчивости и планирование развития. Применение таких инструментов в урбанистике и строительстве открывает новые горизонты: можно моделировать влияние новых объектов, оценивать сценарии застройки, изучать динамику изменений городской ткани и инфраструктуры.

Современные платформы геоаналитики и облачные сервисы становятся рабочей средой для пространственного анализа. Платформы вроде Google Earth Engine позволяют обрабатывать спутниковые снимки и массивы данных дистанционного зондирования в облаке, выполнять временной анализ и классификацию. Cloud-GIS и геооблачные сервисы позволяют хранить, обрабатывать и визуализировать геопространственные данные в режиме 24/7, интегрироваться с инструментами ИИ и Big Data-анализа. Интеграция геоаналитических платформ в системы управления территориями – часть стратегии «умных городов» и «умных территорий», где мониторинг, прогнозирование и планирование становятся непрерывным процессом.

Результаты территориальных исследований играют ключевую роль в управлении развитием пространств различного уровня – от городских агломераций до крупных регионов. Исследования позволяют формировать научно обоснованные решения, направленные на повы-

шение устойчивости территорий, улучшение качества среды и оптимизацию пространственной структуры. Практическое использование данных включает градостроительство, региональное планирование, экологическое регулирование и развитие культурно-туристического потенциала.

Одним из наиболее значимых направлений применения территориальных исследований является градостроительное планирование [12]. На основе анализа пространственных процессов формируются генеральные планы, схемы территориального развития и проекты функционального зонирования. Изучение зарубежного и отечественного опыта показывает, что качественная градостроительная документация опирается на комплексное исследование инфраструктуры, демографии и природных факторов.

Особое внимание уделяется анализу транспортной доступности. Пространственные методы позволяют выявлять транспортные коридоры, оценивать нагрузку на инфраструктуру, определять районы с недостаточной связностью. Такие данные используются для оптимизации маршрутной сети и планирования новых транспортных узлов.

Не менее важным результатом территориального анализа является создание комфортной городской среды. Пространственные исследования выявляют дисбалансы в распределении зеленых зон, общественных пространств, социальных объектов, что позволяет формировать программы благоустройства и улучшения городской среды.

Территориальные исследования составляют основу стратегического управления регионами. Научно обоснованные стратегии учитывают природные, социальные и экономические особенности территорий, что позволяет выстраивать эффективную региональную политику. Оценка экономического потенциала регионов включает анализ производственных структур, ресурсов, человеческого капитала и инвестиционной привлекательности. Это даёт возможность выявлять точки роста и определять направления стимулирования региональной экономики [20]. Мониторинг развития территорий основан на системе пространственных индикаторов: занятости, доходов, миграции, уровня инфраструктуры и качества жизни. Регулярные наблюдения

позволяют оперативно корректировать стратегические решения, а также выявлять социально-территориальные дисбалансы.

В области экологической политики территориальные исследования применяются для оценки природных рисков, планирования природоохранных мероприятий и мониторинга состояния экосистем. Анализ рисков помогает прогнозировать наводнения, оползни, пожары и другие природные угрозы, обеспечивая подготовку систем реагирования. Пространственные методы позволяют выявлять изменения состояния ландшафтов, загрязнение среды, деградацию природных территорий. Эти данные используются для определения зон экологической опасности и разработки природоохранных мер. На основе территориального анализа осуществляется создание и планирование ООПТ – заповедников, национальных парков, природных заказников [6]. Учитываются уникальные природные характеристики, биологическое разнообразие и антропогенная нагрузка.

Территориальные исследования способствуют развитию туристического потенциала регионов [5]. Карты туристических потоков помогают оценить посещаемость территорий, выявить перегруженные зоны и определить перспективные направления инфраструктурного развития.

Исследование культурных ландшафтов – историко-архитектурных комплексов, памятников, объектов нематериального наследия – является основой формирования туристических маршрутов. Такие исследования способствуют не только развитию туризма, но и сохранению локальной идентичности.

Территориальное брендинг основано на выявлении уникальных характеристик региона: природных, культурных, экологических, экономических. Создание бренда территории позволяет повысить привлекательность региона для инвесторов, туристов и жителей, укрепляя его конкурентные позиции.

Несмотря на широкое распространение цифровых технологий, современные территориальные исследования сталкиваются с рядом ограничений, которые снижают точность результатов и затрудняют практическое использование пространственных данных. Эти огра-

ничения связаны как с техническими аспектами работы с данными, так и с методологическими, институциональными и этическими факторами.

Одной из ключевых проблем остаётся неравномерный доступ к качественным пространственным данным. Крупные агломерации и исследовательские центры имеют возможность получать детализированные спутниковые снимки, данные мобильных операторов, статистические массивы, тогда как малые территории ограничены в ресурсах и доступе к актуальной информации. Это формирует территориальное «цифровое неравенство», которое отражается на качестве аналитических моделей.

Кроме того, значительная часть данных остаётся закрытой по ведомственным и коммерческим причинам, что усложняет построение комплексных исследований и ограничивает сопоставимость территорий.

Многие методы пространственного анализа чувствительны к масштабу и качеству исходных данных. Спутниковые снимки подвержены атмосферным и сезонным искажениям, статистические данные часто имеют временные лаги, а модели – упрощённые предпосылки. Проблема масштаба особенно критична: для локального уровня необходимы детализированные данные, которые нередко отсутствуют или оказываются слишком дорогими. Использование чрезмерно агрегированных данных приводит к потере значимых пространственных закономерностей.

С развитием Big Data и мобильной аналитики возрастает значимость вопросов этики и защиты персональных данных. Геолокационные данные содержат информацию о перемещениях людей и могут представлять риск вторжения в частную жизнь. Поэтому в территориальных исследованиях необходимо соблюдать принципы анонимизации, агрегирования и недопущения идентификации личности [20]. Этические стандарты становятся особенно актуальными при работе с данными социальных сетей, транспортных карт и данных мобильных операторов.

Интеграция данных дистанционного зондирования, статистики, ГИС-слоёв, социальных и экономических показателей требует высокой степени согласования форматов, систем координат, методов об-

работки. Разнородность данных приводит к росту ошибок, увеличению времени подготовки массива и снижению точности итоговых моделей. Нередко данные из разных источников противоречат друг другу или обновляются с разной периодичностью, что осложняет мониторинг территорий.

Проведённое исследование показало, что современное изучение территории представляет собой сложный и многогранный процесс, объединяющий теоретические концепции, разнообразные научные подходы и широкий спектр цифровых технологий. Теоретические основания территориального анализа формируют методологическую базу, позволяющую рассматривать территорию как динамичную систему, включающую природные, социальные, экономические и культурные компоненты. Технологические же решения обеспечивают переход от традиционных методов к новым формам анализа, основанным на больших данных, искусственном интеллекте и пространственном моделировании.

Полученные результаты подтверждают важность комплексного подхода, интегрирующего инструменты картографии, ГИС-анализ, методы пространственной статистики, данные дистанционного зондирования и социально-экономические индикаторы. Такой подход обеспечивает целостное представление о структуре, динамике и функционировании территорий, а также позволяет выявлять скрытые закономерности, которые невозможно установить при использовании отдельных методов [20].

Осмысление роли цифровых технологий демонстрирует перспективность их дальнейшего развития. Среди наиболее значимых направлений следует выделить создание цифровых двойников территорий, расширение возможностей геоаналитических платформ, интеграцию ИИ в процессы прогнозирования, моделирования и автоматизированного картографирования. Эти тенденции определяют будущие ориентиры развития территориальных исследований и дают возможность формировать новые принципы территориального управления.

В качестве рекомендаций для последующих исследований можно предложить несколько ключевых направлений. Во-первых, требуется дальнейшее развитие методов интеграции разнородных пространственных данных, что позволит повысить точность и сопоставимость результатов. Во-вторых, необходимо уделять больше внимания этическим аспектам использования геолокационных данных, особенно в условиях расширения Big Data и мобильной аналитики. В-третьих, перспективным представляется исследование потенциала цифровых двойников, позволяющих моделировать территориальные процессы в реальном времени. Наконец, важно продолжать изучение социально-пространственных процессов и включать население в анализ территории через методы краудсорсинга, цифровых анкетирований и аналитики поведения.

