

МИНПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АКМУЛЛЫ»

**Цифровая картография:  
теоретические, методические и практические  
аспекты**

Рахматуллина Ирина Римилевна  
канд.биол.наук, доцент кафедры экологии,  
географии и природопользования

Уфа 2021

**Цифровая картография** - раздел картографии, охватывающий теорию и практику создания и использования цифровой картографической продукции (ГОСТ 28441-99 Картография цифровая. Термины и определения)

**Цифровая картография** — это технология, позволяющая моделировать окружающую местность при помощи специальных технических средств и компьютерных программ. Помимо изображения окружающего пространства на карту могут наноситься трёхмерные объекты и различные категории дополнительных данных.

# Географическая информационная система

**Англ.:** Geographic(al) information system, GIS, Spatial information system.

**Синонимы:** Геоинформационная система, ГИС

---

1. Информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку и визуализацию пространственно-координированных данных (пространственных, географических данных) и связанной с ними информации.

---

2. Программное средство ГИС - программный продукт, в котором реализованы функциональные возможности ГИС.

---

## **Первые ГИС появились в середине 1960-х годов:**

- в Швеции (для работы с земельно-учетной документацией);
- в Канаде (для инвентаризации земель);
- в США в Гарвардской лаборатории компьютерной графики и пространственного анализа Массачусетского технологического института. Предложенные ими картографические модели данных, картографический метод исследований, картографические способы работы с картографической и пользовательской информации находят применения и в настоящее время при разработке современных ГИС.

**Популярность ГИС в России пришла примерно в начале 1990-х годов.**

## Коммерческие ГИС:

- ArcGIS
- MapInfo
- AutoCAD Map
- ГИС «Панорама»
- ГИСИнГео
- Аксиома ГИС
- и другие



## ГИС со свободной лицензией:

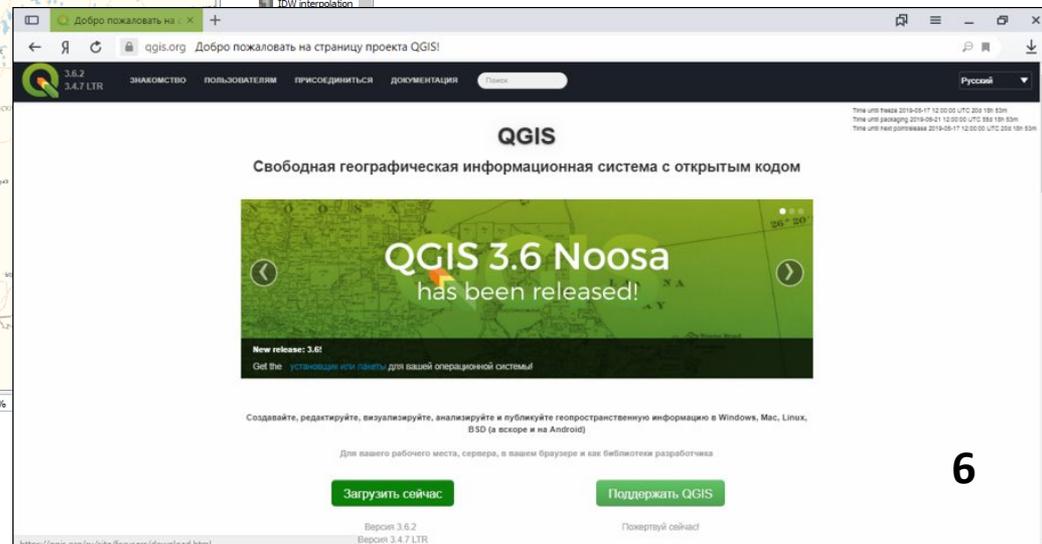
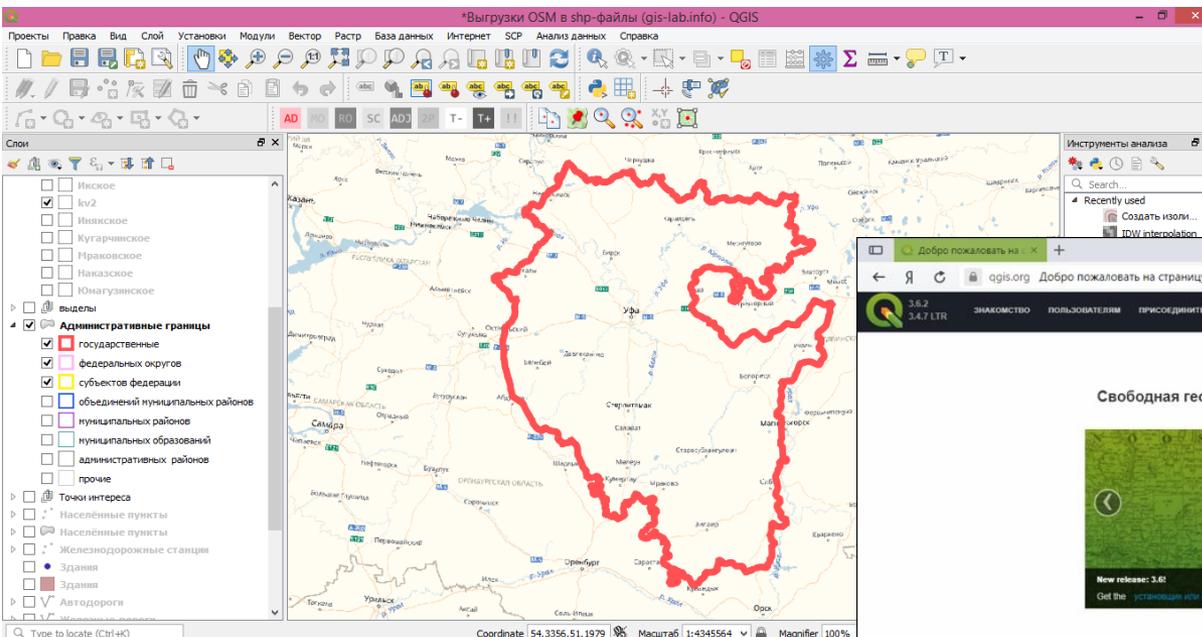
- GRASS GIS (*Geographic Resources Analysis Support System*)
- QGIS (*Quantum GIS*)
- gvSIG (*Generalitat Valenciana, Sistema d'Informació Geogràfica*)
- SAGA GIS (*System for Automated Geoscientific Analyses*)
- ILWIS (*Integrated Land and Water Information System*)
- MapWindow GIS
- и другие

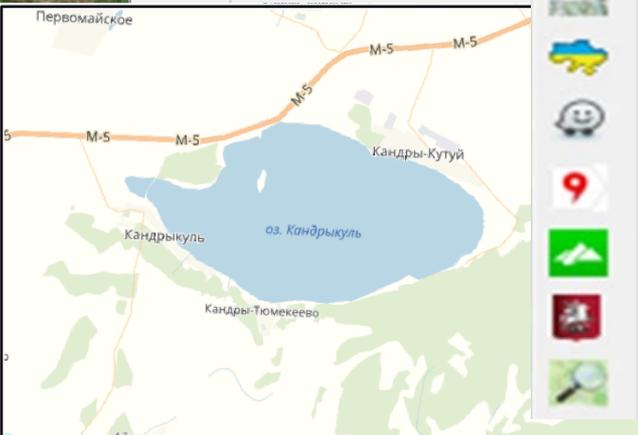
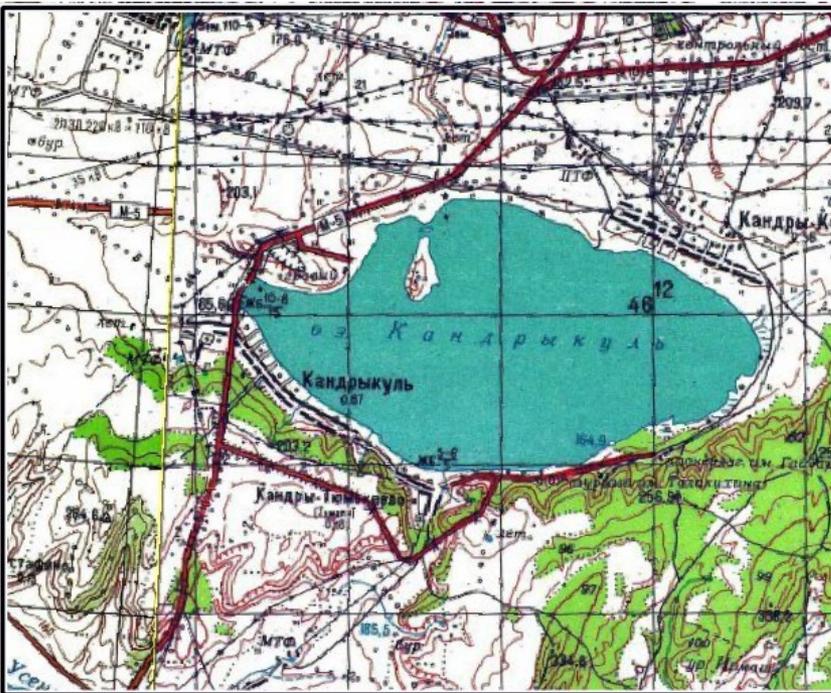


# QGIS (Quantum GIS)

URL: <http://www.qgis.org>

- Свободно распространяемая ГИС с открытым исходным кодом.
- поддерживается международным сообществом разработчиков и пользователей
- Динамично развивающаяся полнофункциональная настольная ГИС, способная решать широкий спектр задач.





-  2gis
-  AutoNavi
-  Bing
-  ESRI
-  GeoQ
-  Geofabrik
-  Google
-  Kosmosnimki.ru
-  Portugal
-  Landsat
-  MapSurfer.NET
-  Mapbox
-  NASA
-  Грузия
-  CartoDB
-  Росреестр

Инструмент выбора подложек

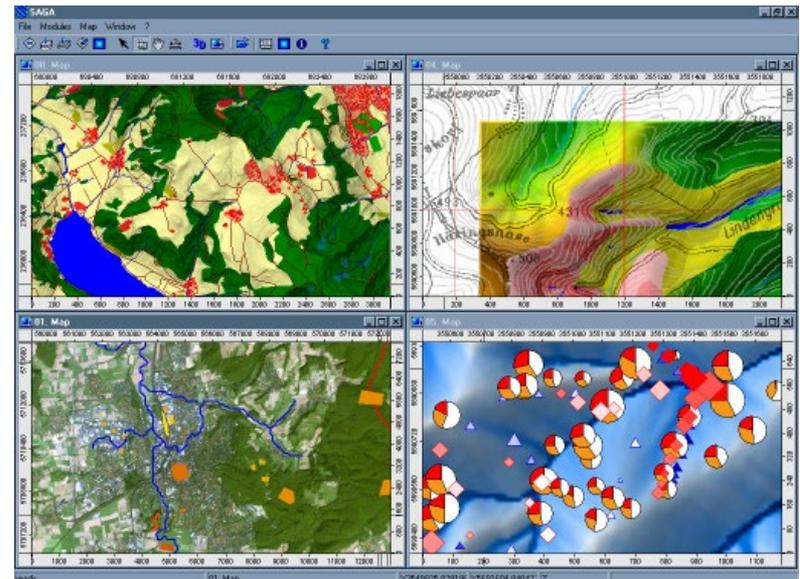
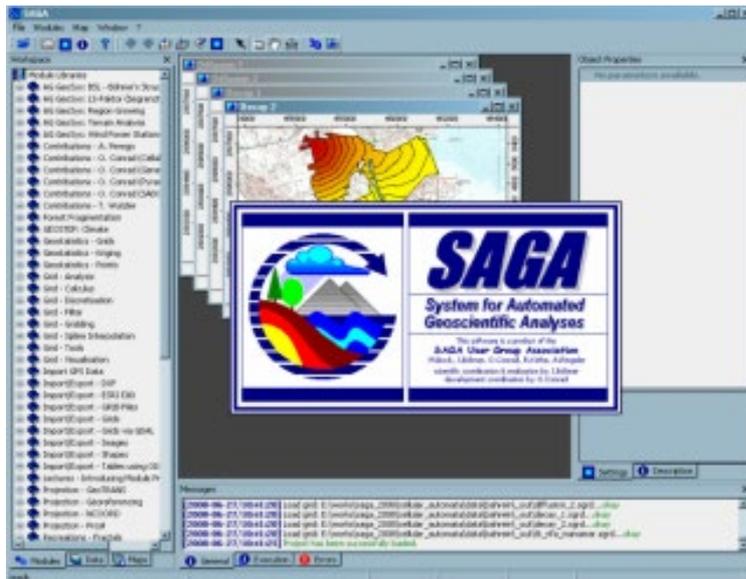

QuickMapServices

-  Открытые морские карты
-  Спутник
-  Stamen
-  strava
-  USGS
-  TianDiTu
-  Генштаб
-  ПКК Украины
-  Waze
-  Яндекс
-  Bergfex
-  eAtlas Mos
-  OSM

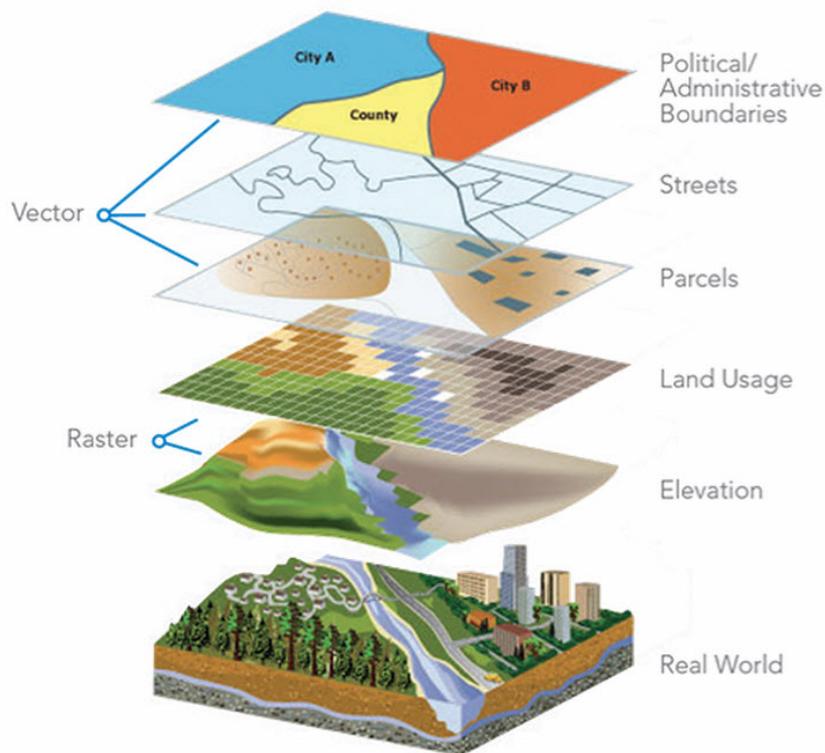
# SAGA GIS - System for Automated Geoscientific Analyses

URL: <http://www.saga-gis.org>

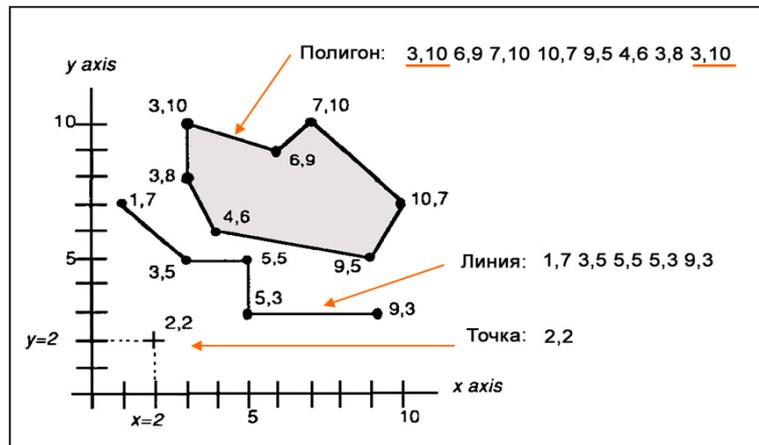
- Свободно распространяемая ГИС с открытым исходным кодом.
- Разработана на кафедре физической географии Гёттингенского университета.
- Поддерживает векторную и растровую модели данных, специализируясь на анализе растров.



