NATIONAL UPPER-AIR NETWORK PERFORMANCE MONITORING, TASKS AND EXPERIENCE

(Задачи и опыт мониторинга качества функционирования национальной аэрологической сети)

A. Kats, A. Naumov, A. Ivanov
(А.П. Кац, А.Я. Наумов, А.А. Иванов)
Центральная аэрологическая обсерватория
Росгидромета

Национальная система мониторинга качества функционирования аэрологической сети

Центральная аэрологическая обсерватория – головной институт Росгидромета по радиозондированию, при участии Гидрометцентра России, ГВЦ и ГРМЦ Росгидромета, разработала и с 1993 г. эксплуатирует первую очередь, а с 2005 г. начала разработку и переход к эксплуатации второй очереди автоматизированной национальной системы мониторинга качества функционирования аэрологической сети в дополнение к мониторингу ЕЦСПП, обеспечивая:

- своевременные действия по предупреждению и устранению недостатков, поддержанию требуемого качества аэрологических данных и надлежащего функционирования аэрологической сети
- объективную оценку как деятельности сетевых наблюдательных организаций, так и состояния наземного оборудования и качества поставляемых на сеть расходных материалов

Цель

Обеспечение стабильного получения аэрологических данных надлежащего качества (в соответствии с номинальными точностными и эксплуатационными характеристиками используемых технических средств при строгом следовании стандартам и процедурам наблюдений в рамках выделяемых ресурсов) в реальных условиях аэрологической сети.

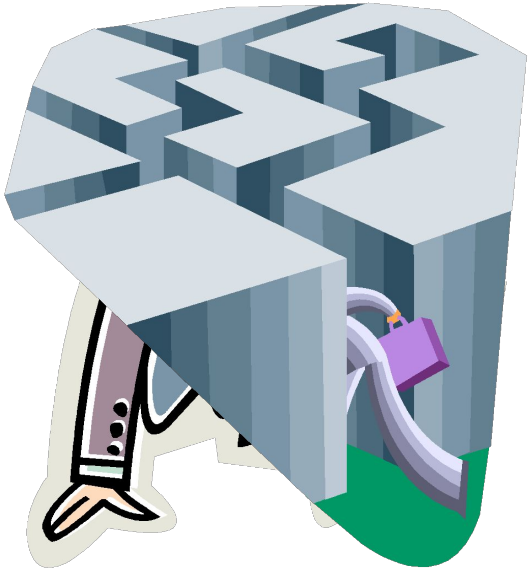
От контроля качества аэрологических данных к мониторингу качества функционирования аэрологической сети

i-ый “EMCWF report on consolidated list of

j-ый “EMCWF report on consolidated list of

k-ый “EMCWF report on consolidated list of stations reporting suspect observations”

~1990



Методология

- Hollingsworth, A., D. Shaw, P. Lönnberg, L. Illari, K. Arpe, and A. Simmons, 1986: Monitoring of Observation and Analysis Quality by a Data Assimilation System. Monthly Weather Review, Vol 114, No. 5, pp. 861–879.
- World Meteorological Organization, 1988: M. Kitchen. Compatibility of RadiosondeGeopotential Measurements. WMO, Instruments and Obs. Methods Report No. 36.
- Hall, C.D., 1992: The use of output from a numerical model to monitor the quality of radiosonde observations. Meteorological Magazine, 121, no 1437, pp. 91-99.
- World Meteorological Organization, 1992. Manual on the Global Data-Processing System, Edition 1992. Volume I - Global Aspects. Attachment II.10 Procedures and formats for the exchange of monitoring results. WMO No.485.

Исходная информация

Оперативно (автоматически, FTP-протокол)

- аэрологические сообщения за сроки 00 и 12 ВСВ (сроки 06 и 18 доступны, но не используются) в коде FM 35 TEMP/FM 32 PILOT и раскодированные
- сообщения о невыпуске радиозонда в коде НИЛ (причины невыпуска: плановые регламентные работы, отсутствие расходных материалов, отказы оборудования, отсутствие электроэнергии, неблагоприятные метеоусловия и т.д.)
- информация о времени поступления аэрологических сообщений в Гидрометцентр РФ
- результаты комплексного контроля Гидрометцентра РФ на и/п поверхностях и уровнях особых точек и признаками возможных ошибок
- интерполированные на станцию данные поля первого приближения Гидрометцентра РФ для давления на уровне моря, геопотенциала, температуры, влажности и ветру

Периодически

- сведения об отказах радиозондов, качестве оболочек

По запросу

- сырые данные и подробные профили

Эпизодически

- Сведения о модернизации/замене оборудования
- Обновление метаданных
- Обращения за консультациями/методической помощью

Качество функционирования аэрологической сети

Многомерный показатель:

- репрезентативность (временная и пространственная)
- выполнение программы наблюдений
- достигаемые высоты
- точность наблюдений
- полнота (отсутствие пропусков) данных
- своевременное и адекватное (в особенности, адекватный выбор особых точек, характеризующих вертикальную структуру) представление результатов
- архивация данных и метаданных
- безопасность
- экономическая составляющая и т.д.

Качество функционирования аэрологической сети

Зависит от:

- планирование сети
- технические средства
- научно-методическое руководство
- человеческий фактор
- политика закупок и практика поставок оборудования и расходных материалов
- организация и проведение обслуживания аппаратуры и обучения персонала
- подготовленность и мотивация персонала и т. д.

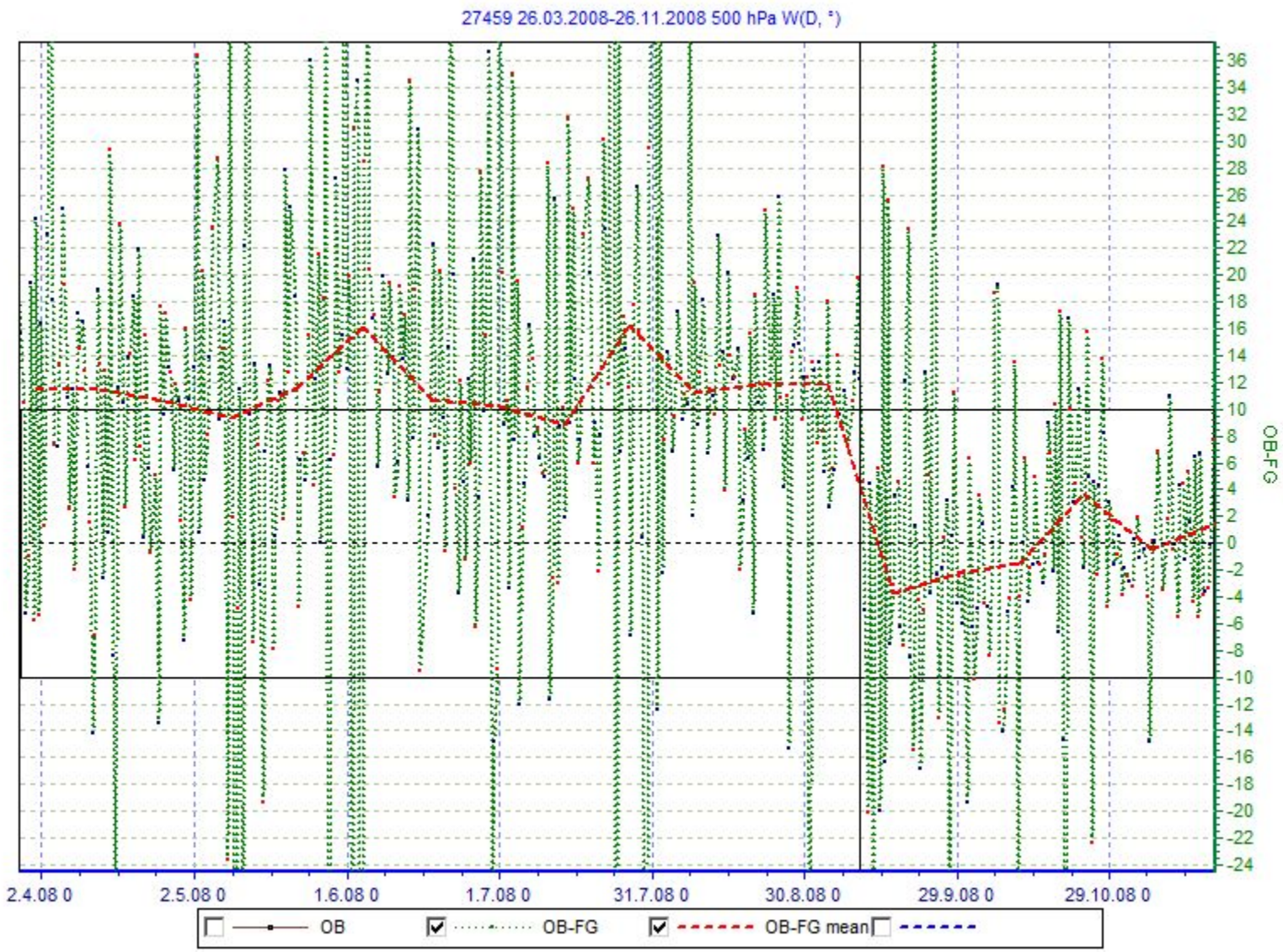
Выходные результаты (ежемесячно)

- поступление и анализ причин непоступления аэрологической информации
- высоты зондирования
- брак данных радиозондирования
- статистические характеристики качества данных и определение «сомнительных станций» на основе статистик «наблюдение минус прогноз»

Обратная связь

- обеспечение надлежащей эксплуатации и обслуживания
- соблюдение методик
- обучение и инспекции
- меры материального стимулирования,
- улучшение качества расходных материалов
- выбор альтернативных производителей

Обратная связь



Обратная связь

- Традиционные ежемесячные, квартальные, ежегодные обзоры - в табличном виде, ограниченное распространение
- Ежегодный смотр-конкурс аэрологических станций Росгидрмета
- Интернет-публикации – полнота, оперативность наглядность

Страница мониторинга качества функционирования аэрологической сети

http://cao-ntcr.mipt.ru/monitor/monitorres.htm

Показатели функционирования аэрологической сети РФ - Mozilla Firefox

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

http://cao-ntcr.mipt.ru/monitor/monitorres.htm

Google

Показатели функционирования аэрологической сети РФ

2008 г.			
Октябрь	Ноябрь	Декабрь	IV квартал
Июль	Август	Сентябрь	III квартал
Апрель	Май	Июнь	II квартал
Январь	Февраль	Март	I квартал
2007 г.			
Октябрь	Ноябрь	Декабрь	IV квартал
Июль	Август	Сентябрь	III квартал
Апрель	Май	Июнь	II квартал
Январь	Февраль	Март	I квартал
2006 г.			
I-й квартал	II-й квартал	III-й квартал	IV-й квартал
2005 г.			
I-й квартал	II-й квартал	III-й квартал	IV-й квартал
2004 г.			
I-й квартал	II-й квартал	III-й квартал	IV-й квартал
2003 г.			

Готово

Структура ресурса

Заглавная страница
- отчетные периоды
- …

Поиск станций на схеме аэрологической сети

Поступление аэрологических данных
- Процент выполнения плана радиозондирования
- Распределение количества станций по среднему числу выпусков
- Ежесуточный объем выпусков

Итоги за отчетный период (месяц, квартал, год)

Итоги за 1 квартал
Итоги за январь
Итоги за февраль
…
Итоги за год

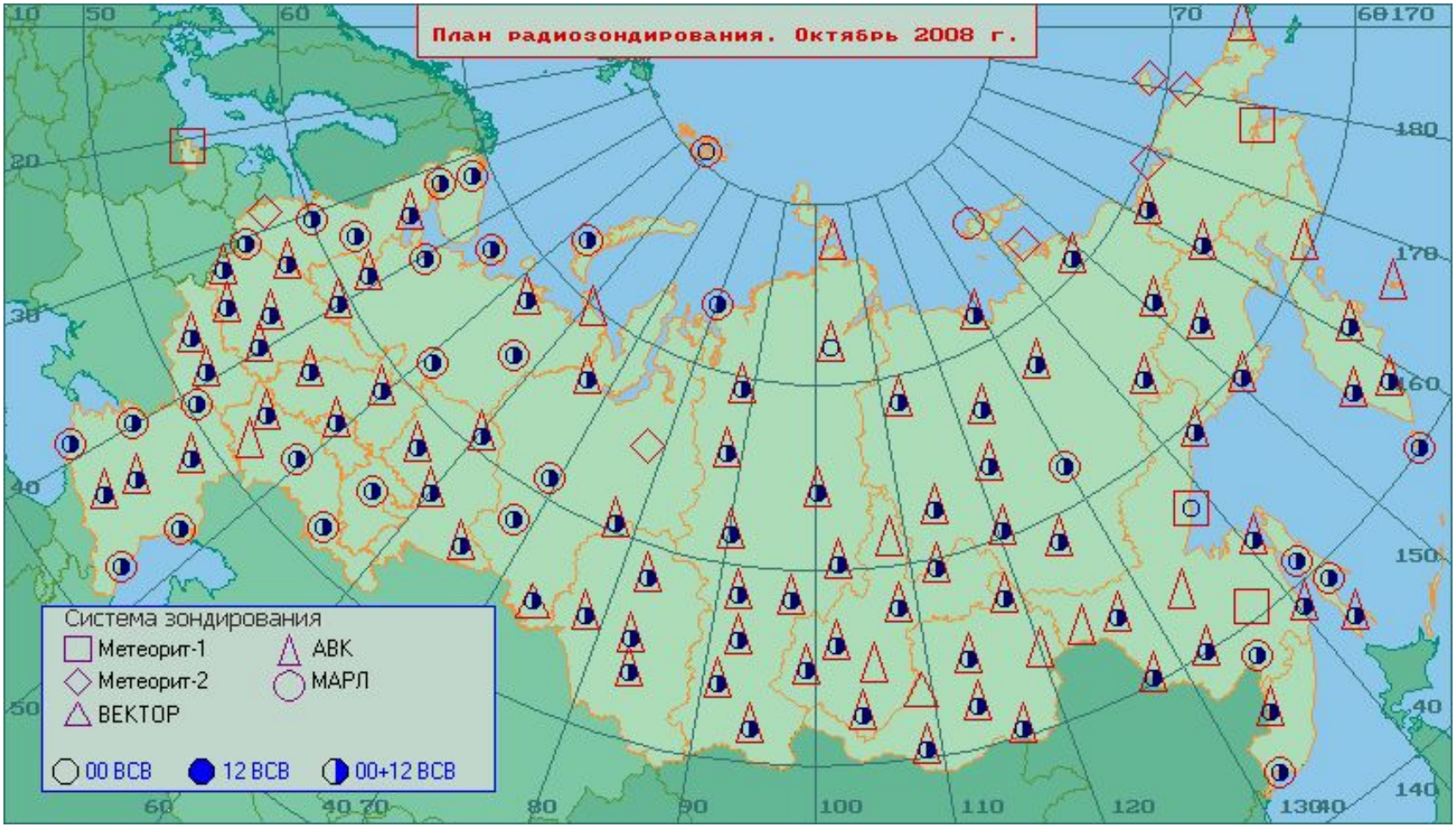
Состав сети и программа наблюдений (поквартально)
- Состав аэрологической сети
- Программа наблюдений

Ранжирование УГМС по показателям
- Выполнение плана зондирования
- Высота зондирования
- Взвешенное среднеквадратичное значение 'наблюдение-прогноз' для геопотенциала в слое 1000-100 гПа
- Среднеквадратичное значение 'наблюдение-минус-прогноз' для вектора ветра в слое 850-100 гПа

