

# Главная высотная основа Российской Федерации (ГВО России)

Старший научный сотрудник ЦНИИГАиК  
Ю.Г. Кузнецов

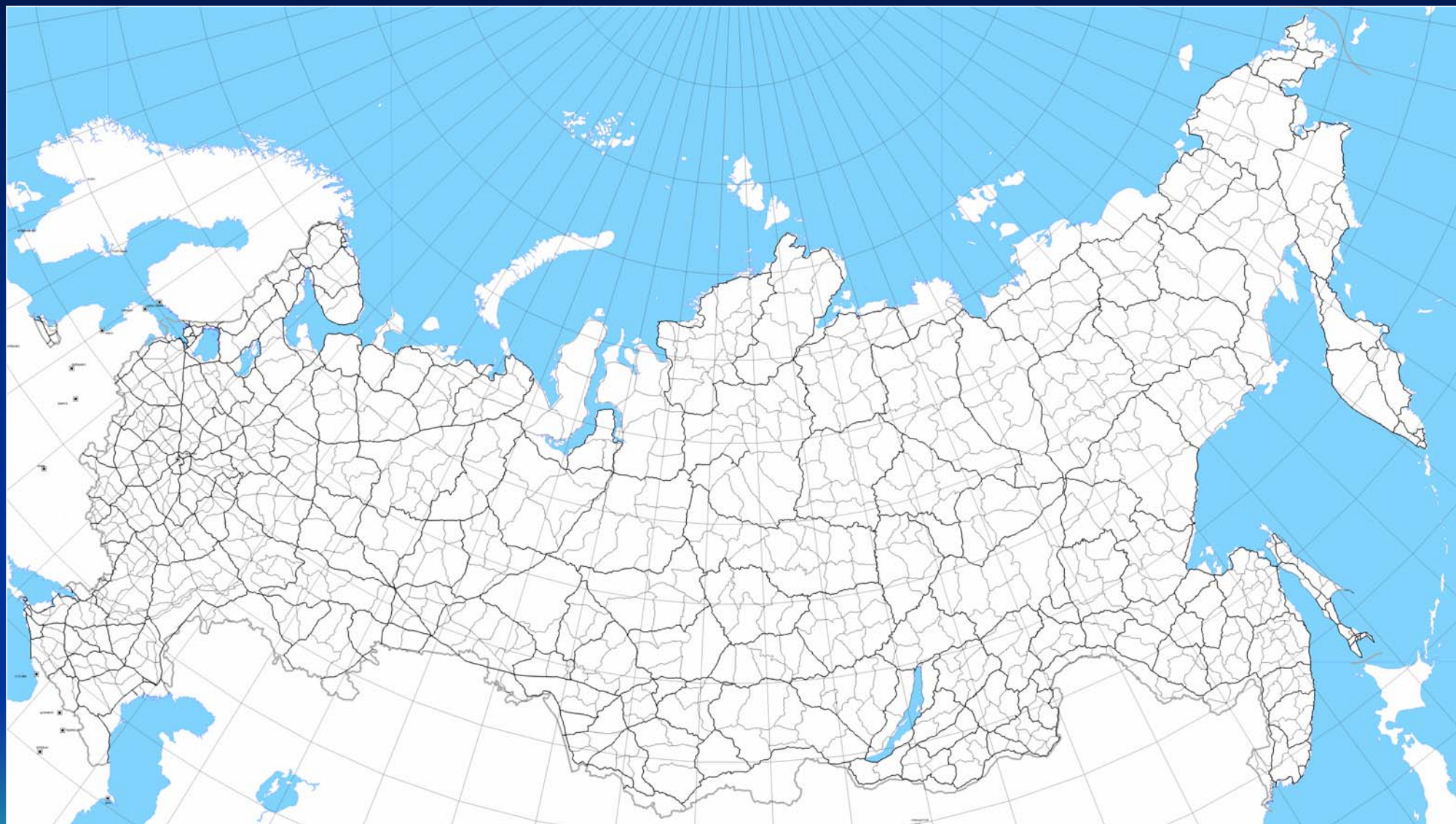


# Главная высотная основа Российской Федерации

- Основное назначение Главной высотной основы (ГВО) России, состоящей из линий нивелирования I и II классов – распространение единой системы нормальных высот по всей территории страны.
- Сгущении нивелирной сети I и II классов (ГВО) осуществляется линиями нивелирования III и IV классов, что позволяет повысить плотность пунктов единой системы высот на территории страны.
- Кроме основного своего назначения, ГВО России обеспечивает решение научных задач, таких как изучение фигуры Земли и вертикальных движений земной поверхности
- В знаниях точных высот земной поверхности нуждаются многие отрасли государства. Основная необходимость использования точных и надежных значений высот существует при картографировании территории, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Важнейшее значение высотная основа имеет для водного хозяйства и решения задач гидроэнергетики. Высоты необходимы для решения всех задач экономического освоения территорий
- Исходным пунктом ГВО России с 1873 года является нуль Кронштадтского футштока. На территории России высоты пунктов и реперов определяются относительно исходного пункта.



