



Совместная Международная  
научно-техническая конференция

ИРКУТСК  
2021

ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ:

КОСМИЧЕСКИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ,  
ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

# Технология планово-высотной подготовки аэрофотоснимков при выполнении работ по созданию цифровых ортофотопланов масштабов 1:2000 и 1:10000 для включения в состав ЕЭКО

Евстафьев Олег Валерьевич  
Центр геодезии АО «Роскартография»



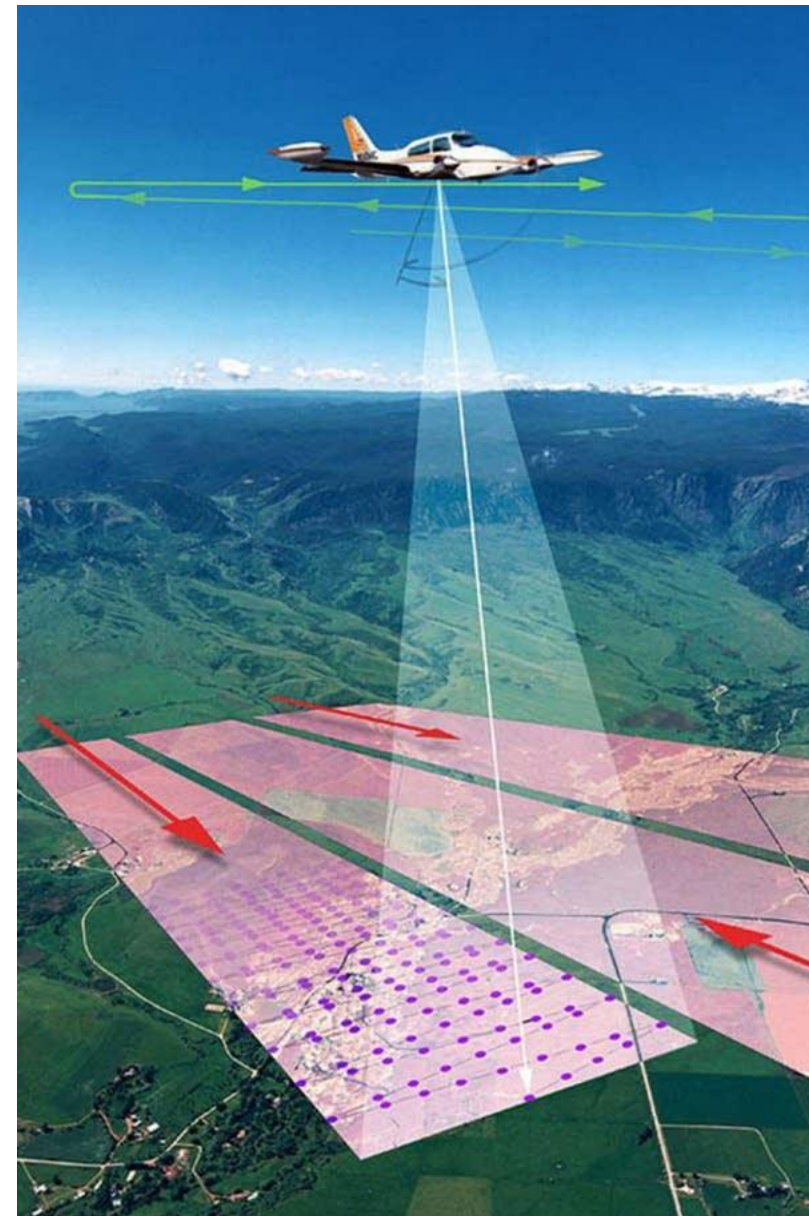
# Содержание

1. Роль и место планово-высотной подготовки (ПВП) аэрофотоснимков в общем процессе создания ЦОФП.
2. Исходные данные и результаты ПВП аэрофотоснимков.
3. Особенности требований к геодезическим работам при ПВП аэрофотоснимков.
4. Организация геодезических работ при ПВП аэрофотоснимков.
5. Предложения по совершенствованию технологии ПВП аэрофотоснимков.



# Цель ПВП аэро́фотоснимков

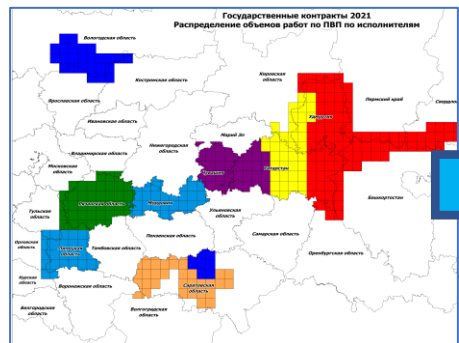
Получение данных, необходимых для  
внешнего ориентирования  
аэрофотоснимков,  
создания и контроля точности ЦОФП.



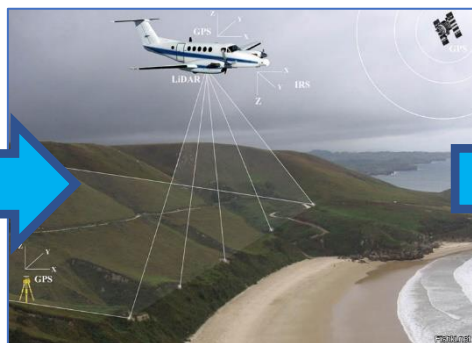




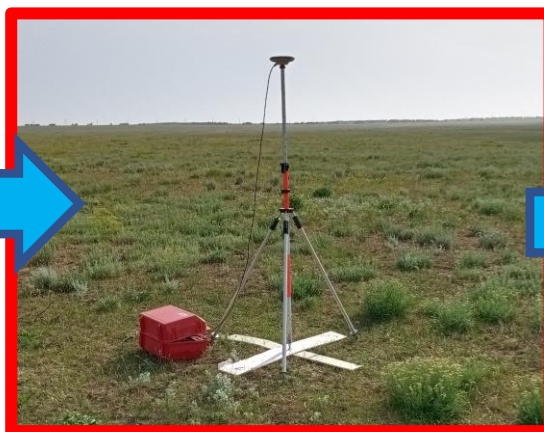
# Место планово-высотной подготовки (ПВП) аэрофотоснимков в общем процессе создания ЦОФП



Проектирование



Аэрофотосъёмка



Планово-высотная  
подготовка  
аэрофотоснимков



Фотограмметрические  
работы



Подготовка  
отчетных  
материалов



# Состав работ по ПВП аэро́фотоснимков

- Геодезическое сопровождение аэро́фотосъёмки - определение высокоточных траекторных данных и центров проекций аэро́фотоснимков;





# Состав работ по ПВП аэрофотоснимков

- Геодезическое сопровождение аэрофотосъёмки - определение высокоточных траекторных данных и центров проекций аэрофотоснимков;
- Вычисление локальных параметров преобразования координат;







# Состав работ по ПВП аэрофотоснимков

- Геодезическое сопровождение аэрофотосъёмки - определение высокоточных траекторных данных и центров проекций аэрофотоснимков;
- Вычисление локальных параметров преобразования координат;
- Определение координат и высот опознаков (опорных и контрольных точек на поверхности земли);





# Состав работ по ПВП аэрофотоснимков

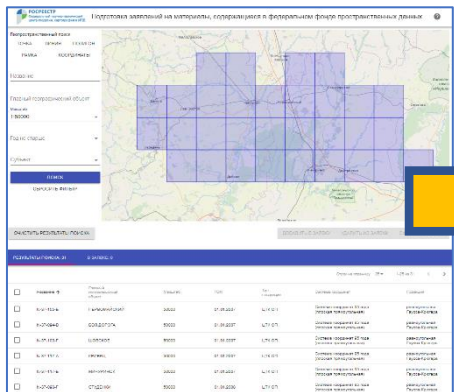
- Геодезическое сопровождение аэрофотосъёмки - определение высокоточных траекторных данных и центров проекций аэрофотоснимков;
- Вычисление локальных параметров преобразования координат;
- Определение координат и высот опознаков (опорных и контрольных точек на поверхности земли);
- Составление каталогов, абрисов (описаний) и картограмм опознаков.