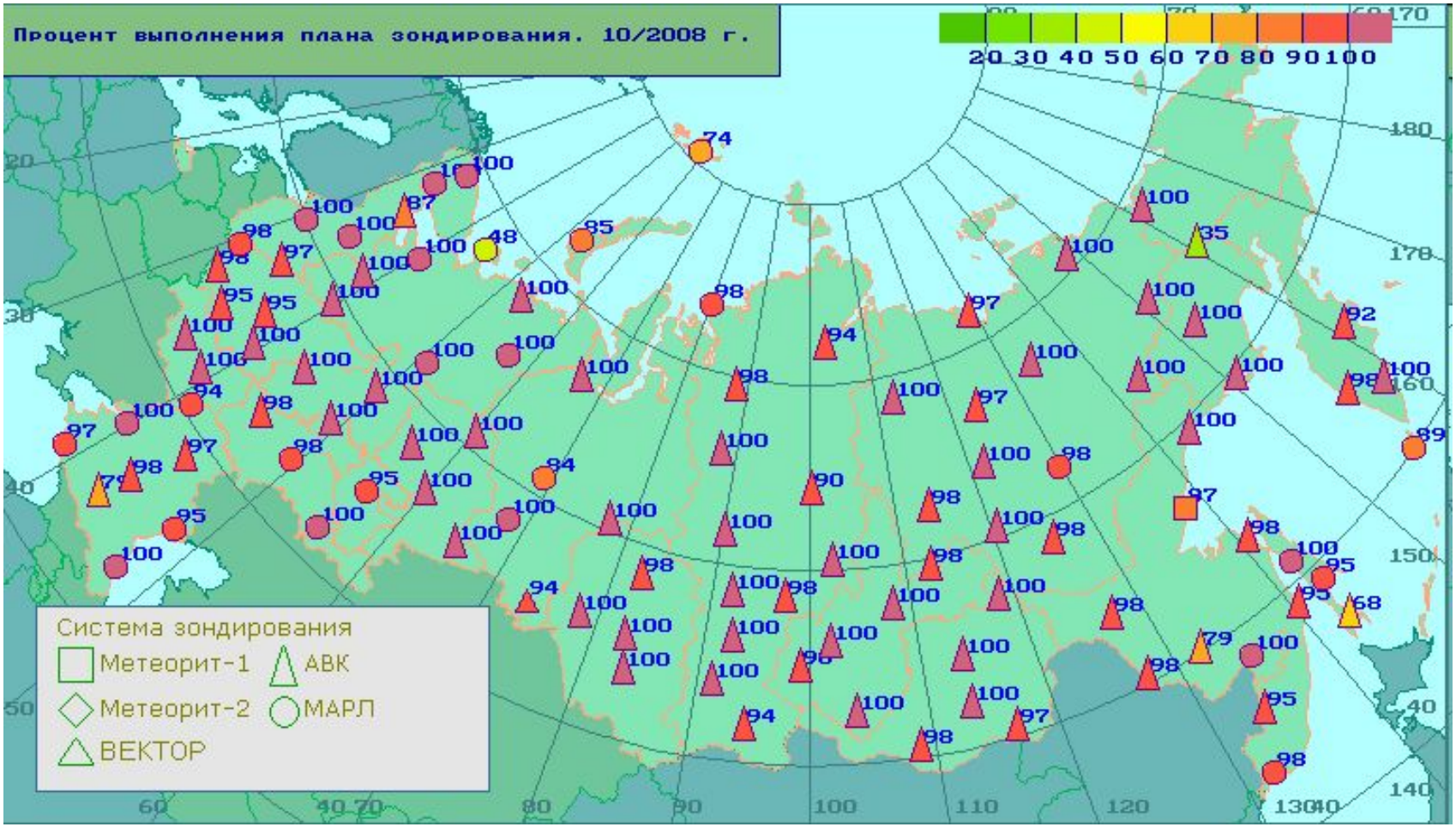
Показатели качества наблюдений
- Средняя высота зондирования
- Распределение количества станций по средней высоте зондирования
- Взвешенное среднеквадратичное значение 'наблюдение-прогноз' для геопотенциала в слое 1000-100 гПа
- Распределение количества станций по взвешенному среднеквадратичному значению 'наблюдение-прогноз' для геопотенциала
- Среднеквадратичное значение 'наблюдение-минус-прогноз' для вектора ветра в слое 850-100 гПа
- Распределение количества станций по среднеквадратичному значению 'наблюдение-минус-прогноз' для вектора ветра

Сводная таблица

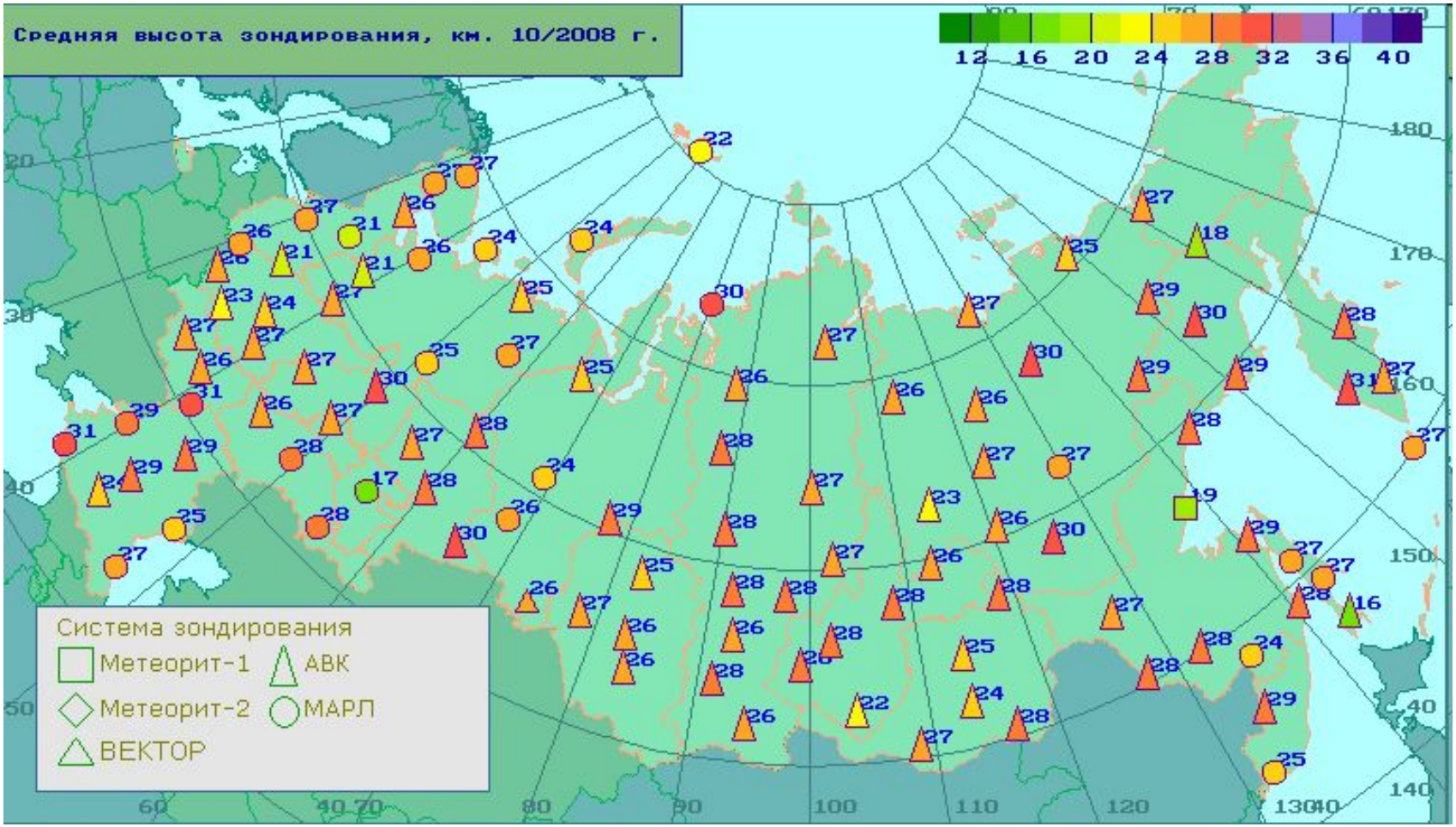
Картографическое представление: программа наблюдений



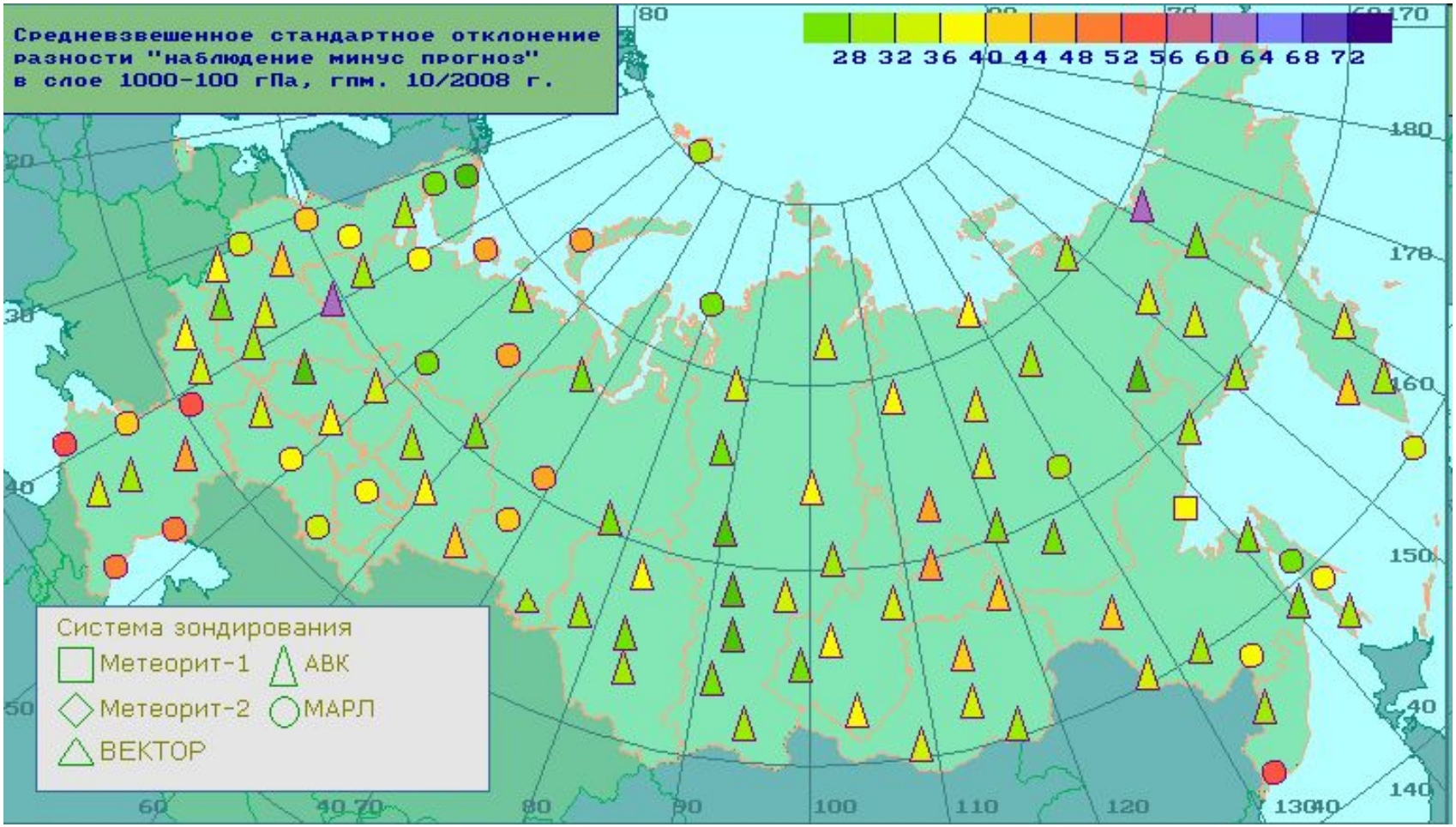
Картографическое представление: выполнение программы наблюдений



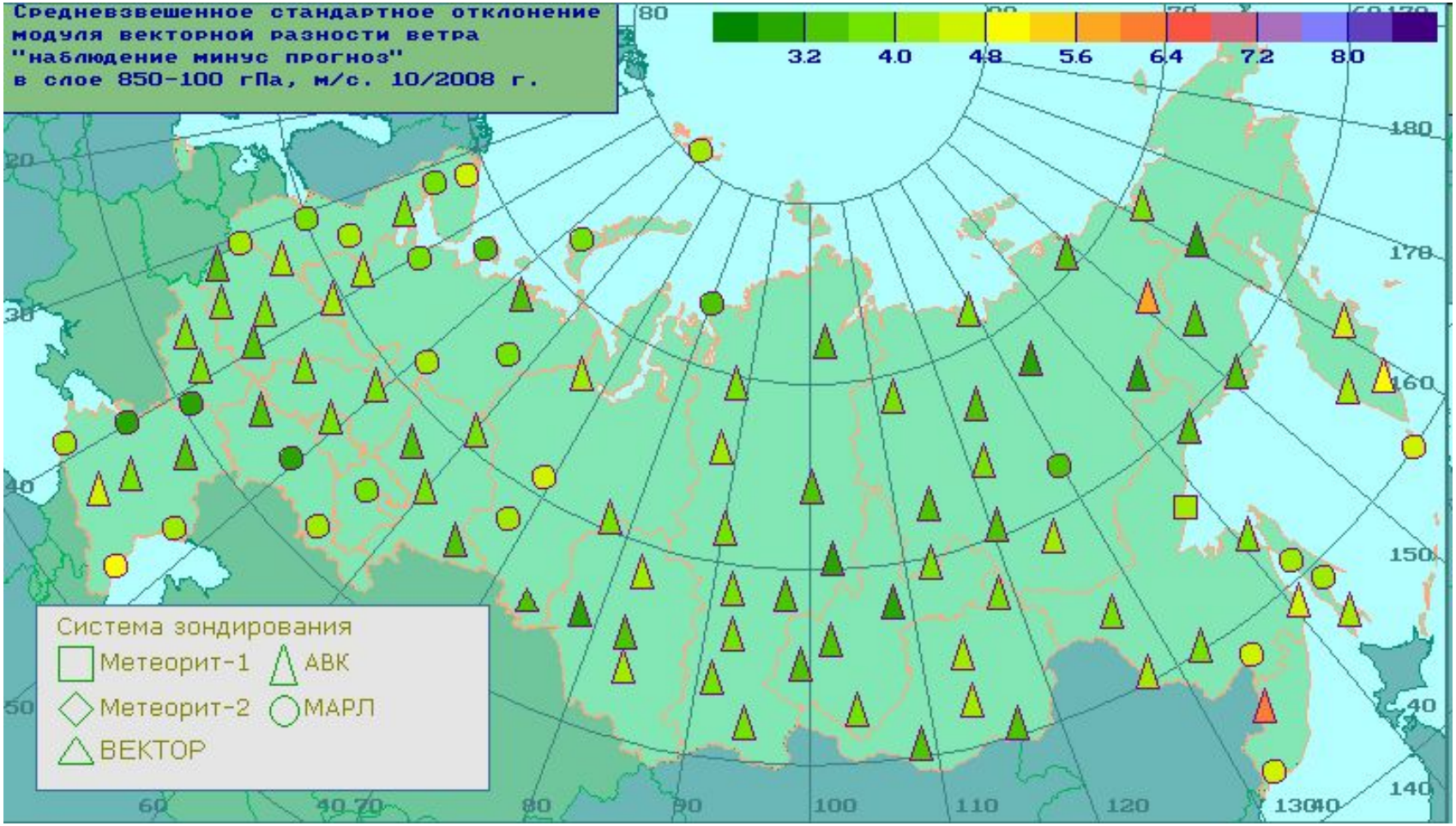
Картографическое представление: средняя высота зондирования



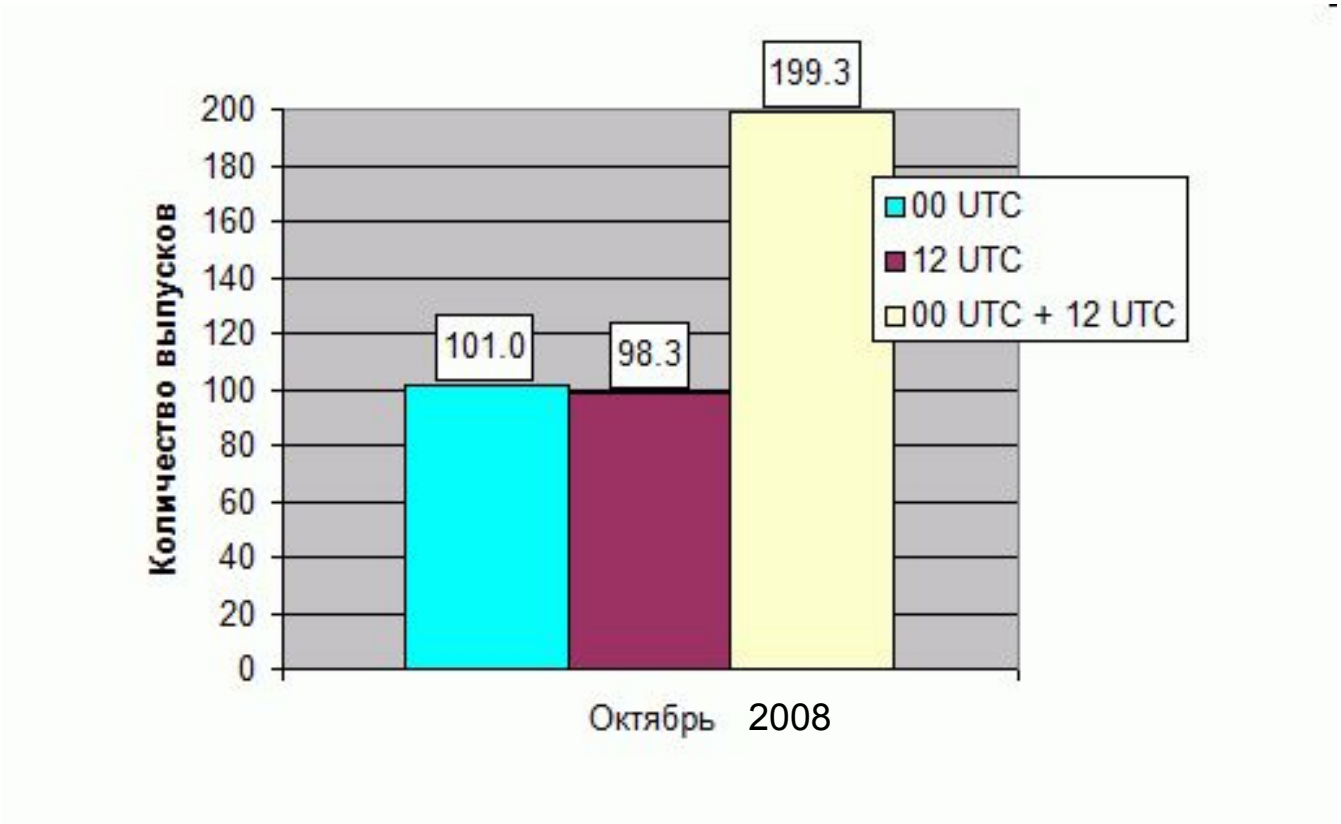
Картографическое представление: взвешенное среднеквадратичное значение 'наблюдение-прогноз' для геопотенциала в слое 1000-100 гПа