# Схема линий нивелирования I и II классов, входящих в ГВО России



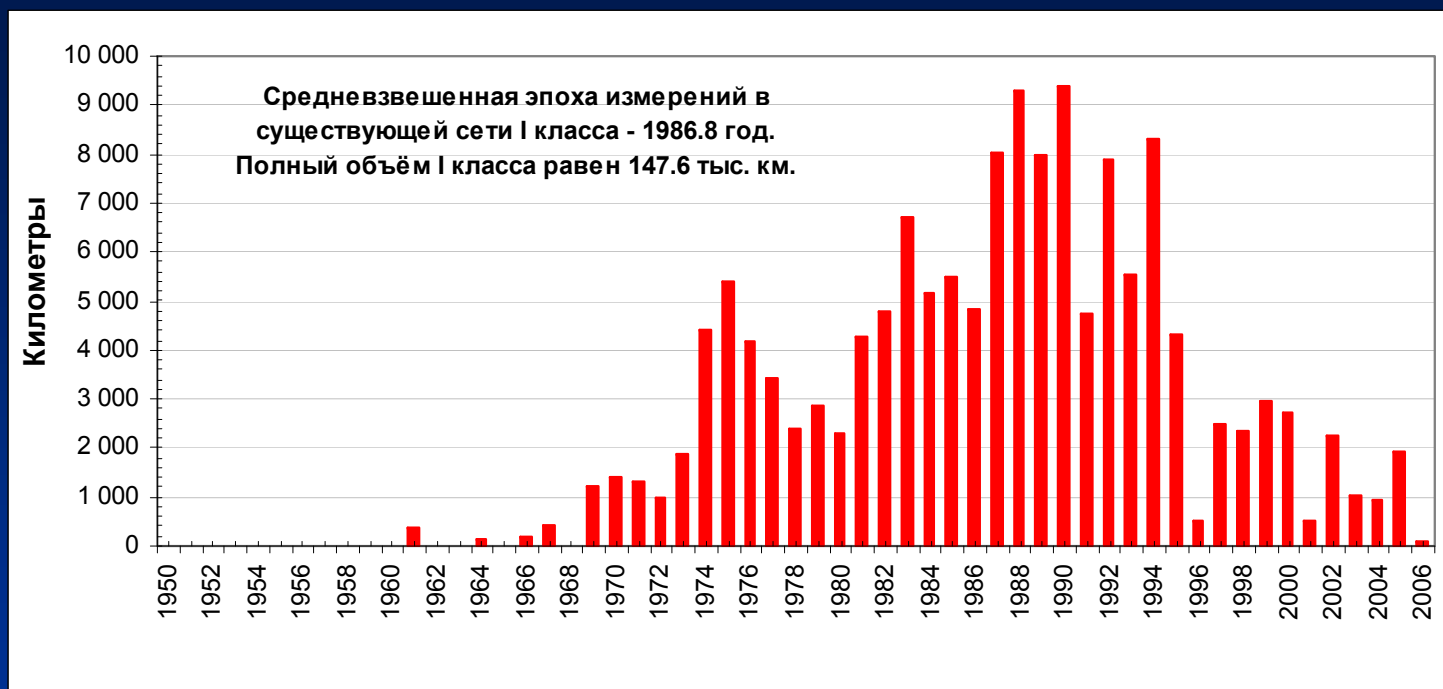
- Утолщенные линии – линии нивелирования I класса
- Тонкие линии – линии нивелирования II класса.

# Характеристики Главной высотной основы Российской Федерации

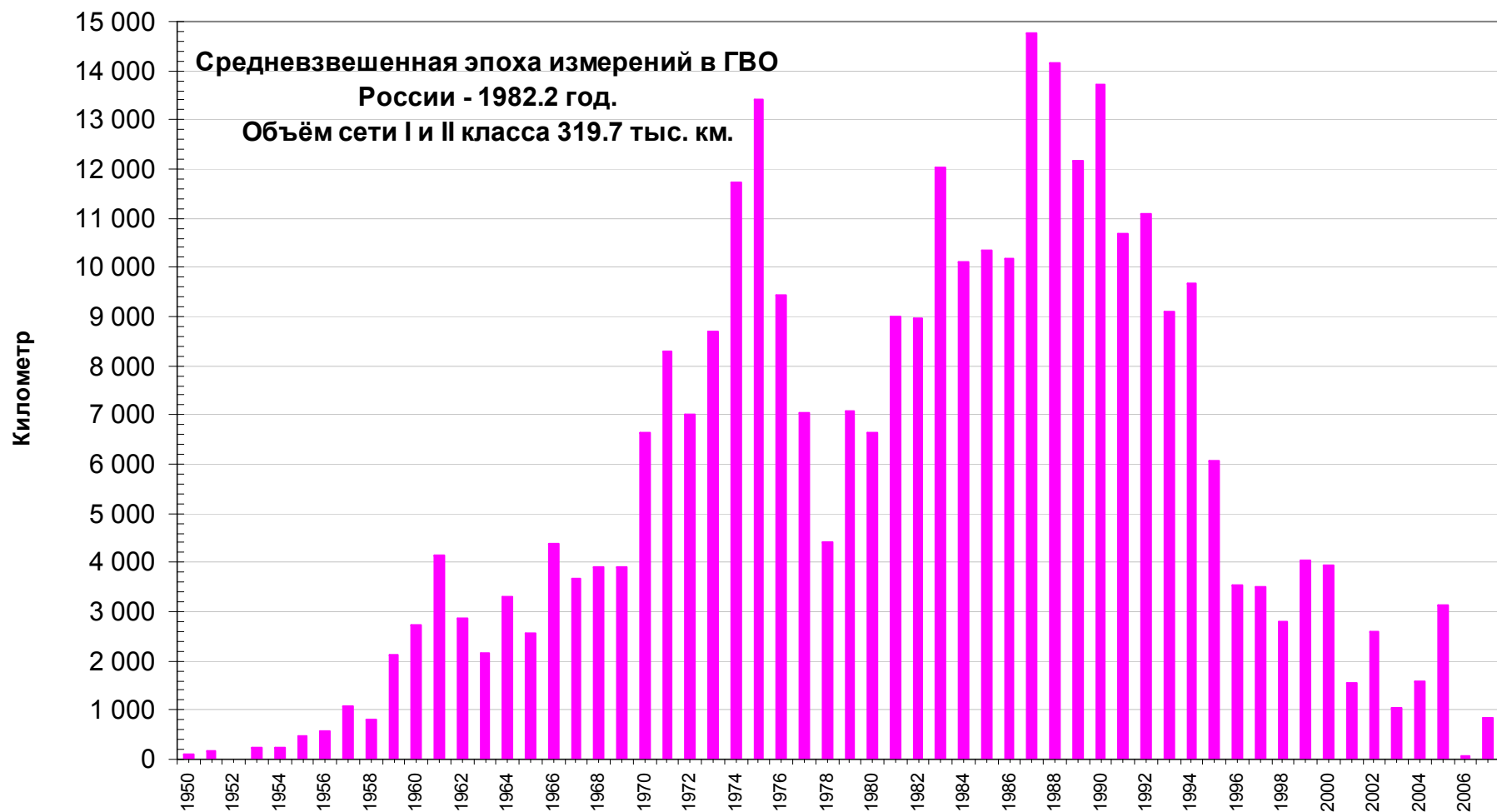
- ГВО России состоит из линий нивелирования I и II классов, измерения по которым выполнялись в соответствии со специально разработанными Программами развития и модернизации ГВО страны.
- Плановое построение ГВО России, а ранее нивелирной сети Российской империи и ГВО СССР, было начато в 1873 году геодезистами Корпуса военных топографов Российской империи.
- Развитие ГВО России осуществлялось методом проложения новых и повторных линий нивелирования, что обеспечивало увеличение плотности пунктов ГВО России, поддержание существующей системы высот на современном уровне с учетом изменения физической поверхности Земли.
- На настоящее время общий объем линий нивелирования Главной высотной основы России равен 321 тыс. км., в том числе 148 тыс. км линий нивелирования I класса и 173 тыс. км линий нивелирования II класса.
- ГВО России закреплена на местности нивелирными реперами общей численностью более 100 тысяч пунктов. Эти пункты являются основными носителями государственной Балтийской системы нормальных высот России и являются достоянием государства, обеспечивающим единство высотного обеспечения территории России.
- В существующую сеть ГВО России включены линии нивелирования I и II классов измерения на которых были выполнены в период с 50-х годов прошлого столетия по 2006 год. Средневзвешенная эпоха измерений в ГВО России на настоящее время в целом по сети соответствует 1982 году, для линий I класса - 1987 год, для линий II класса - 1978 год.
- Линии нивелирования I и II классов, которые формируют ГВО России, образуют сплошную сеть нивелирных полигонов, состоящую из 169 замкнутых полигонов I класса и около 1000 полигонов II класса и смешанных полигонов I, II классов.
- Периметры полигонов I класса колеблются:
  - в Европейской части России от 190 км до 2.6 тыс. км при среднем периметре 980 км;
  - в Сибири и на Дальнем Востоке от 400 км до 4.7 тыс. км при среднем периметре 2.2 тыс. км.