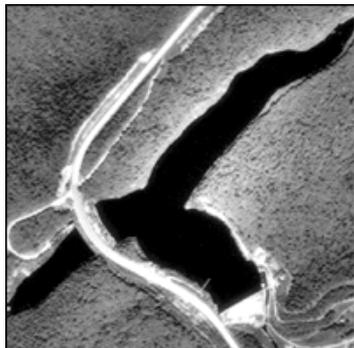
# Структура ГИС – набор информационных слоев



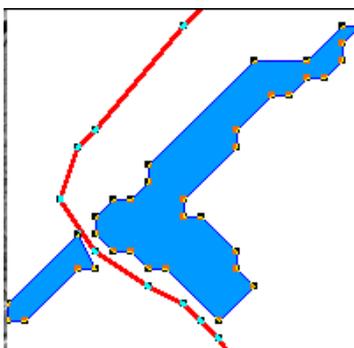
**Векторная модель данных** - цифровое представление точечных, линейных и полигональных пространственных объектов в виде набора координатных пар.



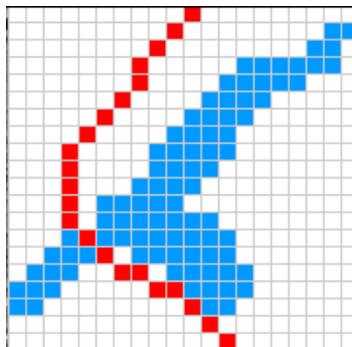
на космоснимке



в векторном  
представлении



в растровом  
представлении



**Растровая модель данных** - цифровое представление пространственных объектов в виде двумерного массива (матрицы) ячеек раstra с присвоенными значениями.

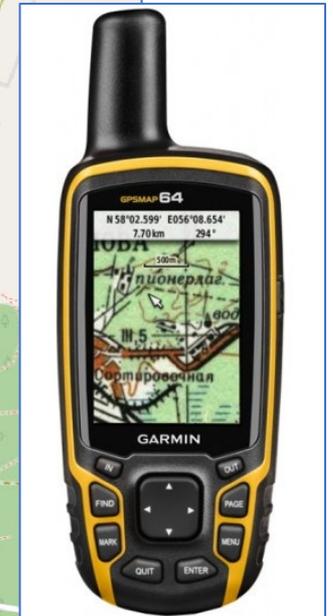
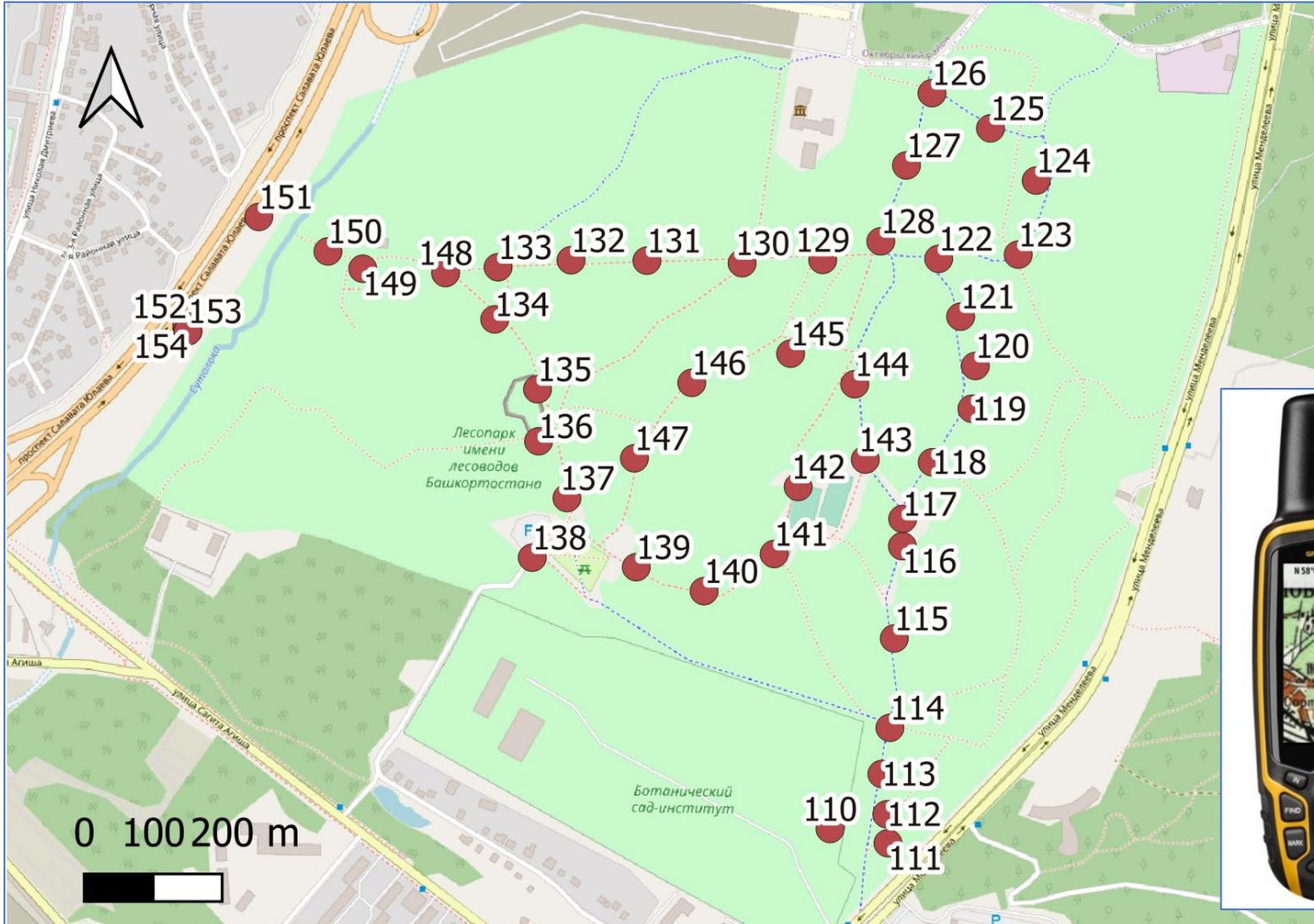
## Функциональные возможности ГИС

- ввод данных** путем импорта из существующих наборов цифровых данных или с помощью цифрования источников;
- трансформация картографических проекций**, изменение систем координат;
- хранение, манипулирование и управление данными во внутренних и внешних базах данных;
- картометрические операции** (вычисление расстояний между объектами в проекции карты или на эллипсоиде, длин кривых линий, периметров и площадей полигональных объектов);
- операции обработки данных геодезических измерений;
- операции оверлея (наложения) и картографической алгебры** для логико-арифметической обработки слоев;
- пространственный анализ** (анализ размещения, связей, зон видимости/невидимости, соседства, создание и обработку цифровых моделей рельефа, анализ объектов в пределах буферных зон и др.);
- пространственное моделирование** или геомоделирование;
- визуализация** исходных, производных или итоговых данных и результатов обработки;
- вывод данных**, графической, табличной и текстовой документации, в том числе ее тиражирование, документирование;
- цифровая обработка изображений** (данных дистанционного зондирования).

# Функциональные возможности ГИС: ввод данных

-вручную;

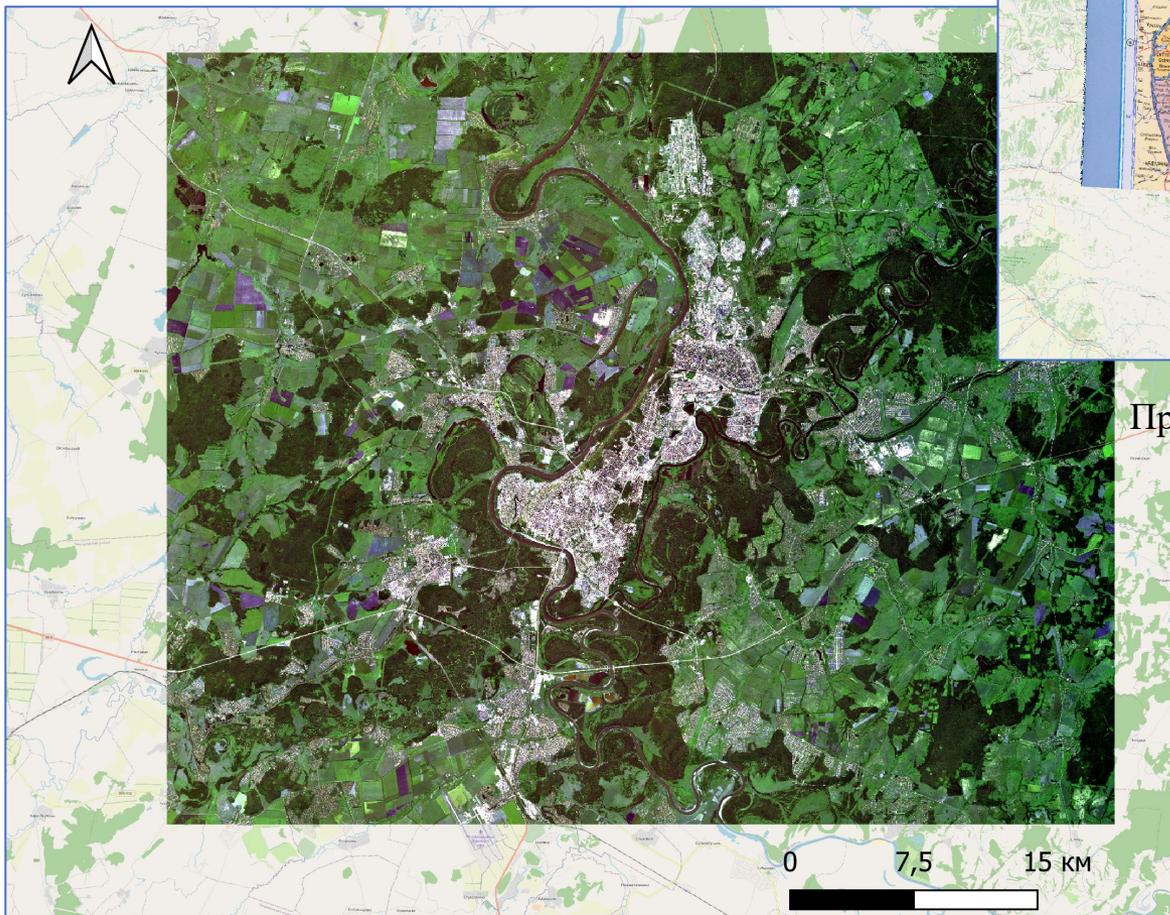
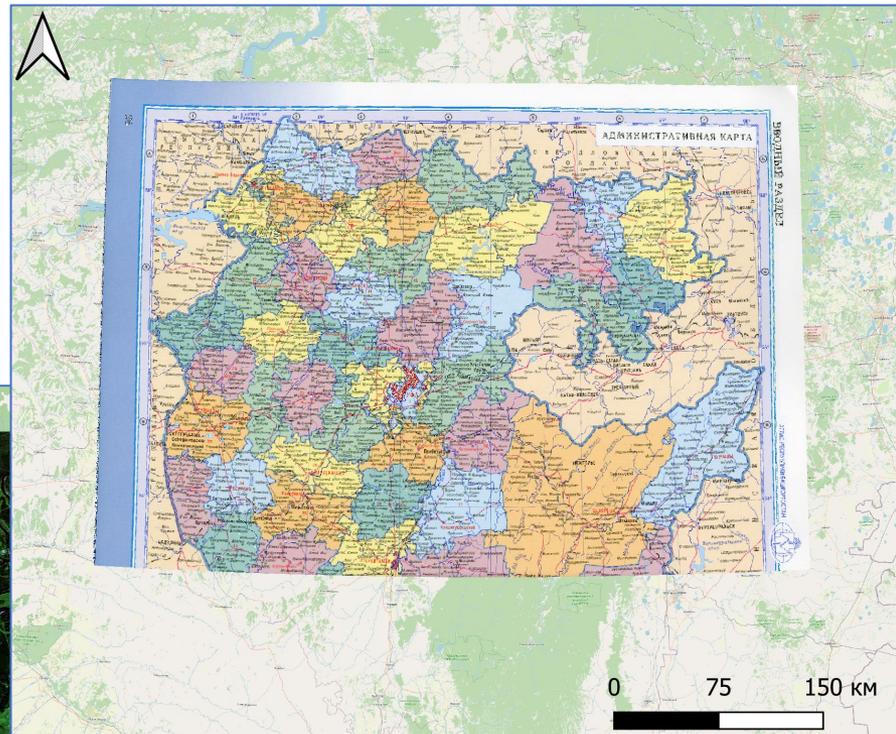
-импортированием результатов топографо-геодезических измерений  
(в т. ч. gps-навигаторов).



# Функциональные возможности ГИС:

## ВВОД ДАННЫХ

-импортированием из других картографических источников;



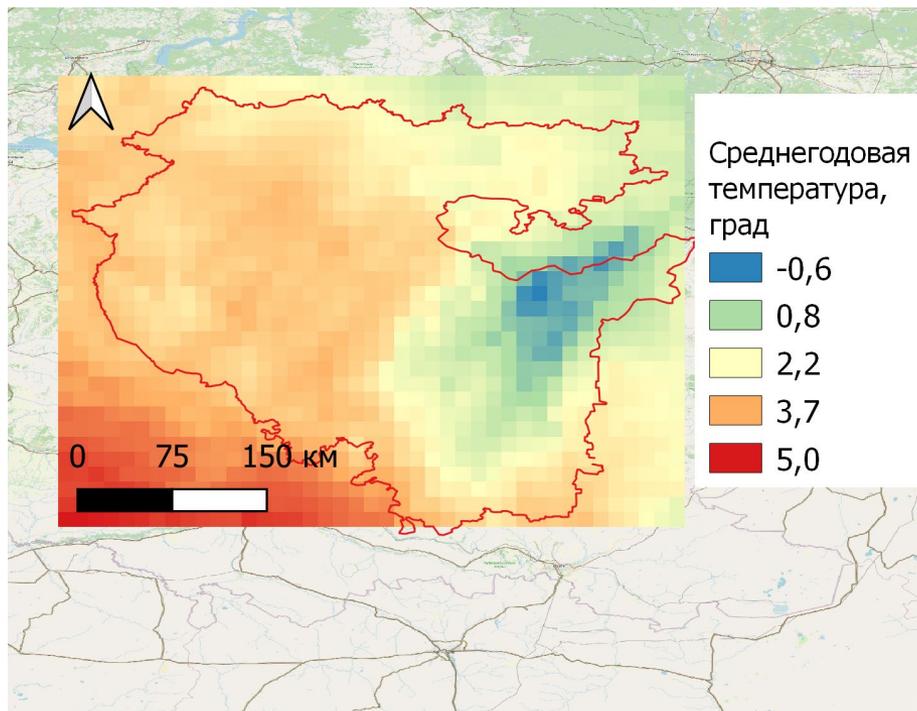
Привязанная в среде ГИС административная карта Республики Башкортостан (Атлас РБ, 2005)

Фрагмент снимка Sentinel-2

## Глобальные климатические и погодные данные

Добро пожаловать на сайт WorldClim data.