Заниск_ОТ_00013		
Описание и координаты		
Заниск_ОТ_00013: Угол бордюра		
55°17'37.37883"N		
51°59'36.90833"E		
Обзорная фотосхема месторасположения		
		
Фотографии месторасположения		
		
Фотоабрис месторасположения		
		
Опознавание и координирование на местности произвел: инженер	Сайтев А.Ю. 17.07.2021	
Проверил: Руководитель ИОП	Афанасьев А.К. 17.07.2021	





# Этапы работ по ПВП аэрофотоснимков



Подготовительные  
работы



Составление  
проекта ПВП



Полевые работы



Камеральные  
работы



Составление  
отчётных  
материалов с  
результатами



# Исходные геодезические пункты

Система координат и высот	Исходные пункты
ГСК-2011	пункты ФАГС (преимущественно), ВГС, СГС-1, координаты которых определены в результате прямых спутниковых определений относительно пунктов ФАГС
МСК субъектов РФ	пункты АГС 1 и 2 классов, пункты сетей сгущения 3 класса
Балтийская система высот 1977 года	пункты АГС и сетей сгущения, а также пункты ГНС 1, 2, 3, 4 классов, высоты которых определены методом геометрического нивелирования I - IV класса.





# Результаты работ по ПВП

- ☐ Плоские прямоугольные координаты опознаков (опорных (ОТ) и контрольных точек (КТ)) в системе координат ГСК-2011;
- ☐ Координаты и высоты опознаков в системе координат WGS-84 (G1150) - плоские прямоугольные координаты в проекции UTM и в геодезической системе высот;
- ☐ Координаты и высоты опознаков в МСК и высоты в Балтийской системе высот 1977 года;
- ☐ Координаты и высоты базовых станций сопровождения АФС и дифференциальных геодезических станций (ДГС), используемых в работе, в WGS-84 (G1150);
- ☐ Абрисы (описания) и картограммы опознаков;
- ☐ Локальные параметры преобразования координат от МСК к WGS-84 (G1150) на территории съемочных участков с границами области их применения.





# Требования к ПВП аэрофотоснимков

Средняя квадратическая погрешность определения координат центров проекций аэрофотоснимков должна быть не хуже:

- **0,15 м в плане;**
- **0,20 м по высоте.**

Средняя погрешность определения координат и высот опорных и контрольных точек, с учётом погрешности опознавания на аэрофотоснимках, относительно ближайших пунктов ГГС и ГНС, не должна превышать:

- в плане 0,1 мм от масштаба;
- высот – не более 0,15 от погрешности построения цифровой модели рельефа, используемой для ортотрансформирования.

масштаб	1:2 000	1:10 000
В плане (м)	0,2	1.0
По высоте (м)	0,2	0,5



# Требования к ПВП аэрофотоснимков

- Результаты работ предоставляются в системах координат **ГСК-2011, WGS-84 (G1150), МСК субъектов РФ** и в **Балтийской системе высот 1977г (БСВ-77)**.
- Объекты работ распространяются на территорию, покрытую номенклатурными листами карты масштаба 1:100 000.

*Координаты точек ПВП необходимо определять в МСК субъектов, на территорию которых они попадают в рамках листа м 1:100 000, следовательно,*

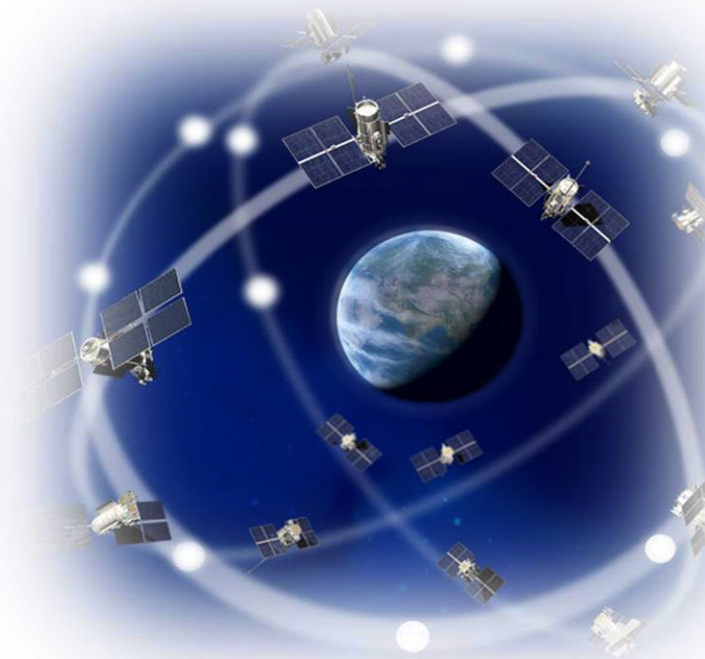
*локальные параметры необходимо вычислять отдельно на каждую территорию, где находятся опознаки в рамках листа м 1:100 000*





# Спутниковые методы определений

Определение координат и высот опорных и контрольных точек	Статический режим спутниковых наблюдений и постобработка данных синхронных сеансов (Post Processing Static)
Геодезическое сопровождение АФС (0.14м)	Кинематический режим с постобработкой данных синхронных сеансов спутниковых наблюдений (Post Processing Kinematic)
Геодезическое сопровождение АФС (0.50м)	Метод точного абсолютного определения местоположения (Precise Point Positioning (PPP))







## Минимальное время спутниковых наблюдений на точках ПВП

Расстояние между пунктами (точками) наблюдений, км	Время наблюдений, не менее
<10	20 мин
10-25	30 мин
25 - 50	45 мин
50 - 75	60 мин (1 час)
75 - 100	1,5 часа
100 - 150	3 часа
150 - 250	6 часов
250 - 500	12 часов
500 - 1000	Сутки (24 часа)
>1000	2-5 суток