# Распределение объёмов нивелирования I и II классов в ГВО России по годам измерений



# Распределение объёмов нивелирования в ГВО России по годам измерений



## Связь ГВО России с национальными высотными сетями

- В рамках международного сотрудничества Роскартография, как правопреемник ГУГК СССР, регулярно участвует в создании наднациональных высотных сетей объединяющих национальные нивелирные сети государств граничащих с Россией, а ранее с СССР.
- Наиболее значимыми работами в этом направлении следует отметить работы начатые в 70-х годах прошлого столетия по объединению высотных сетей стран Восточной Европы, что позволило распространить Балтийскую систему нормальных высот на территорию государств Восточной Европы.
- В начале 2000 годов ЦНИИГАиК и ФГУП Аэрогеодезия продолжили работы по включению национальной нивелирной сети России в международную высотную сеть Европы.
- В результате совместных работ с Финским геодезическим институтом в 2006 году была сформирована единая высотная сеть Финляндии и Северо-запада России.
- Национальные нивелирные сети были связаны прямыми измерениями в восьми пунктах государственной границы России и Финляндии.

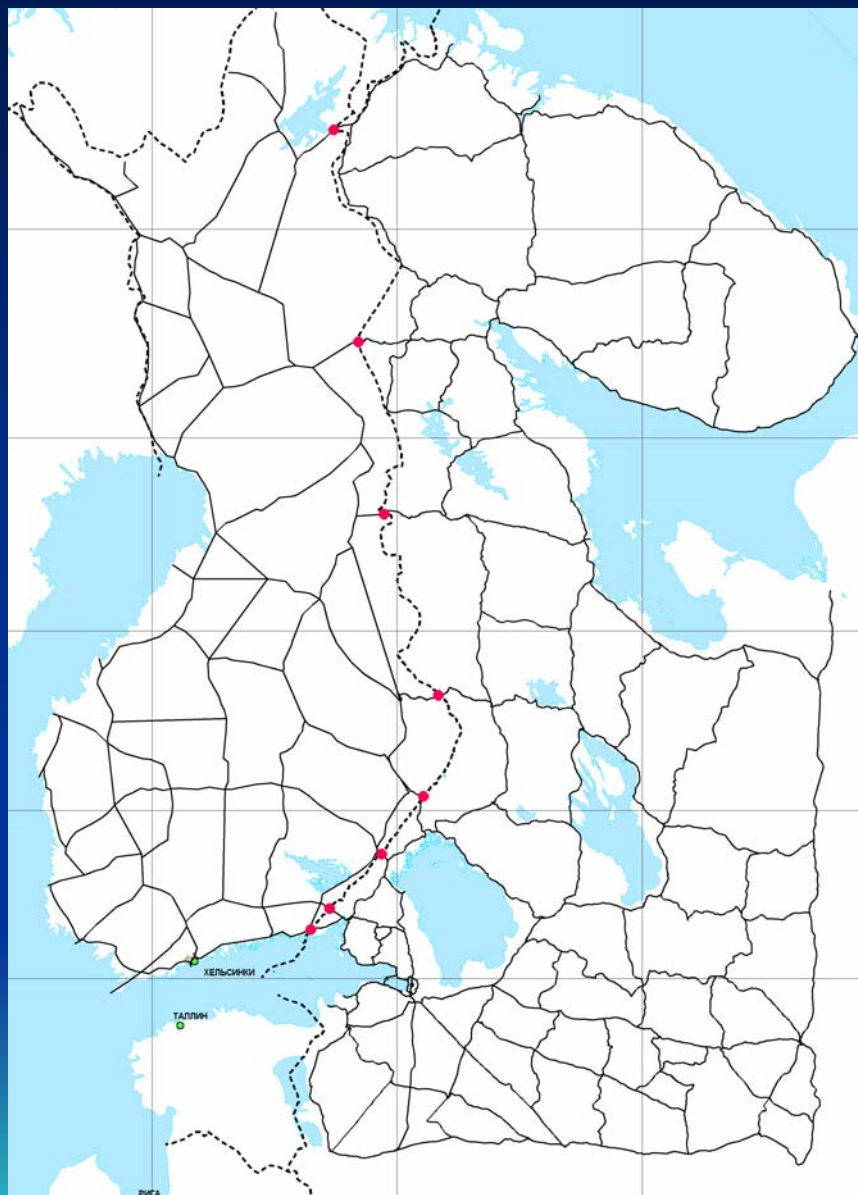


**Связь национальных высотных сетей России и Финляндии (объединение систем высот разных государств обеспечит взаимосогласованное решение экономических и научных задач)**