Таким образом, современный территориальный анализ находится в стадии активного развития, и его потенциал будет возрастать по мере дальнейшего внедрения цифровых технологий, совершенствования методологических подходов и расширения открытых источников пространственных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abdulrazzaq Shaamala, Tan Yigitcanlar, Alireya Nili, Dan Nyandega. Machine learning applications for urban geospatial analysis: A review of urban and environmental studies // *Cities*. – 2025. – Vol. 165. – 106139.
2. Fujita M., Krugman P., Venables A. *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*. – Cambridge: MIT Press, 2001. – 382 p.
3. Christaller W. *Central places in Southern Germany* / W. Christaller, C. W. Baskin. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1966.
4. Xue B., Xu Y., Yang J., Xiao X. Applications of Machine Learning in National Territory Spatial Planning // *Applied Sciences*. – 2024. – Vol. 14. – 4045.

5. Алексеева Ю. П., Захарова Ю. С. Дифференциация туристско-рекреационного потенциала Республики Татарстан // Московский экономический журнал. – 2024. – Т. 9, № 1. – DOI 10.55186/2413046X_2023_9_1_55.

6. Алексеева Ю. П. Роль особо охраняемых природных территорий в структуре туристско-рекреационного потенциала // Туристско-рекреационный комплекс в системе регионального развития: материалы XII Международной научно-практической конференции. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2024. – С. 24–28.

7. Алексеева Ю. П. Современные информационные технологии в туризме // Национальные экономические системы в контексте трансформации глобального экономического пространства: сборник научных трудов. – Симферополь: Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 51–53.

8. Киселева С. В., Лисицкая Н. В., Попель О. С. [и др.] Геоинформационные системы для возобновляемой энергетики (обзор) // Теплоэнергетика. – 2023. – № 11. – С. 115–127. – DOI 10.56304/S0040363623110073.

9. Грибкова И. С., Попова О. С. Муниципальные геоинформационные системы: проблемы и пути решения // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 11. – С. 143–154.

10. Дружинин А. Г., Угольницкий Г. А. Устойчивое развитие территориальных социально-экономических систем: теория и практика моделирования. – Москва: Вузовская книга, 2013. – 224 с.

11. Есикова В. О. ГИС-анализ региональных особенностей воспроизводства населения Калужской области // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27, № 4. – С. 320–332. – DOI 10.35595/2414-9179-2021-4-27-320-332.

12. Иванов Р. Н., Рубцов В. А. Теоретические подходы и аспекты исследования пространственного развития городских территорий // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2024. – Т. 34, № 4. – С. 482–489. – DOI 10.35634/2412-9518-2024-34-4-482-489.

13. Калюжин А. С., Латышевская Н. И., Байракова А. Л., Калюжина М. А., Морозова М. А., Филатов Б.Н. Геоинформационная система как инструмент СГМ в структурах Роспотребнадзора и здравоохранении // Здоровье населения и среда обитания (ЗНиСО). – 2024. – Т. 32, № 1. – С. 36–48.
14. Чибилев А. А., Соколов А. А., Руднева О. С. [и др.] Картографический анализ современного социально-эколого-экономического состояния пространственного развития степных регионов России. Т. 2. – Оренбург: Институт степи УрО РАН, 2023. – 51 с.
15. Рожко М. В., Булатова Г. Н., Рубцов В. А., Сидоров В. П. Картографические методы в туризме. – Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2023. – 192 с. – ISBN 978-5-4312-1149-2.
16. Конюхова М. С. Использование геоинформационных систем для решения задач в землеустройстве // Научные труды Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского. – Калуга, 2020. – С. 165–171.
17. Лёш А. Географическое размещение хозяйства. М.: Иностранная литература, 1959. – 455 с.
18. Никитская Е. Ф. Инновационные аспекты пространственного развития регионов России // Стратегия России: взгляд в завтрашний день. – Москва: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2021. – С. 287–295.
19. Поликарпов А. В., Голубев Н. А., Огрызко Е. В., Руголь Л. В. История развития геоинформационных систем в мире и их использование в здравоохранении // Врач и информационные технологии. – 2023. – № 4. – С. 4–13.
20. Розанова Л. И. Методологические основы анализа регионального развития // Теоретическая и прикладная экономика. – 2014. – № 4. – С. 1–38. – DOI 10.7256/2306-4595.2014.4.11732.
21. Саблин А. Э., Домнина К. Л., Данилов М. В. Перспективы развития и внедрения муниципальных геоинформационных систем на территории Удмуртской Республики // Региональная экономика и управление. – № 3(59).
22. Семина И. А., Чернобровкина В. А. Устойчивое развитие территориальных систем сельского хозяйства (на примере Респуб-

лики Мордовия) // Вестник Краснодарского регионального отделения РГО. – Краснодар, 2024. – С. 119–122.

23. Хмара Ю. Н., Шевченко О. В. Пространственное развитие регионов России и «электронное участие граждан»: концепт и региональные аспекты // Научный ежегодник Центра анализа и прогнозирования. – 2020. – № 1(4). – С. 218–222.

24. Урасова А. А., Глезман Л. В., Федосеева С. С. [и др.] Цифровая трансформация регионального пространства в контексте изменения стратегических приоритетов. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2022. – 220 с. – ISBN 978-5-94646-665-3.

25. Шадрина И. А., Балынин С. Ю. Выбор оптимальных геоинформационных систем для разработки цифрового паспорта на озеленённые территории // Ландшафтная архитектура, строительство, дизайн и обработка древесины. – СПб.: СПбГЛТУ им. С. М. Кирова, 2021. – С. 114–121.

26. Щербакова Т. К., Супрунчук И. П. Использование ГИСТехнологий для оценки уровня географического образования региона (на примере олимпиады СКФУ «45 параллель») // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 176–190. – DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-176-190.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Филиппова Юлия Михайловна, студентка 2 курса бакалавриата направления подготовки «Туризм и гостиничное дело», Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.

E-mail: stirisidium@gmail.com

Ярлушкина Анастасия Юрьевна, студентка 2 курса бакалавриата направления подготовки «Туризм и гостиничное дело», Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.

E-mail: stirisidium@gmail.com

Ходырева Марина Андреевна

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Научный руководитель: Ситников Павел Юрьевич, старший преподаватель, Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. В данной статье рассмотрена методика оценки инфраструктуры сельской местности, а также показатели, которые могут использоваться для оценки состояния инфраструктуры.

Ключевые слова: сельские территории, инфраструктура, методика, показатели, влияющие факторы.

Для субъектов РФ характерны дисбалансы социально-экономического развития. Один из методов преодоления дисбалансов – развитие инфраструктуры. Главный индикатор уровня развития региональной инфраструктуры – сельские территории, по которым можно действительно оценить уровень развития региона, поскольку в городской местности даже в периферийных районах инфраструктура достаточно развита.

Цель работы – рассмотреть показатели, которые могут быть использованы для оценки инфраструктуры сельских пространств, а также методы расчета этих показателей.

Задачи работы: познакомиться с понятием и видами инфраструктуры; рассмотреть общие методические подходы к оценке уровня развития инфраструктуры; рассмотреть факторы, влияющие на уровень развития инфраструктуры сельских территорий.

Выбранные показатели и методика, на наш взгляд, помогут наиболее рационально оценивать развитие региональной инфраструктуры.

Инфраструктура в современном понимании – совокупность специфических форм, методов и процессов, а также сооружений, зданий,

всевозможных коммуникаций, обеспечивающих общие условия и нормальное функционирование экономической, социальной, экологической и других областей жизнедеятельности общества, его воспроизводства и развития [9].

До сих пор сохраняется неоднозначное толкование содержания категории, что связано с применением термина «инфраструктура» для разных ее уровней: для макроуровня, мезоуровня (уровня регионов) и микроуровня (уровня организаций), а также с выделением в каждом уровне отдельных составляющих. Так, на уровне национальной экономики чаще всего выделяют производственную, социальную и рыночную инфраструктуры. Аналогичное деление сохраняется и на уровне регионов [8].

При этом под производственной инфраструктурой понимают совокупность институциональных единиц реального сектора экономики, обеспечивающих функционирование материального производства в стране или отдельном регионе. К ним относятся объекты транспортного комплекса, комплекса связи и телекоммуникаций, дорожного хозяйства и т. п.

Объекты второй составляющей – рыночной инфраструктуры – обеспечивают деятельность товарных, фондовых и иных рынков на уровне страны в целом и ее отдельных регионов. Поэтому к ним относятся организации оптовой и розничной торговли, биржевой торговли, коммерческие банки, страховые компании, инвестиционные фонды и др. [8].

Третья составляющая – социальная инфраструктура – связана с обслуживанием населения и составляет материальную основу тех отраслей и видов услуг, которые обеспечивают нормальное воспроизводство населения и рост человеческого капитала: образовательно-просветительные учреждения, культура и искусство, система здравоохранения, учреждения по организации различных видов досуга, предприятия розничной торговли и бытового обслуживания [9].