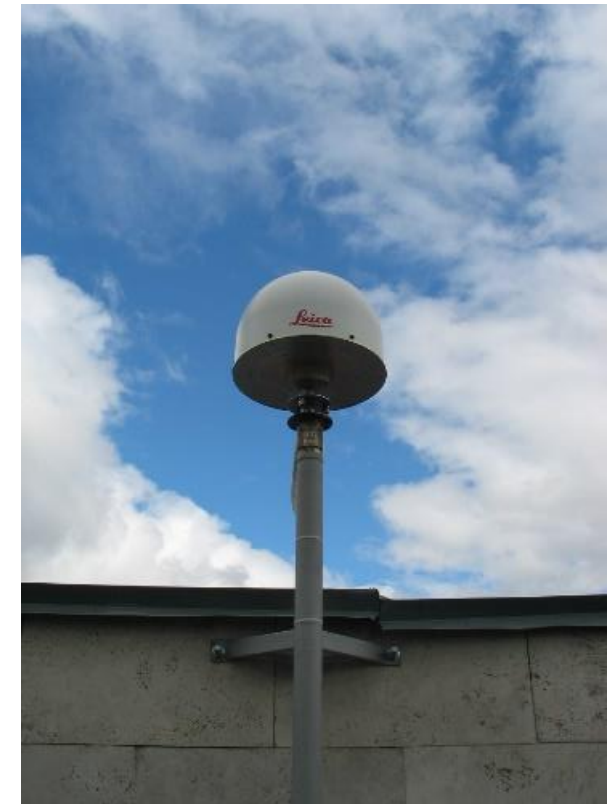


# Особенности технологии ПВП

В качестве исходных пунктов для определения пространственных координат в ГСК-2011 используются ближайшие пункты ФАГС с постоянно функционирующей спутниковой геодезической аппаратурой (**постоянно-действующие пункты ФАГС**).

В целях ПВП аэрофотоснимков в районе работ создается сеть сгущения исходной геодезической основы (геодезическая сеть сгущения (ГСС)). ГСС включает в себя исходные пункты (пункты ГГС и ГНС) и переходные точки, используемые для передачи координат и высот от исходных пунктов к определяемым точкам.

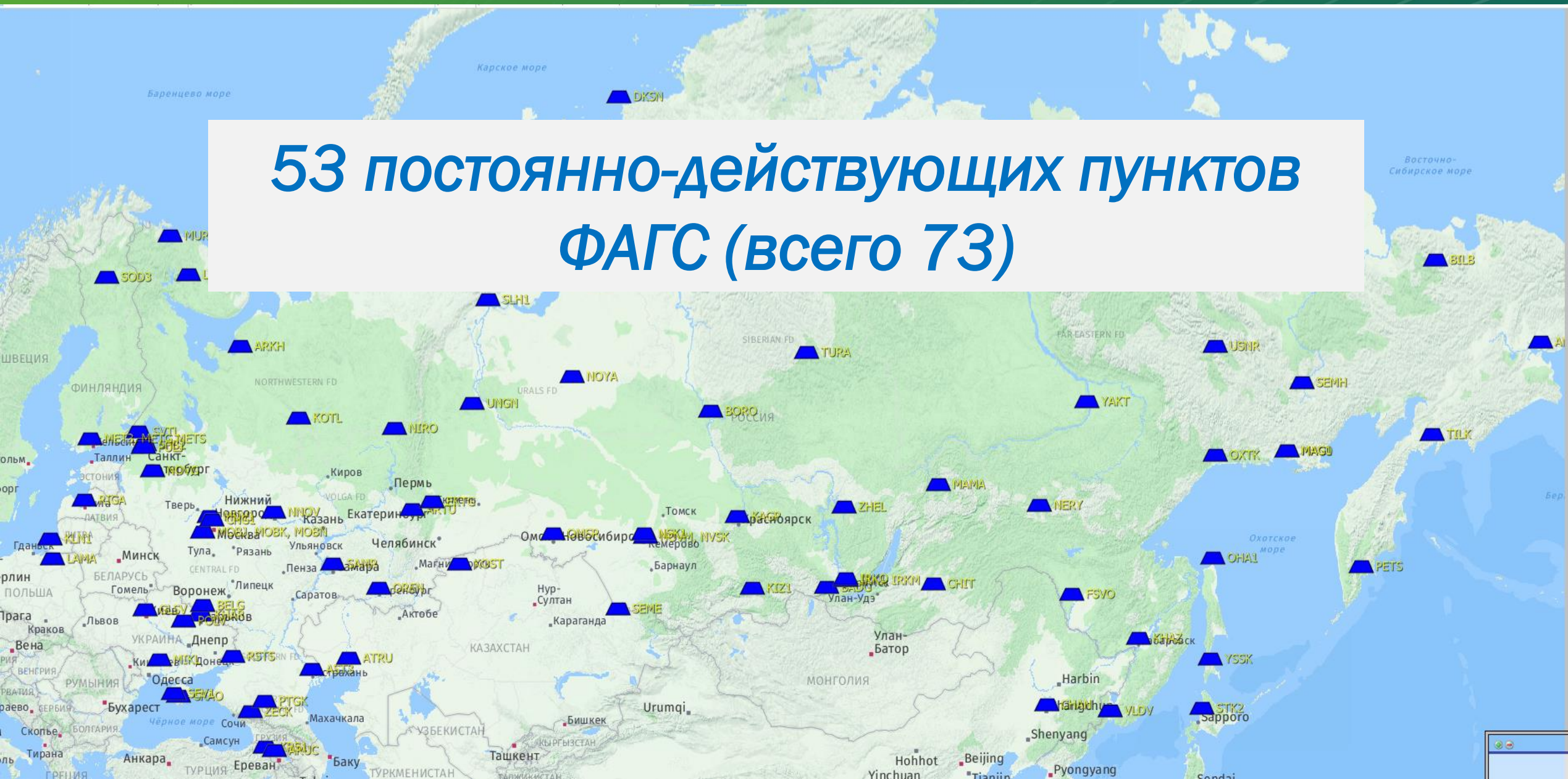
В качестве переходных точек могут использоваться **постоянно действующие ДГС**, а также собственные спутниковые базовые (опорные, референсные станции), устанавливаемые временно на съемочном участке на период выполнения работ по ПВП







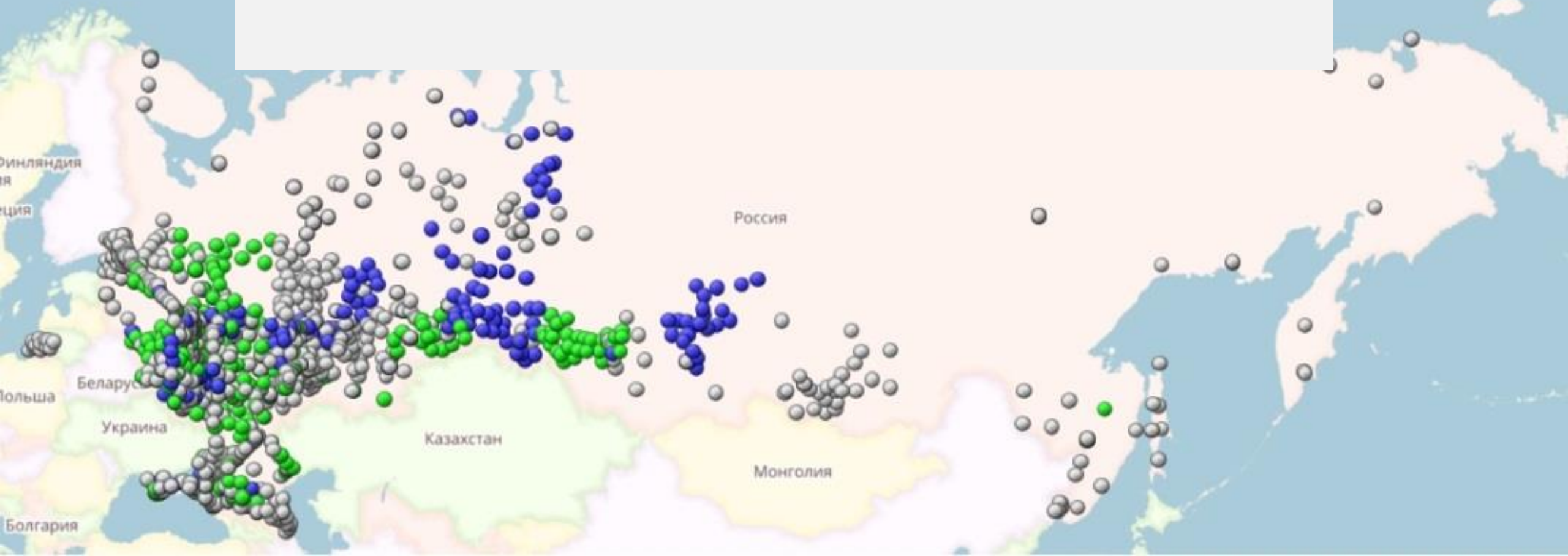
# 53 постоянно-действующих пунктов ФАГС (всего 73)