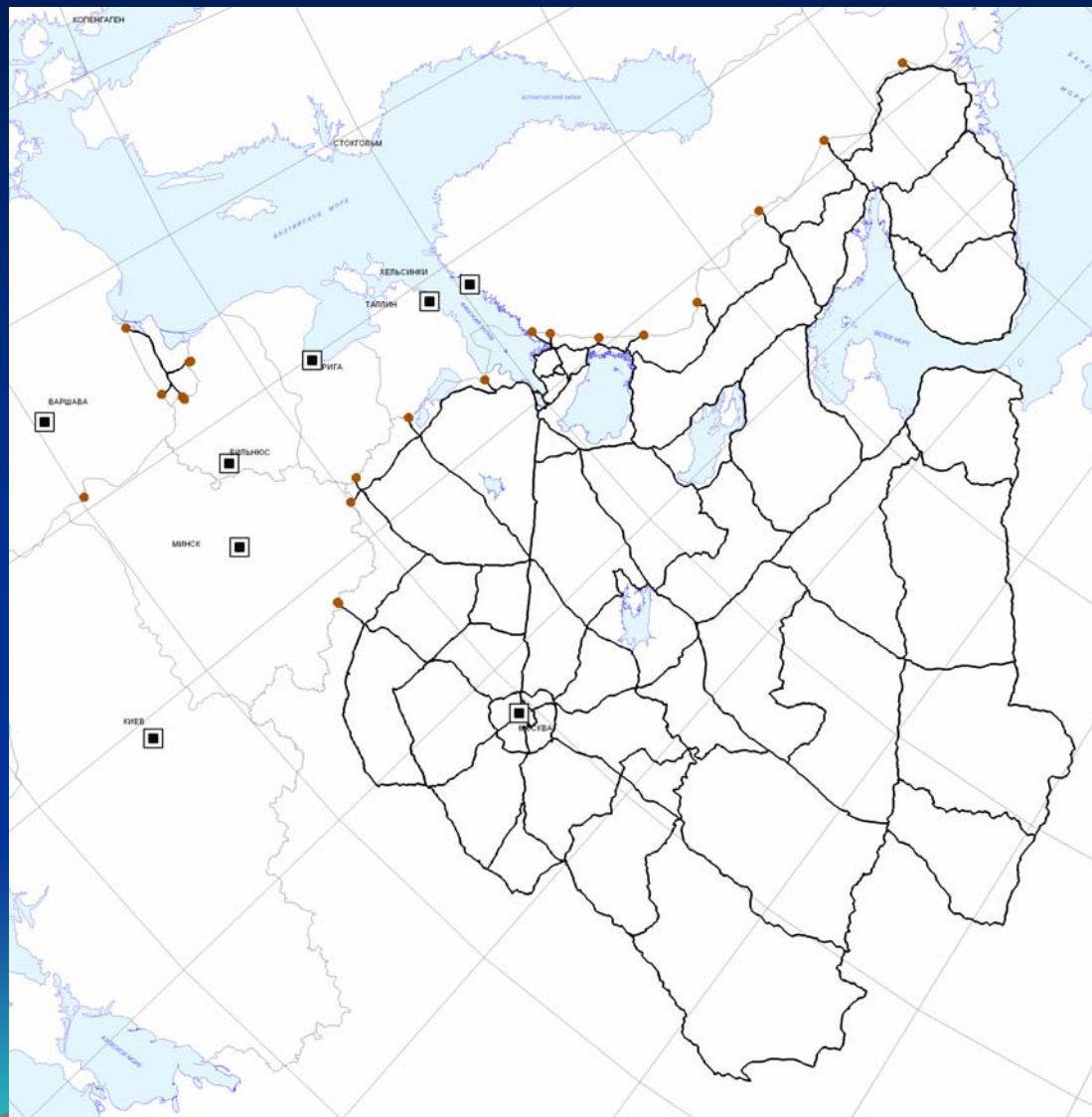


# Объединённая высотная сеть Северо-запада России и Финляндии



# Включение нивелирной сети I класса России в общеевропейскую высотную сеть

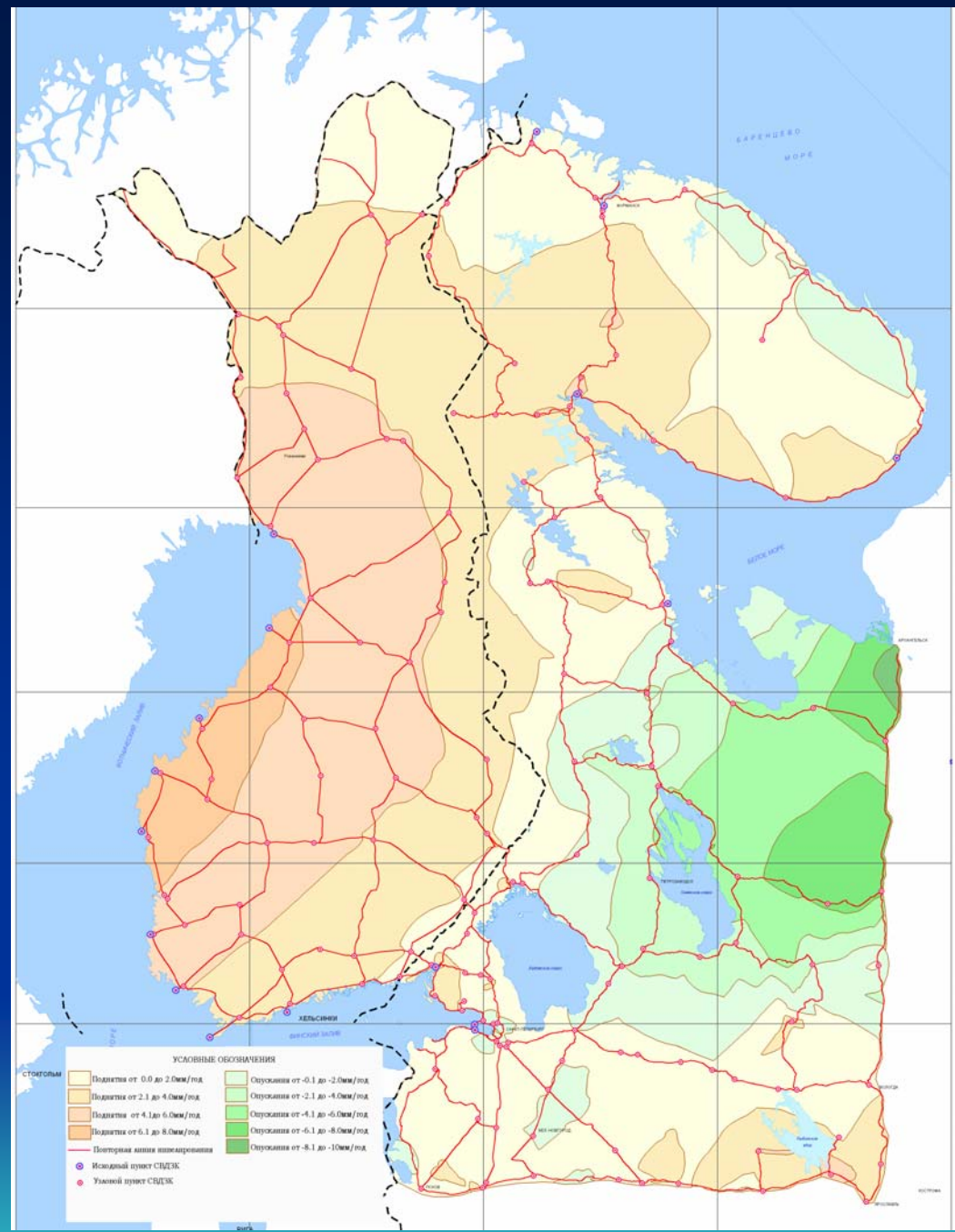
- В настоящее время работы в рамках международного сотрудничества продолжаются. ЦНИИГАиК, совместно с ВКГ (Германия), выполняет работу по включению нивелирной сети I класса России в общеевропейскую высотную сеть.
- С общеевропейской высотной сетью сеть России будет связана в 17 пунктах, в том числе в 4-х пунктах расположенных в Калининградской области.