WorldClim-это база данных глобальных погодных и климатических данных с высоким пространственным разрешением. Эти данные могут быть использованы для картографирования и пространственного моделирования. Эти данные предоставляются для использования в исследовательской и связанной с ней деятельности; и для их использования необходимы определенные специальные навыки и знания ([вот некоторая помощь](#)). Более легко доступные данные для широкой публики скоро будут [доступны](#)



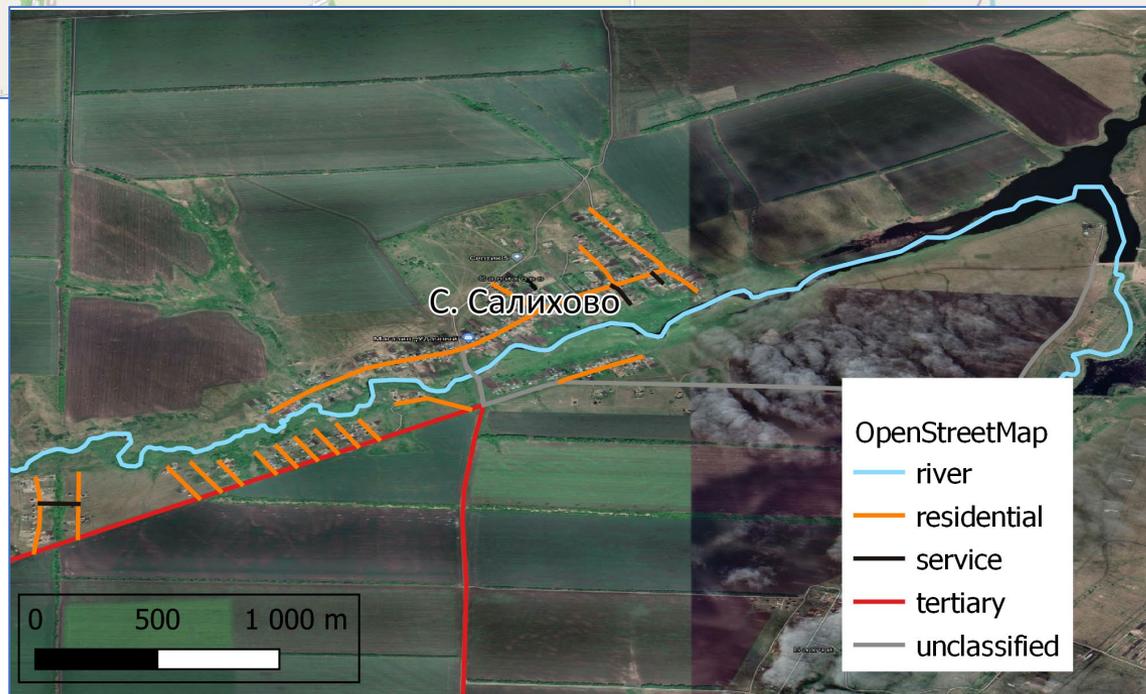
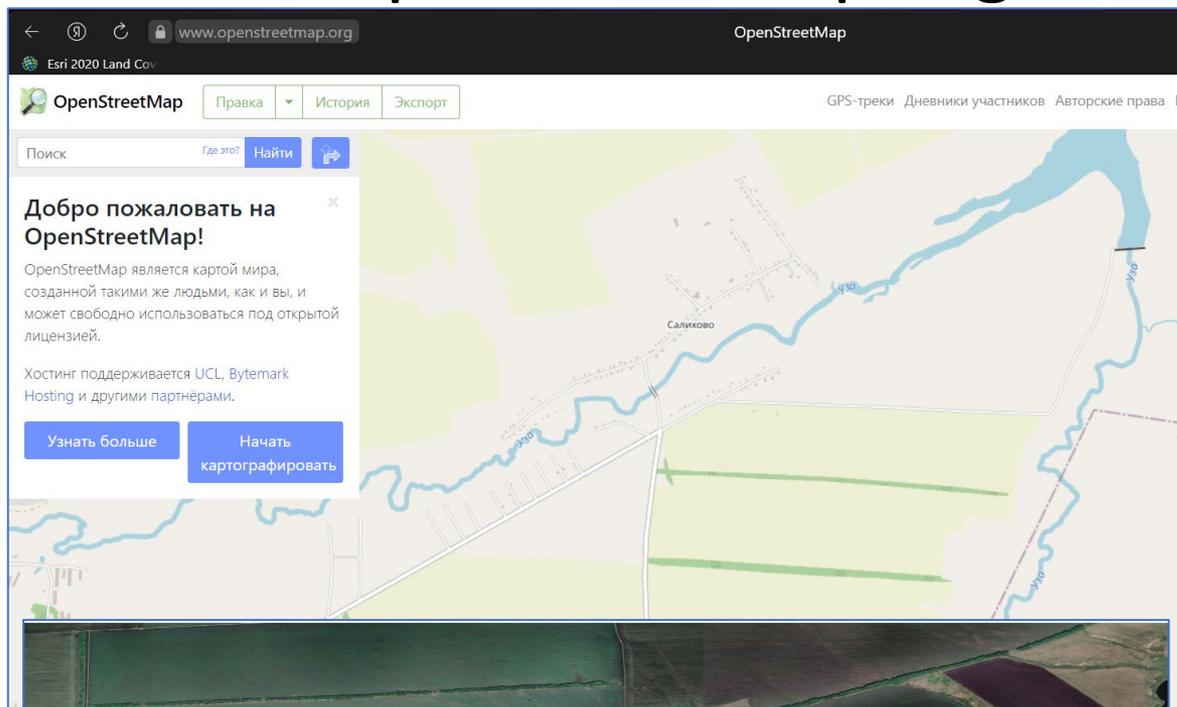
[Исторические климатические данные](#)  
[Исторические ежемесячные данные о погоде](#)  
[Будущие климатические данные](#)



Они кодируются следующим образом:

- BIO1 = Среднегодовая температура
- BIO2 = Среднедневной диапазон (Среднемесячный (max temp - min temp))
- BIO3 = Изотермичность (BIO2/BIO7) ( $\times 100$ )
- BIO4 = Сезонность температуры (стандартное отклонение  $\times 100$ )
- BIO5 = Максимальная температура самого теплого месяца
- BIO6 = Минимальная температура самого холодного месяца
- BIO7 = Годовой температурный диапазон (BIO5-BIO6)
- BIO8 = Средняя температура Влажного квартала
- BIO9 = Средняя температура самого засушливого квартала
- BIO10 = Средняя температура самого теплого квартала
- BIO11 = Средняя температура самого холодного квартала
- BIO12 = Годовое количество Осадков
- BIO13 = Осадки самого влажного месяца
- BIO14 = Осадки самого засушливого месяца
- BIO15 = Сезонность осадков (Коэффициент вариации)
- BIO16 = Осадки самого влажного квартала
- BIO17 = Осадки самого засушливого квартала

# www.openstreetmap.org

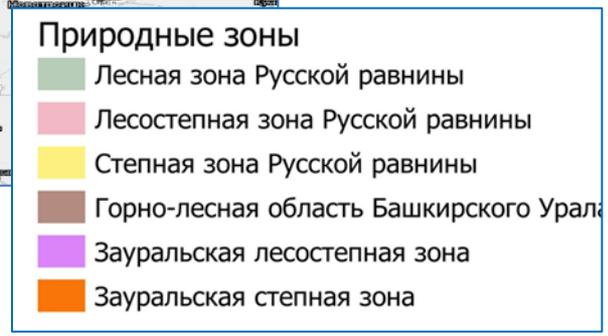
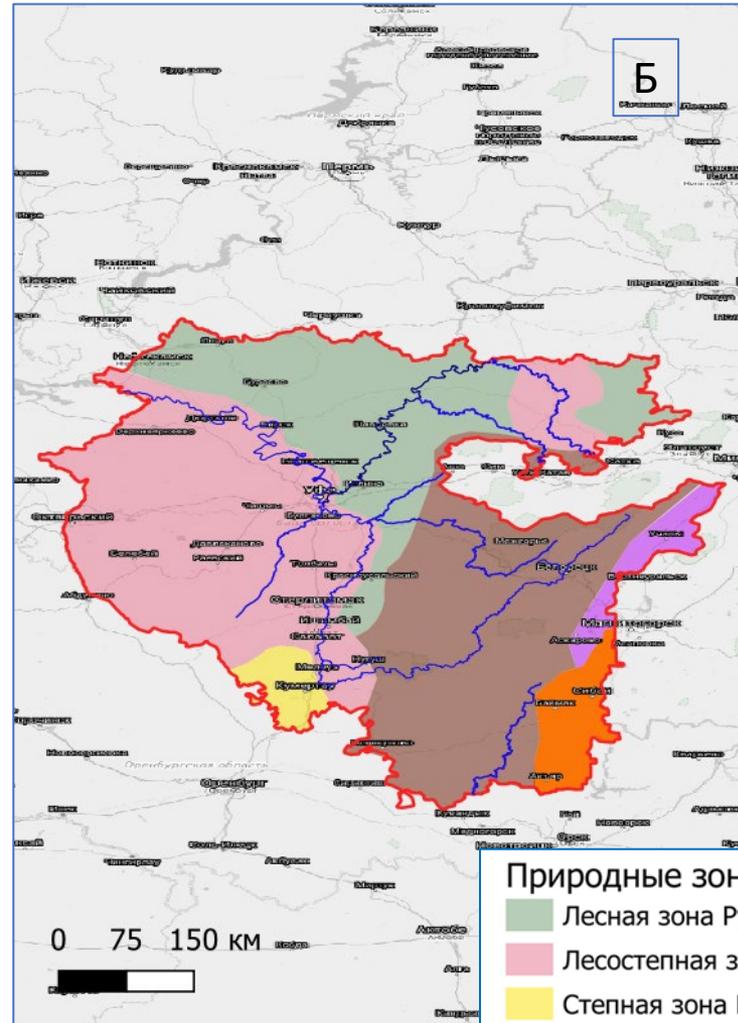
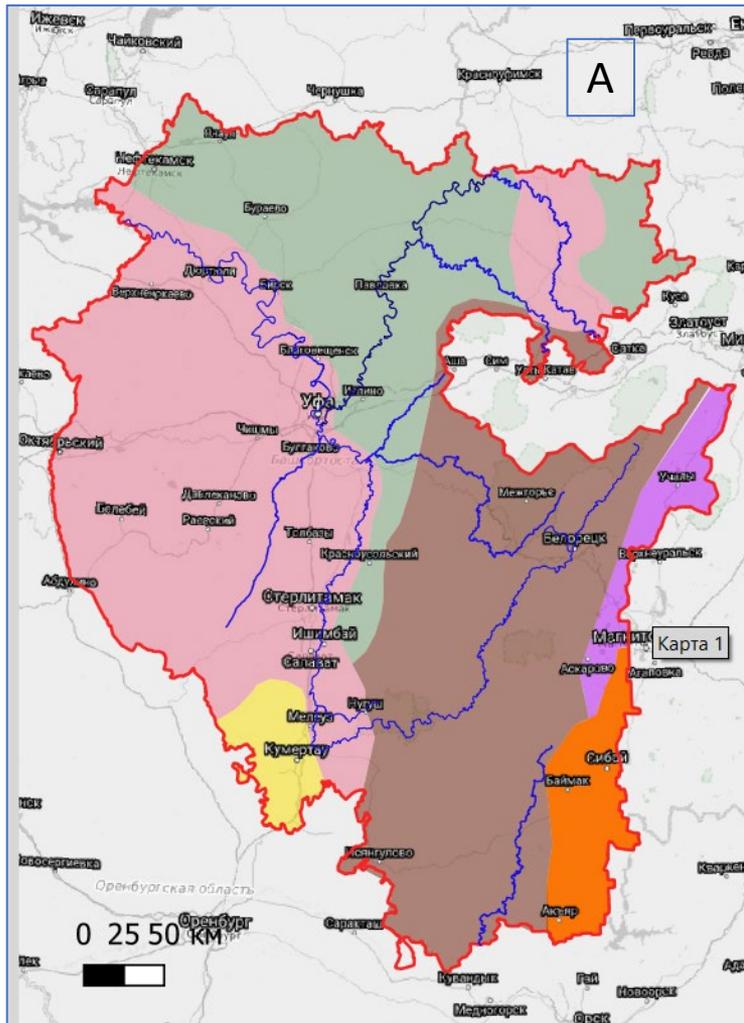


OpenStreetMap создан сообществом картографов, которые добавляют и поддерживают данные о дорогах, тропах, кафе, вокзалах и о многих других объектах по всему миру.

OSM — Features Total: 28, Filtered: 28, ...

	osm_id	highway	kod
1	78164279	river	6
2	198558806	unclassified	5
3	198558807	unclassified	5
4	198558809	unclassified	5
5	198558811	unclassified	5
6	78164279	tertiary	4
7	115654822	tertiary	4
8	788986713	service	3
9	788986716	service	3
10	863758335	service	3
11	788986568	residential	2
12	788986580	residential	2
13	788986581	residential	14

# Функциональные возможности ГИС: трансформация картографических проекций

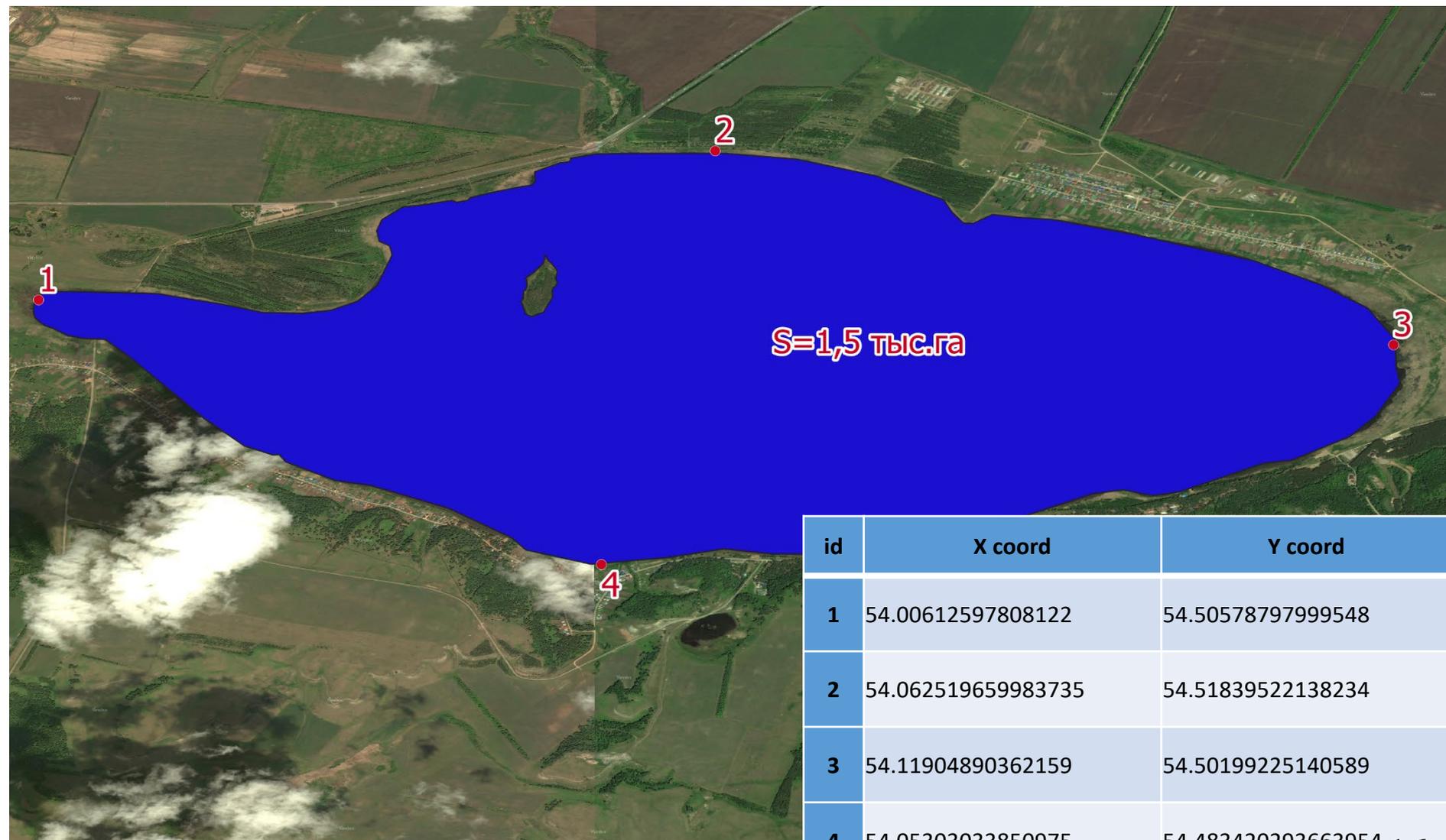


Изображение Республики Башкортостан:

А – в проекции Гаусса-Крюгера,

Б – в географической системе координат (WGS-84)

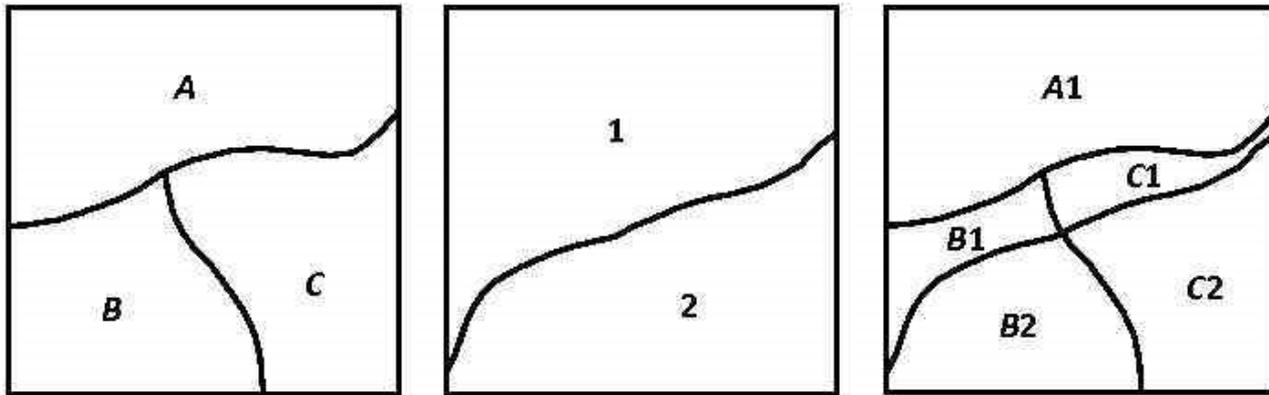
# Функциональные возможности ГИС: картометрические операции и определение координат (географических, прямоугольных)



id	X coord	Y coord
1	54.00612597808122	54.50578797999548
2	54.062519659983735	54.51839522138234
3	54.11904890362159	54.50199225140589
4	54.05303033850975	54.483420293663954

## Функциональные возможности ГИС:

**Оверлейные операции** (операции наложения) являются одними из самых мощных и распространенных аналитических алгоритмов, используемых в среде ГИС. Эти операции основаны на наложении двух и более разноименных картографических слоев и создании производных объектов, возникающих при их геометрическом наложении.