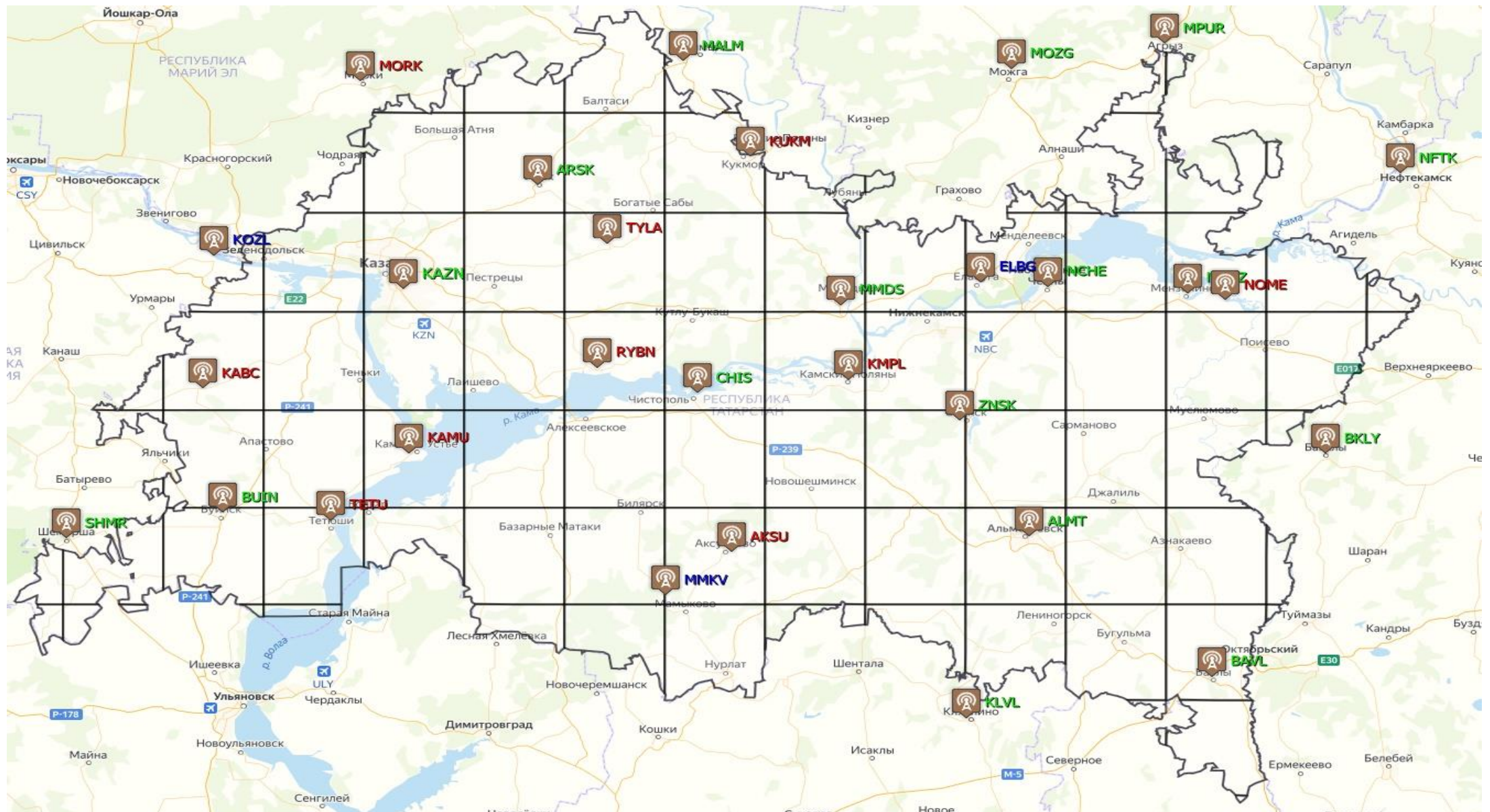






Функционируют около 2 тысяч ДГС

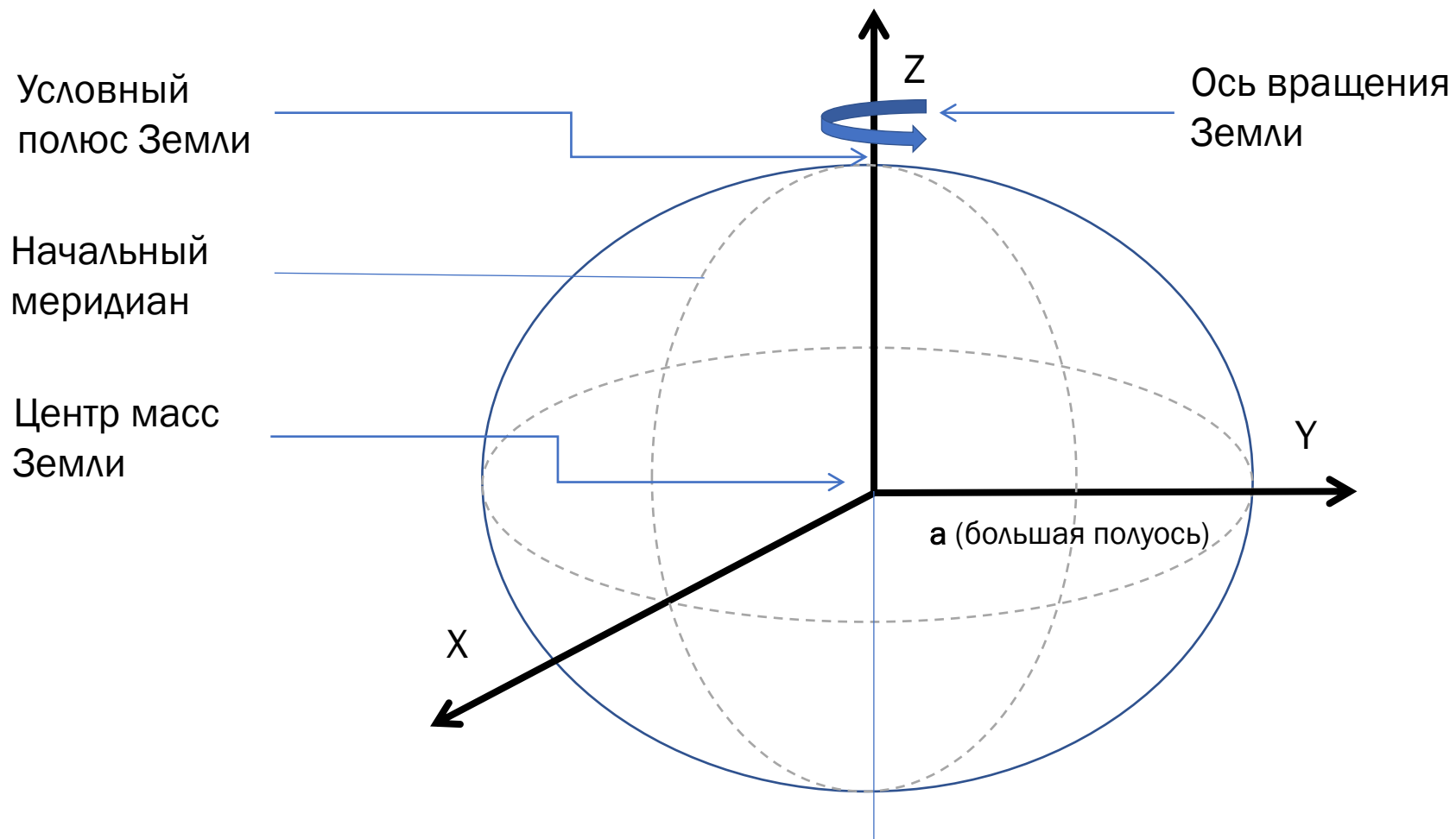








*Пространственная система координат ГСК-2011 является реализацией общеземной системы координат и очень близка к WGS-84*







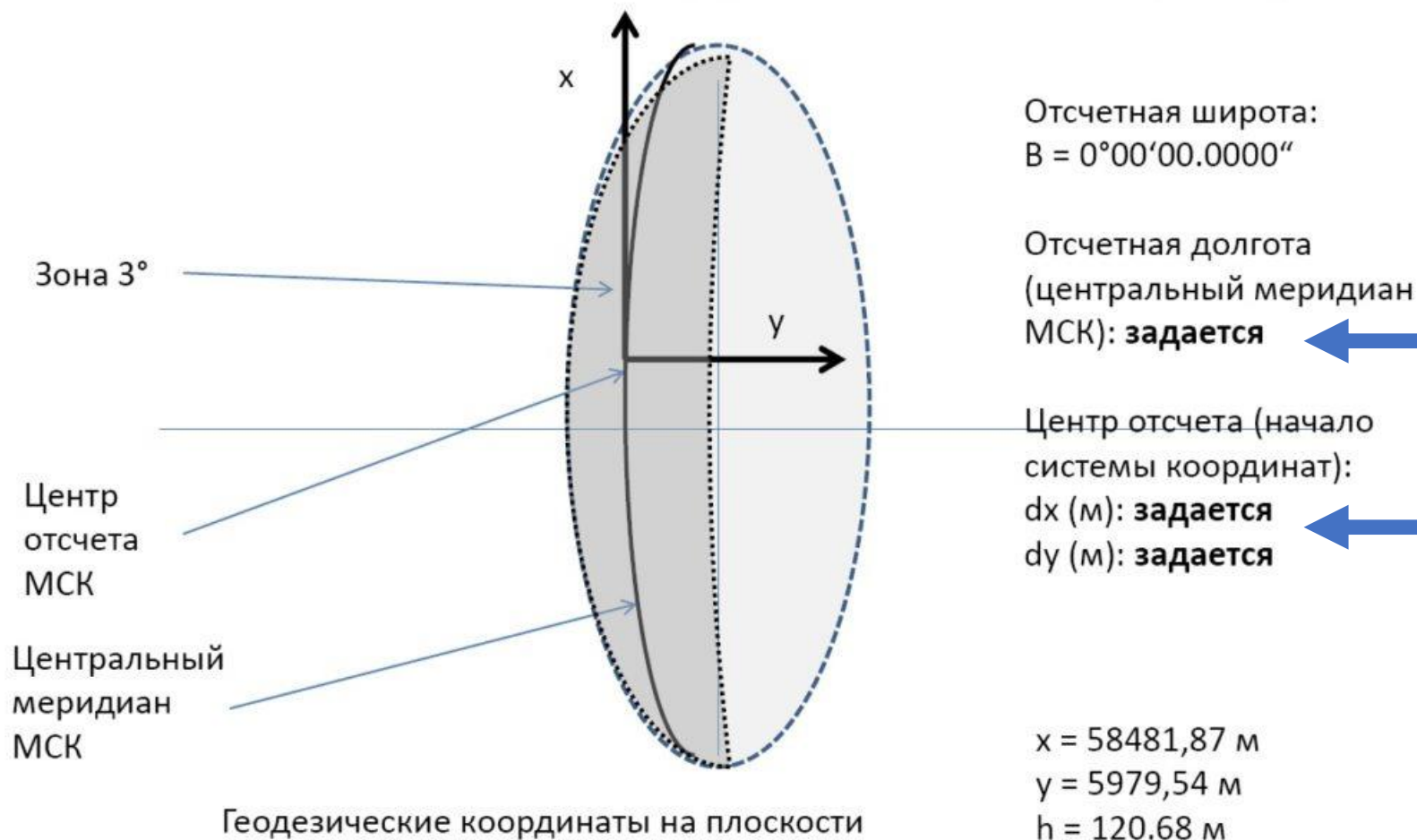
## Параметры преобразования между ГСК-2011 и WGS-84 (G1150)

*Под WGS-84 (G1150) понимается всемирная система координат, связанная параметрами семи-параметрического преобразования Гельмерта, приведенными в ГОСТ 32453-2017*

№ п/п	Исходная система (А)	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	$\Delta Z$ , м	$\omega_x$ угл. с	$\omega_y$ угл. с	$\omega_z$ угл. с	$m \times 10^6$
1	ГСК- 2011	+ 0.013	- 0.092	- 0.030	+ 0.001738	- 0.003559	+0.004263	+ 0.0074
2	WGS-84 (G1150)	- 0.013	+0.092	+0.030	- 0.001738	+0.003559	-0.004263	- 0.0074