# Пример научного использования ГВО:

*Предварительная  
карта скоростей  
вертикальных  
движений северо-  
запада Балтийского  
региона (ЦНИИГАиК -  
FGI).*

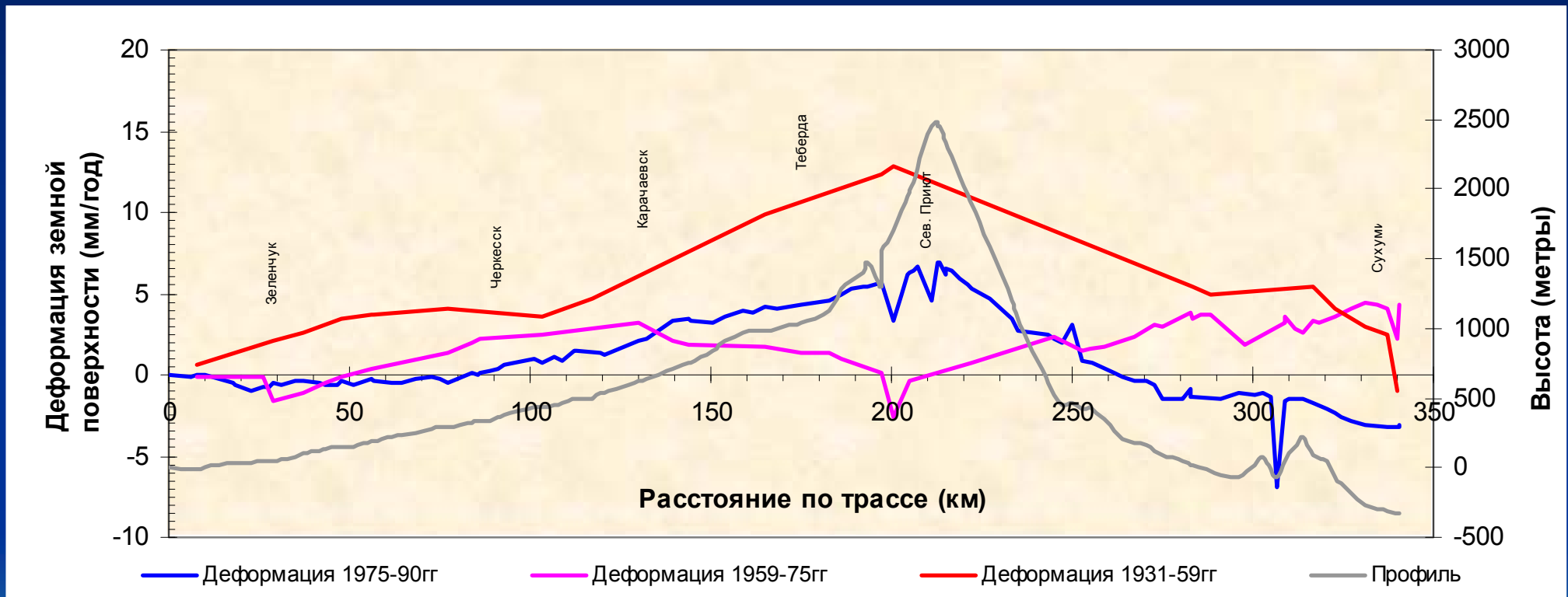
*Исследования по  
программе Российско-  
Финского  
сотрудничества*



# Пример научного использования ГВО.

*Данные о современных вертикальных движениях земной поверхности по линиям нивелирования, имеющим два и более циклов измерений полученным в результате модернизации ГВО.*

*Трасса нивелирования через Большой Кавказский хребет*



# Современное состояние Главной высотной основы России

- Как отмечалось выше, Главная высотная основа страны модернизируется в соответствии с ведомственными Программами, которые определяют перечень линий нивелирования ГВО, на которых выполняются повторные измерения (модернизация сети) или выполняются измерения по существующим линиям более высоким классом (развитие сети).
- В России работы по модернизации и развитию ГВО с 90-х годов прошлого века выполнялись по Программе модернизации ГВО на период 1991-2000 гг. («Программа 1991») и по Программе модернизации ГВО на период 2001-2010 гг. («Программа 2010»)
- Из запланированных «Программой 1991» объемов нивелирования было выполнено 45% объемов работ по нивелированию I класса, в том числе новое нивелирование - 61%, повторное - 31%. Нивелирование II класса было выполнено на 22%.
- Из запланированных действующей «Программой 2010» объемов нивелирования I и II классов составляющих соответственно 61 тыс. км и 38 тыс. км. на настоящее время выполнено всего 17.3% нивелирования I класса и 4.8% нивелирования II класса от запланированных объемов.
- Из-за невыполнения предыдущей и действующей в настоящее время Программы модернизации нивелирной сети России произошло её катастрофическое старение, которое выражается утратой нивелирных пунктов несущих отметки государственной системы высот, происходит старение нормальных высот пунктов нивелирной сети вследствие изменений высоты физической поверхности Земли за период прошедшей со времени последнего нивелирования.