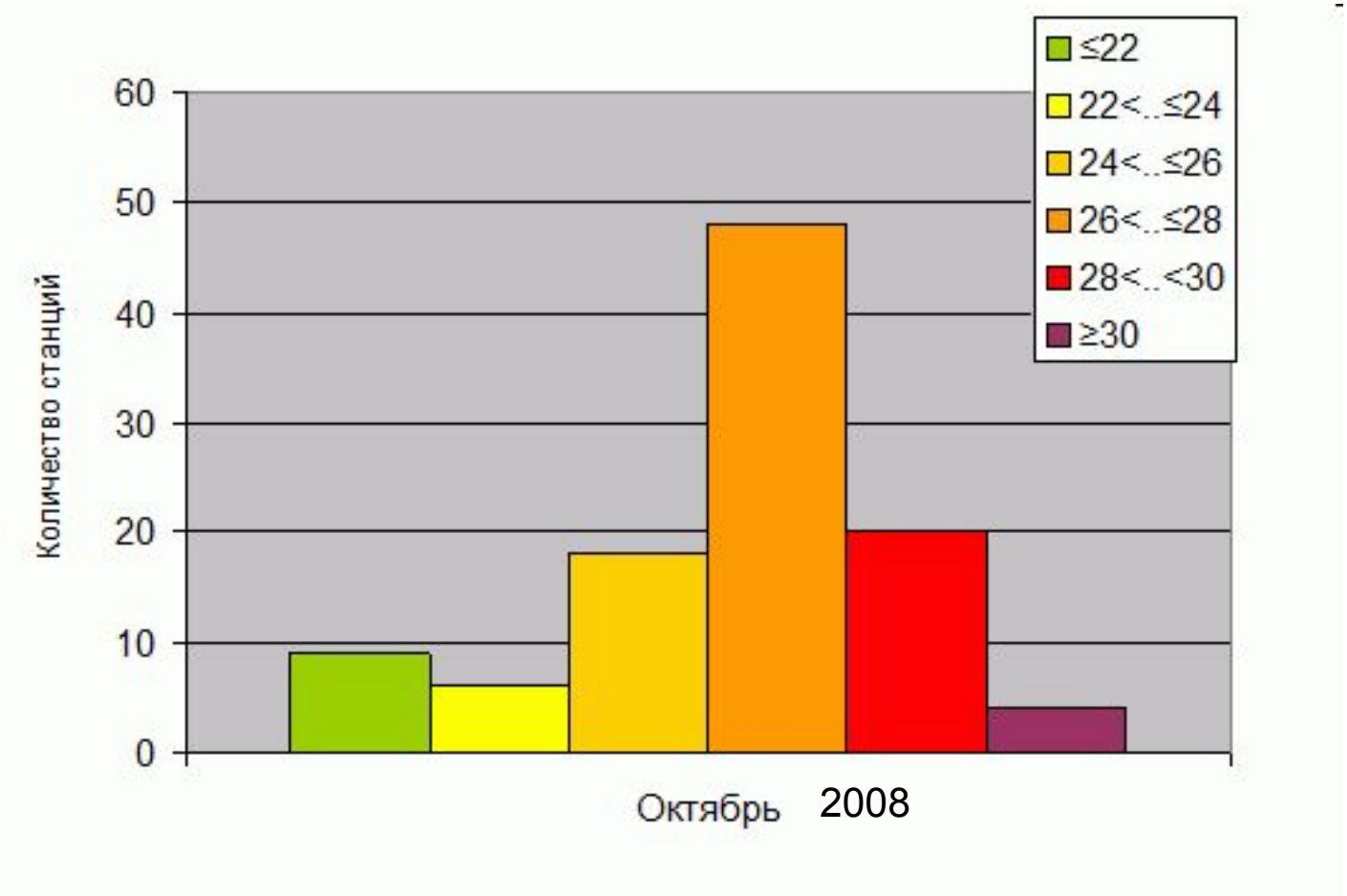
Картографическое представление: среднеквадратичное значение 'наблюдение-минус-прогноз' для вектора ветра в слое 850-100 гПа



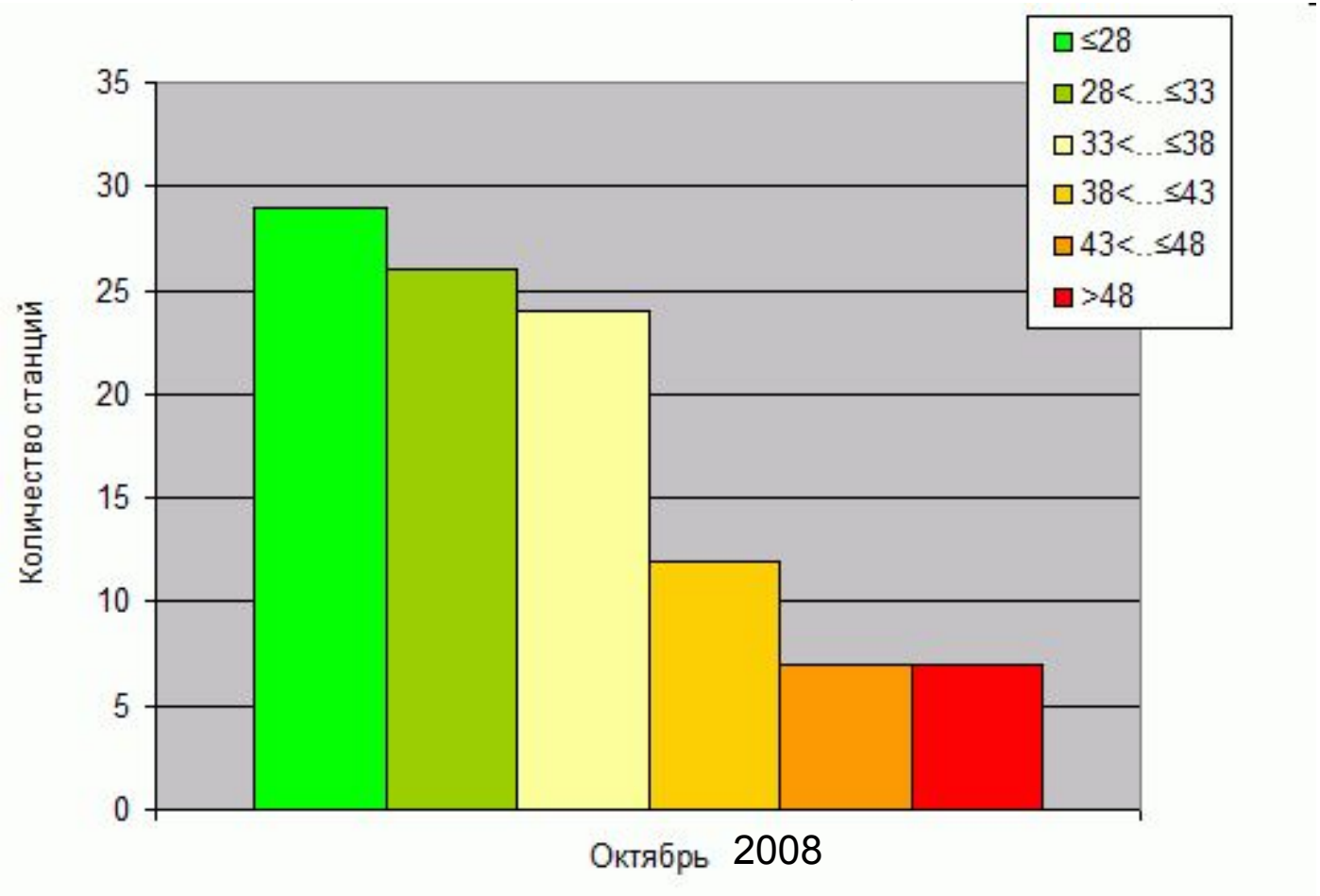
Гистограммы: среднесуточный объем выпусков



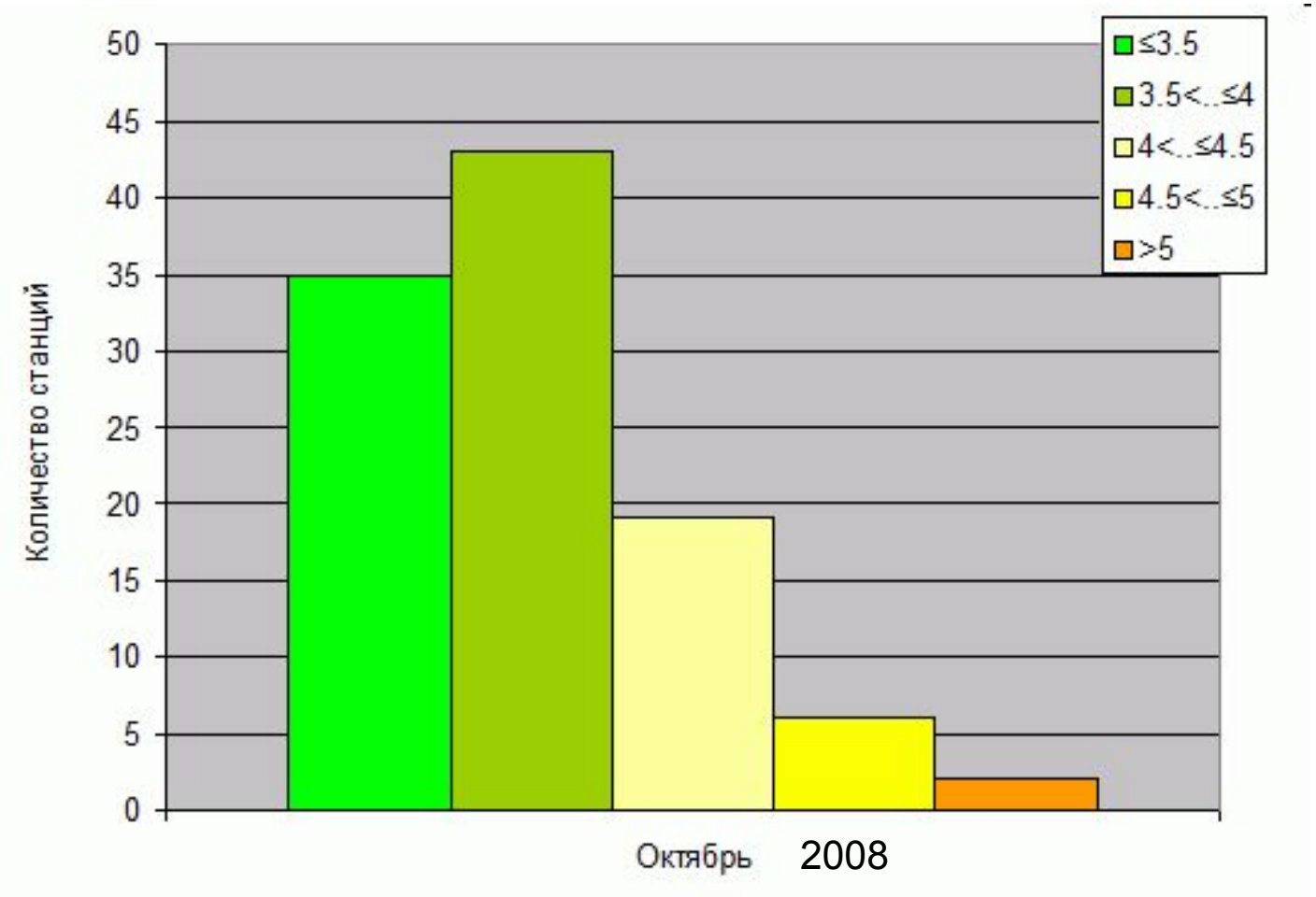
Гистограммы: распределение количества станций по средней высоте зондирования, км



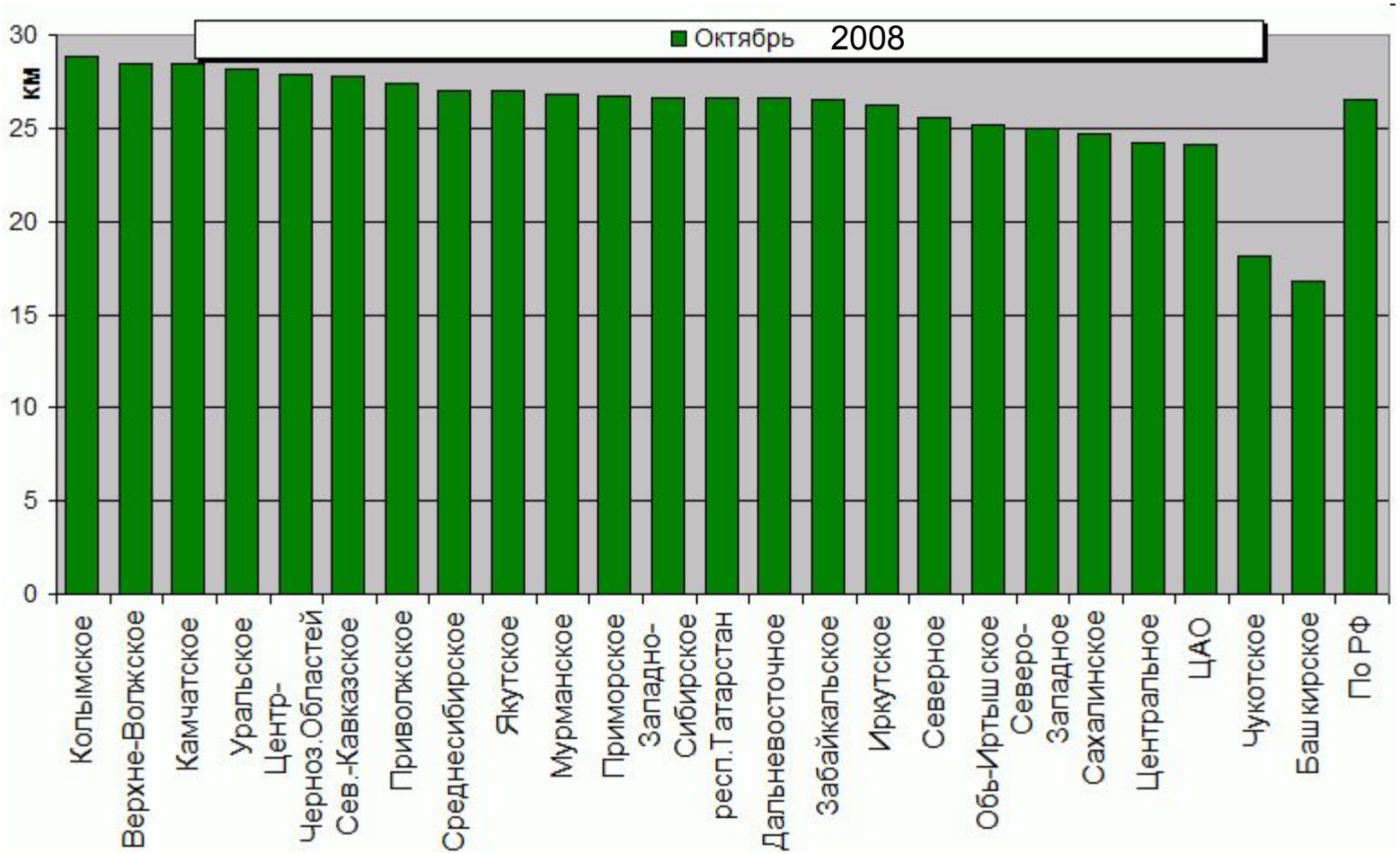
Гистограммы: распределение количества станций по взвешенному среднеквадратичному значению 'наблюдение-прогноз' для геопотенциала в слое 1000-100 гПа, гпм