Например, первый картографический слой содержит типы почв:

A – черноземы, B – серые лесные, C – дерново-подзолистые.

Второй - степень эродированности:

1 – слабоэродированные, 2 – сильноэродированные.

В результате наложения получаем:

A1 – черноземы слабоэродированные,

B1 – серые лесные слабоэродированные, B2 – серые лесные сильноэродированные, C1

– дерново-подзолистые слабоэродированные, C2 – дерново-подзолистые сильноэродированные.

## Функциональные возможности ГИС:

**Операции алгебры карт** (картографическая алгебра, точечные операции или локальные операции) выполняют анализ и вычисления отдельно в каждой ячейке растровой сетки.

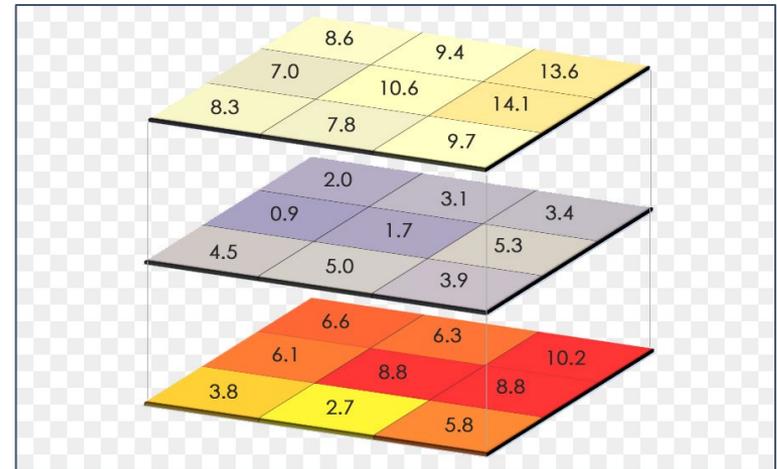
**Пространственный анализ** (анализ размещения, связей, зон видимости/невидимости, соседства, создание и обработку цифровых моделей рельефа, анализ объектов в пределах буферных зон и др.;

**Пространственное моделирование или геомоделирование.**

**Визуализация** исходных, производных или итоговых данных и результатов обработки;

**Вывод данных,** графической, табличной и текстовой документации, в том числе ее тиражирование, документирование;

**Цифровая обработка изображений** (данных дистанционного зондирования).

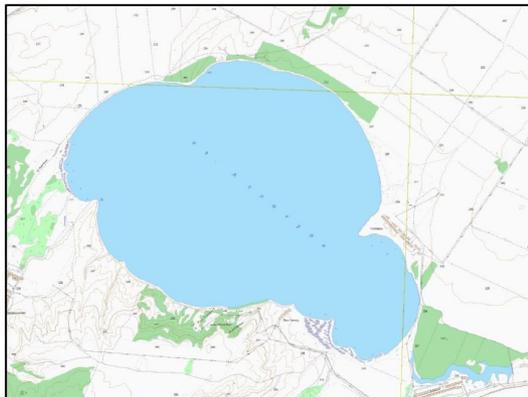
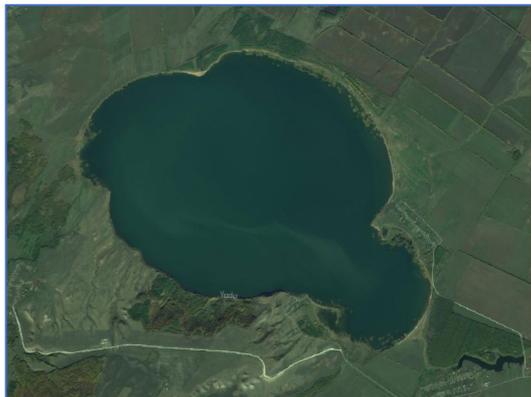


*Пример картографической алгебры*

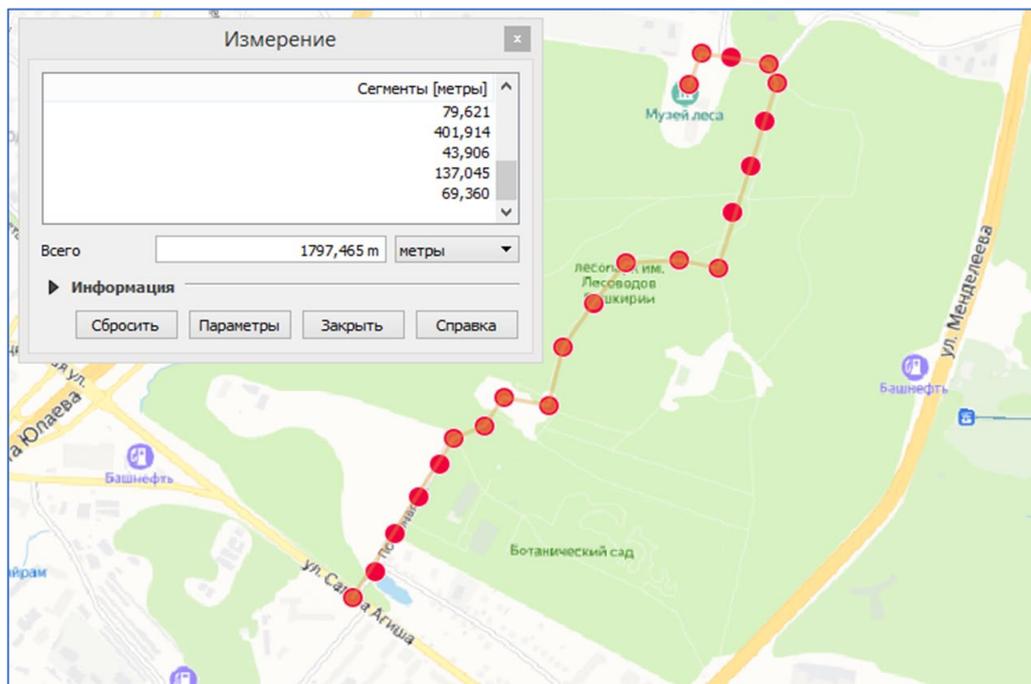


*Построение буферных зон*

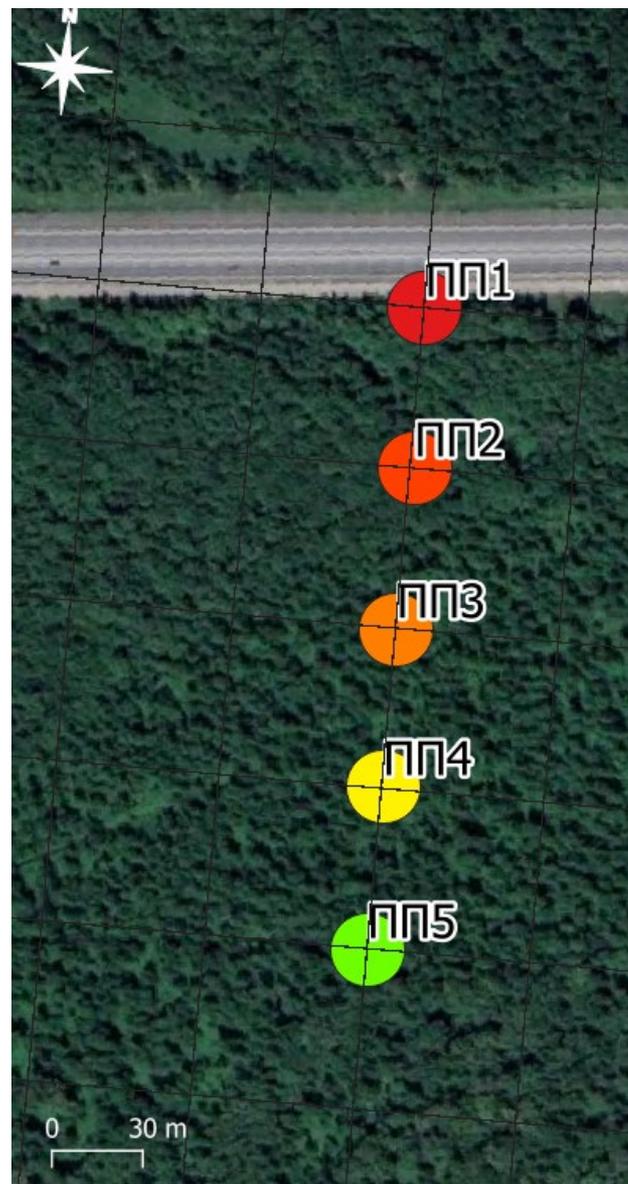
# Упрощенные цифровые карты-схемы для школьников



*Сравнение изображения на спутниковом снимке и топографической карте (озеро Аслыкуль)*



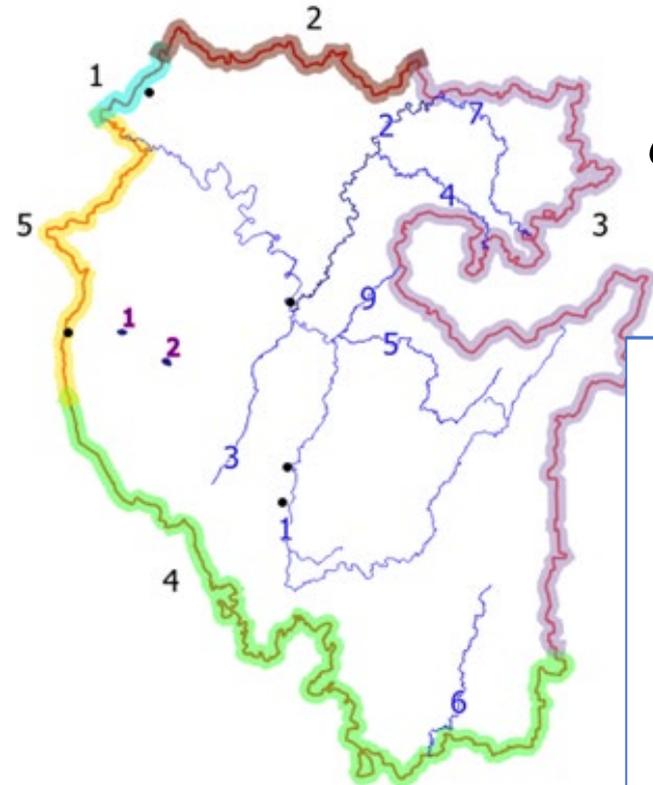
*Проложение и измерение маршрута по лесопарку им. Лесоводов Башкирии*



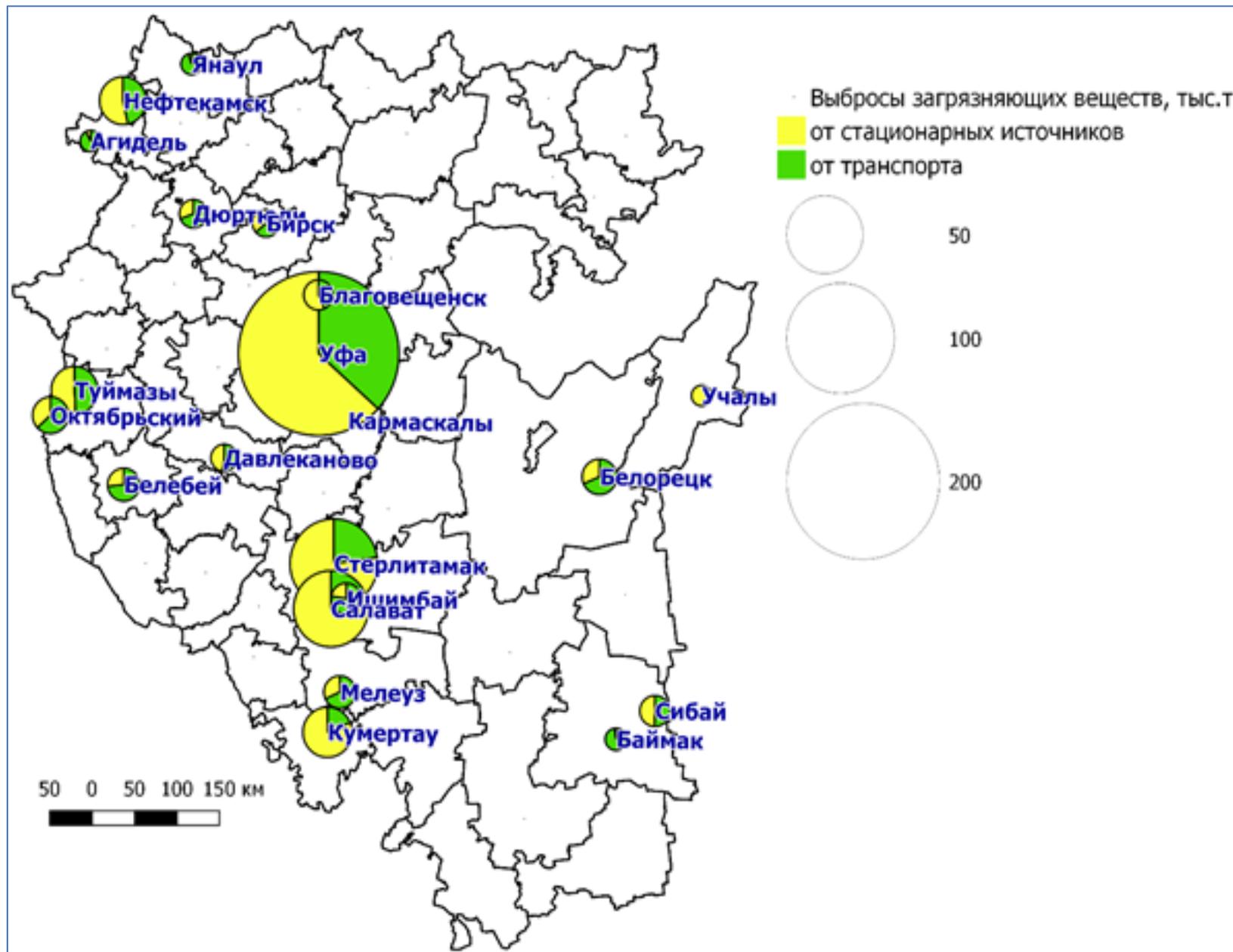
*Закладка пробных площадей через каждые 100 м от автодороги*