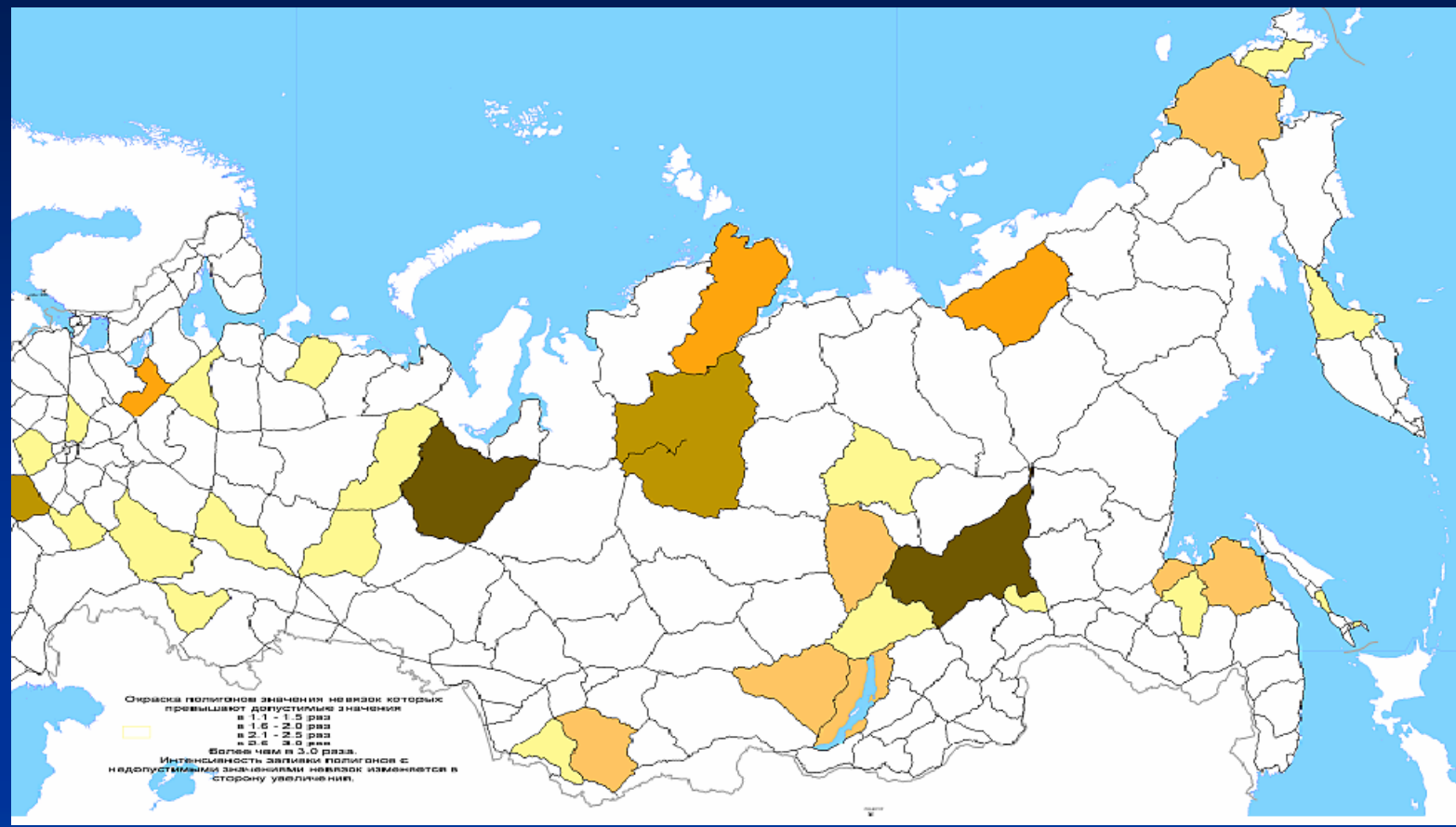


- В соответствии с требованиями Программ модернизации ГВО России, основанных на положениях нормативных документов, регламентирующих характеристики ГВО России Главная высотная основа страны должна соответствовать следующим положениям:
  - периметры полигонов I класса не должны превышать **1200 км и 2000 км**, соответственно в экономически развитых районах страны и прочих; периметры полигонов II класса соответственно **400 км и 1000 км**.
  - существующие линии нивелирования I класса для сохранения плотности пунктов (снижения уровня утраченных - не найденных пунктов), а также для снижения влияния вертикальных деформаций земной поверхности на высоты должны повторно измеряться через **15 лет** в сейсмоактивных районах страны и через **25 лет** в остальных районах; существующие линии II класса соответственно через **25 и 35 лет**;
- Из-за невыполнения Программ модернизации ГВО России существующая на настоящее время нивелирная сеть не соответствует своим основным параметрам:
  - полигоны I класса невязки которых превышают допустимые значения покрывают около **20 %** территории России;
  - полигоны I класса с периметрами превышающими допустимые значения покрывают около **40 %** территории России;
  - средневзвешенная эпоха нивелирования в сети соответствует **1987 году (I класс)** и **1978 году (II класс)**, т.е. имеет возраст соответственно в 23 и 32 года. При этом **59 тыс. км** нивелирования I класса из 148 тыс. км измерены до 1985 года, **78 тыс. км** нивелирования II класса из 173 тыс. км измерены до 1975 года, т.е. до критической эпохи измерений в сети I и II классов;