Сельские территории являются проблемным звеном в социально-экономическом состоянии большинства регионов РФ, так как их развитие происходит крайне неравномерно. Уровень и качество жизни

сельского населения в целом существенно отстают от уровня жизни в городах, так как сужается доступ населения к услугам организаций социальной сферы, углубляется информационный и инновационный разрыв между городской и сельской местностью, что ведет к росту миграционного оттока сельского населения, к утрате освоенности сельских территорий. Рядом экспертов современное состояние инфраструктуры села оценивается как крайне неудовлетворительное. Отмечается несбалансированность и неравномерность пространственного размещения по территории объектов. В большинстве сельских населенных пунктов накопленный износ инфраструктуры достигает критического уровня. Усиливается проблема обеспечения инфраструктурными объектами малочисленных населенных пунктов [6].

Единого методического подхода к оценке уровня развития инфраструктуры не существует. Как основные подходы, наиболее часто встречающиеся в научной литературе и применяемые на практике, стоит отметить ситуационный, корреляционно-регрессионный, индексный и системный.

1) Ситуационный анализ. Предусматривает проведение исследовательских работ на основе типовых процедур. Информационной базой служат статистические данные о текущем состоянии инфраструктуры. Задача метода – установить наиболее важные факторы, влияющие на ситуацию, и оценить возможные последствия их изменения [2].

2) Корреляционно-регрессионный метод. Позволяет установить связь между несколькими факторами функционирования объекта и изучить взаимосвязь выбранных критериев. Метод предполагает сбор и обработку данных в количественном выражении, построение и анализ математической модели в виде уравнения регрессии. Данный подход позволяет определить, какие из факторов являются влияющими, а какие – зависимыми. Он также может применяться для определения причин взаимосвязей и составления прогнозов результата изменений с учетом влияния различных факторов [2].

3) Индексный метод. Базируется на использовании системы показателей, позволяющих соизмерить сложные явления путем их сведения к сопоставимому виду. Метод используется для характери-

стики динамики явлений и анализа влияния на них различных факторов. Он позволяет не только изучить состояние инфраструктуры на момент проведения анализа, но также исследовать развитие анализируемых показателей во времени, выявить существующие взаимосвязи [2].

4) Системный подход. Предполагает комплексный анализ инфраструктуры как целостного объекта, состоящего из множества подсистем. Метод полезен для формирования стратегии развития инфраструктуры. Его применение делает возможным получение наиболее полной информации о текущем состоянии инфраструктуры региона. Однако из этого исходит основная сложность реализации данного метода на практике – он является весьма объемным и трудозатратным. В этом заключается сложность его применения для принятия оперативных решений, однако он полезен для формирования стратегии развития инфраструктуры [2].

5) Также один из распространенных подходов к оценке инфраструктуры основан на использовании нормативов обеспеченности. Они устанавливаются государственными, региональными или муниципальными органами власти и определяют минимальный уровень обеспеченности населения различными видами инфраструктуры (например, количество больничных коек на 1 000 человек, число мест в детских садах на 1 000 детей дошкольного возраста и т. п.) [7].

6) Еще один подход к оценке инфраструктуры основан на индикаторах доступности и качества услуг. В этом случае учитывается не столько количество объектов инфраструктуры, сколько их доступность для населения (например, максимальное и среднее расстояния до ближайшей школы) [7].

На наш взгляд, наиболее важными элементами сельской инфраструктуры (после базового, к которому относится жилье) являются образование, здравоохранение, газификация, обеспечение автодорогами с твердым покрытием, транспортное сообщение, торговля, культура и досуг. Развитие этих составляющих инфраструктуры создает условия для повышения интеллектуального, морального и физического здоровья сельского населения, для его комфортного проживания.

Для определения состояния инфраструктуры могут использоваться следующие показатели:

- 1) обеспеченность учреждениями детского дошкольного образования;
- 2) обеспеченность общеобразовательными учреждениями;
- 3) обеспеченность фельдшерско-акушерскими пунктами;
- 4) наличие газоснабжения;
- 5) обеспеченность автодорогами с твердым покрытием;
- 6) наличие постоянных автобусных маршрутов;
- 7) обеспеченность торговыми точками;
- 8) обеспеченность организациями культурно-досугового типа.

Также как факторы, влияющие на развитие инфраструктуры сельских территорий, можно рассматривать демографическую ситуацию, уровень развития сельскохозяйственного производства, уровень жизни (по среднемесячным заработным платам).

Рассмотрим показатели подробнее. К объектам образования относятся:

- дошкольные образовательные организации (учреждения);
- общеобразовательные организации (учреждения) начального общего, основного общего, среднего (полного) общего образования;
- образовательные организации (учреждения) дополнительного образования детей (в данной работе не учитываются).

1) *Детское дошкольное учреждение*, дошкольное образовательное учреждение – тип образовательного учреждения, обеспечивающего воспитание, обучение, присмотр, уход и оздоровление детей в возрасте от двух месяцев до семи лет.

Коэффициент обеспеченности детскими садами рассчитывается в соответствии с региональными нормативами градостроительного проектирования двумя способами:

а) по количеству мест на тысячу жителей в дошкольных образовательных учреждениях. Рассчитывается довольно проблематично, так как сложно узнать информацию о вместимости детских садов;

б) по допустимому уровню территориальной доступности объектов, выраженному в километрах.

2) *Общеобразовательная организация* – образовательная организация, осуществляющая в качестве основной цели ее деятельности образовательную деятельность по образовательным программам начального общего, основного общего и (или) среднего общего образования [1].

Показатель обеспеченности общеобразовательными учреждениями рассчитывается также в соответствии с региональными нормативами градостроительного проектирования по аналогии с опisanными выше детскими садами.

3) *Региональное здравоохранение* – это система организации и предоставления медицинских услуг на региональном уровне.

По самым разным оценкам, в современной России средняя продолжительность жизни сельского населения примерно на два года меньше, чем городского. Именно повышение доступности и улучшение качества медицинских услуг, особенно для наиболее нуждающихся категорий населения, выступают важнейшим источником роста продолжительности жизни как в городской, так и в сельской местности [5].

Отдаленность от районных и областных центров порой лишает сельских жителей возможности получения элементарных врачебных услуг. На селе, как правило, нет узких специалистов, и приходится тратить дополнительное время и средства на то, чтобы добраться до нужного специалиста в город.

Основные учреждения, оказывающие врачебную помощь сельскому населению:

– на первом этапе – участковая больница или самостоятельная врачебная амбулатория, находящиеся на их территории фельдшерско-акушерские пункты (ФАП);

– на втором этапе – центральная районная больница;

– на третьем этапе – областная больница.

Фельдшерско-акушерский пункт (ФАП) – первичное доврачебное медицинское учреждение, оказывающее медико-санитарную помощь сельскому населению. Представляет собой структурное подразделение врачебных амбулаторий, больниц сестринского ухода,

участковых больниц. Показатель обеспеченности фельдшерско-акушерскими пунктами рассчитывается как одно учреждение на определенное количество жителей (в соответствии с региональными нормативами градостроительства).

4) *Газоснабжение* – снабжение зданий газом при помощи системы газопроводов, по которым газ от распределительной сети поступает к газовым приборам, установленным у потребителей. К таким приборам относят бытовые плиты, проточные газонагреватели, емкостные водонагреватели и отопительные котлы. К сожалению, проблема отсутствия газоснабжения решена не везде, и сельским жителям приходится покупать газ в баллонах, а отапливаться печью. Газоснабжение имеет множество преимуществ, главное из которых – возможность непрерывного и удобного использования энергии.

Показатель обеспеченности газоснабжением рассчитывается следующим образом:

$$\frac{\text{число газифицированных хозяйств}}{\text{общее число домохозяйств}} \times 100\%$$

5) *Автодороги с твердым покрытием*

В настоящее время одним из наиболее существенных инфраструктурных ограничений развития сельских территорий является недостаточное развитие сети автомобильных дорог местного значения в сельской местности РФ. Протяженность участков автомобильных дорог местного значения, проходящих по сельским территориям, на 01.01.2021 г. составила 705,99 тыс. км, из которых половина имеет грунтовое покрытие. Грунтовые дороги не обеспечивают требования безопасности движения, затраты на перевозки увеличиваются в 2–3 раза по сравнению с перевозками по автомобильным дорогам с усовершенствованным покрытием [3].