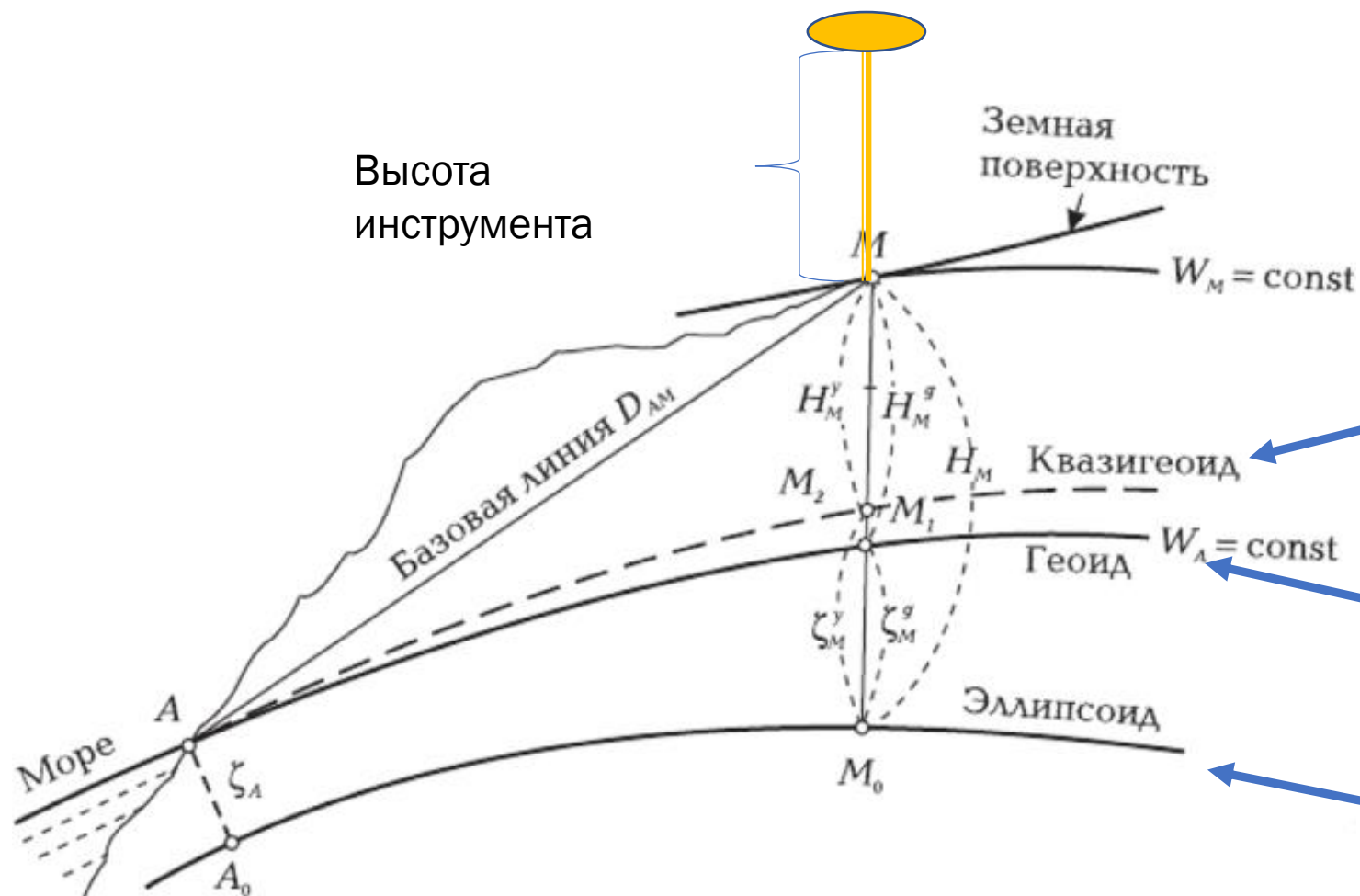
## Местные системы координат субъектов (МСК)



Параметры перехода (ключи), из: «Положение о местных системах координат Роснедвижимости на субъекты Российской Федерации», утвержденное Приказом Федерального агентства кадастра объектов недвижимости от 18 июня 2007 г. № П/0137



## Системы отсчета высот



Поверхность относимости  
Балтийской системы  
нормальных высот

Поверхность относимости  
ортометрических высот

Поверхность относимости  
геодезических высот





# Особенности технологии ПВП

**Вычисление локальных параметров преобразования (трансформирования) координат в МСК (СК-42/СК-95)**

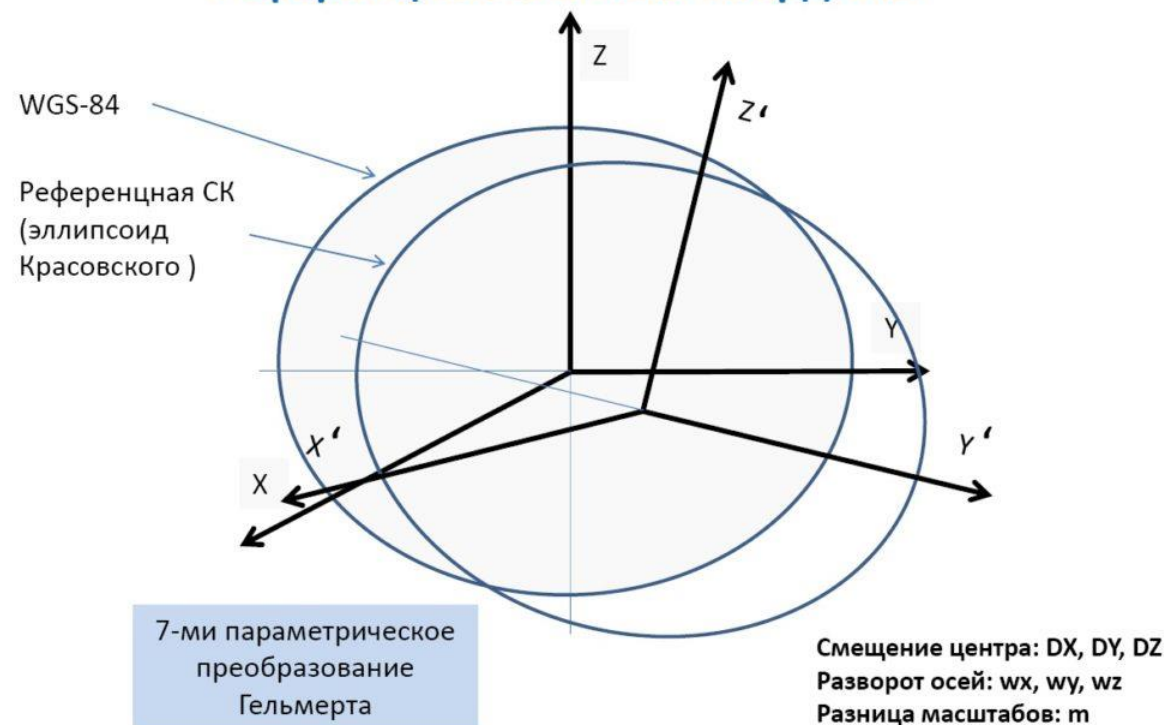
Семи-параметрическое преобразование Гельмерта.

В результате вычислений получают набор параметров (Бурша-Вольфа) для преобразования координат между МСК/ БСВ-77 и WGS-84 (G1150).