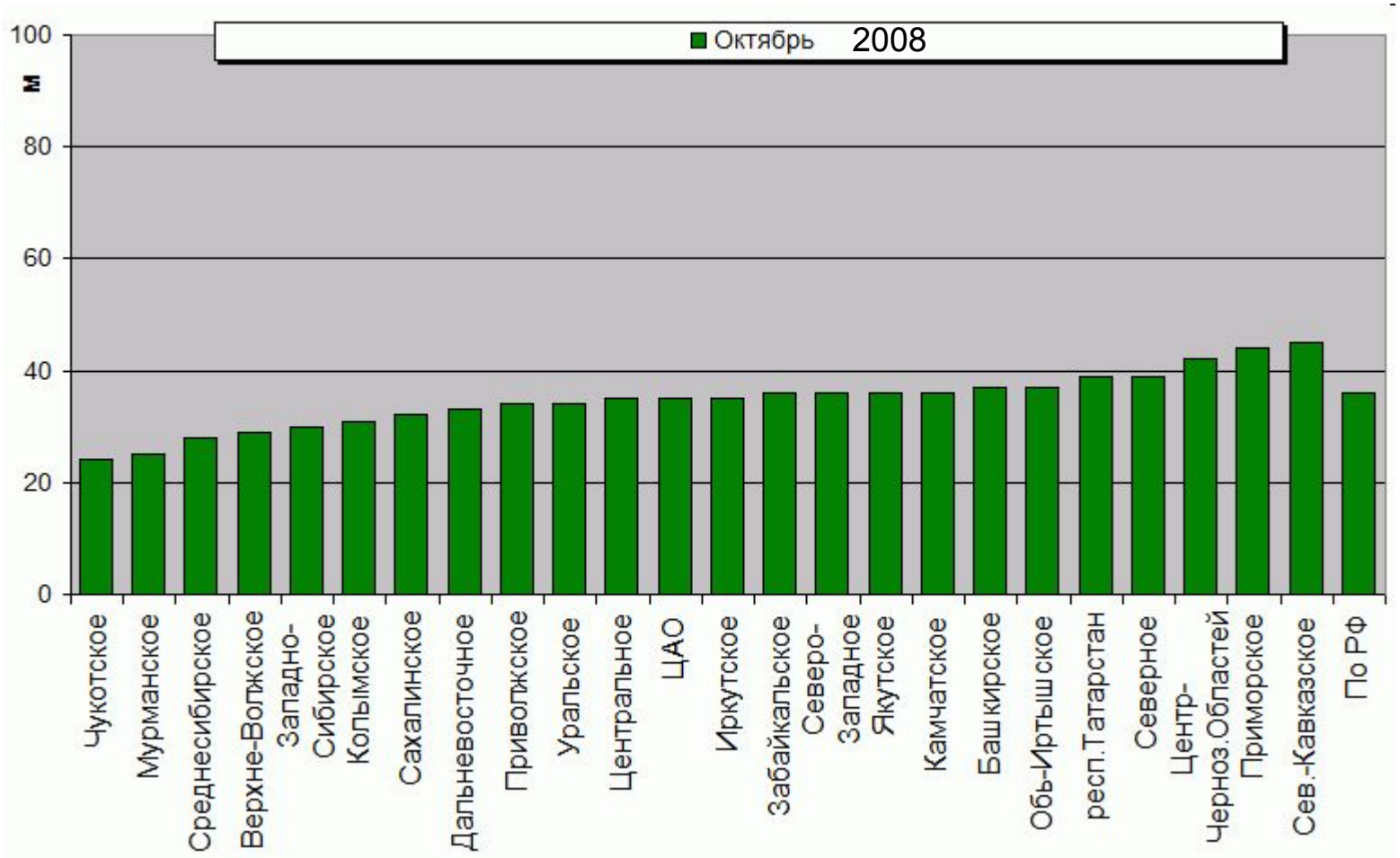
Гистограммы: распределение количества станций по среднеквадратичному значению 'наблюдение-минус-прогноз' для вектора ветра в слое 850-100 гПа, м/с



Ранжирование УГМС: высота зондирования



Ранжирование УГМС: взвешенное среднеквадратичное значение 'наблюдение-прогноз' для геопотенциала в слое 1000-100 гПа



Табличное представление

Предыдущий месяц | На верхний уровень

Показатели функционирования аэрологической сети РФ за Октябрь 2008 г. (приведены частично)

Переход: Уфа

Станции/Управления	а1	а2	а	б	б1	в	г	д	е	ж
Уфа	94	97	95	91	16.8	-	-	-	37	3.7
Башкирское/ 1	**94**	**97**	**95**	**91**	**16.8**	**0**	**0**	**0**	**37**	**3.7**
Киров	100	100	100	12	29.8	-	-	-	35	3.7
Нижний Новгород	100	100	100	18	27.2	-	-	-	22	3.6
Верхне-Волжское/ 2	**100**	**100**	**100**	**15**	**28.5**	**0**	**0**	**0**	**29**	**3.7**
Аян	87	-	87	67	18.7	-	-	-	37	4.1
Зея	97	100	98	19	27	-	-	-	43	3.7
Николаевск	100	97	98	14	28.7	-	-	-	27	3.8
Благовещенск	100	97	98	17	27.6	-	-	-	32	4.1
Сутур	77	81	79	15	28.2	-	-	-	30	3.9
Хабаровск	100	100	100	29	24	-	-	-	38	4.5

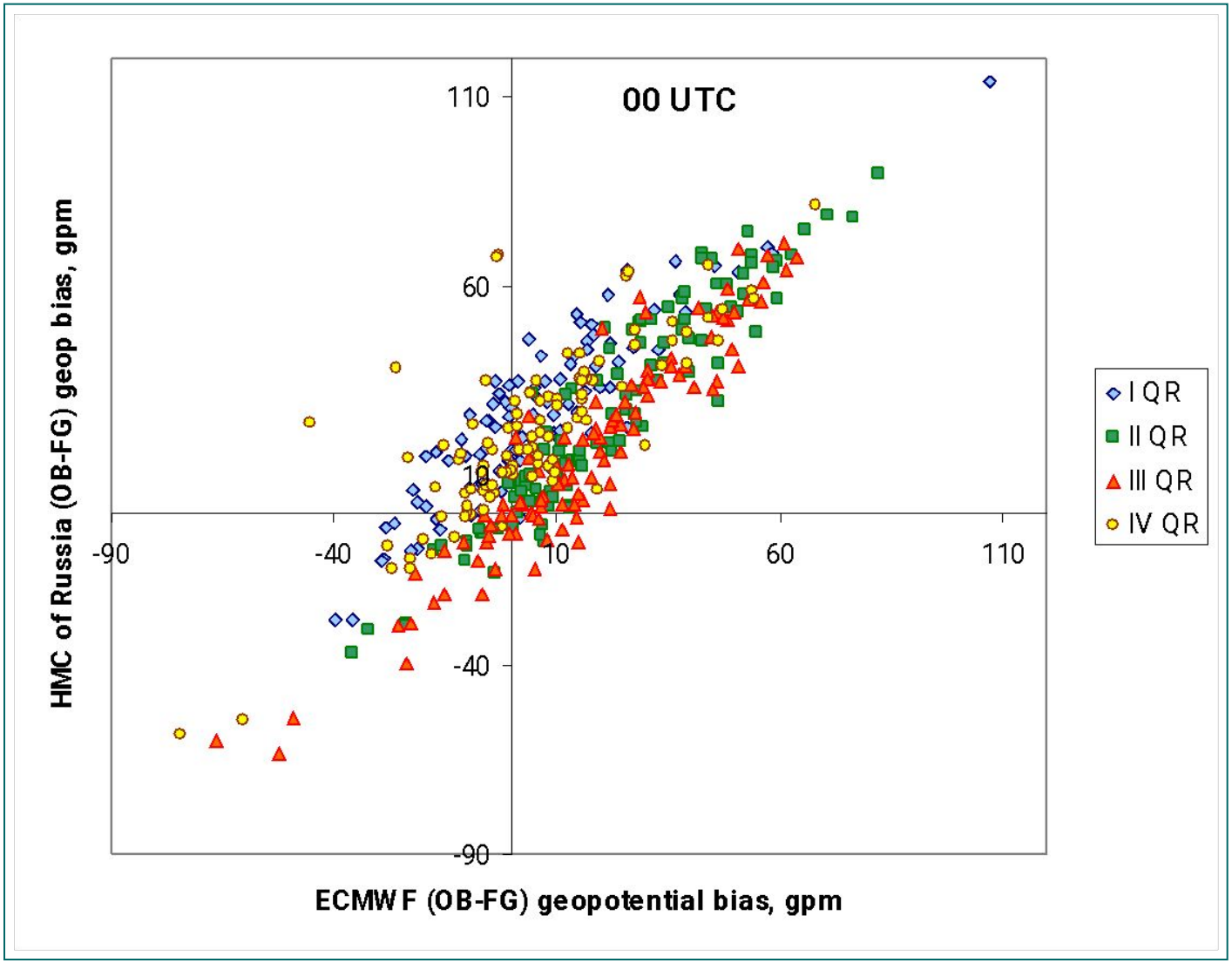
…

а- выполнение плана зондирования в % (а1,а2 - 00 и 12 ВСВ)
б- средняя высота зондирования в гПа (б1 - в км)
в- число "сомнительных" станций по геопотенциалу
г- число "сомнительных" станций по ветру
д- число "сомнительных" станций по направлению ветра
е- взвешенное среднеквадратичное значение 'наблюдение-минус-прогноз' для геопотенциала в слое 1000-100 гПа, гпм

Надежность оценок качества данных

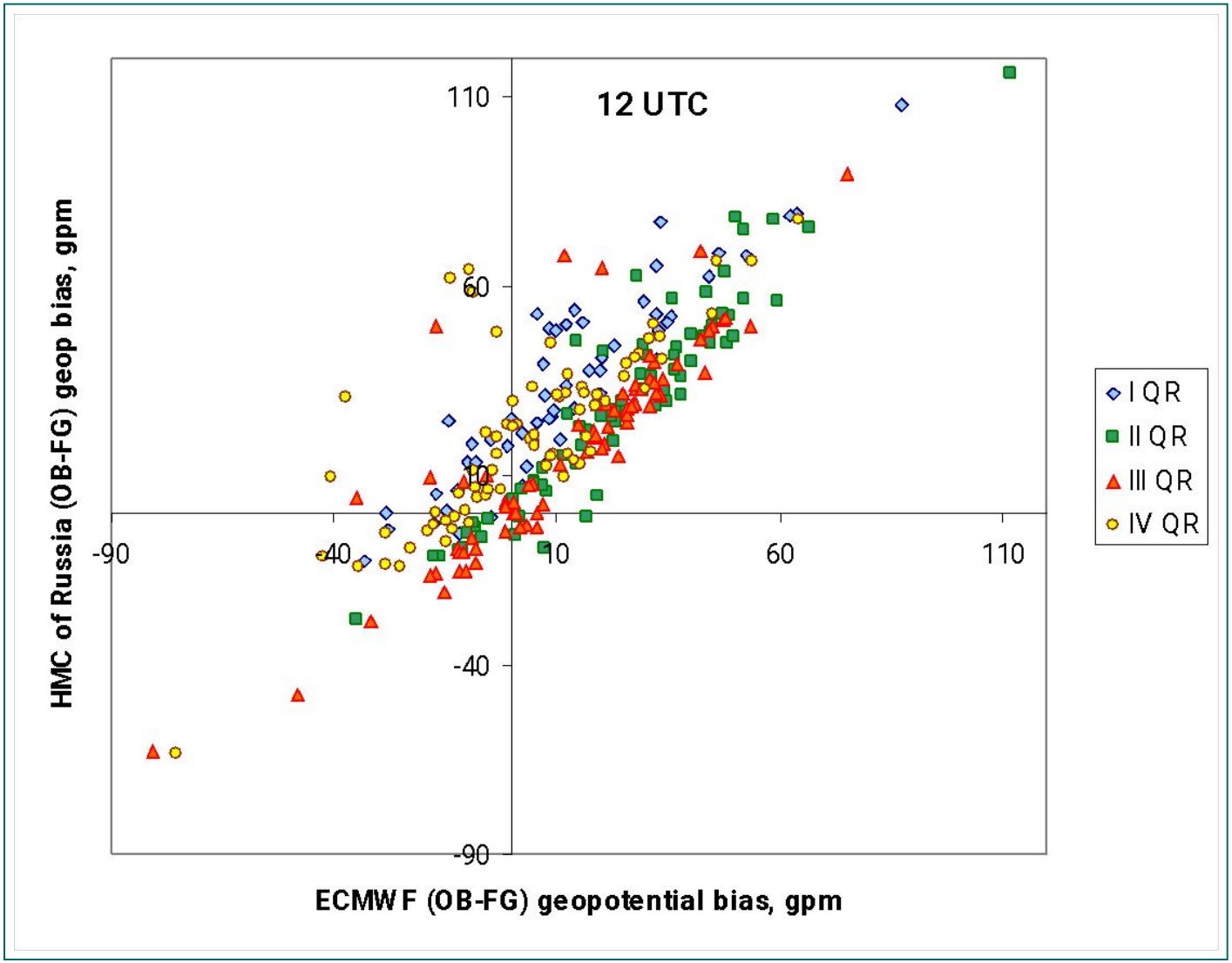
- Сравнение с ежемесячными перечнями сомнительных станций:
  - ЕЦСПП: http://www.ecmwf.int/products/forecasts/monitoring/mmr/Data_Quality.html
  - Метеорологической службы Великобритании: http://www.metoffice.gov.uk/research/nwp/observations/monitoring/month_rep/index.html (в ограниченном доступе)
- Сравнение со статистиками результатов мониторинга ЕЦСПП:
  - Отчеты и доклады Докладчика КПМН ВМО по сопоставимости радиозондов
  - На сайте проекта «EUMETNET радиозондирование» http://www.metoffice.com/research/interproj/radiosonde/reports/index.htmlНа сайте проекта «EUMETNET радиозондирование» http://www.metoffice.com/research/interproj/radiosonde/reports/index.html, с 2007 г. на http:// www.eucos.net)
  - На странице КПМН ВМО http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/monitoring.html
- Сравнение с результатами мониторинга качества данных РА VI http://www.dwd.de/eucos (с 2008 г.)
- Анализ результатов мониторинга для разных систем зондирования

Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП - 100 гПа

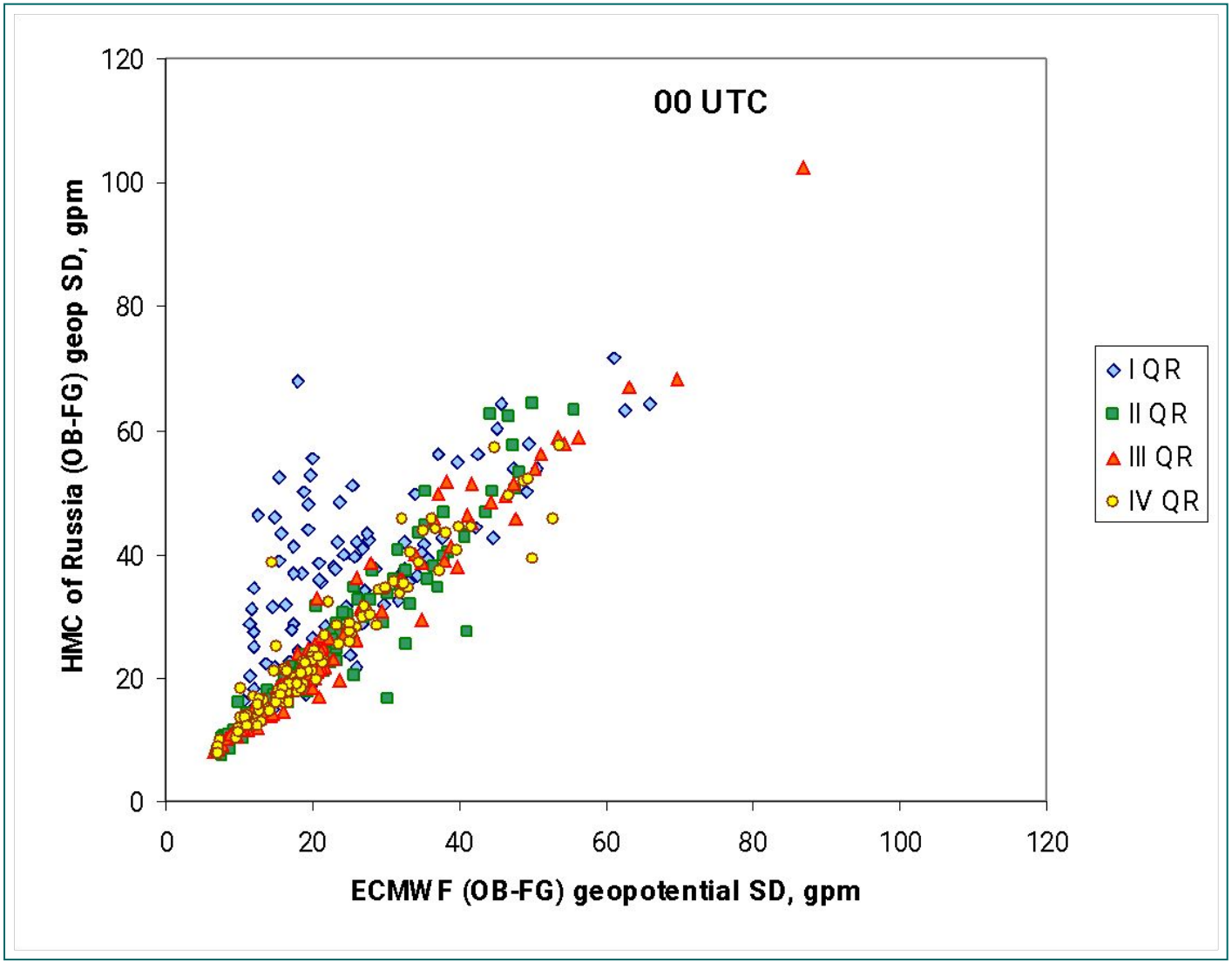


http://www.metoffice.com/research/interproj/radiosonde/reports/index.html

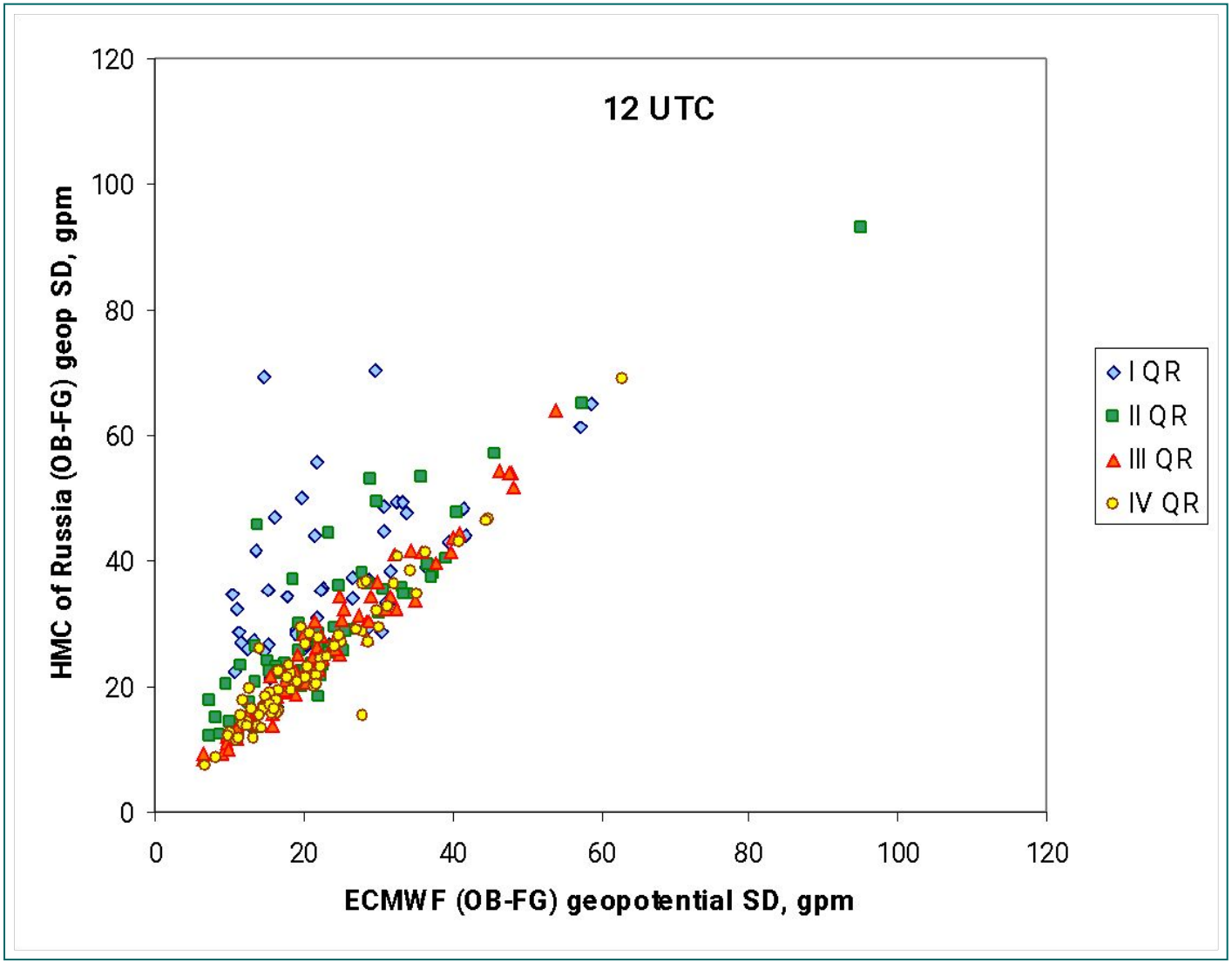
Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП - 100 гПа



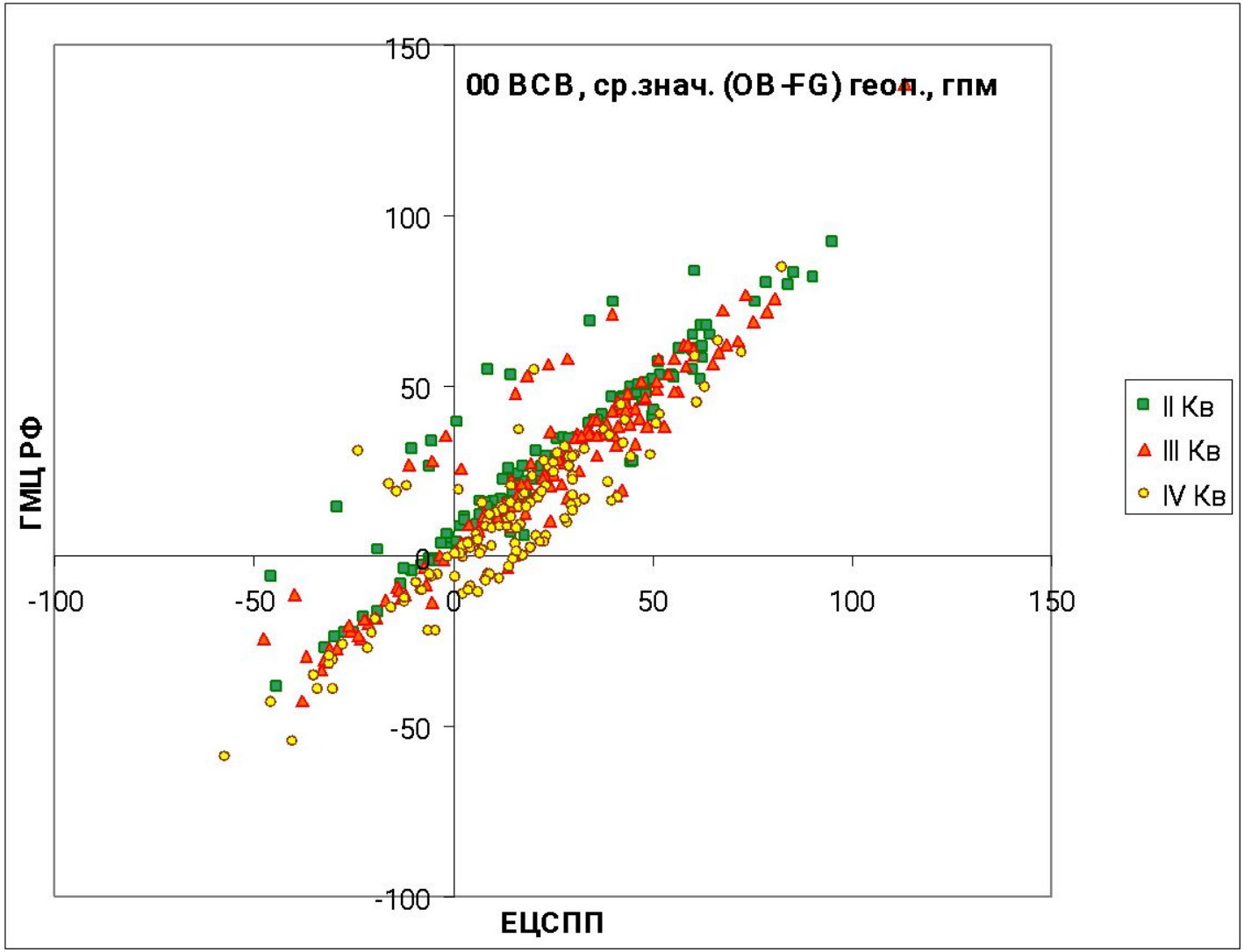
Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП - 100 гПа



Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП

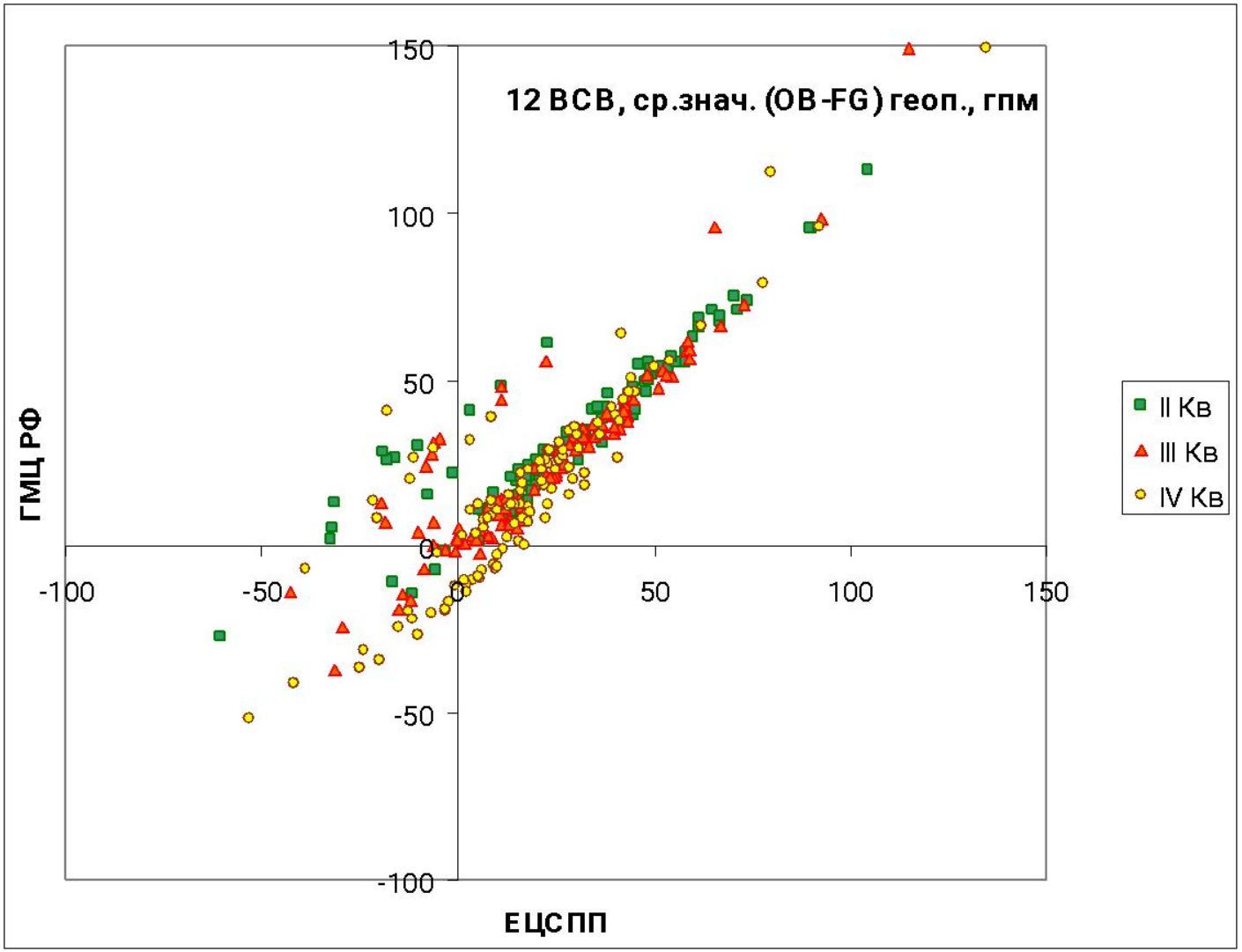


Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП - 100 гПа

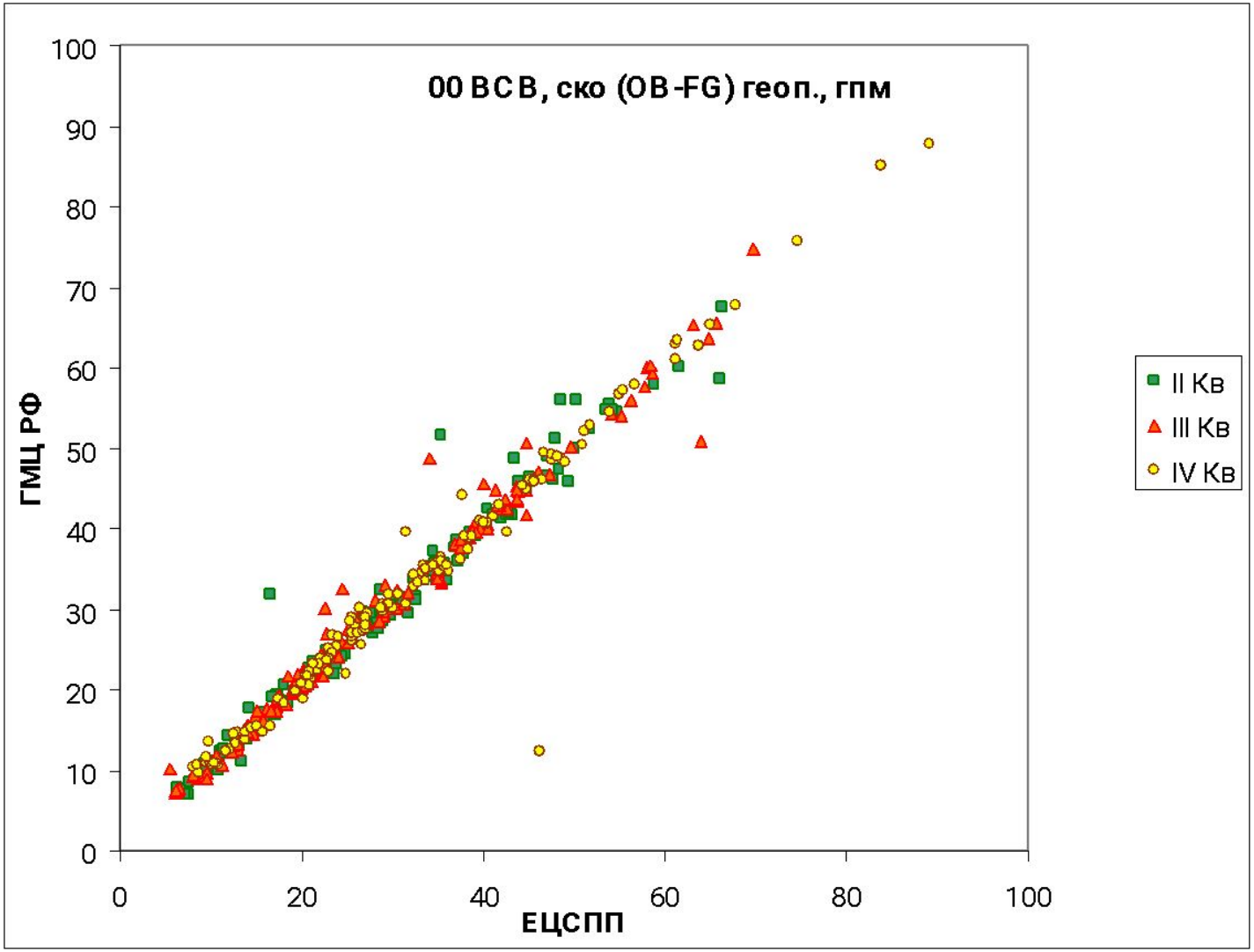


http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/monitoring.html

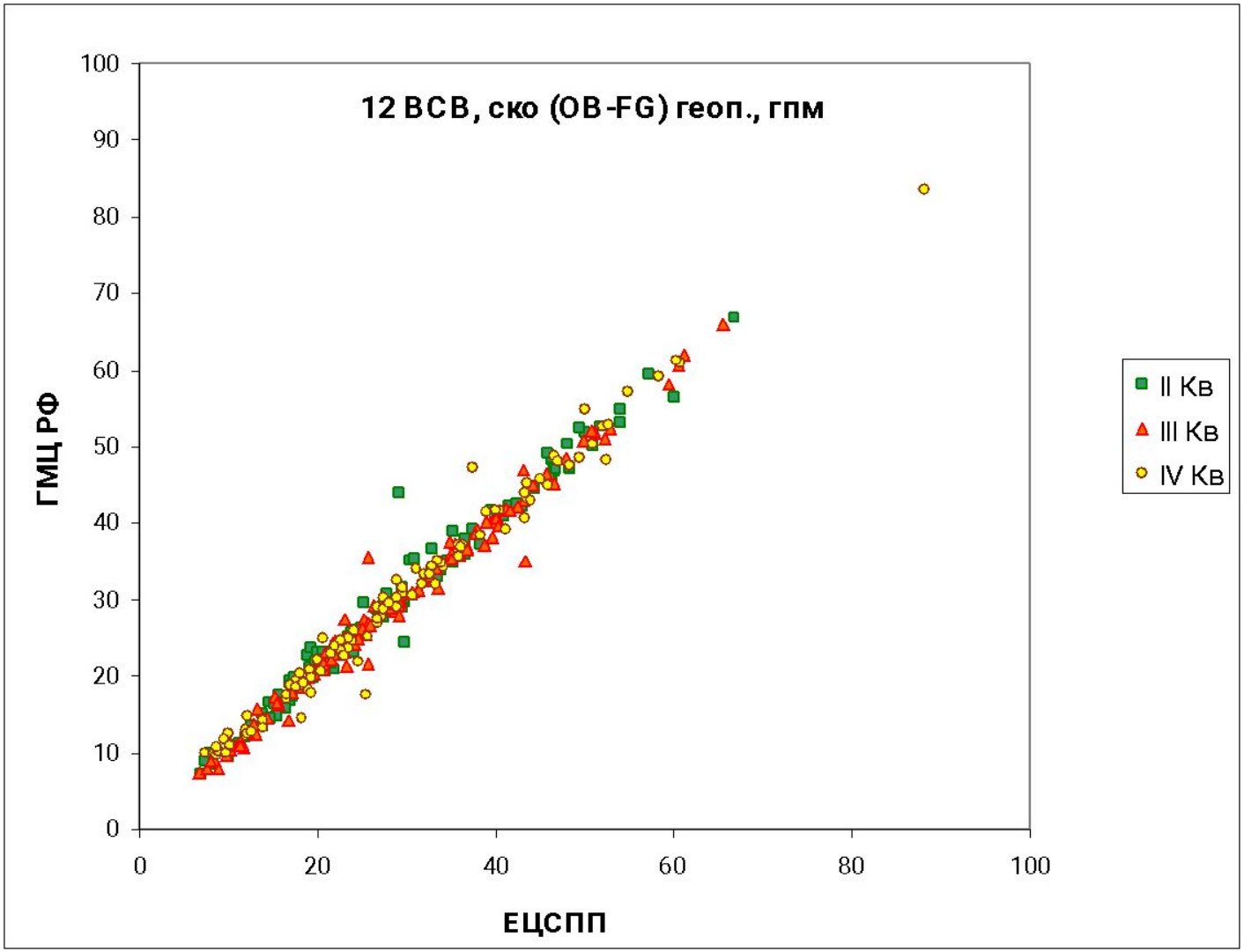
Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП - 100 гПа



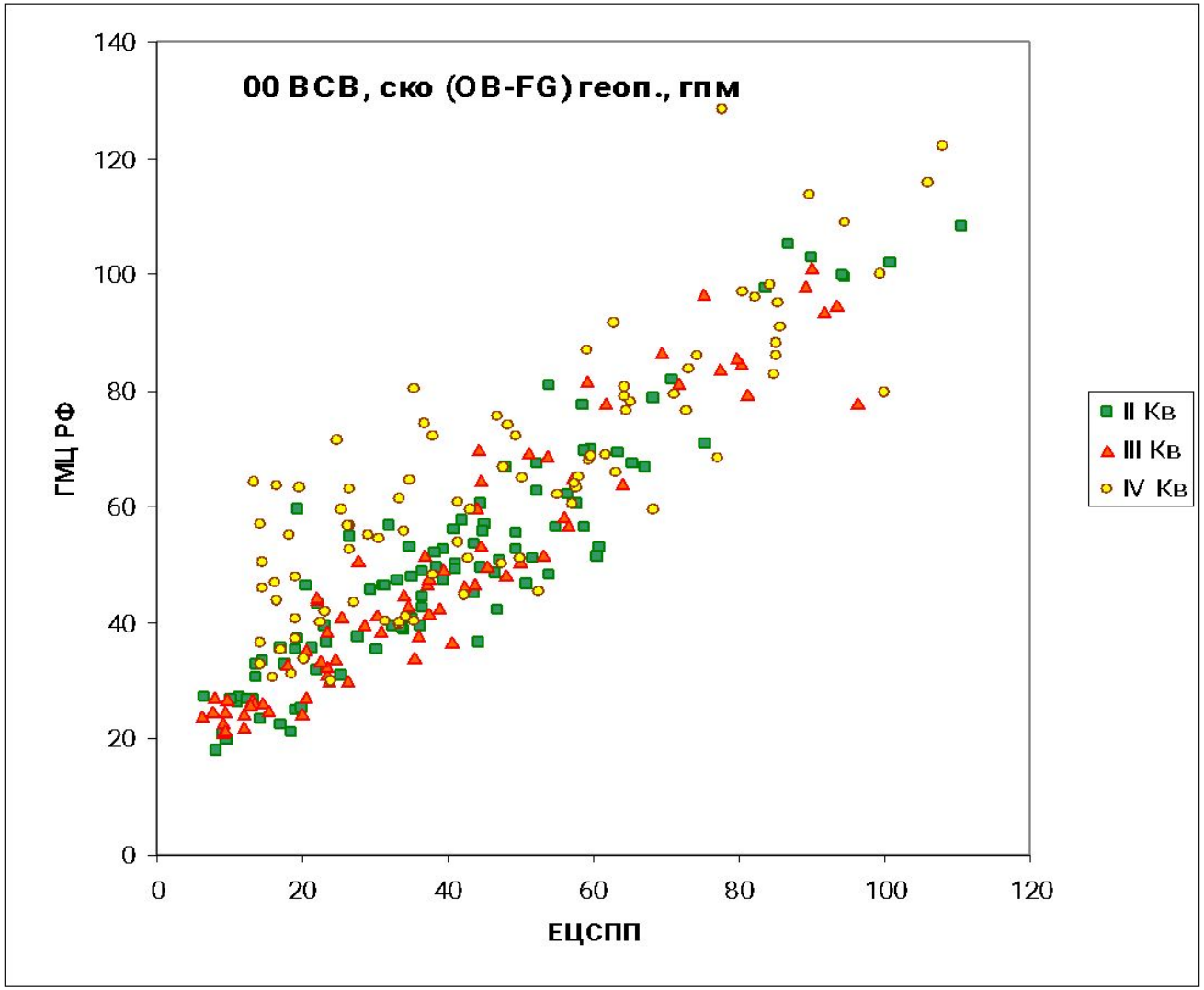
Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП - 100 гПа



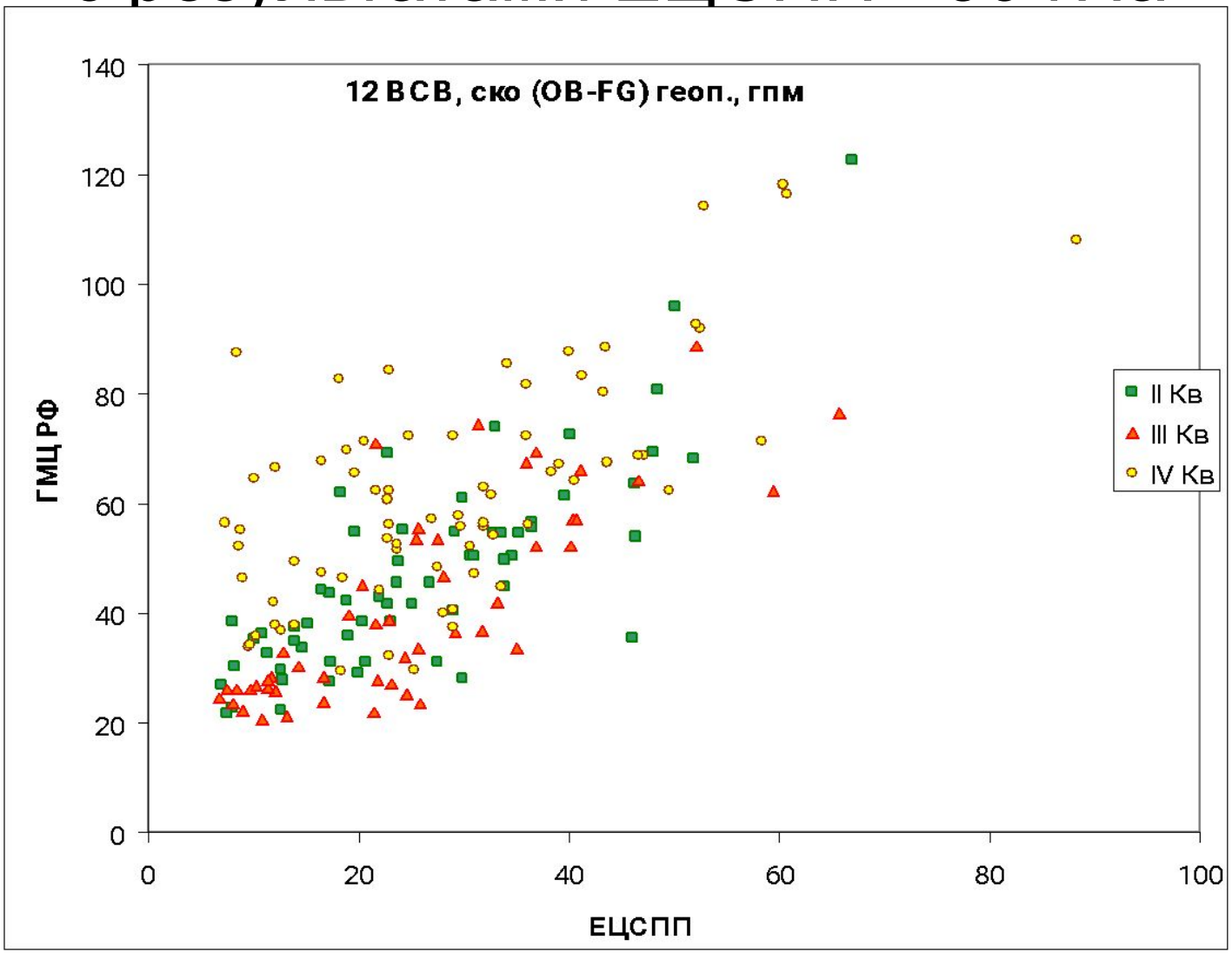
Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП - 100 гПа



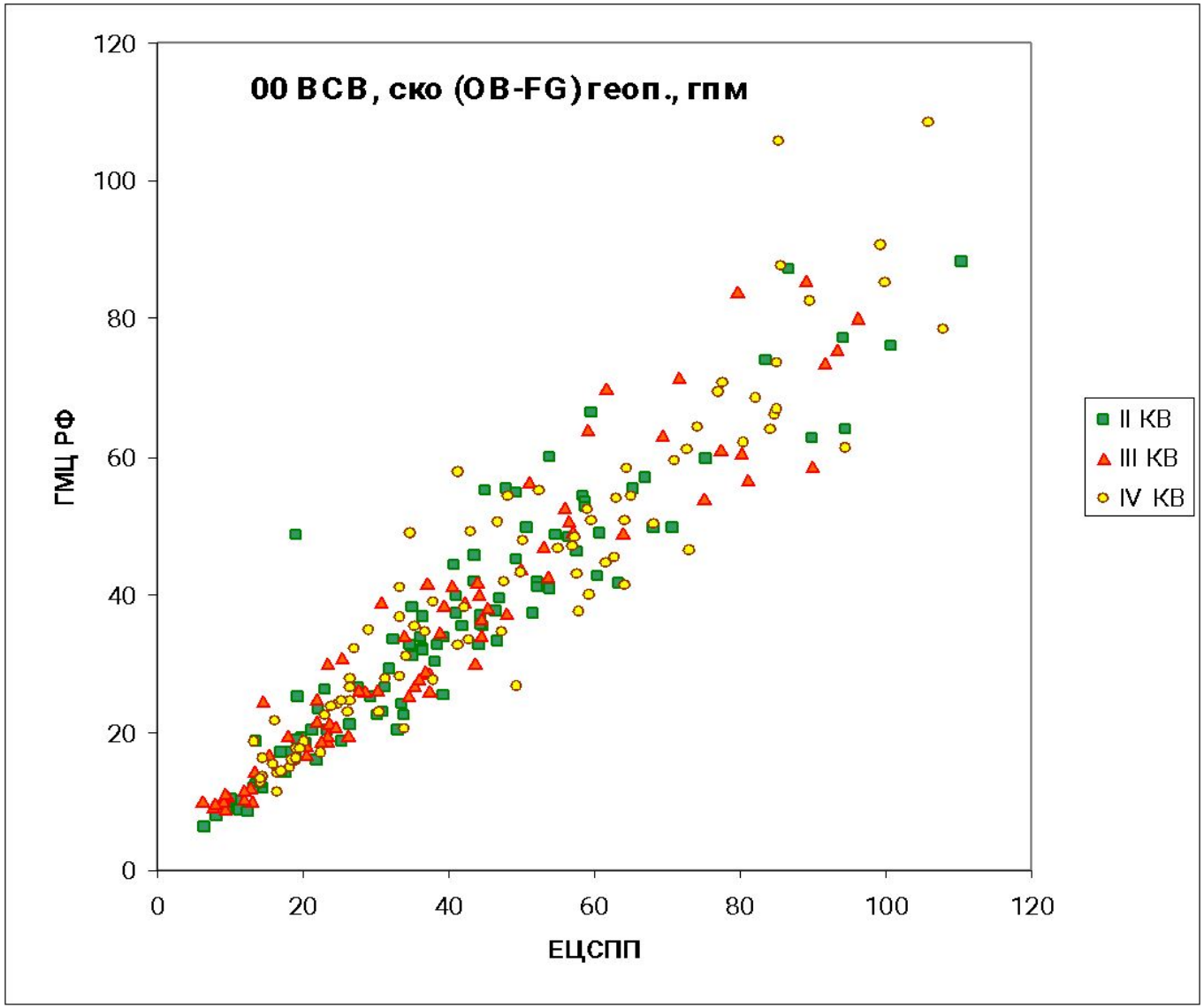
Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП - 30 гПа