Показатель густоты автодорог с твердым покрытием рассчитывается как отношение протяженности автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием к территории в км² (км дорог на 1 000 км² территории).

6) Транспортное сообщение

Постоянное автобусное сообщение является значимым для сельского населения. У большинства сельского населения, особенно пенсионного возраста, нет собственного автомобиля. И наличие автобусных маршрутов позволяет жителям добираться до районных и региональных центров.

Обеспеченность автобусным сообщением рассчитывается как отношение числа населенных пунктов, через которые проходит маршрут, к общему числу населенных пунктов. Расчет можно провести точнее: найти численность населения пунктов, через которые проходит маршрут (плюс буферная зона 5 км = зона часовой пешей доступности), и соотнести с общей численностью населения района.

7) Обеспеченность торговыми точками

Магазины в сельской местности являются критически важными элементами инфраструктуры: они обеспечивают жителей товарами первой необходимости: продуктами питания и некоторыми хозяйственными товарами. Их роль даже выходит за рамки торговли, так как они поддерживают жизнедеятельность удаленных населенных пунктов, способствуют сохранению местного предпринимательства и обеспечивают базовую потребность в товарах.

Обеспеченность магазинами можно рассчитать следующим образом:

$$\frac{\text{количество магазинов}}{\text{численность населения}} \times 1\,000$$

Так вычисляется, сколько магазинов приходится на 1 000 человек.

8) Обеспеченность организациями культурно-досугового типа

К организациям культурно-досугового типа в сельской местности относятся учреждения, обеспечивающие социально-культурные, просветительские и творческие потребности населения. Их деятельность направлена на сохранение традиций, развитие любительского искусства и создание условий для содержательного досуга.

Основные типы культурно-досуговых организаций в сельской местности: сельские клубы и дома культуры (СДК), библиотеки, спортивные объекты, музеи.

Обеспеченность рассчитывается как число культурно-досуговых организаций к количеству сельских населенных пунктов района.

Теперь рассмотрим факторы, влияющие на развитие инфраструктуры сельских территорий, а именно: демографическую ситуацию, уровень развития сельскохозяйственного производства, уровень жизни (по среднемесячным заработным платам).

– Демографическая ситуация определяет потребности населения в различных сферах. Состав и структура населения влияют на спрос на здравоохранение, образование и другие услуги, а также на миграционные процессы.

Для оценки состояния инфраструктуры сельских территорий можно рассмотреть миграционный прирост, общий прирост населения, а также возрастную структуру.

– Уровень развития сельскохозяйственного производства: сельскохозяйственные организации в поселениях – это показатели «живости» деревень. Пока в деревнях есть сельскохозяйственные предприятия, значит есть рабочие места для населения, близлежащие поля обрабатываются. Также колхозы чистят зимой дороги поселений, вспахивают жителям огороды.

Коэффициент сельскохозяйственного производства оценивается как отношение количества сельских поселений, в которых есть сельхозпредприятия, к общему количеству сельских поселений района.

– Уровень жизни – социально-экономический показатель, отражающий степень удовлетворения рациональных потребностей и материально-финансовых возможностей семей, домохозяйств, населения территории, социально-демографической или социально-профессиональной группы, страны в целом [10].

К индикаторам уровня жизни относятся средняя заработная плата и разница в доходах населения.

Инфраструктура играет важную роль в создании благоприятных условий для воспроизводства демографического и социального

потенциала сельского населения. Развитие инфраструктуры села приводит к социально-экономическим последствиям в виде улучшения качества жизни, увеличения занятости и сокращения уровня асоциального поведения населения, повышения производительности труда, сохранения и развития демографического потенциала общества [4]. Образование и здравоохранение – наиболее важные элементы инфраструктуры в сельских населенных пунктах, которым нужно уделять особое внимание. В большинстве случаев основная доля населения в сельских населенных пунктах – пожилые люди, которым необходима близко доступная медицинская помощь. А для имеющегося молодого населения нужны детские сады и школы – важные социальные институты, которые являются гарантом развития и воспитания подрастающего поколения. Также наличие газоснабжения, дорог с твердым покрытием, торговых точек, организаций культуры и досуга, регулярного транспортного сообщения значительно облегчают жизнь сельских жителей, предотвращая массовый отток из деревень – проблему федерального уровня. В данной статье рассмотрена методика оценки инфраструктуры сельских пространств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статья 23 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Ананченко Д. С. Методы анализа социальной инфраструктуры региона // Российский университет кооперации, Мытищи, Россия. – URL: <https://www.erej.ru/upload/iblock/6fc/6fc897d4d0fe06db12af28573a397b29.pdf>.
3. Доклад о результатах проведенного мониторинга состояния социально-экономического развития сельских территорий. – URL: [//gov.ru](http://gov.ru): [сайт]. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/0f1/0f150324b0fe891b0863a3c7ae05d693.pdf>.
4. Каймакова М. В. Роль социальной инфраструктуры в устойчивом развитии сельских территорий // Вестник Ульяновской ГСХА.

2009. № 1 (8). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-sotsialnoy-infrastruktury-v-ustoychivom-razvitiy-selskih-teritoriy>.

5. Козырева П. М., Смирнов А. И. Проблемы медицинского обслуживания в сельской местности // Гуманитарий Юга России. 2018. № 4. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-meditsinskogo-obsluzhivaniya-v-selskoy-mestnosti>.

6. Кундиус В. А., Агафонова М. В., Егерь К. А. Проблемы и стратегические векторы развития сельских территорий России // ЭФО. 2025. № 1 (13). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-strategicheskie-vektory-razvitiya-selskih-territoriy-regionov-rossii>.

7. Мисько О. Н., Елацков А. Б., Москаленко В. Н. Оценка обеспеченности социальной инфраструктурой как инструмент реализации социально-экономической политики региона // Управленческое консультирование. 2024. № 2 (182). – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-obespechennosti-sotsialnoy-infrastrukturoy-kak-instrument-realizatsii-sotsialno-ekonomicheskoy-politiki-regiona>.

8. Сычева И. В., Сычева Н. А. Исследование содержания категории «Социальная инфраструктура» // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2012. № 2-1. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-soderzhaniya-kategorii-sotsialnaya-infrastruktura>.

9. Ткаченко А. А. Инфраструктура // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2016). – URL:

<https://old.bigenc.ru/economics/text/2016338>.

10. Ткаченко А. А. Уровень жизни // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2017).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Ходырева Марина Андреевна, студентка 1 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: marinakhodyreva43@gmail.com

Шубина Анастасия Ивановна

ПОЛОВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКИХ РАЙОНОВ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Научный руководитель: Лекомцев Александр Леонидович
старший преподаватель, Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. В данной статье рассматривается половозрастная структура населения сельских районов Удмуртской Республики. Выявлены основные различия и причины резкого спада и прироста населения в конкретном временном промежутке.

Ключевые слова: сельское население, половозрастная структура, половозрастная пирамида, динамика численности населения, миграция, естественный прирост, демографические волны и «ямы».

Половозрастная структура населения – важная составляющая геодемографии. Она играет важную роль в показателях планового развития экономики, культуры, повышения материального обеспечения людей, используются для оценки достигнутого уровня экономического роста и для планирования размеров производства промышленной и сельскохозяйственной продукции, трудовых ресурсов и других аспектов.

На динамику численности любого населения влияют рождаемость, смертность, миграция и естественный прирост. Эти показатели в свою очередь зависят от половозрастной структуры. Она является ключевым фактором для разработки эффективной социальной политики, обеспечения устойчивого экономического роста и точной оценки потребностей общества.

Соотношение численности разных возрастов мужчин и женщин напрямую влияет на распределение трудовых ресурсов по различным отраслям экономики и определяет хозяйственную специализацию страны. Количество женщин репродуктивного возраста играет существенную роль в динамике рождаемости и определении численности населения в будущем.

Для группировки схожих по половозрастной структуре, районов были сделаны половозрастные пирамиды сельского населения для каждого района Удмуртии. Данные были взяты за 2023 на 1 января [6].

Группировка проводилась следующим образом. Для подсчетов брались данные, характерные для возрастов 61–65, 37–41, 25–29, 9–13 и 1–5 лет – 1, 2, 3, 4, 5 группы соответственно. Выбор этих возрастов связан с тем, что именно они соответствуют пикам и седловинам демографических ям на пирамиде. Группа № 1 служила эталоном для сравнения последующих групп. Коды, присваиваемые каждой возрастной категории, имели значения:

- 1) 1 – если численность населения близка к значениям первой группы, возраст которых 61–65 лет;
- 2) 0,5 – если численность населения составляет примерно половину от населения 1-ой группы;
- 3) 0,7 – если численность населения находится в интервале значений 1 и 0,5;
- 4) 0,3 – если численность населения, меньше половины относительно группы 1.