ЦОФП М 1:10000 - не менее 12 пунктов ГГС

ЦОФП М1:2000 - не менее 5 пунктов ГГС

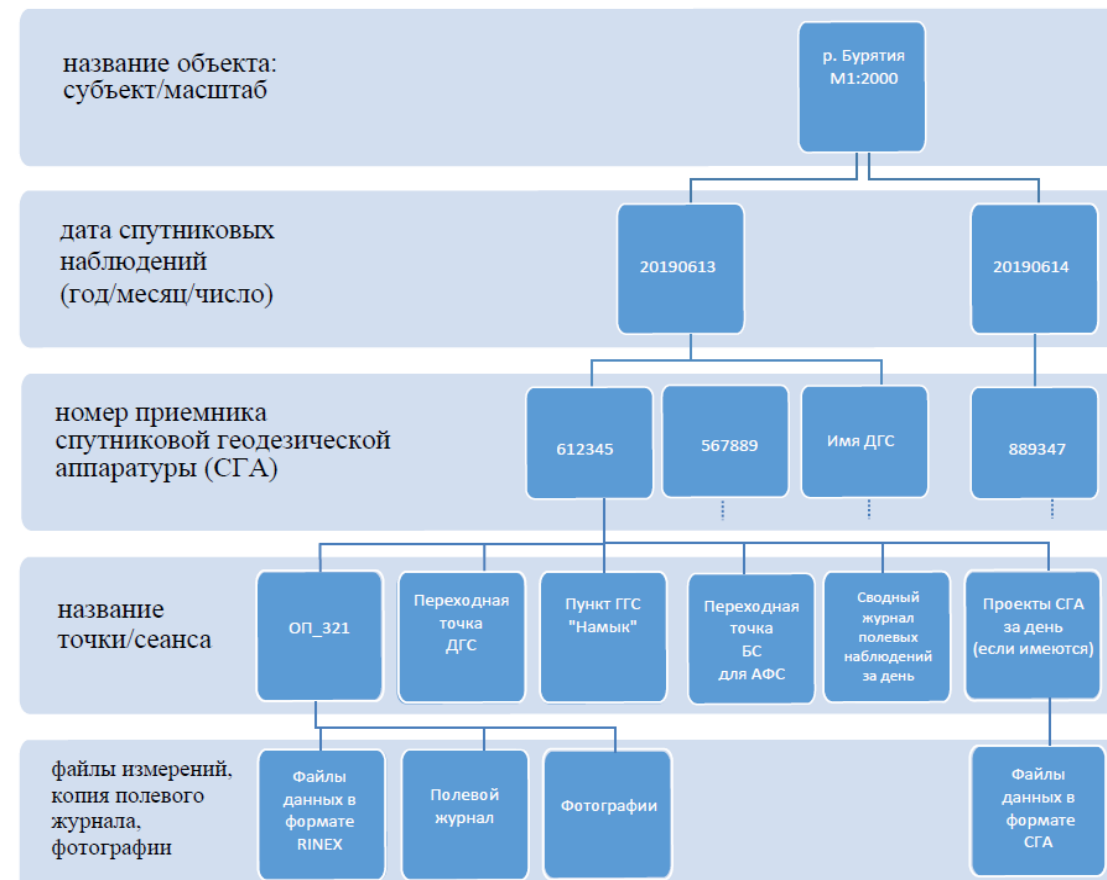
Референчные системы координат





# Отчётные материалы ПВП

- ❑ Проект ПВП;
- ❑ Технический отчет;
- ❑ Карточки обследования и восстановления пунктов ГГС;
- ❑ Каталоги координат и высот ОТ и КТ;
- ❑ Картограммы ОТ и КТ;
- ❑ Абрисы ОТ и КТ;
- ❑ Данные спутниковых наблюдений;
- ❑ Результаты обработки спутниковых наблюдений и уравнивания координат;
- ❑ Локальные параметры преобразования.



Проектирование и подготовительные работы	Полевые работы	Камеральные работы	Проверка материалов ПВП
<p>Сбор сведений и изучение имеющихся материалов</p> <p>Выбор исходных пунктов (ГГС, ГНС) и ДГС</p> <p>Проектирование опознаков</p> <p>Планирование материально-технических ресурсов и затрат</p> <p>Планирование маршрутов передвижения полевых бригад, составление программы полевых работ</p> <p>Подготовка заявок в ФФПД</p> <p>Подготовка проекта ПВП</p> <p>Предварительное определение координат ДГС (ГСК-2011)</p>	<p>Рекогносцировка местности</p> <p>Обследование и восстановление внешнего оформления пунктов ГГС и ГНС</p> <p>Подготовка карточек обследования и восстановления пунктов ГГС и ГНС (или актов об утрате)</p> <p>Геодезическое сопровождение АФС</p> <p>Маркировка опознаков</p> <p>Выполнение геодезических измерений (спутниковых наблюдений)</p> <p>Получение измерительной информации с ДГС и ФАГС</p> <p>Предварительная обработка</p> <p>Подготовка абрисов опознаков</p> <p>Систематизация материалов полевых работ и отправка в РКГ</p>	<p>Сбор измерительной информации с ФАГС и ДГС</p> <p>Вычисление координат ДГС и БС (ГСК-2011)</p> <p>Вычисление координат БС сопровождения АФС (ГСК-2011)</p> <p>Вычисление координат пунктов ГГС и ГНС (ГСК-2011), уравнивание ГСС</p> <p>Вычисление координат и высот опознаков (ГСК-2011)</p> <p>Расчет локальных параметров преобразования в МСК</p> <p>Вычисление координат и высот опознаков (МСК)</p> <p>Вычисление ЭВО аэрофотоснимков</p> <p>Составление каталогов, схем, абрисов, картограмм</p> <p>Подготовка технического отчета</p> <p>Систематизация отправка в РКГ отчетных материалов</p>	<p>Проверка состава и комплектности получаемых материалов полевых работ</p> <p>Проверка состава и комплектности отчетных материалов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технических отчетов</li> <li>- карточек обследования и восстановления пунктов ГГС и ГНС (или актов об утрате)</li> <li>- данных геодезических измерений (спутниковых наблюдений)</li> <li>- каталогов координат и высот</li> <li>-абрисов опознаков</li> <li>- картограмм</li> </ul> <p>Подготовка заключений (замечаний) по результатам проверок</p>



Проектирование и подготовительные работы	Полевые работы	Камеральные работы	Проверка материалов ПВП
<p>Сбор сведений и изучение имеющихся материалов</p> <p>Выбор исходных пунктов (ГГС, ГНС) и ДГС</p> <p>Проектирование опознаков</p> <p>Планирование материально-технических ресурсов и затрат</p> <p>Планирование маршрутов передвижения полевых бригад, составление программы полевых работ</p> <p>Подготовка заявок в ФФПД</p> <p>Подготовка проекта ПВП</p> <p>Предварительное определение координат ДГС (ГСК-2011)</p>	<p>Рекогносцировка местности</p> <p>Обследование и восстановление внешнего оформления пунктов ГГС и ГНС</p> <p>Подготовка карточек обследования и восстановления пунктов ГГС и ГНС (или актов об утрате)</p> <p>Геодезическое сопровождение АФС</p> <p>Маркировка опознаков</p> <p>Выполнение геодезических измерений (спутниковых наблюдений)</p> <p>Получение измерительной информации с ДГС и ФАГС</p> <p>Предварительная обработка</p> <p>Подготовка абрисов опознаков</p> <p>Систематизация материалов полевых работ и отправка в РКГ</p>	<p>Сбор измерительной информации с ФАГС и ДГС</p> <p>Вычисление координат ДГС и БС (ГСК-2011)</p> <p>Вычисление координат БС сопровождения АФС (ГСК-2011)</p> <p>Вычисление координат пунктов ГГС и ГНС (ГСК-2011), уравнивание ГСС</p> <p>Вычисление координат и высот опознаков (ГСК-2011)</p> <p>Расчет локальных параметров преобразования в МСК</p> <p>Вычисление координат и высот опознаков (МСК)</p> <p>Вычисление ЭВО аэрофотоснимков</p> <p>Составление каталогов, схем, абрисов, картограмм</p> <p>Подготовка технического отчета</p> <p>Систематизация отправка в РКГ отчетных материалов</p>	<p>Проверка состава и комплектности получаемых материалов полевых работ</p> <p>Проверка состава и комплектности отчетных материалов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технических отчетов</li> <li>- карточек обследования и восстановления пунктов ГГС и ГНС (или актов об утрате)</li> <li>- данных геодезических измерений (спутниковых наблюдений)</li> <li>- каталогов координат и высот</li> <li>-абрисов опознаков</li> <li>- картограмм</li> </ul> <p>Подготовка заключений (замечаний) по результатам проверок</p>



# Предложения по совершенствованию технологии выполнения геодезических работ при ПВП аэрофотоснимков

1. Использование результатов работ по исполненным государственным контрактам АО «Роскартография» прошлых лет.
2. Применение модели геоида (EGM2008) высот в БСВ-77.
3. Использование универсальных средств технологического обеспечения.