# Задания для школьников

*Основа для картографирования*



*Готовый результат картографирования*

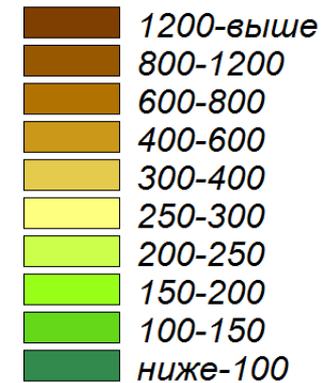
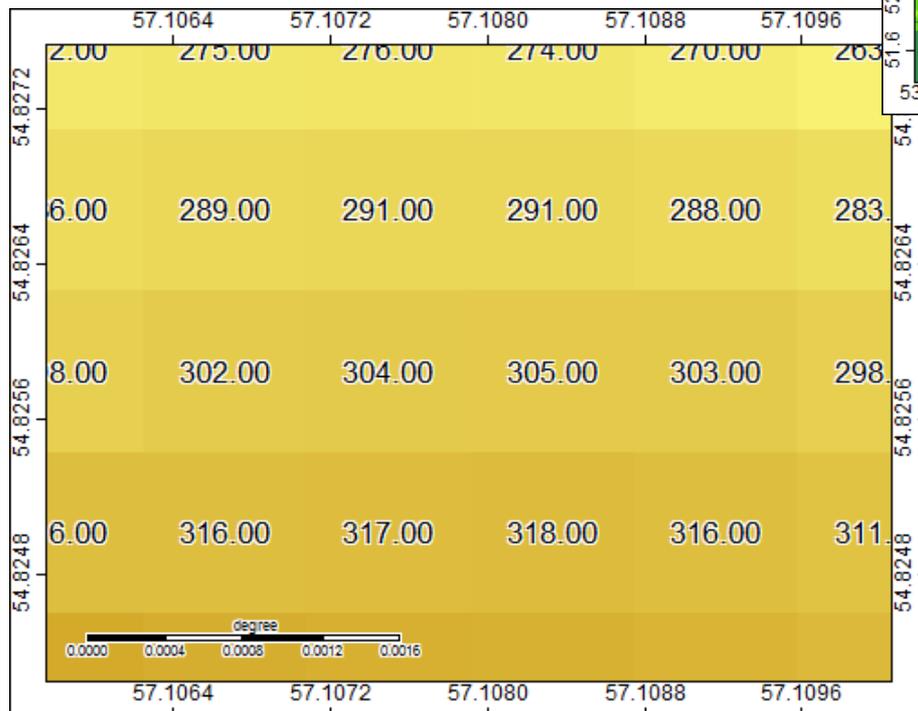
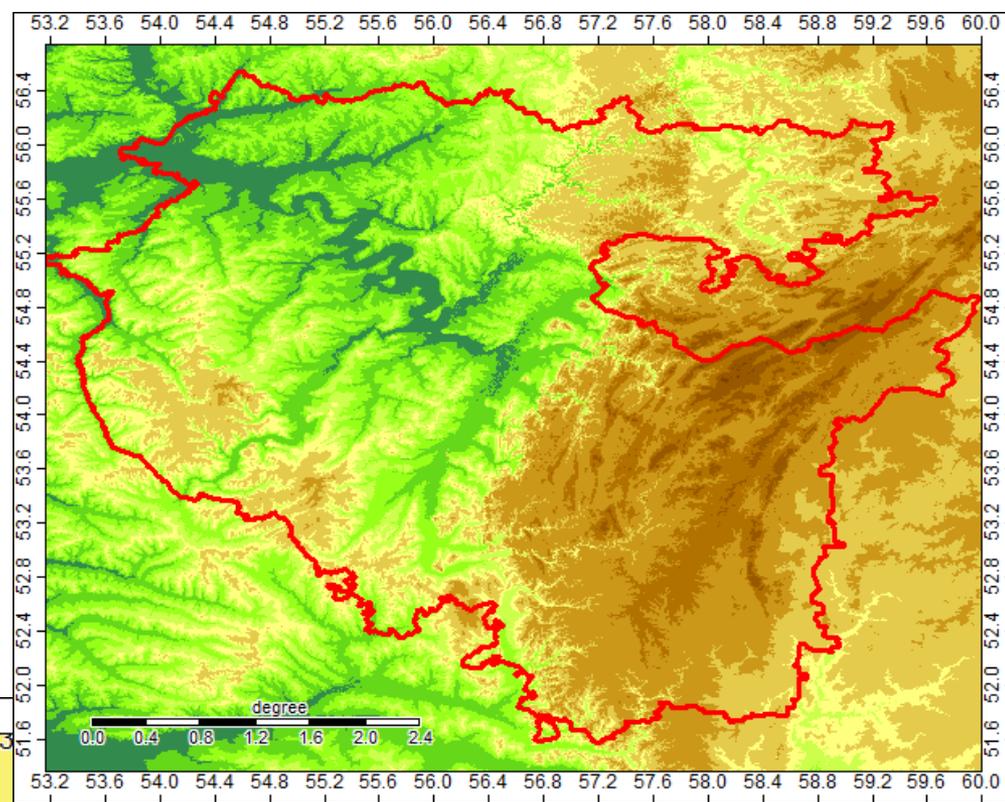


*Карта-схема выбросов загрязняющих веществ в городах  
Республики Башкортостан за 2020 год*

<http://srtm.csi.cgiar.org>

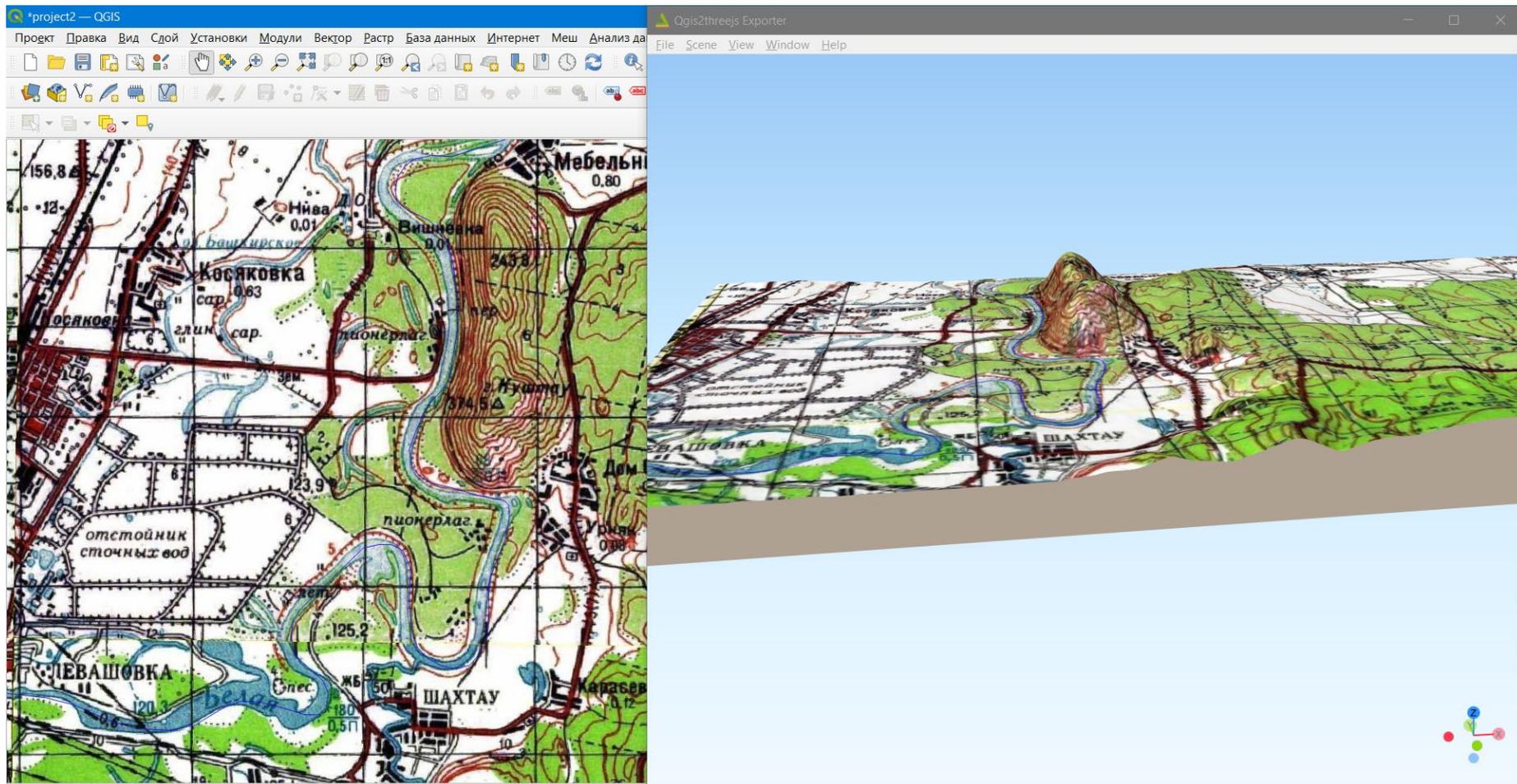
Shuttle radar topographic mission

Радарная топографическая съемка большей части территории земного шара, за исключением самых северных, самых южных широт, а также океанов, произведенная в феврале 2000 г с помощью радарной системы.



Высоты даны в высотах геоида EGM96 (Earth Gravitational Model 1996)

## 3d моделирование с помощью модуля Qgis2threejs



*3D визуализация рельефа (шихан Куштау, вертикальный масштаб увеличен в 3 раза) на основе цифровой модели рельефа Shuttle radar topographic mission (SRTM)*

Геоморфометрия (geomorphometry, digital terrain analysis) - научное направление, занимающееся цифровым анализом рельефа методами дифференциальной геометрии.

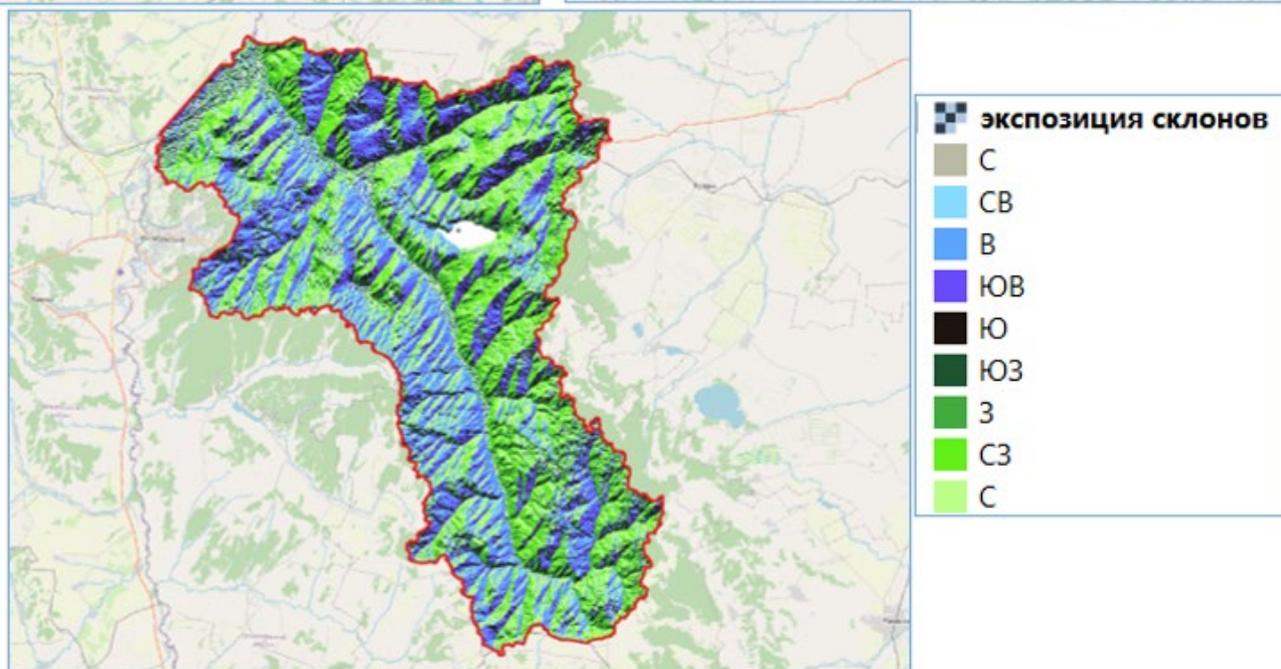
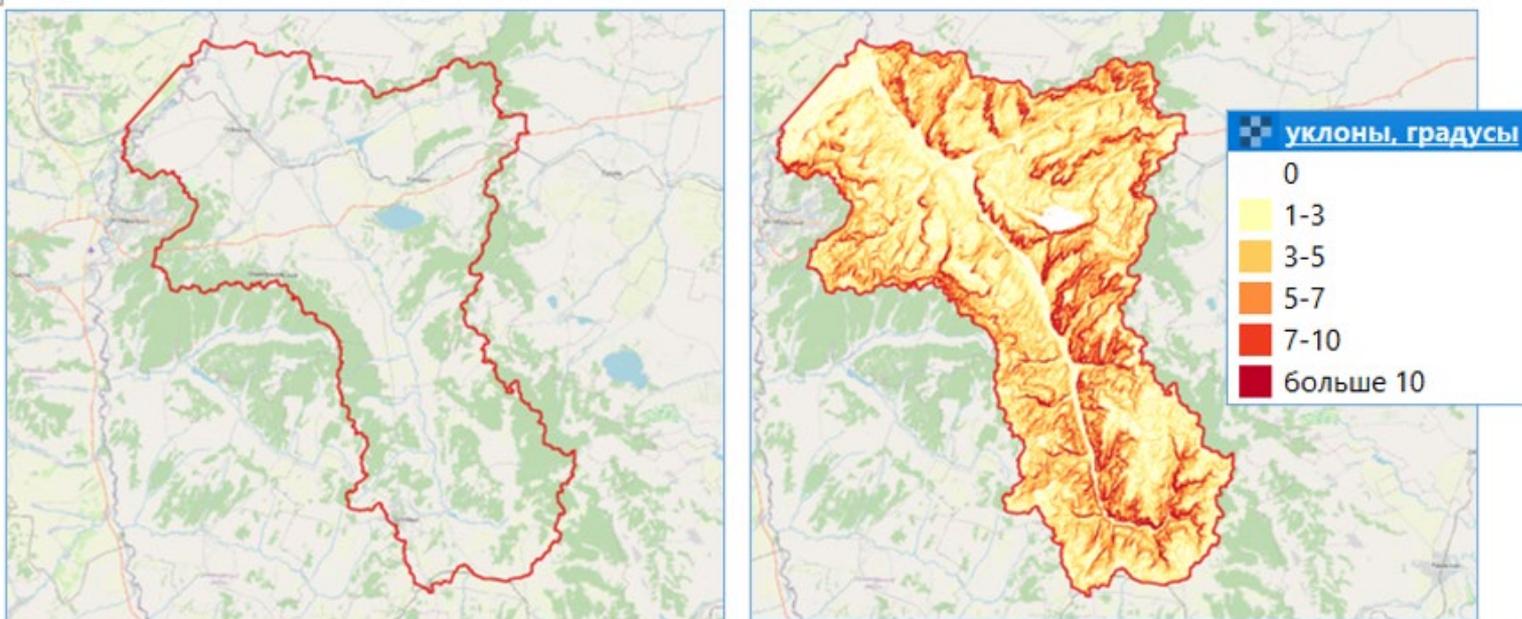
К таким **морфометрическим** параметрам относятся:

- **Геометрические** (величина уклона, экспозиция склона, различные виды кривизны земной поверхности, оценка зон видимости) – описывают морфологические особенности территории, определяющие скорость и интенсивность потоков вещества и энергии, динамику склоновых процессов.

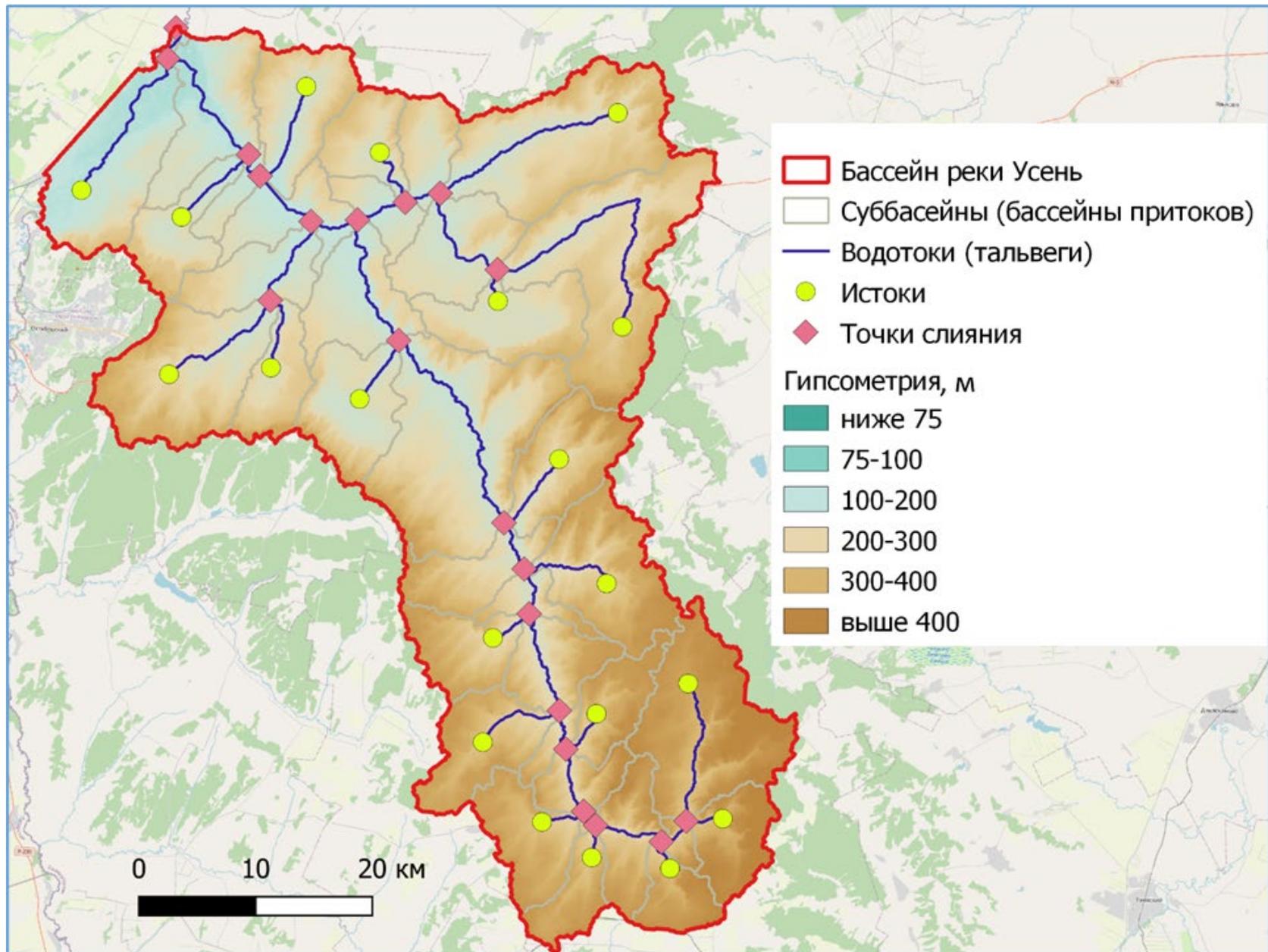
- **Гидрологические** (направление стока, водосборные бассейны, топографический индекс влажности, индекс мощности линейной эрозии, индекс баланса геомасс, оценка зон потенциального затопления) – используются для оценки поверхностного стока, степени увлажнения почвы и перемещения обломочного материала.