Исходя из этого, для каждого района был присвоен «индекс», по схожести которых было сформировано семь групп (рис. 1).

В том случае, когда во всех возрастных категориях коды равнялись бы 1, вес исследуемой группы районов составлял бы 5 (сумма кодовых значений пяти возрастных категорий: $1+1+1+1+1$).

В нашем случае, вес каждой группы районов определялся по следующей формуле:

Общий максимальный вес групп (5) – сумма кодовых значений групп 2, 3, 4, 5 = Вес группы района. Чем меньше показатель веса, тем благоприятнее демографическая обстановка.

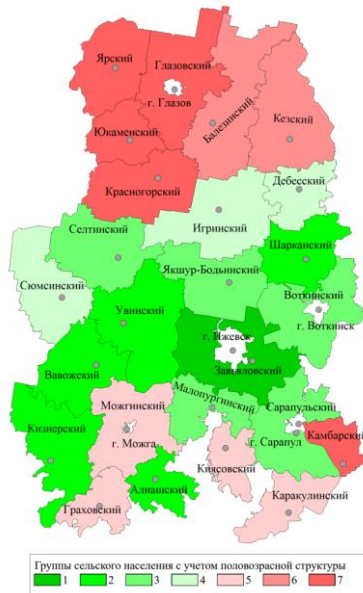


Рис. 1. Группировка районов Удмуртии по совокупности показателей половозрастной структуры населения

После расчетов были получены следующие значения. Группа районов № 1 имела вес 1,6 (рис. 2). Сюда входит только Завьяловский район. Здесь высокие значения рождаемости (11,4 ‰) и низкие значения смертности (9,9 ‰). Это сказывается на показателе естественного прироста, который имеет максимальные значения по республике (1,6 ‰). Во многом это обусловлено положительной сальдо миграцией (19,6 ‰); в большей степени в ней участвуют мужчины, которые идут работать на заводы. Численность сельского населения в возрасте 61–65 и 37–41 год очень близки по значениям – примерно 700 человек. Возрастная категория 25–29 лет – следующая волна, происходящая из-за миграционного притока молодого населения из деревень и сёл или в пригородные районы, в том числе в следствии субурбанизации в 2010-х гг. Поэтому доля в детородном возрасте остаётся высокой среди среднереспубликанских. Но численность не превышает численности предыдущих рассматриваемых

возрастов. Волна молодого населения третьей категории (25–29 лет) способствовала резкому приросту детей в возрасте 1–5 лет.

Среди населения в возрасте 37–41 год количество мужчин превышает количество женщин. Это происходит по причине привлечения мужского населения работать на заводах, нуждающихся в человеческих ресурсах.

В дальнейшем в этом районе продолжится миграционный приток и рост численности молодого населения, за счет этого сохранится высокая рождаемость.

Группа № 2 соответствует весу 2,2 – это Алнашский, Вавожский, Кизнерский, Увинский и Шарканский районы (рис. 3), в которых средние показатели рождаемости немного ниже (10,2 ‰) в отличие от первой группы. Показатель смертности 13,5 ‰ – превышает предыдущий показатель. В связи с этим естественный прирост здесь переходит в отрицательное значение (-3,3 ‰).

Одно из отличий предыдущей группы в том, что 2 категории населения (37–41 года) пережила небольшой миграционный отток в 2000-х годах. А среди населения, которые их младше, был приток. Возможно, это люди, оставшиеся жить в городах после окончания учебных заведений. В связи с большим количеством сельского населения во 2 категории, рождаемость в 2010-х гг. была высокой, что объясняет резкий рост численности в каждом из перечисленных районов. Такая же обстановка с населением детей в возрасте 1–5 лет.

В Алнашском и Увинском районах среди мужского населения в возрасте 25–29 лет миграционный отток немного меньше, чем среди женского, поскольку мужчины менее склонны к миграции. Но в возрасте 61–65 лет доля мужчин меньше доли женщин в данном возрасте.

По прогнозу из-за постоянного притока молодого населения рождаемость останется высокой, но доля старшего поколения, а соответственно и число смертности будут расти, особенно среди женщин, поскольку их численность больше, чем у мужчин. Ближе к 2030 го-

ду увеличится отток молодого населения в связи с высокой рождаемостью в 2010-х гг.

В третью группу входят Воткинский, Малопургинский, Сарапульский, Селтинский и Якшур-Бодьинский (рис. 4). Вес составляет 2,6. Среднее значение рождаемости значительно меньше (8,9 ‰) относительно самого высокого показателя. Но показатель смертности ниже (12,9 ‰), в следствии которого естественный прирост (-4,0) близок с предыдущим показателем. В связи с нахождением некоторых районов в пригородной части, средний миграционный отток небольшой (-6,3 ‰). Доля старшего населения выше среднего. На перечисленных территориях в 2000-х годах был не сильный миграционный отток, но небольшой приток наблюдался в пригородных районах с 2010-х годов. Отличием от других групп районов, где в категории населения 1–5 лет высокая рождаемость, в характеризуемой группе этот показатель – средний.

В Малопургинском и Якшур-Бодьинском районах с населением мужского пола обстановка, как в предыдущей группе – миграционный отток мужчин возрасте 25–29 лет меньше, чем отток женщин. Причиной является высокая возможность трудоустройства в этих районах, так как социально-экономическое положение в этих районах лучше, чем в других.

В дальнейшем из-за небольшого притока молодого населения рождаемость будет относительно высокой, но доля старшего поколения и доля смертности, особенно среди женского населения, будут увеличиваться по причине достаточно высокой на сегодняшний день численности населения возрастов 61–65 лет. Отток к 2030 году увеличится за счет детей в возрасте 9–13 лет.

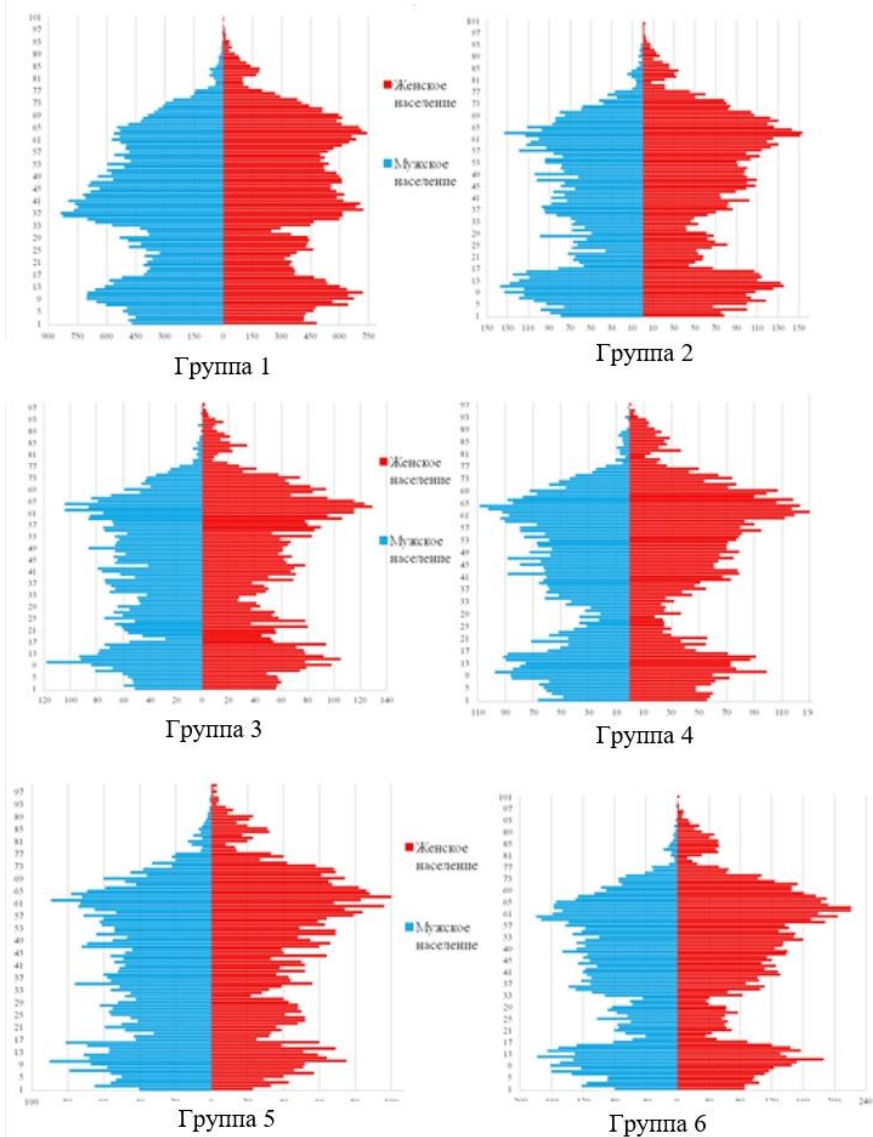


Рис. 2. Характерные половозрастные пирамиды выделенных групп Удмуртской Республики