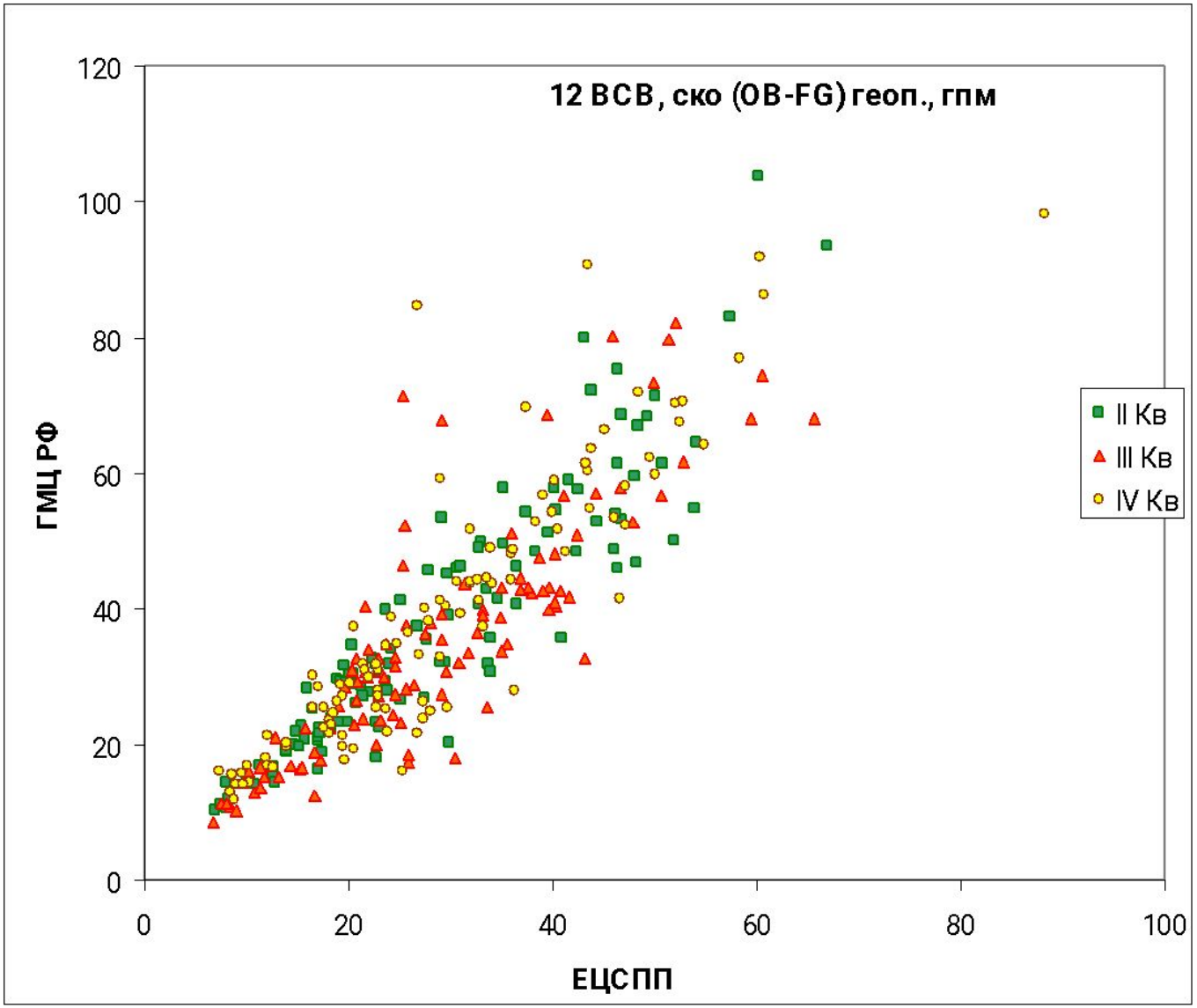
Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП - 30 гПа



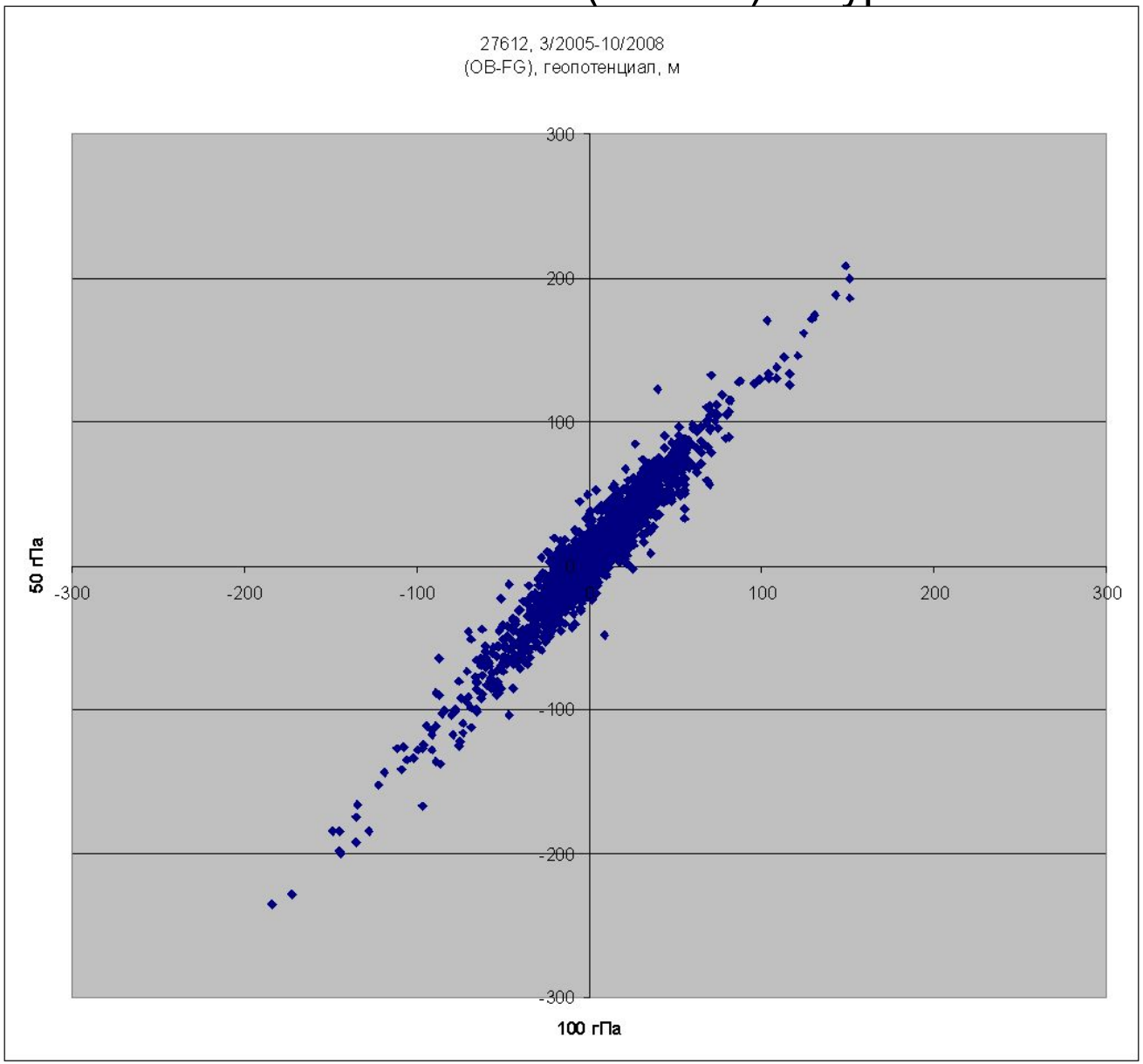
Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП: 50 гПа↔30 гПа



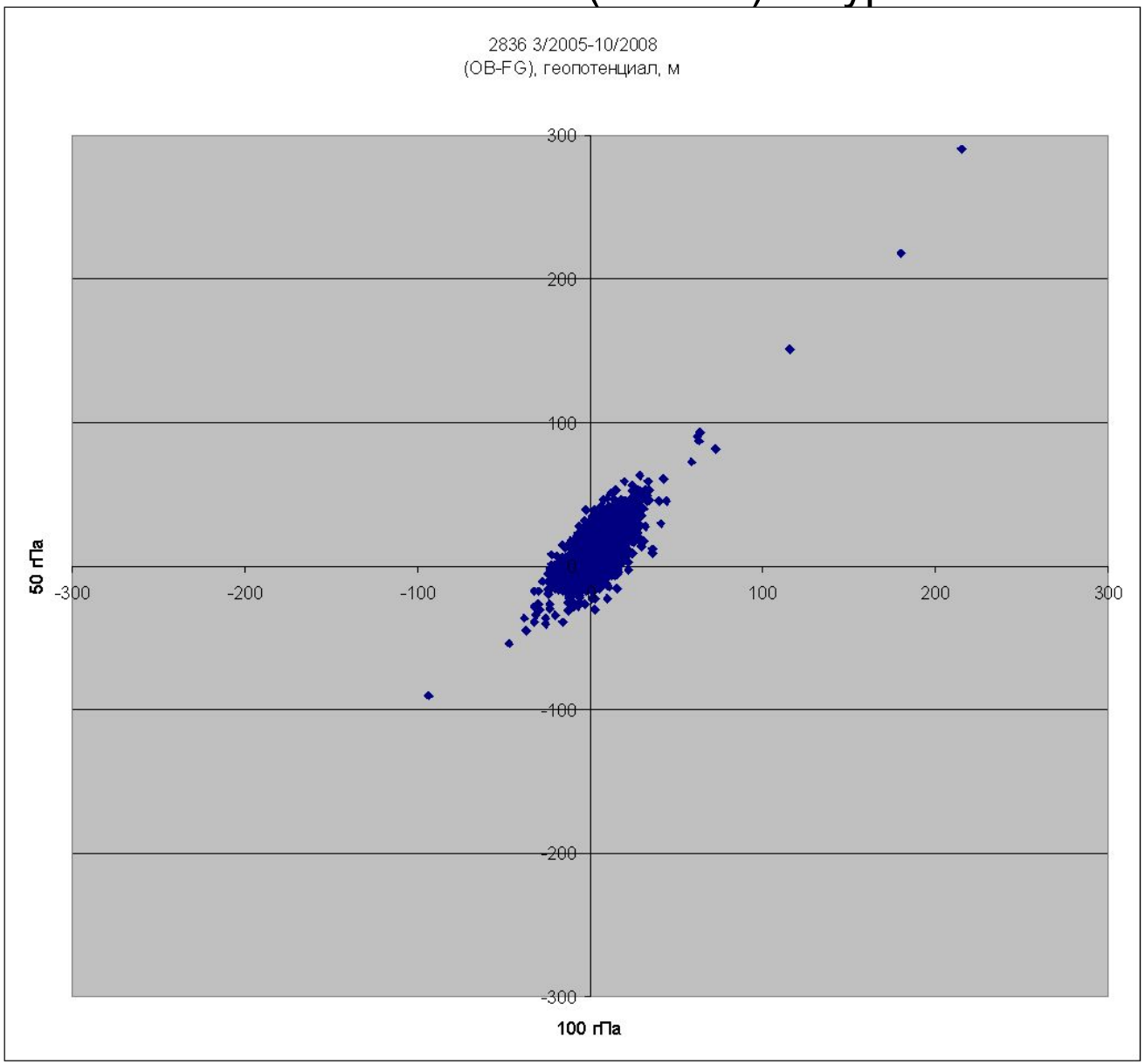
Сравнение статистик отклонений (OB-FG) с результатами ЕЦСПП: 50 гПа↔30 гПа



Сравнение статистик отклонений (OB-FG) на уровнях 100 и 50 гПа



Сравнение статистик отклонений (OB-FG) на уровнях 100 и 50 гПа

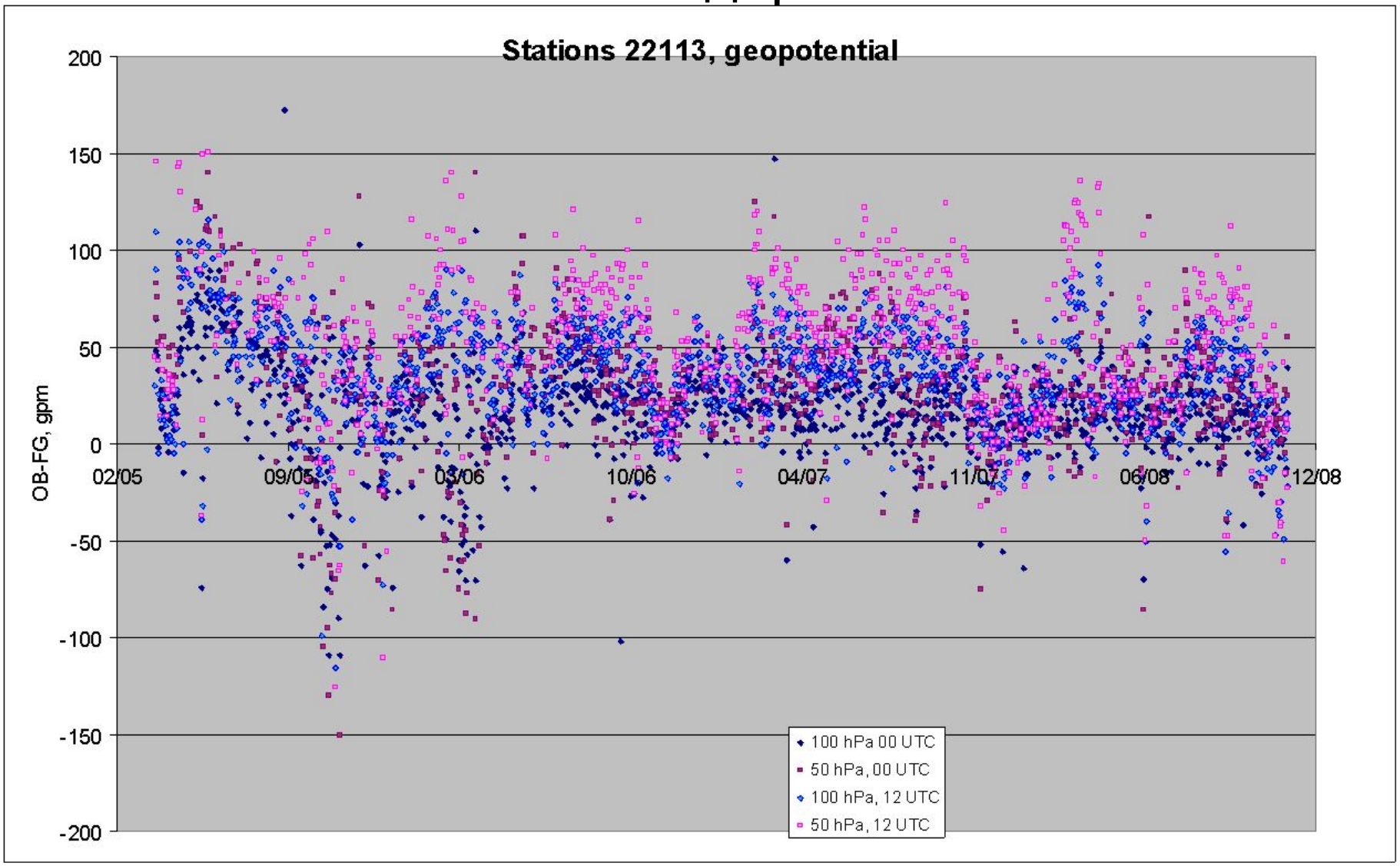


Анализ статистик отклонений (OB-FG) относительного геопотенциала 50-100 гПа

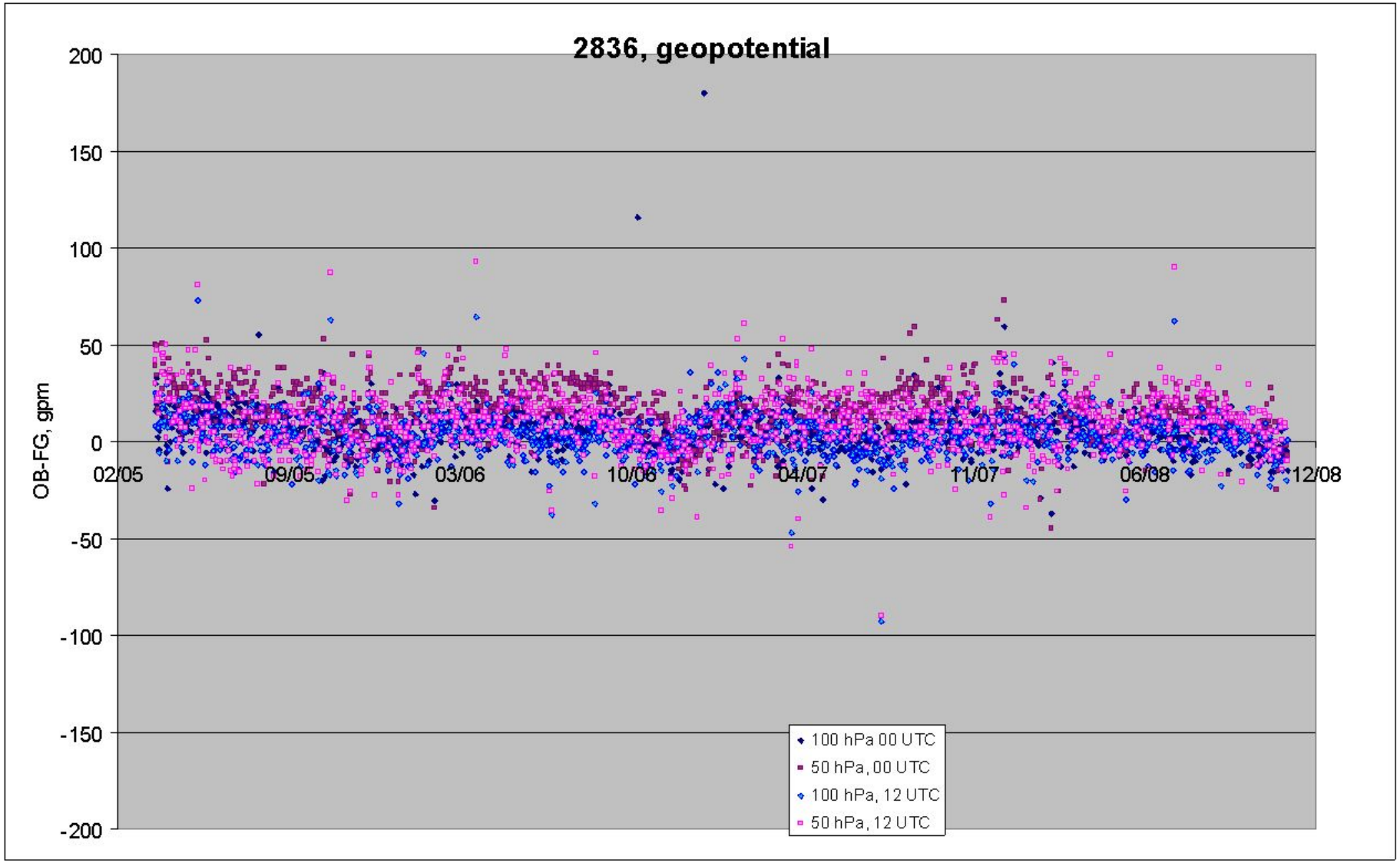
$$\Delta_{50-100}H = T_{50} \times \int_{H_{100}}^{H_{50}} \frac{\Delta_s T + \gamma \Delta_s H}{T^2} \mathrm{d}H$$

$$\Delta_s H = \sin\varepsilon \cdot \Delta_s D + D \cdot \cos\varepsilon \cdot \Delta_s \varepsilon$$