- **Топографо-микроклиматические** (показатели потенциальной солнечной радиации и инсоляции, дифференциации температуры земной поверхности, воздействия ветра) – характеризуют влияние земной поверхности на особенности распределения солнечной радиации, температурного поля и воздействия ветра.

- **Параметры вертикальной дифференциации природной среды** (относительная высота, глубина речной долины и др.).

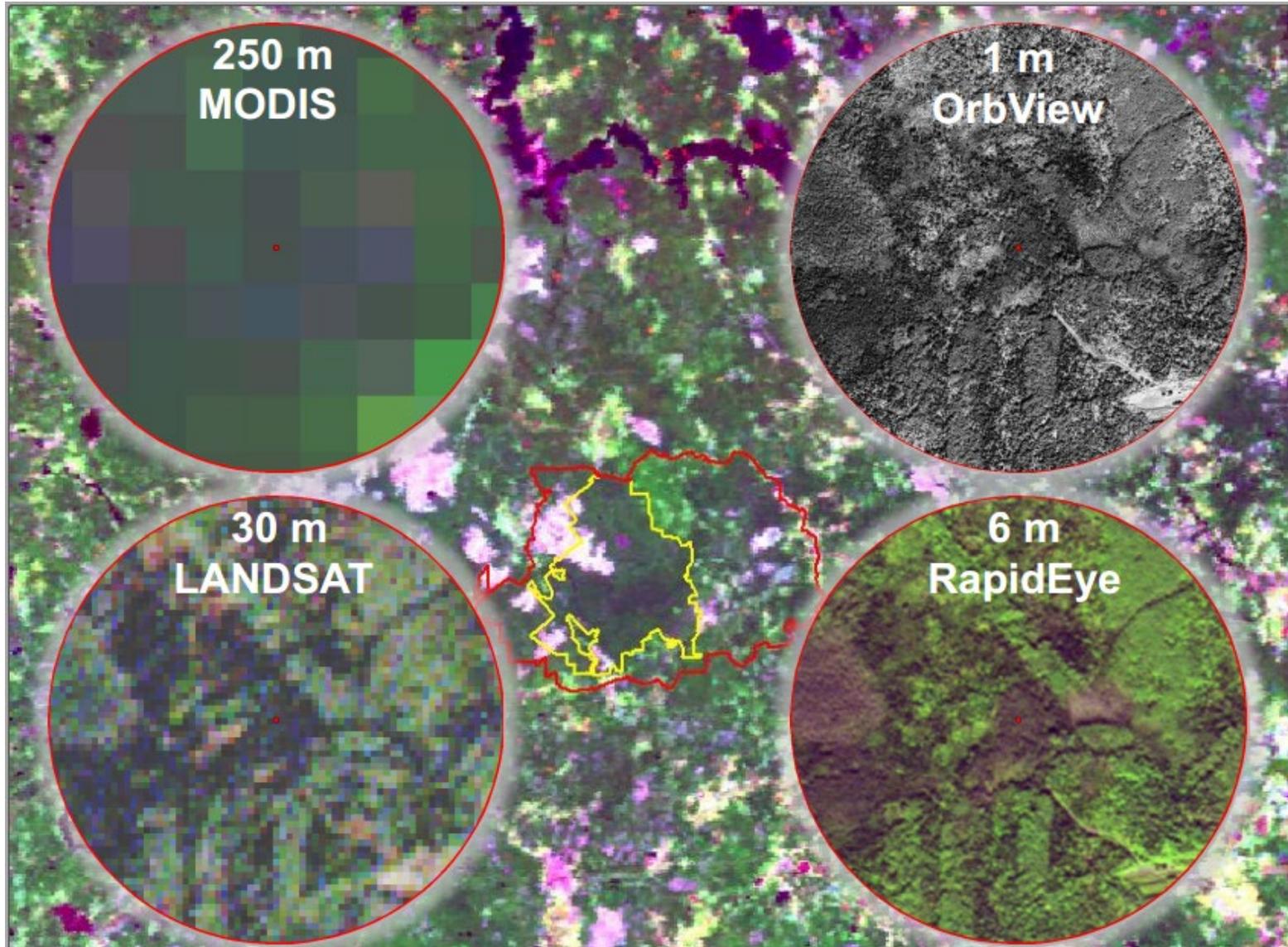


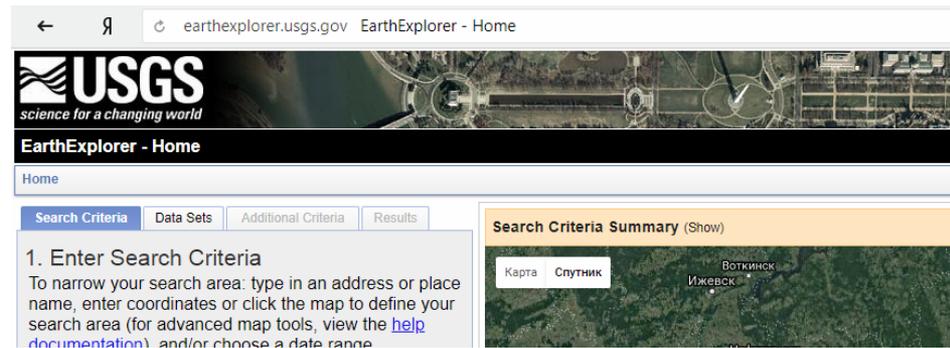
*Растры уклонов и экспозиции склонов (водосборная площадь реки Усень) на основе цифровой модели рельефа SRTM.*



*Пример построения элементов бассейна реки в QGIS на основе цифровой модели рельефа SRTM.*

**Космические снимки** – это собирательное название данных, получаемых с космических аппаратов в различных диапазонах электромагнитного спектра, визуализируемых затем по определенному алгоритму.

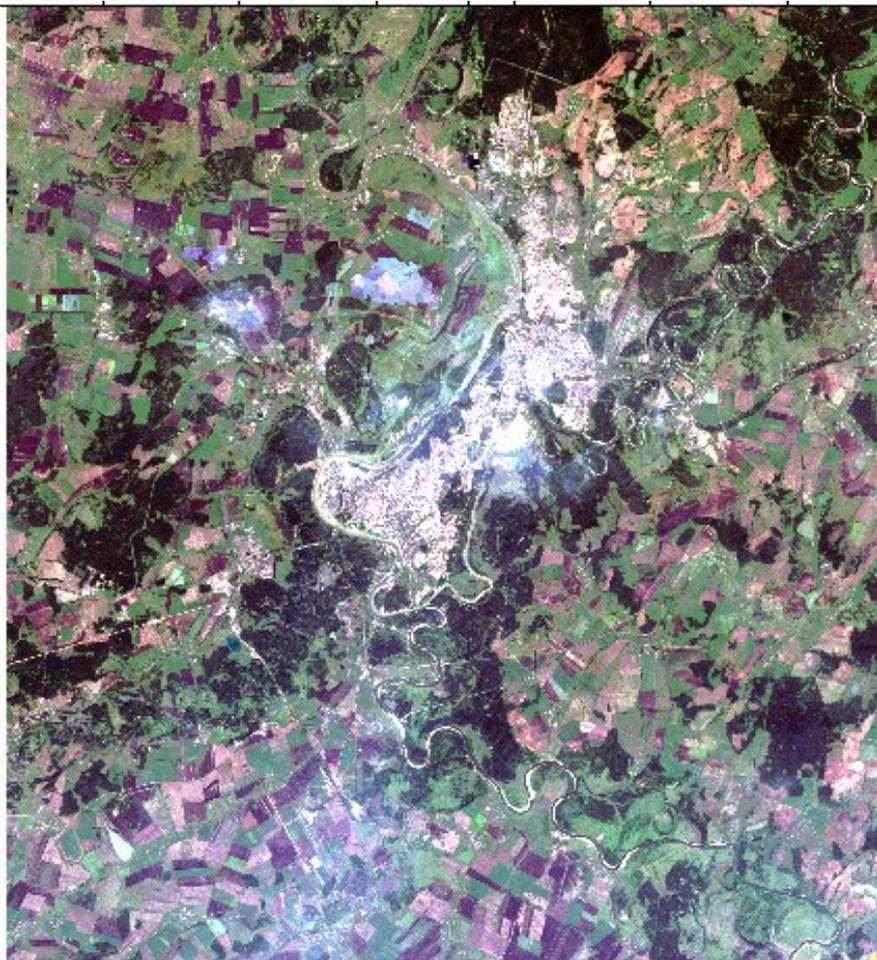




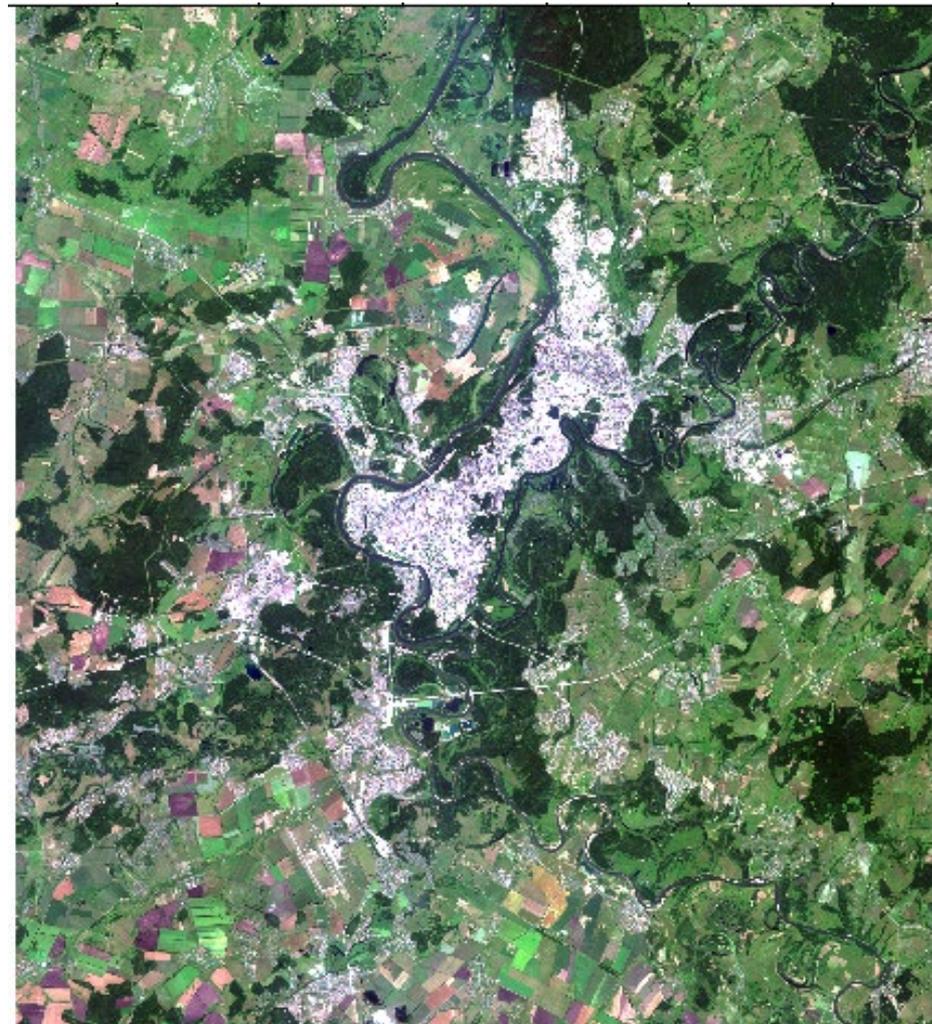
## Спектральные каналы Landsat 8

Спектральный канал	Длины волн	Разрешение
Диапазоны OLI		
Канал 1 – Побережья и аэрозоли	0,433 – 0,453 мкм	30 м
Канал 2 – Синий	0,450 – 0,515 мкм	30 м
Канал 3 – Зеленый	0,525 – 0,600 мкм	30 м
Канал 4 – Красный	0,630 – 0,680 мкм	30 м
Канал 5 – Ближний ИК	0,845 – 0,885 мкм	30 м
Канал 6 – Ближний ИК	1,560 – 1,660 мкм	30 м
Канал 7 – Ближний ИК	2,100 – 2,300 мкм	30 м
Канал 8 – Панхроматический	0,500 – 0,680 мкм	15 м
Канал 9 – Перистые облака	1,360 – 1,390 мкм	30 м
Диапазоны TIRS		
Канал 10 – Дальний ИК	10,30 – 11,30 мкм	100 м
Канал 11 – Дальний ИК	11,50 – 12,50 мкм	100 м

Фрагменты синтезированных снимков Landsat (RGB-каналы)