Четвертая группа весом 2,8 имеет следующий состав районов: Дебесский, Игринский и Сюмсинский, характерная пирамида которых приведена на рисунке 5. Среднее значение рождаемости занимает второе место среди семи групп (10,4 ‰). Но смертность возрастает и достигает 14,6 ‰. Это оказало значительное отрицательное влияние на показатель естественного прироста (-4,2 ‰). Главное отличие от предыдущих групп – сильный миграционный отток до 2025 г. населения возрастом 25–29 лет. На сегодняшний день показатель миграции составляет -13,7 ‰. Причина оттока населения прежде всего обусловлена периферийным положением населения, ограничивающим в доступе к объектам инфраструктуры. Рождаемость 4 и 5 категорий населения остаются прежними.

На сегодняшний день, в связи с уменьшением количества молодого населения, рождаемость будет тоже низкая. А смертность высокая из-за большой доли пожилого населения. Также к 2030 году ещё больше увеличится миграционный отток за счёт большого количества детей в возрасте 9–13 лет.

Группа № 5. Схожая половозрастная обстановка наблюдается в Граховском, Каракулинском, Киясовском и Можгинском районах (рис. 6). Вес группы, как и у предыдущей – 2,8. Но обстановка другая.

Смертность, как и в предыдущей группе, довольно высокая (14,5 ‰), но отличается низкой рождаемостью (9,1 ‰). Следствием данных показателей стал отрицательный естественный прирост (-5,4 ‰). Миграционные показатели не такие отрицательные, нежели в четвертой группе (-13,1 ‰).

Среди людей возрастом 37–41 год наблюдался сильный миграционный отток в 2000-х годах. Причиной такой ситуации стало периферийное положение, что ограничивает в доступности многих сфер услуг. В связи с этим численность детей в возрасте 9–13 лет средняя и ниже среднего. Помимо того, что население возрастом 25–29 лет является одним из самых мобильных, в данном случае в 2015–2025 годах был не сильный миграционный отток, нежели в предыдущих группах. В связи с этим, предполагается, что именно по этой причине

количество детей в возрасте 1–5 лет сохраняется на уровне среднего показателя.

Через некоторое время смертность будет усиливаться, так как сейчас большая численность старшего поколения (61–65 лет). Аналогичная прошлой группе ситуация будет происходить с миграцией к 2030 году.

К 6-ой группе относятся Бalezинский и Кезский районы. Вид пирамиды для данной группы изображен на рисунке 7. Вес каждого составляет 3. Рождаемость здесь низкая, но выше предыдущей группы (9,5 ‰), очень высокая смертность (15,1 ‰). Это отражается на показателе естественного прироста, среднее значение которого имеет одну из самых низких показателей среди всех групп (-5,6 ‰). С миграционным приростом ситуация лучше (-10,6 ‰), что связано с наличием крупного поселка.

Доля старшего поколения увеличивается. В отличие от 5-ой группы среди населения 25–29 лет наблюдается сильный миграционный отток до сегодняшнего дня. Это повлияет на предстоящую маленькую рождаемость. Смертность по-прежнему возрастет по причине высокой численности старшего поколения. Доля детей в возрасте 1–5 лет на среднем уровне по причине наличия крупных поселков. Отток будет принимать большие значения к 2030 году, поскольку относительно большая волна детей в возрасте 9–13 лет.

Последняя 7-ая группа весом 3,4 включает в себя следующие районы: Глазовский, Красногорский, Юкаменский, Ярский и Камбарский.

Она имеет самые низкие средние показатели рождаемости (7,9 ‰) и самые высокие показатели смертности (18,2 ‰). На естественном приросте это сказывается отрицательно, он имеет самые низкие значения (-10,3 ‰). На всё это накладывается миграционный отток, значения которого тоже одни из худших показателей (-13,6 ‰).

По-прежнему большая доля старших, но значительно усиливается миграционный отток населения возрастов 37–41 года, причиной которого стало периферийное положение, ограничивающее в доступе

к объектам инфраструктуры, к узким специалистам, врачей и учителей. Из-за этого низкая рождаемость наблюдалась в 2010-х годах. Сильный миграционный отток 3-ей категории населения так же объясняет очень низкую рождаемость детей в возрасте 1–5 лет. Такая тенденция будет продолжаться. Смертность, как и в остальных группах будет увеличиваться, в следствии старения населения.

Свойственная характеризующей группе пирамида приведена на рисунке 3.

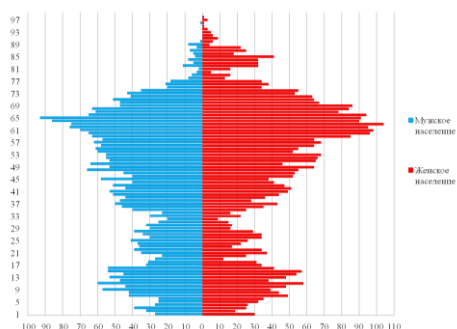


Рис. 3. Характерная половозрастная пирамида для 7 группы населения Удмуртской Республики

Таким образом, геодемографическая обстановка в районах ухудшается от центра к периферии. В основном, сокращение наблюдается из-за миграционной убыли сельского населения. Расселение населения в современном мире во многом зависит от социально-экономических факторов: экономическая обстановка, наличие социальной инфраструктуры, возможности трудоустройства, наличие специалистов определенного профиля и другие.

Основным фактором становится близость к большому городу, поскольку и социальную инфраструктуру, и работу легче найти в городе, а социально-экономическое положение в пригороде обычно более благоприятное.

Миграция также зависит от расположения района относительно центра развития региона, то есть от его центральности или пе-

риферийности. Чем дальше от Ижевска, тем хуже обстоят дела с сельским населением. Влияние на миграцию оказывает и возрастно-половая структура населения, которая определяет современные демографические показатели. Уменьшение численности молодежи из-за их эмиграции влечет за собой сокращение рождаемости и увеличение доли пожилого населения, что, в свою очередь, приводит к повышению смертности.

При анализе влияния половозрастной структуры населения необходимо учитывать исторические факторы, такие как Великая Отечественная война, исчезновение городских поселений, пандемии и другие события, которые повлияли на современную структуру населения. Изучение возрастно-половой структуры населения позволяет прогнозировать численность, смертность, рождаемость, определять необходимое количество рабочих мест, мест в детских садах, школах, учебных заведениях и другие социально-экономические потребности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анюхин А. А., Житин Д. В. География населения с основами демографии. М.: Издательство Юрайт, 2022. 279с. Юрайт [Электронный ресурс] – URL: <https://urait.ru/viewer/geografiya-naseleniya-s-osnovami-demografii-489592#page/11>

2. Архангельский В. Н., Зинькина Ю. В., Шульгин С. Г. Демографический потенциал половозрастной структуры как фактор динамики численности населения // Статистика и Экономика. – 2018.

3. Геодемографическая обстановка в сельских районах Удмуртской Республики / А. И. Шубина; науч. рук. А. Л. Лекомцев // Итоговая студенческая научная конференция (52; апрель, 2024 г.) ЛП итоговая студенческая научная конференция Удмуртского государственного университета: материалы всерос. конф. (апр. 2024 г.): [Электрон. ресурс] / Итоговая студенческая научная конференция (52 ; апрель, 2024 г.), М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» ; отв. ред.

А. М. Макаров. – Ижевск: Удмуртский университет, 2024. – Лицензион. договор № 432лб от 12.11.2024 (Интернет). – С. 94–97.

4. Демографические итоги // Демоскоп Weekly. – URL: <http://demoscope.ru/weekly/2014/0613/barom03.php> (дата обращения: 18.01.2024).