$$W = \pm 3\text{мм} \times \sqrt{L \text{ км}}$$

# Полигоны I класса с невязками превышающими допустимые значения

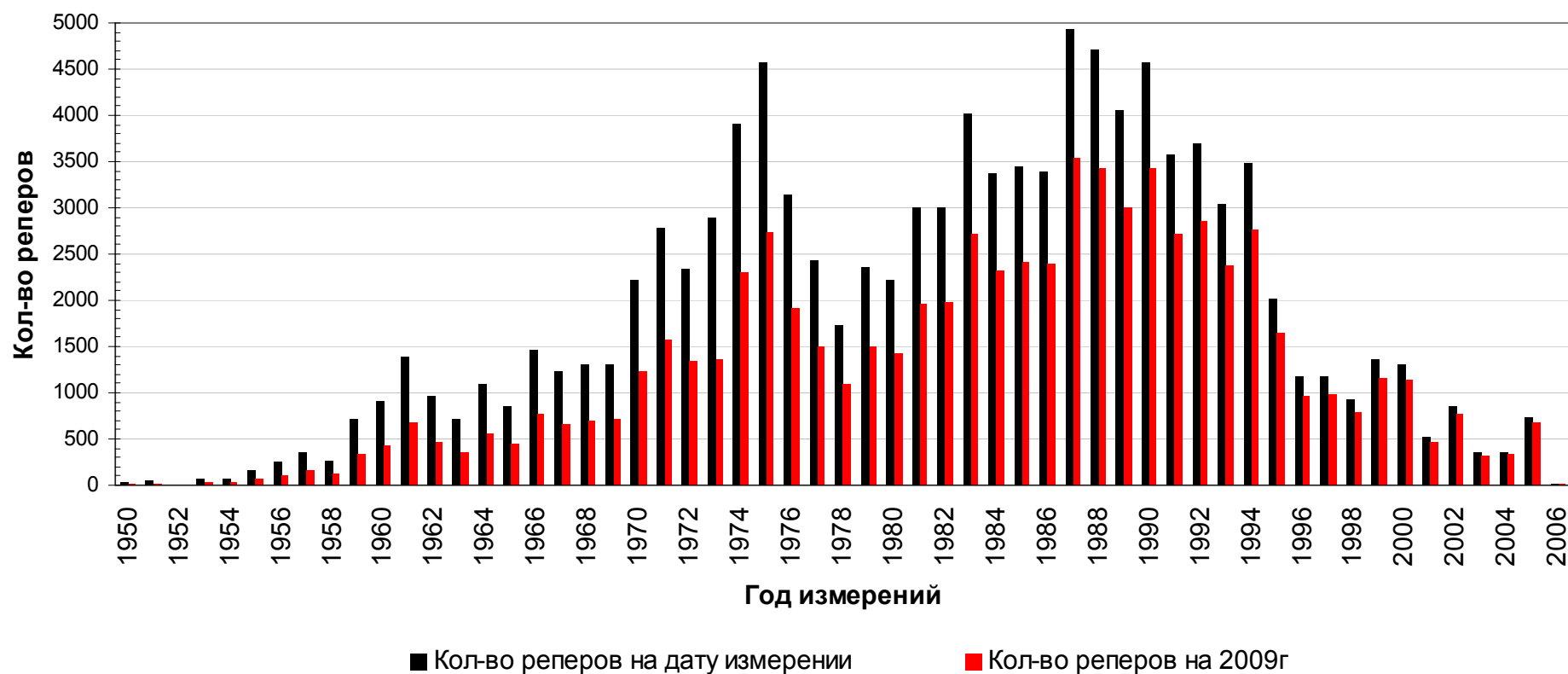


В соответствии с действующими нормативными документами допустимые значения невязок полигонов I класса вычисляются по формуле ( $L$  – периметр полигона):

$$W = \pm 3\text{мм} \times \sqrt{L \text{ км}}$$

# Утрата нивелирных пунктов в ГВО России (31% от заложенных при измерении)

Количество реперов в ГВО России с учетом ежегодной утраты  
(с даты измерений на 2009 год)





- Учитывая возраст измерений в ГВО России и процент утраты нивелирных пунктов за период с момента измерений по настоящее время в ГВО России утрачен или не найден **31%** реперов, заложенных в эпоху измерений конкретных линий нивелирования;
- В настоящее время, с учетом потепления климата, следует обратить особое внимание на стабильность пунктов нивелирной сети, заложенных в районах вечной мерзлоты, охватывающей около половины территории страны. Её изменение (увеличение глубины простаивания грунта) значительно сократит количество стабильных пунктов.
- Из-за старения ГВО России увеличивается количество полигонов с недопустимыми невязками полигонов, которые вызваны большим периодом измерений при замыкании полигона. К примеру один из полигонов I класса на юге Якутии имеет периметр **4038** км, замыкание полигона осуществлено за период с **1966 по 1995** годы, при допустимой невязке полигона равной 191 мм плоченная невязка равна **-606 мм**, что почти в 3 раза выше допуска. Следует отметить, что данный полигон находится в сейсмоактивном регионе России.
- Старение измерений в существующей сети ГВО России, особенно в сейсмоактивных регионах России, сказывается и на несоответствие измеренных в период нивелирования высот пунктов и их современное положение на физической поверхности Земли, изменившее с учетом вертикальных движений произошедших с момента измерений. Вертикальные движения земной поверхности в сейсмоактивных регионах страны достигают величин порядка **4-6 мм/год, а в отдельных регионах России 8-20 мм/год;**