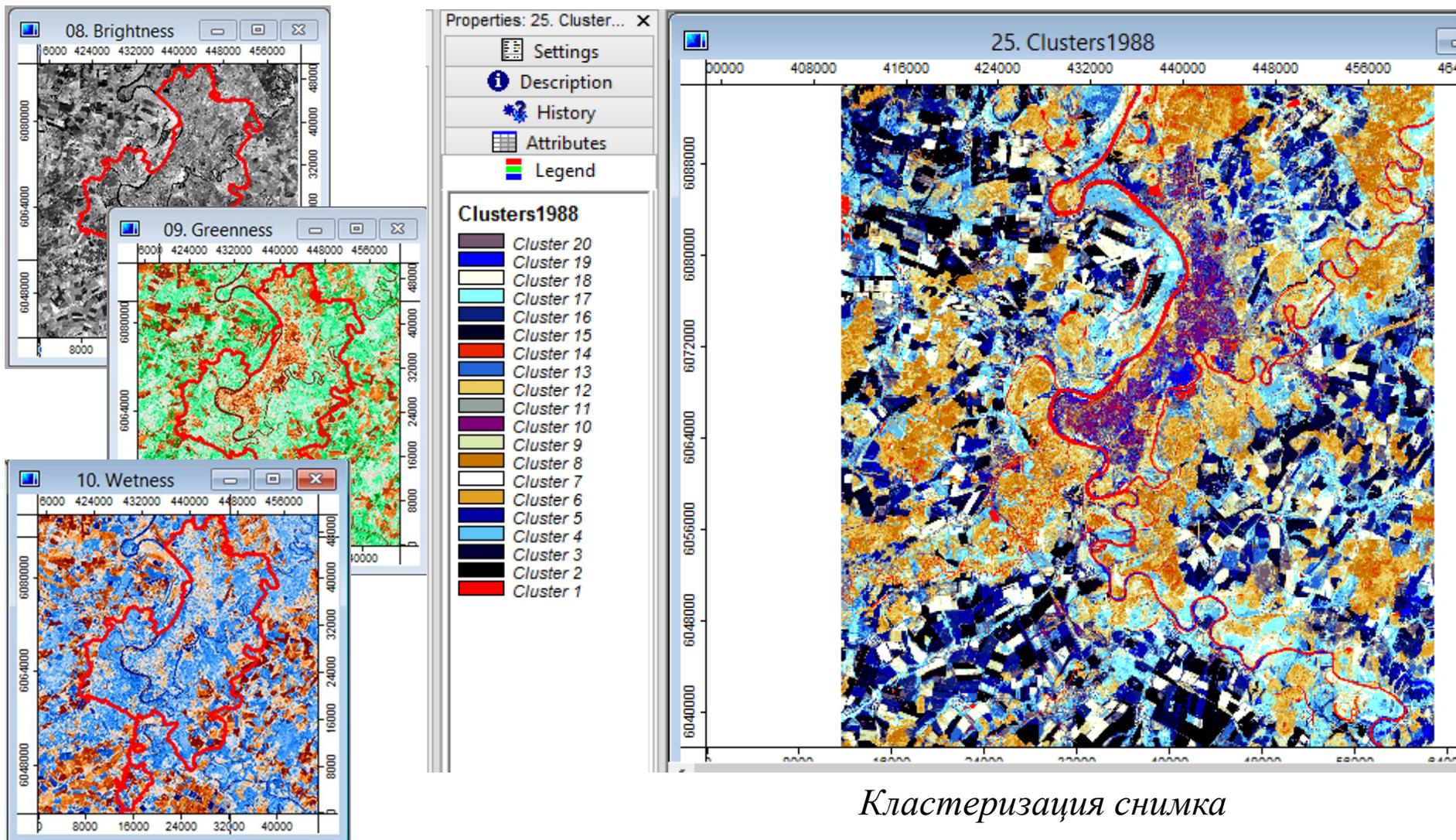


1988 г



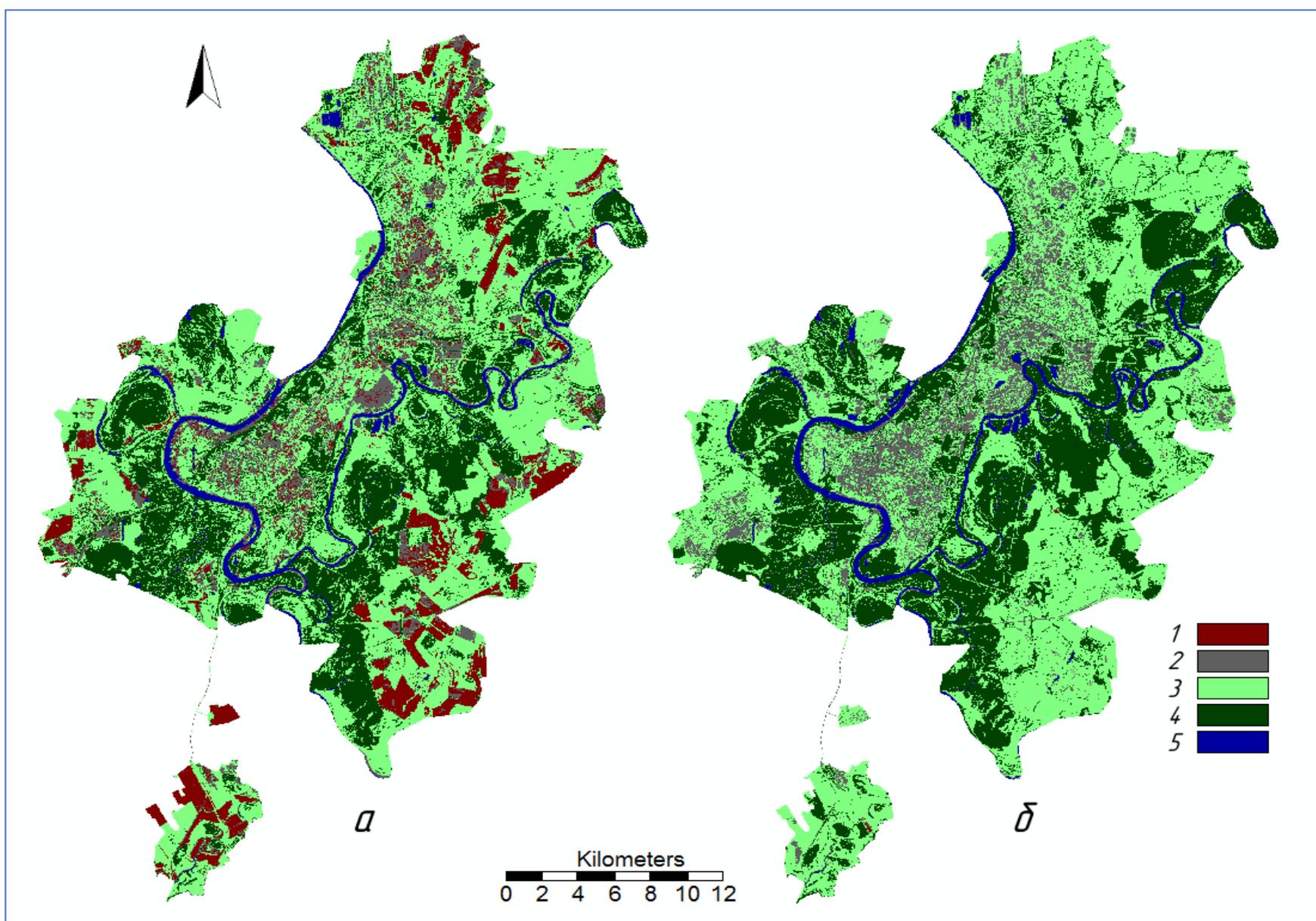
2018 г

**Кластерный анализ** - многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы.



*Кластеризация снимка*

*Уменьшение размерности с 11 каналов до 3*

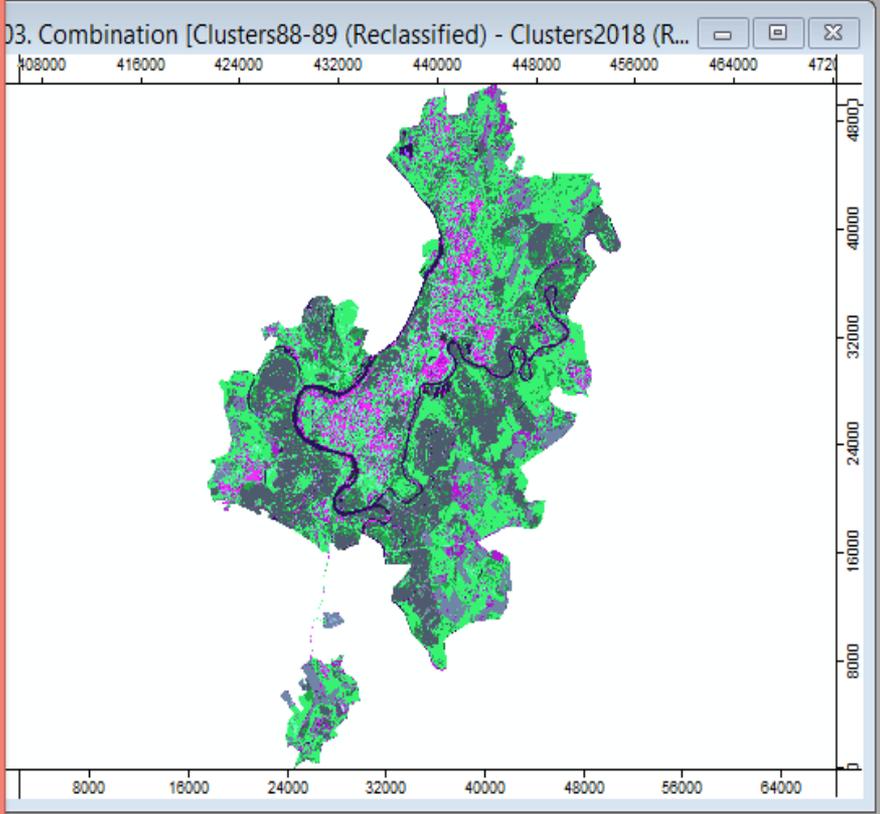


*Типы подстилающей поверхности г. Уфы от 24.08.1988 г. (а) и от 26.07.2018 г. (б): 1-открытая почва; 2-без растительности; 3-травянистая растительность; 4-древесно-кустарниковая растительность; 5-под водой.*

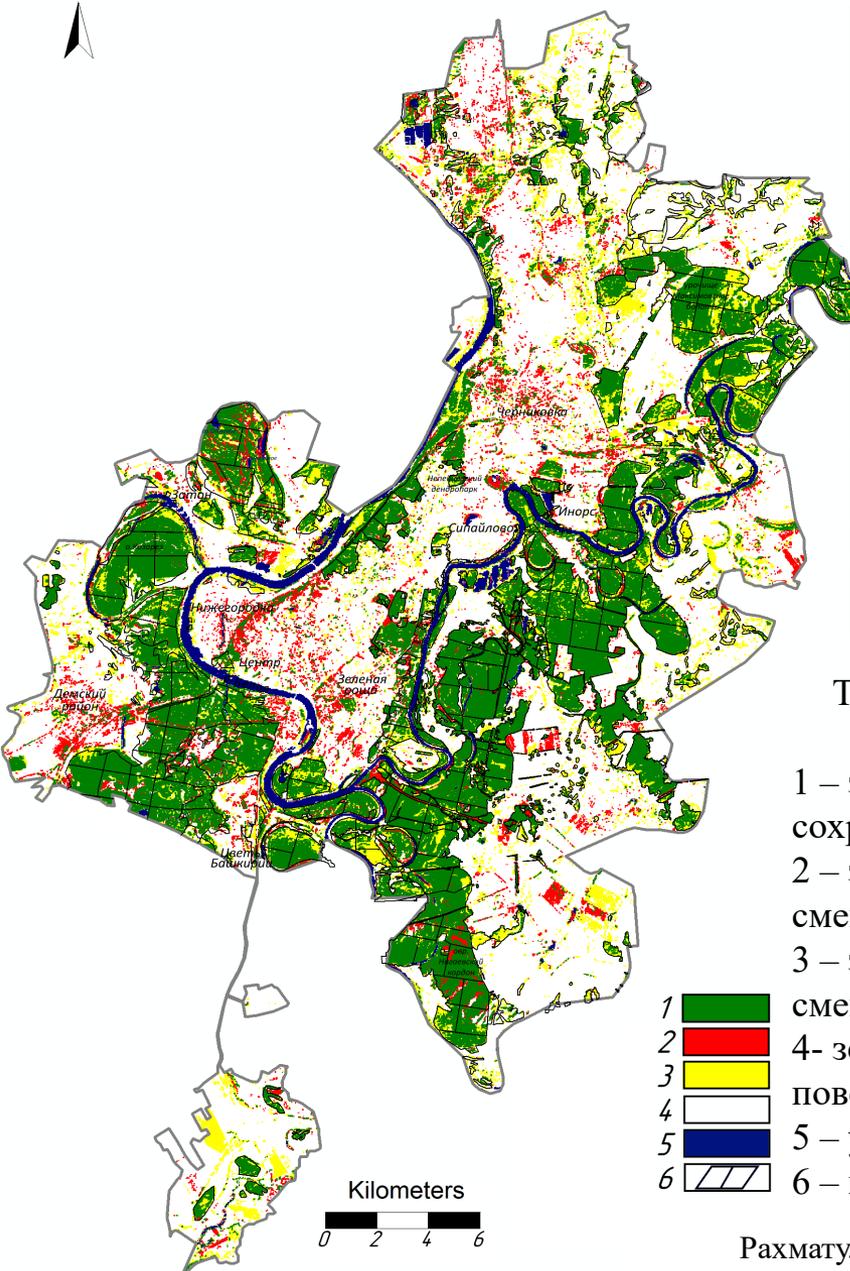
Table

	Color	Name	Description	Minimum	Maximum
1		почва >> почва		0.000000	0.000000
2		почва >> без растительности		1.000000	1.000000
3		почва >> трава		2.000000	2.000000
4		почва >> лес		3.000000	3.000000
5		почва >> под водой		4.000000	4.000000
6		без растительности >> почва		5.000000	5.000000
7		без растительности >> без р		6.000000	6.000000
8		без растительности >> трава		7.000000	7.000000
9		без растительности >> лес		8.000000	8.000000
10		без растительности >> под в		9.000000	9.000000
11		трава >> почва		10.000000	10.000000
12		трава >> без растительности		11.000000	11.000000
13		трава >> трава		12.000000	12.000000
14		трава >> лес		13.000000	13.000000
15		трава >> под водой		14.000000	14.000000
16		лес >> почва		15.000000	15.000000
17		лес >> без растительности		16.000000	16.000000
18		лес >> трава		17.000000	17.000000
19		лес >> лес		18.000000	18.000000
20		лес >> под водой		19.000000	19.000000
21		под водой >> без растительности		21.000000	21.000000
22		под водой >> трава		22.000000	22.000000
23		под водой >> лес		23.000000	23.000000
24		под водой >> под водой		24.000000	24.000000

Buttons: Okay, Cancel, Load, Workspace, Save, Workspace, Add, Insert, Delete, Clear, Colors



*Результат использования инструмента «Матрица изменений» (Confusion Matrix)*

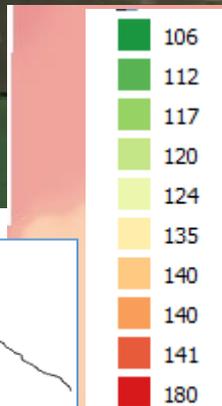
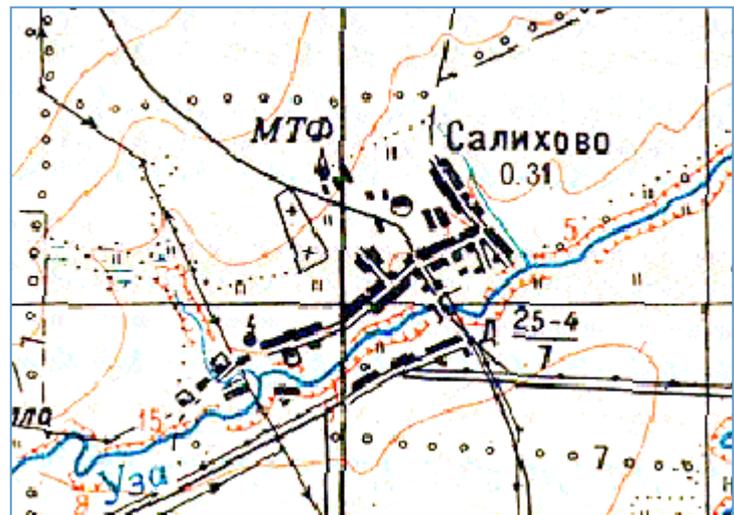