5. Демографические факторы динамики численности сельского населения Удмуртии [Электронный ресурс] / А. И. Шубина; науч. рук. А. Л. Лекомцев // Сборник материалов участников XIX Большого географического фестиваля, посвященного 220-летию со дня начала первой русской кругосветной экспедиции под руководством И. Ф. Крузенштерна и Ю. Ф. Лисянского (1803-1806 гг.) / отв. ред. А. И. Краснов. – Санкт-Петербург: Свое издательство, 2023. – С. 1046–1050. – Библиогр.: с. 1049–1050 (4 назв.).

6. Динамические таблицы населения Удмуртии [Электронный ресурс] – URL: <https://udmstat.gks.ru/folder/51924>

7. Кашин А. А. Исследование ландшафтнoй организации территории Удмуртии как фактора хозяйственного освоения и расселения населения. – Ижевск, 2015. – С. 63–74.

8. Лекомцев А. Л. Взаимодействие природных, социально-экономических и демографических факторов расселения населения в Удмуртии // Современные тенденции пространственного развития и приоритеты общественной географии: материалы меж дунар. науч. конф. в рамках IX ежегод. науч. ассамблеи Ассоциации российских географов-обществоведов. Том 2 / отв. ред. Н. И. Быков; Алт. гос. ун-т. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2018. – 410 с. (дата обращения: 27.01.2024).

9. Лекомцев А. Л., Лекомцева Д. Д. Взаимодействие природных, социально-экономических и демографических факторов расселения населения в Удмуртии // Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

10. Манак Б. А. Методика экономико-географических исследований. – Мн.: Университетское, 1985. – 157 с.

11. О необходимости учета половозрастной структуры населения при управлении демографическими процессами в сельской местности / А.Л. Лекомцев, А.И. Шубина // «Развитие управления экономической безопасностью деятельности хозяйствующих субъектов и публичных образований»; науч. ред.: Д. В. Кондратьев, К. В. Павлов. – Ижевск: Шелест, 2023. – Посвящ. 70-летию зав. кафедрой бухгалтерского учета, финансов и аудита УГАУ, д.э.н., проф. Алборова Ролана Архиповича. – С. 211–214. – Библиогр.: с. 214 (5 назв.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Шубина Анастасия Ивановна, студентка 1 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: alekomcev@mail.ru

Ичетовкин Андрей Владимирович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ
НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Научный руководитель: Кашин Алексей Александрович,
доцент, к.г.н., Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию вегетационных индексов (NDVI, EVI, NDWI, PSRI) на основе данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга состояния растительного покрова. Целью работы являлся сравнительный анализ индексов и оценка их практической применимости. На основе спутниковых снимков Landsat 8 и программного обеспечения QGIS выполнены расчеты и визуализация индексов для территории Удмуртской Республики. На примере г. Ижевска продемонстрирована возможность использования индекса NDVI для расчета степени озеленения территории. Результаты работы имеют практическую значимость для сельского, лесного хозяйства и экологического мониторинга.

Ключевые слова: ДЗЗ, мультиспектральная съемка, космический снимок, вегетационные индексы, ГИС, QGIS, NDVI.

Введение

В условиях глобальных климатических изменений и роста антропогенной нагрузки на природные экосистемы возрастает потребность в эффективных методах мониторинга состояния растительного покрова. Традиционные наземные исследования, несмотря на свою высокую точность, обладают рядом ограничений, таких как трудоемкость, высокая стоимость и невозможность масштабного охвата территорий. В связи с этим данные дистанционного зондирования Земли становятся важным инструментом для оценки динамики растительности.

В последние десятилетия технологии ДЗЗ значительно усовершенствовались: повысилось пространственное, спектральное и временное разрешение снимков, появились новые спутниковые платформы (такие как Sentinel-2, Landsat 9, MODIS), обеспечивающие регулярный мониторинг земной поверхности. Современные методы обработки данных, включая машинное обучение и облачные платформы (Google Earth Engine, ESA's Copernicus), позволяют совершать анализ больших массивов информации. Эти достижения открывают новые возможности.

Ключевым инструментом анализа данных ДЗЗ являются вегетационные индексы (ВИ) – математические комбинации спектральных каналов, позволяющие количественно оценивать параметры растительного покрова (фитомассу, фотосинтетическую активность, степень стресса и др.). Наиболее распространенные индексы, широко применяются в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, экологическом мониторинге и климатических исследованиях. Однако выбор оптимального индекса для конкретных задач остается актуальной проблемой, требующей дополнительных исследований. Исходя из выше сказанного тема выпускной квалификационной бакалаврской работы актуальна.

Целью выпускной квалификационной бакалаврской работы является исследование вегетационных индексов на основе данных ДЗЗ для оценки состояния растительного покрова.

Исходя из поставленной цели решались следующие задачи выпускной квалификационной бакалаврской работы:

1. Анализ современных методов расчета вегетационных индексов и их применения в мониторинге растительности.
2. Выбор и предварительная обработка данных ДЗЗ для расчета ВИ.
3. Расчет и сравнительный анализ различных вегетационных индексов на тестовом участке.
4. Оценка эффективности применения ВИ для решения практических задач (например, мониторинг сельскохозяйственных угодий или лесных массивов).

Объект исследования – данные дистанционного зондирования Земли (оптические и мультиспектральные снимки).

Предмет исследования – вегетационные индексы, их расчет и интерпретация.

В качестве методов исследования были использованы: теоретический, описательный, картографический, геоинформационный.

Использовались литературные источники: учебники, статьи,

Практическая значимость исследования состоит в возможности применения результатов для мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий, лесных экосистем или других природных объектов с использованием актуальных данных ДЗЗ.

Дистанционное зондирование Земли: основные понятия

Дистанционное зондирование представляет собой процесс, посредством которого собирается информация об объекте, территории или явлении без непосредственного контакта с ним. К дистанционному зондированию относят все виды неконтактных съемок, которые проводятся с различных измерительных платформ: летательных воздушных и космических аппаратов (самолетов, вертолетов, космических кораблей, спутников и т. д.), судов и подводных лодок, наземных станций [1].

Снимок – это двумерное метрическое изображение явлений земной поверхности, полученное путём дистанционной регистрации и (или) с помощью измерения собственного или отраженного излучения. Снимок представляет собой наиболее достоверное и целесообразное геоизображение, несущее географическую информацию об исследуемых объектах. На данный момент накоплен огромный фонд (более 100 млн) аэрокосмических снимков, покрывающих всю поверхность земного шара с многократными перекрытиями и за разные периоды времени [2].

Спектральные отражательные свойства объектов

Отражательные свойства природных и искусственных объектов, как правило, описываются с помощью спектральных коэффициентов отражения (СКО) [3]. Функции спектрального коэффициента отражения различных природных образований описываются кривыми, обобщенный вид которых, приведён на рисунке ниже. Согласно классификации Е.Л.Кринова все природные образования с их характерными спектральными характеристиками отражения разделены на три класса. На приведенном рисунке (рис. 1.) римскими цифрами обозначен класс объектов, арабскими – тип объектов.

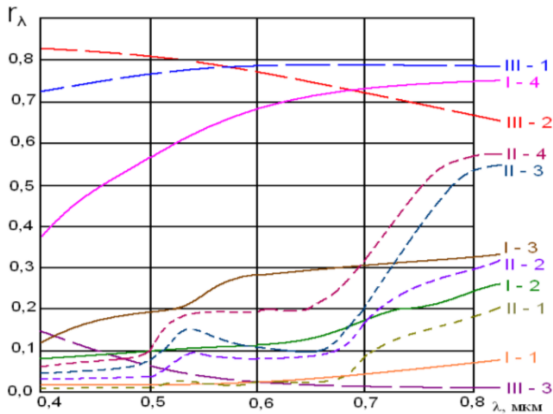


Рис. 1. Основные спектральные классы природных объектов по Е. Л. Кринову

Условно можно выделить четыре типа поверхностей.

Ортотропные поверхности.

Ортотропные поверхности, отражающие падающий на них поток диффузно, или равномерно, во всех направлениях. В видимой области ортотропными поверхностями являются пески, рыхлый снег. В СВЧ – области (например, при получении изображений с помощью РЛС бокового обзора) диффузно отражают большие каменные осыпи.

Зеркальные поверхности.

Зеркальные поверхности, отражающие падающий на них поток преимущественно в плоскости падающего луча и под углом, равным углу падения. В видимой области к таким поверхностям можно отнести чистый лед, сухие каменные поверхности, обнаженный скальный грунт. В радиодиапазоне зеркальное отражение характерно для глинистых почв, водных поверхностей. Необходимо иметь в виду, что по способу отражения падающей радиации эти поверхности отличаются от идеально отражающих.