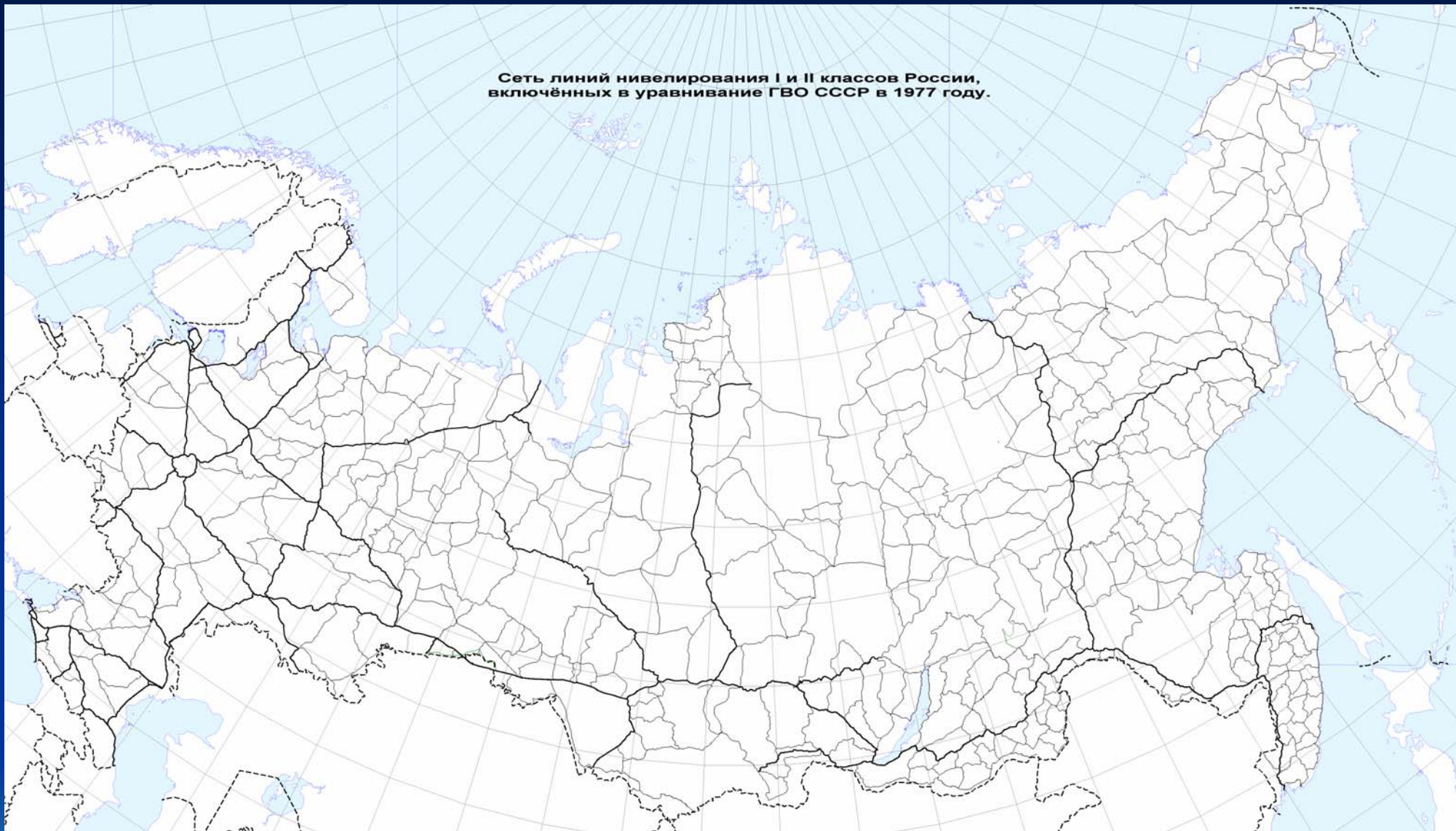


# Предварительное уравнивание ГВО России (Балтийская система нормальных высот на новую эпоху)

- С последнего уравнивания национальной нивелирной сети и введение Балтийской системы нормальных 1977 года (БС-77) прошло около 40 лет. За этот период изменилась национальная нивелирная сеть определяющая ГВО России:
  - изменилась схема сети которая определяет новую систему высот: по сравнению с предыдущей сетью СССР новую систему высот определяет только ГВО России;
  - Нивелирная сеть ГВО СССР уравнивалась двумя блоками: блок «Запад» и блок «Восток». В блок «Запад» входили линии нивелирования I класса измеренные после 1945 года. Более 70% линий нивелирования II класса были измерены более чем за 20 лет до уравнивания. Блок «Восток» состоял из сплошной сети II класса и висячих линий I класса. Линии I класса были измерены после 1960 года. Линии II класса в основном были измерены после 1940 года.
  - По сравнению с сетью России включенной в уравнивание 1977 года существующая сеть практически полностью обновилась, сформирована сплошная сеть линий нивелирования I и II классов, замкнутых в полигоны.
  - Существующее оборудование и программное обеспечение позволило уравнивать сеть ГВО России единым блоком.



Сеть линий нивелирования I и II классов России,  
включённых в уравнивание ГВО СССР в 1977 году.



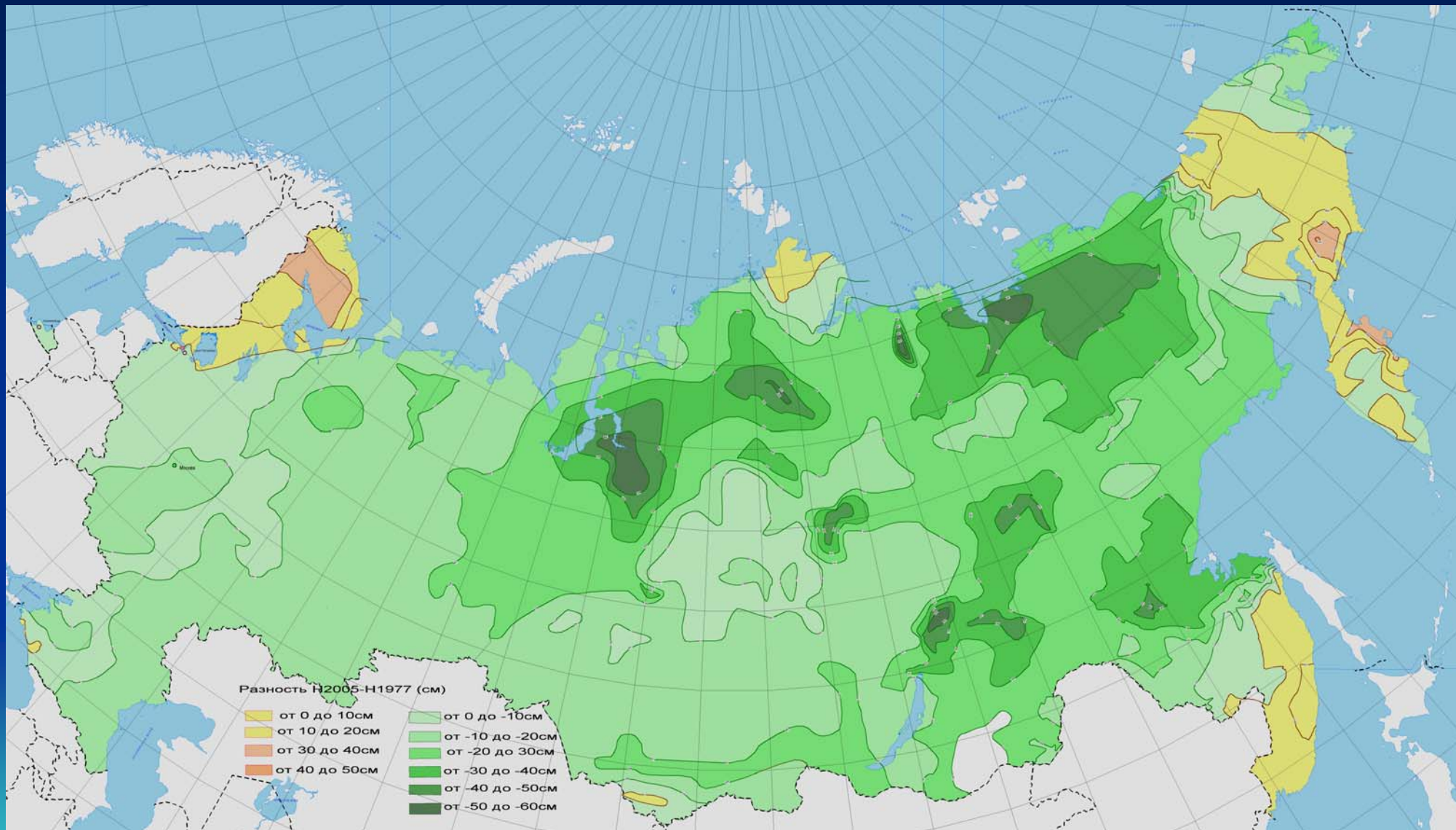
*Утолщенные линии – линии нивелирования I класса, тонкие линии – линии II класса*

- При уравнивании ГВО России в качестве исходного пункта был взят «Нуль Кронштадтского футштока» с отметкой равной 0.000 м.
- Уравнивалась нивелирная сеть I и II класса общей протяженностью более 350 тыс. км;
- В уравнивание включено 2085 линий нивелирования, которые формируют сплошную сеть I и II классов;
- По результатам уравнивания нивелирной сети для 101 тыс. пунктов нивелирования получены отметки в Балтийской системе нормальных высот на новую эпоху;
- По результатам уравнивания было выполнено сравнение отметок в новой системе высот (БС-2005) и действующей системе высот (БС-77).
  - Сравнялось 24365 пунктов;
  - Среднее абсолютное отклонение равно 0.176 м;
  - Минимальное абсолютное отклонение 0.000 м;
  - Максимальное абсолютное отклонение равно 0.657 м.
- Средние квадратические ошибки узловых пунктов уравненной сети относительно исходного пункта лежат в пределах 1 – 11 см;





# Разность нормальных высот по результатам предварительного уравнивания ГВО (Н2005) и высот в системе 1977 года (БС-77)



- На основе анализа результатов уравнивания ГВО России, выполненного Московским аэрогеодезическим предприятием предварительные результаты уравнивания можно считать удовлетворительными и после соответствующих доработок следует выполнить работы по заключительному уравниванию ГВО России.
- После приёма результатов уравнивания ГВО России следует приступить к выполнению мероприятий по реализации новой системы высот Российской Федерации.