## Использование результатов работ по исполненным государственным контрактам АО «Роскартография» прошлых лет:

- Результаты полевых спутниковых наблюдений на пунктах ГГС (применяется в 2021 году);
- Координаты и высоты опознаков, в виде стационарных предметов, сохранившихся контуров с четкими границами;
- Локальные параметры трансформации координат.

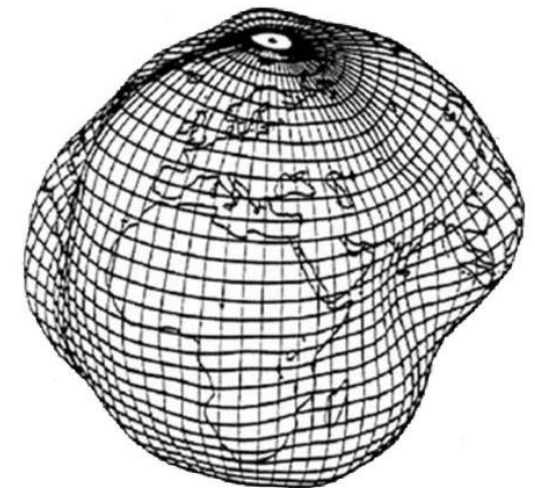
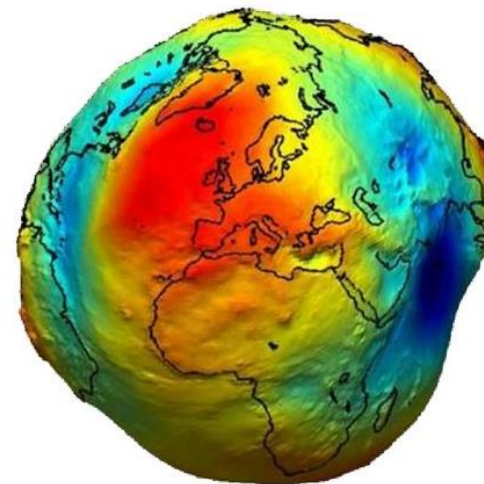
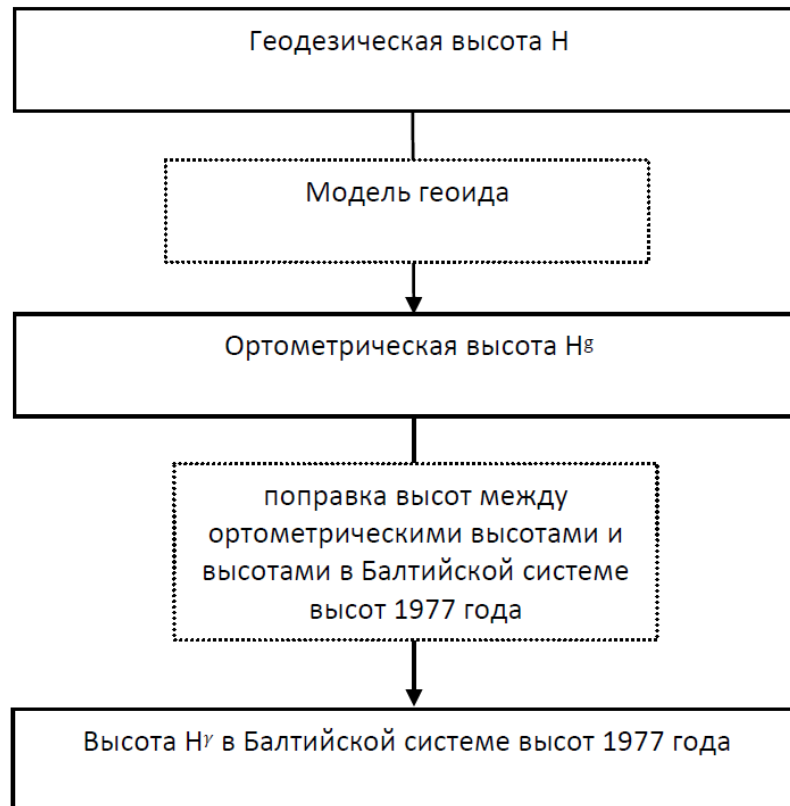






## Применение модели геоида (EGM2008) при вычислении высот в БСВ-77

СТО Роскартография 3.5-2020



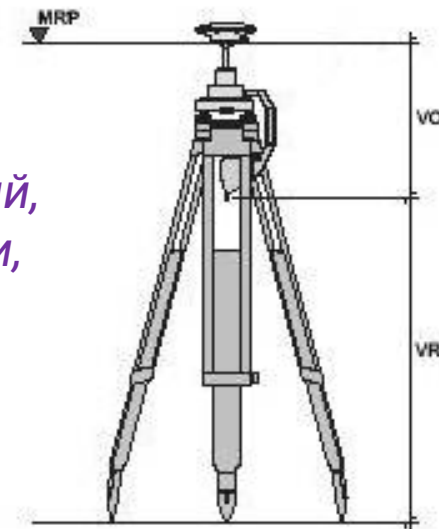


## Применение универсальных средств технологического обеспечения

- ✓ Типовая полевая спутниковая геодезическая аппаратура, включая (единообразная система записи, конвертации, импорта и экспорта файлов данных, одинаковые принадлежности для измерения высот антенн);
- ✓ Типовое программное обеспечение обработки данных спутниковых наблюдений (одинаковый функциональный набор и алгоритмы для обработки).



**Результат:** Устранение ошибок, возникающих из-за несовместимости файлов с результатами спутниковых наблюдений, различия алгоритмов, настроек программ и результатов обработки, разнообразия форм представляемых отчетных документов и ведомостей.



VO Vertical Offset  
VR Vertical Height Reading  
MRP Mechanical Reference Plane



*ПВПээээ !!!  
Никто кроме нас!*

*Лучше не сделает это!*



**Спасибо за внимание !**





ИРКУТСК  
2021

# Совместная Международная научно-техническая конференция

## ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ:

КОСМИЧЕСКИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ  
ДАННЫЕ, ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

ОРГАНИЗАТОРЫ



РАКУРС



Роскартография



РОСКОСМОС



КАДАСТР СЪЕМКА

СПОНСОРЫ

MAXAR

PHASE ONE