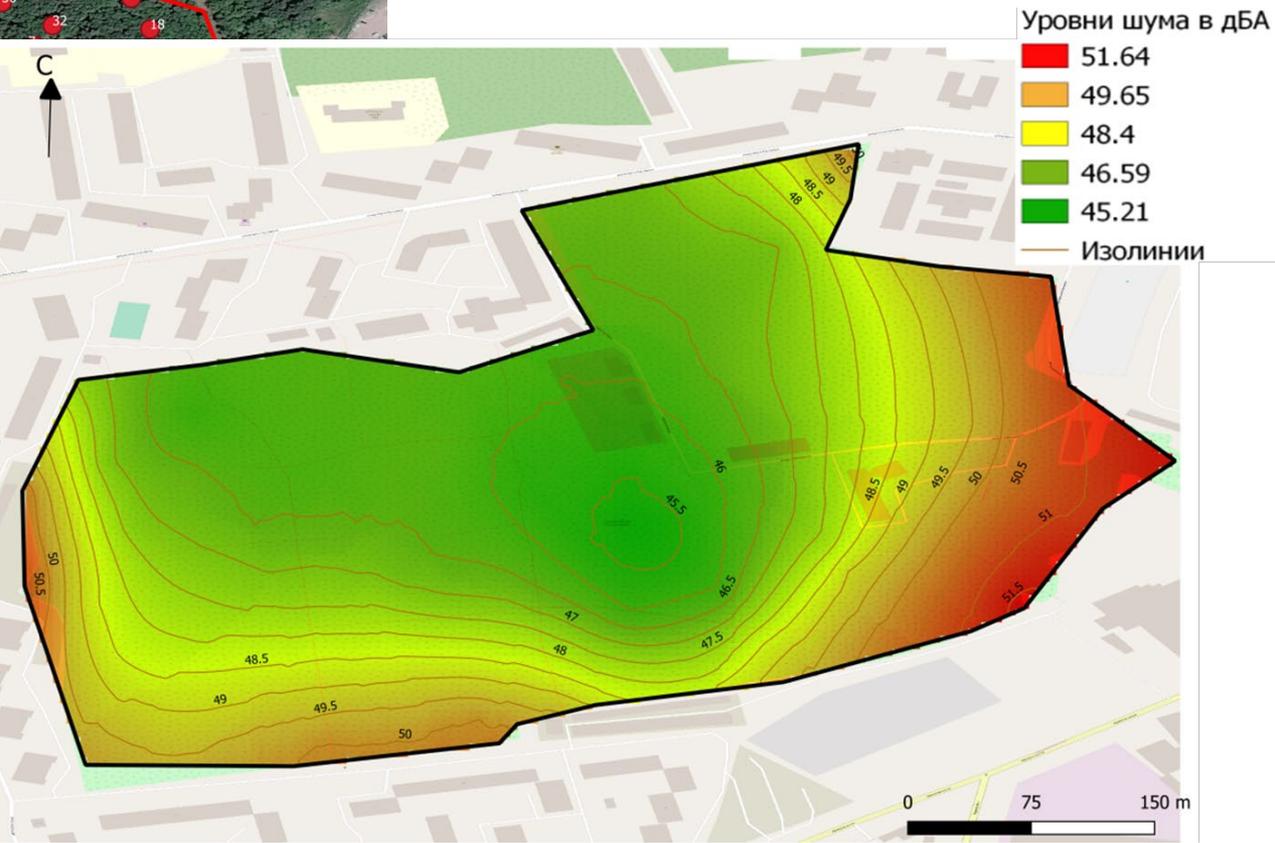
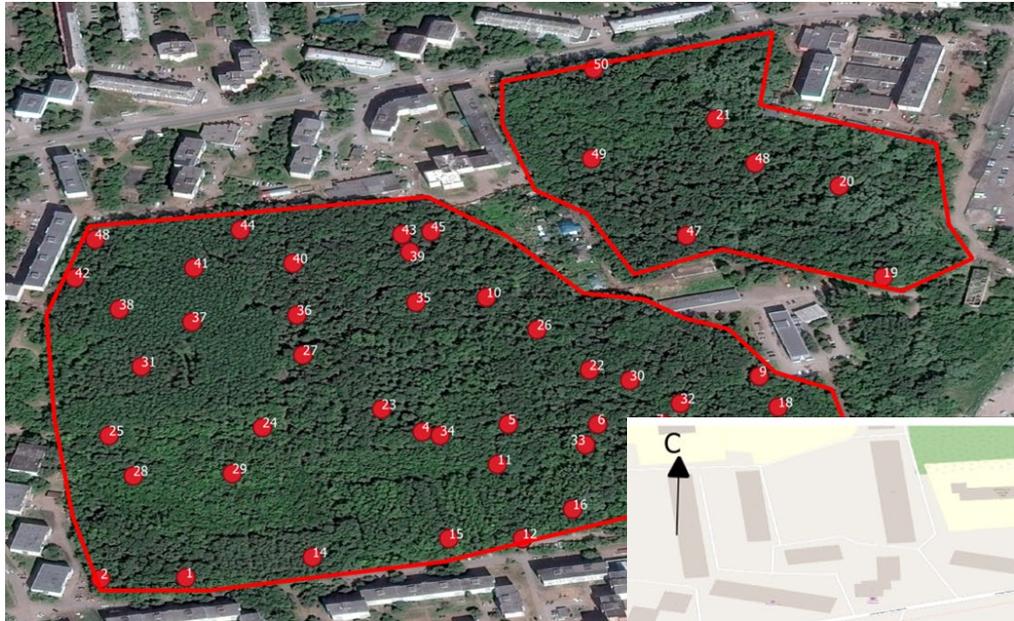
Подстилаящая поверхность	почва	без растительности	трава	лес	под водой	Итого 1988
почва	15,3	864,5	5982,1	322,7	20,7	<b>7205,3</b>
без растительности	19,8	3142,2	3398,9	640,9	300,2	<b>7502</b>
трава	17	2171,7	24076,6	7627,5	143,3	<b>34036,1</b>
лес	2,3	613,1	3005,1	16072,5	80,1	<b>19773,1</b>
под водой	0	158,5	41,7	74,3	1999	<b>2273,5</b>
<b>Итого 2018 г</b>	<b>54,4</b>	<b>6950</b>	<b>36504,4</b>	<b>24737,9</b>	<b>2543,3</b>	<b>70790</b>

Трансформация древесно-кустарниковых насаждений за 1988 – 2018 годы

- 1 – земли, на которых древесно-кустарниковая растительность сохранилась;
- 2 – земли, на которых древесно-кустарниковая растительность сменилась на другие типы подстилаящей поверхности;
- 3 – земли, на которых другие типы подстилаящей поверхности сменились на древесно-кустарниковую растительность;
- 4- земли, характеризующиеся другими типами подстилаящей поверхности на обоих снимках;
- 5 – участки под водой (2018 г);
- 6 – квартальная сеть лесов Уфимского городского лесничества.

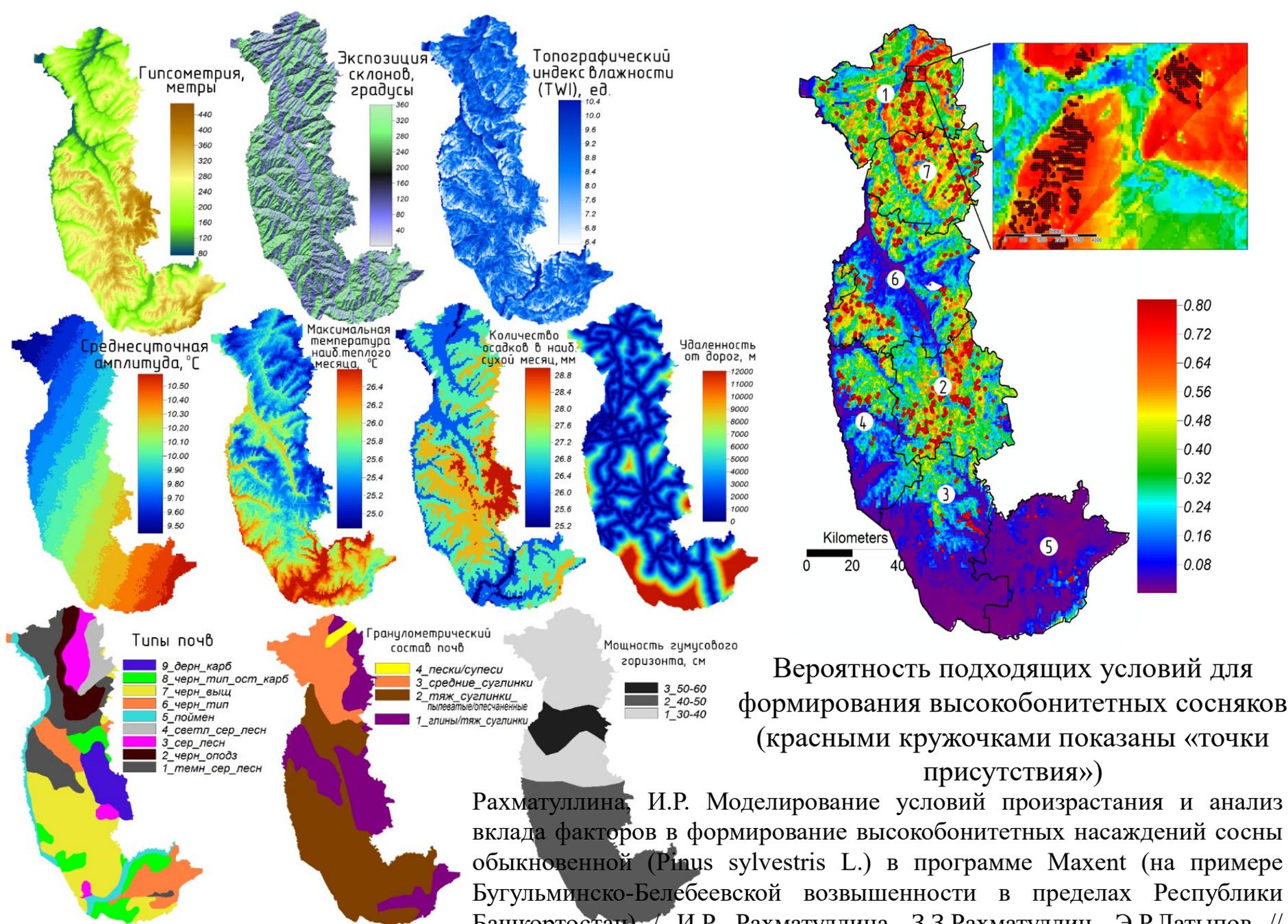
Рахматуллина И.Р. Дистанционный мониторинг зеленых насаждений Уфы за 1988-2018 годы / И.Р.Рахматуллина, З.З.Рахматуллин, А.Ю.Кулагин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2020. Т.28. №3. - С. 263–274.





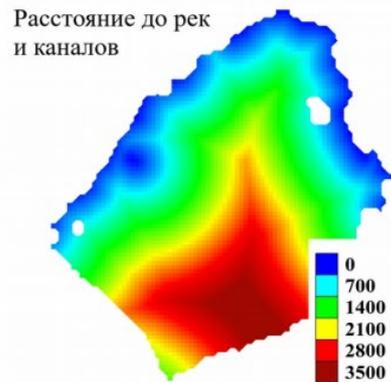
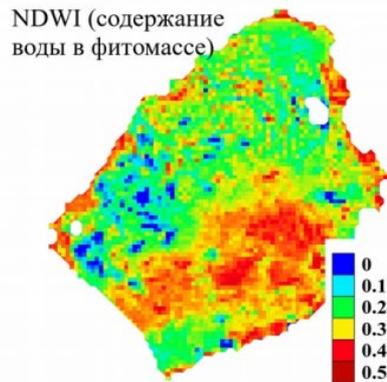
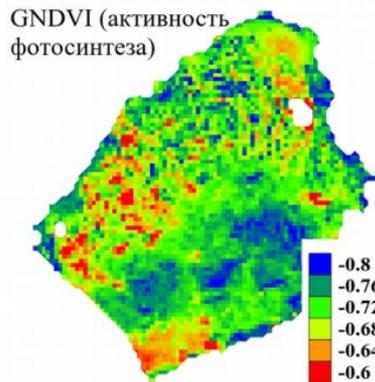
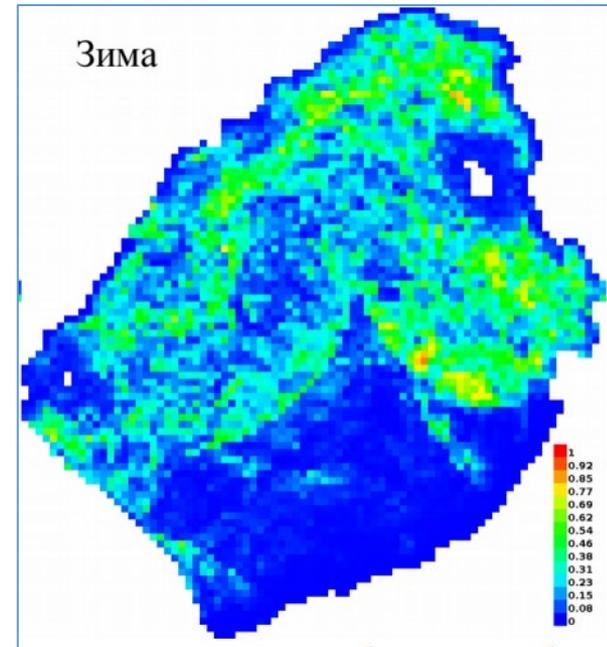
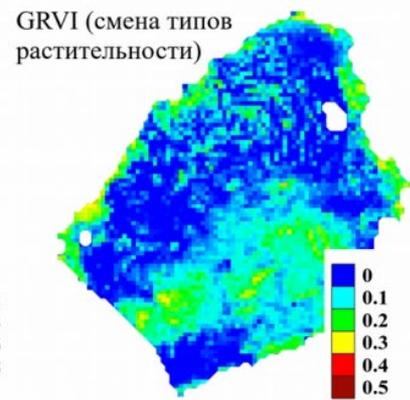
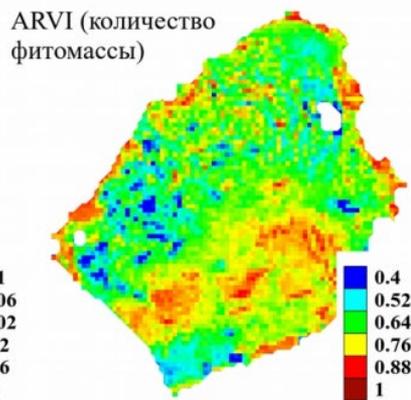
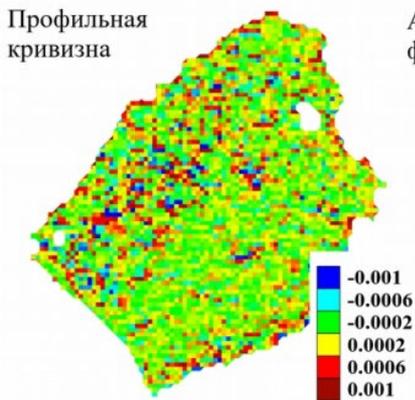
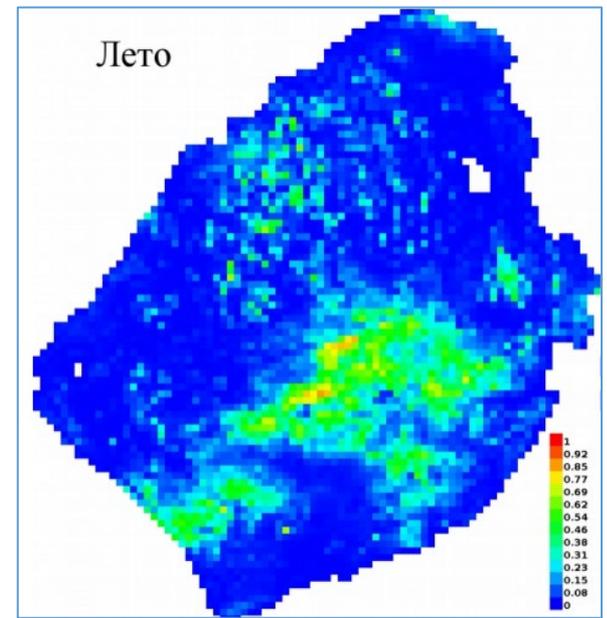
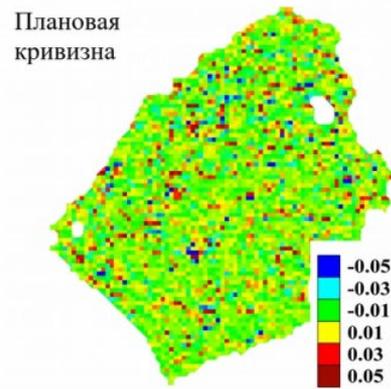
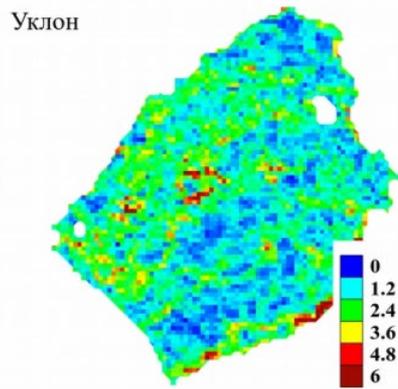
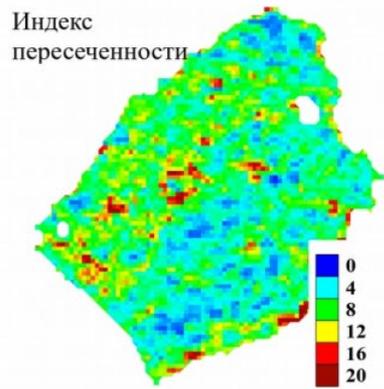
Авхадиева, А.А. Экологическое картографирование Непейцевского дендропарка г.Уфы / А.А.Авхадиева, И.Р. Рахматуллина // Экология и природопользование: прикладные аспекты: материалы IX международной научно-практической конференции. – Уфа: Аэтерна, 2019. – Т.1. - С.8-11.

*Картограмма шумового загрязнения Непейцевского дендропарка*



Вероятность подходящих условий для формирования высокобонитетных сосняков (красными кружочками показаны «точки присутствия»)

Рахматуллина, И.Р. Моделирование условий произрастания и анализ вклада факторов в формирование высокобонитетных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в программе Maxent (на примере Бугульминско-Белебеевской возвышенности в пределах Республики Башкортостан) // И.Р. Рахматуллина, З.З.Рахматуллин, Э.Р.Латыпов // Природообустройство. – 2017. – №3. – С.104 -111.



## Заключение

1. Цифровая картография бурно развивается во взаимодействии с географическими информационными системами и данными дистанционного зондирования Земли.
2. С помощью цифровых технологий картография превращается из познавательных и просто средств ориентирования в математический инструментарий по получению новых данных.
3. Современные ГИС становятся более дружелюбными для пользователей, и поэтому на их основе школьникам становятся доступными использование возможностей цифровой картографии.

Спасибо за внимание!