Антизеркальные поверхности

Антизеркальные поверхности, отражающие максимально в направлении к источнику излучения. Такое отражение типично для сельскохозяйственных культур, лугов и другой растительности.

Комбинированные поверхности

Комбинированные поверхности, обладающие двумя максимумами отражения – зеркальным и антизеркальным. Таким способом отражают рисовые поля, покрытые росой луга и т. д. [4].

Вегетационные индексы

Вегетационные индексы (ВИ) – это математические комбинации спектральных каналов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), предназначенные для оценки состояния растительного покрова. Они рассчитываются на основе данных, полученных со спутников, беспилотников или других средств аэрокосмической съемки, и позволяют количественно характеризовать такие параметры, как плотность растительности, ее фотосинтетическую активность, биомассу, уровень стресса и другие биологические показатели [5].

Практическое применение вегетационных индексов

Для работы были подобраны мультиспектральные снимки Landsat 8 с разрешением 30 м, как наиболее подходящие для расчёта вегетационных индексов и находящиеся в открытом доступе. Снимки за разные годы и месяцы для территории Удмуртии, в частности окрестностей Ижевска, были загружены через портал EarthExplorer,

позволяющий выбирать данные по местоположению, времени и облачности.

Для обработки данных и расчёта индексов использовалась геоинформационная система QGIS, как гибкий и бесплатный инструмент с необходимым набором функций. После загрузки снимки были импортированы в QGIS для дальнейшего анализа.

Для исследования были рассчитаны и визуализированы четыре вегетационных индекса в QGIS с использованием снимков Landsat 8.

NDVI

Рассчитан по каналам NIR и RED для оценки количества и жизнеспособности растительности. После обработки растра (настройка цветового градиента от -1 до +1) получена карта, где насыщенность зелёного цвета соответствует плотности растительного покрова. На примере Ижевска продемонстрировано практическое применение: путём преобразования растра в векторные полигоны рассчитана степень озеленения территории (14,5 %).



Рис. 2. Индекс NDVI города Ижевск

EVI

Рассчитан с использованием каналов NIR, RED и BLUE для более точной оценки густой растительности. Сравнение с NDVI показало, что EVI эффективнее выделяет конкретные сельскохозяйственные культуры (пшеница, кукуруза), в то время как NDVI реагирует на всю растительность.

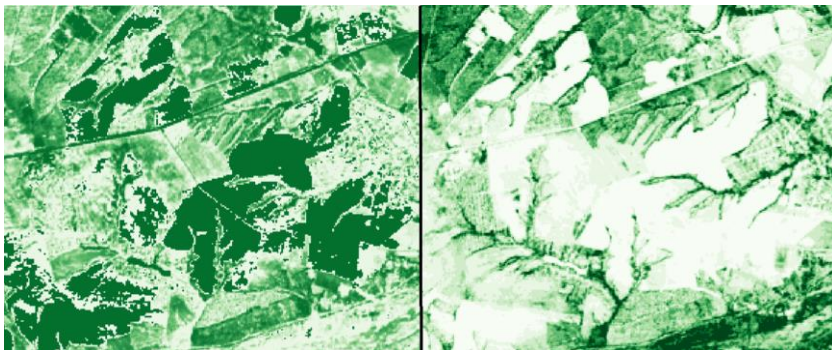


Рис. 3. Сравнение растров EVI (слева) и NDVI (справа)

NDWI

Рассчитан по каналам NIR и SWIR для мониторинга содержания воды. Визуализация в синих тонах наглядно показала различия в увлажнённости отдельных сельскохозяйственных полей и водных объектов.

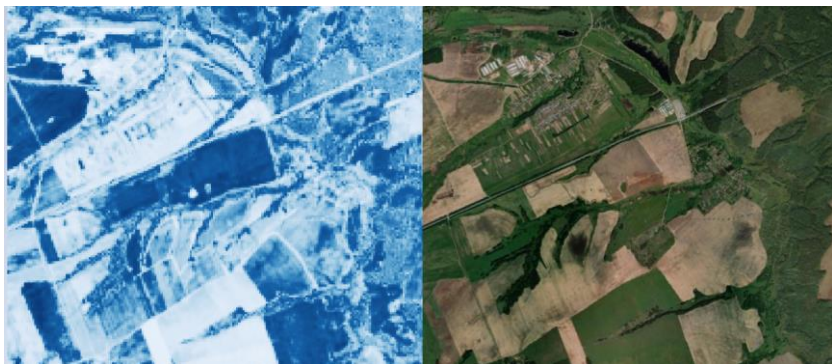


Рис. 4. Сравнение растра NDWI со спутниковым снимком

PSRI

Рассчитан по каналам RED, BLUE и NIR для выявления старения и стресса растений. Визуализация в красных тонах показала области с деградацией хлорофилла. Для точной интерпретации данных

PSRI рекомендовано использовать совместно с другими индексами (NDVI, EVI).

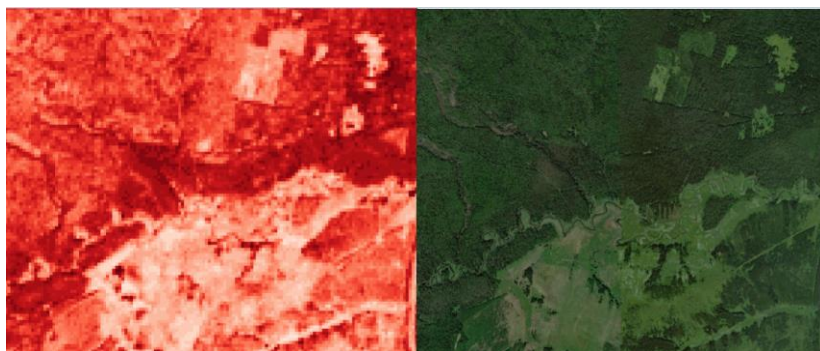


Рис. 5. Сравнение растра PSRI со спутниковым снимком

Таким образом, интеграция современных методов в проведение исполнительных съемок, основанная на использовании беспилотных летательных аппаратов, трехмерного моделирования, фотограмметрии и САПР, показала себя эффективным средством повышения качества, точности и производительности инженерно-геодезических работ в строительстве, а также снижения их себестоимости.

Полученные результаты демонстрируют значительный практический потенциал для различных отраслей. В сельском хозяйстве рассмотренные методики могут быть использованы для прогнозирования урожайности, оперативного выявления зон стресса растений и оптимизации ресурсозатрат. В лесном хозяйстве применение вегетационных индексов позволит эффективно отслеживать процессы вырубок, последствия пожаров и распространения болезней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сутырина Е. Н. Дистанционное зондирование земли : учеб. пособие.– Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с.

2. Рачкулик В.И., Ситникова М.В. Отражательные свойства и состояние растительного покрова. Л., Гидрометеиздат, 1981. – 287 с.

3. Чапурский Л. И. Отражательные свойства природных объектов в диапазоне 400-2500 нм. М.: Министерство обороны СССР, 1986. – 21 с.

4. Кондратьев К. Я., Федченко Н. П. Спектральная отражательная способность и распознавание растительности. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 216 с.

5. Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Пер. с англ. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Ичетовкин Андрей Владимирович, студент 1 курса магистратуры направления «Прикладная география», Удмуртский государственный университет, г. Ижевск.

E-mail: ichetovkin26012003@gmail.com

ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ИЗДАНИЯ:

Интерфейс электронного издания (в формате pdf) можно условно разделить на 2 части.

Левая навигационная часть (закладки) включает в себя содержание книги с возможностью перехода к тексту соответствующей главы по левому щелчку компьютерной мыши.

Центральная часть отображает содержание текущего раздела. В тексте могут использоваться ссылки, позволяющие более подробно раскрыть содержание некоторых понятий.

МИНИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ:

Celeron 1600 Mhz; 128 Мб RAM; Windows XP/7/8 и выше; 8х DVD-ROM; разрешение экрана 1024×768 или выше; программа для просмотра pdf.

СВЕДЕНИЯ О ЛИЦАХ, ОСУЩЕСТВЛЯВШИХ ТЕХНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПОДГОТОВКУ МАТЕРИАЛОВ:

Оформление электронного издания: Издательский центр «Удмуртский университет».

Компьютерная верстка: Т.В. Опарина

Авторская редакция

Подписано к использованию 01.06.2026

Объем электронного издания 4,5 Мб, тираж 10 экз.

Издательский центр «Удмуртский университет»

426034, г. Ижевск, ул. Ломоносова, д. 4Б, каб. 021

Тел. : +7(3412)263-751 E-mail: editorial@udsu.ru