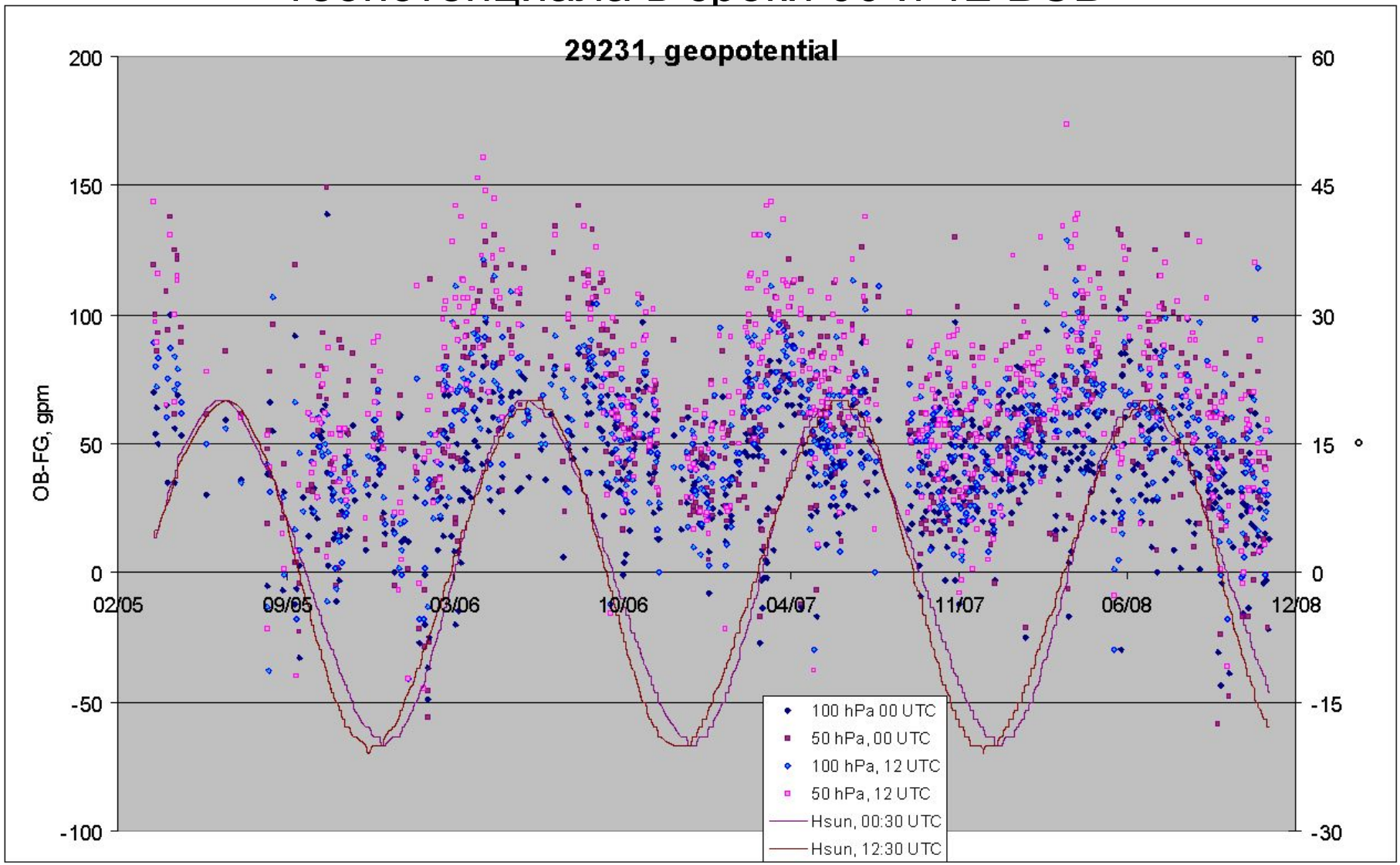
Сравнение отклонений (OB-FG) для разных систем зондирования



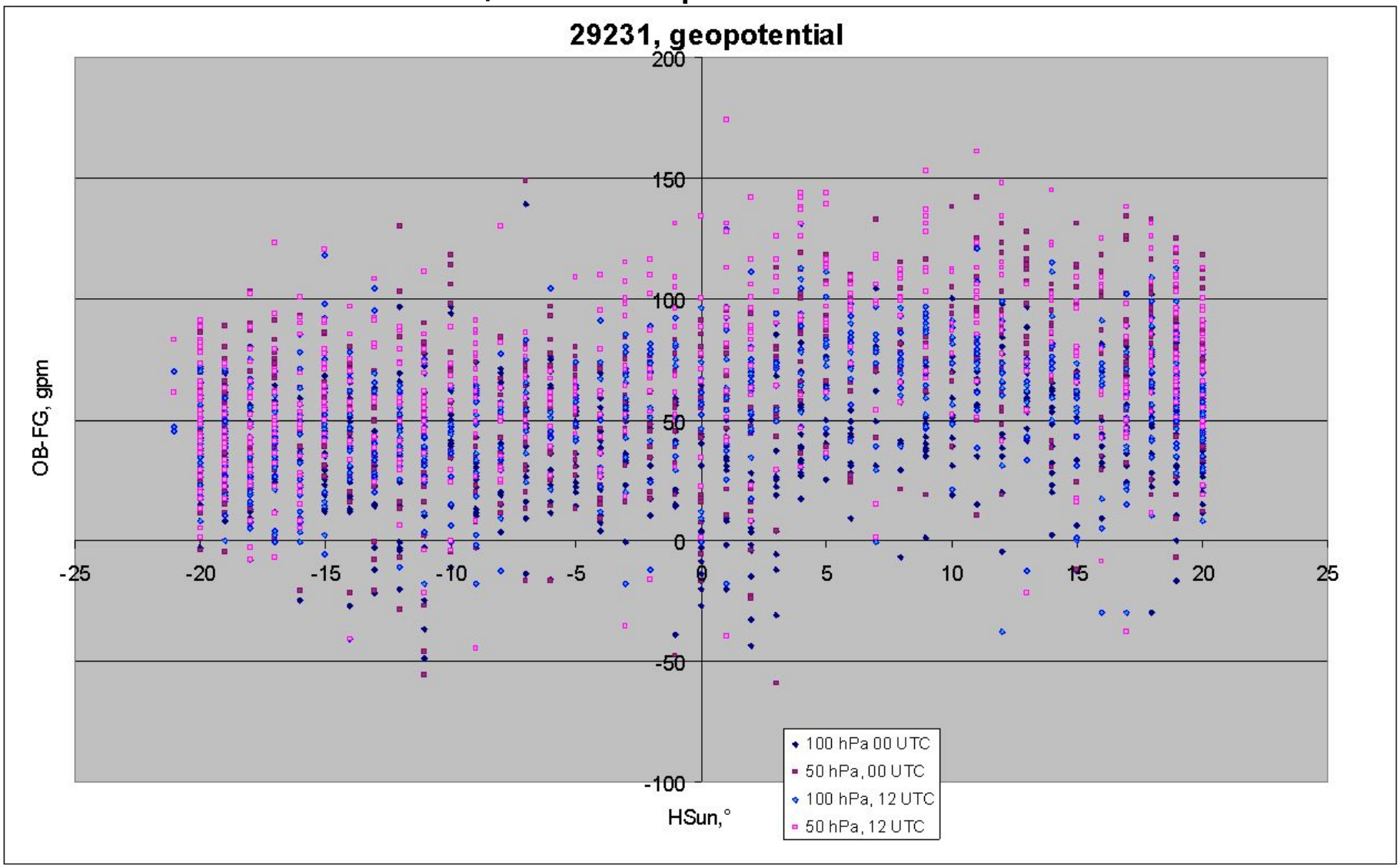
Сравнение отклонений (OB-FG) для разных систем зондирования



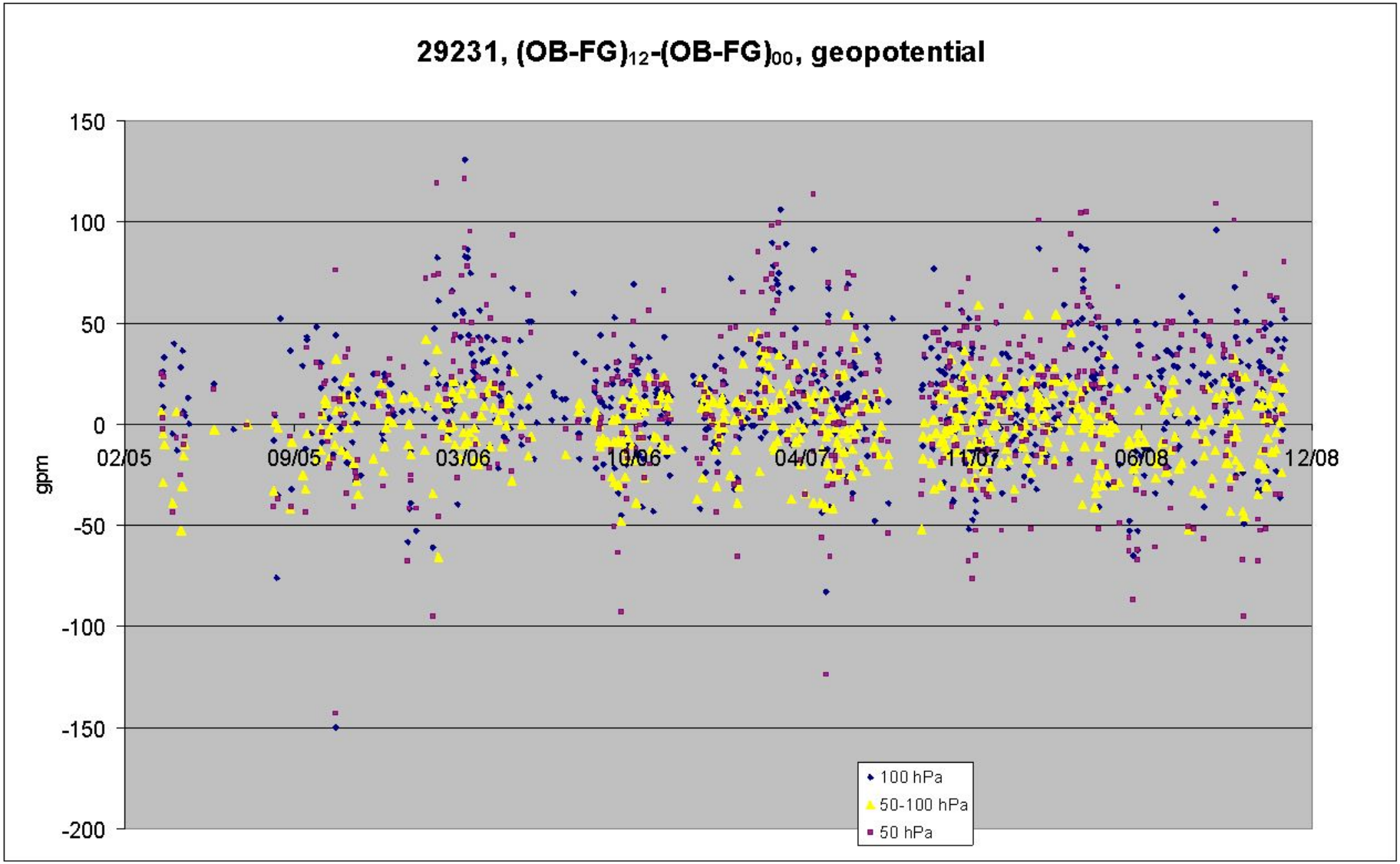
Сопоставимость поля первого приближения геопотенциала в сроки 00 и 12 ВСВ



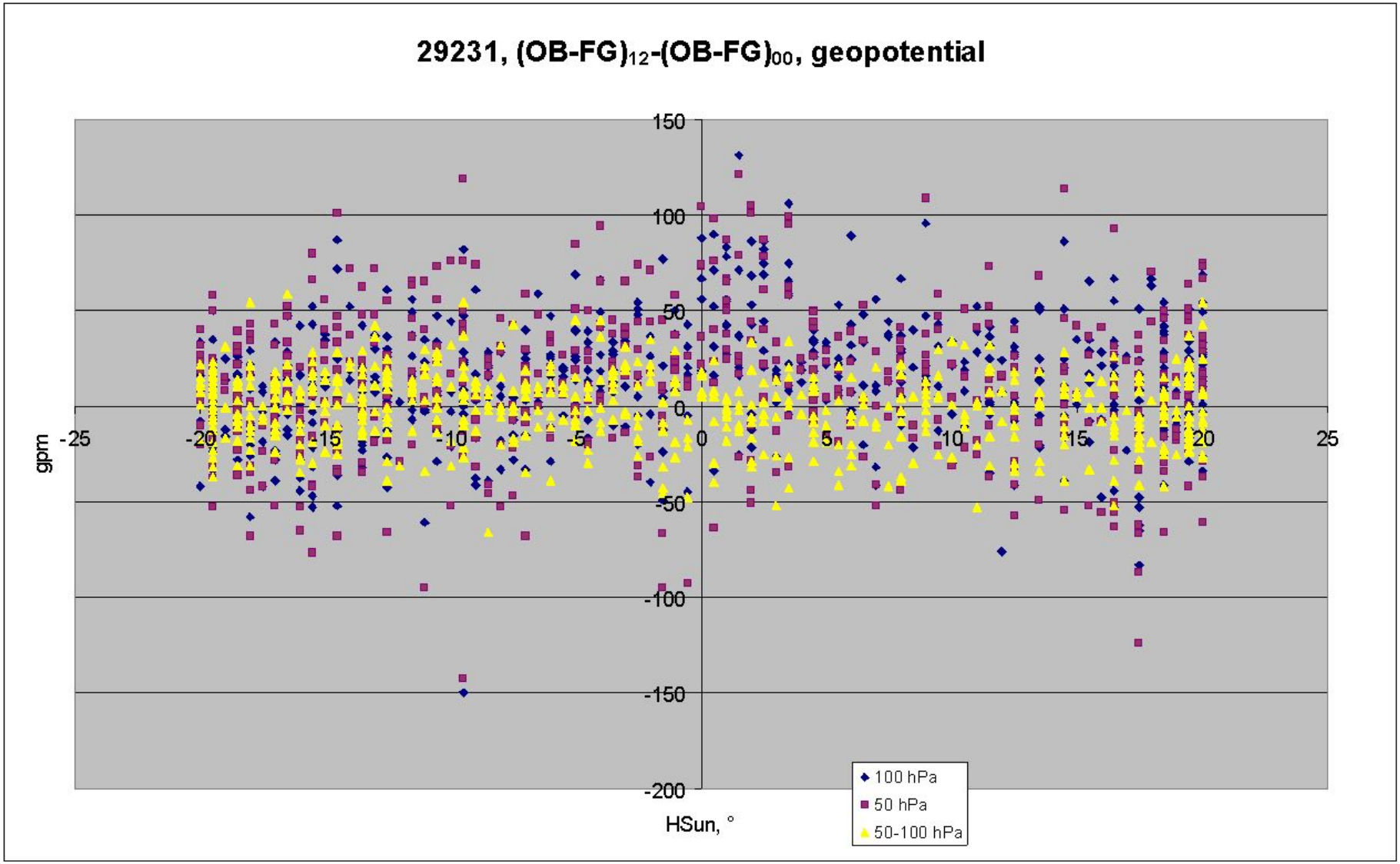
Сопоставимость поля первого приближения геопотенциала в сроки 00 и 12 ВСВ



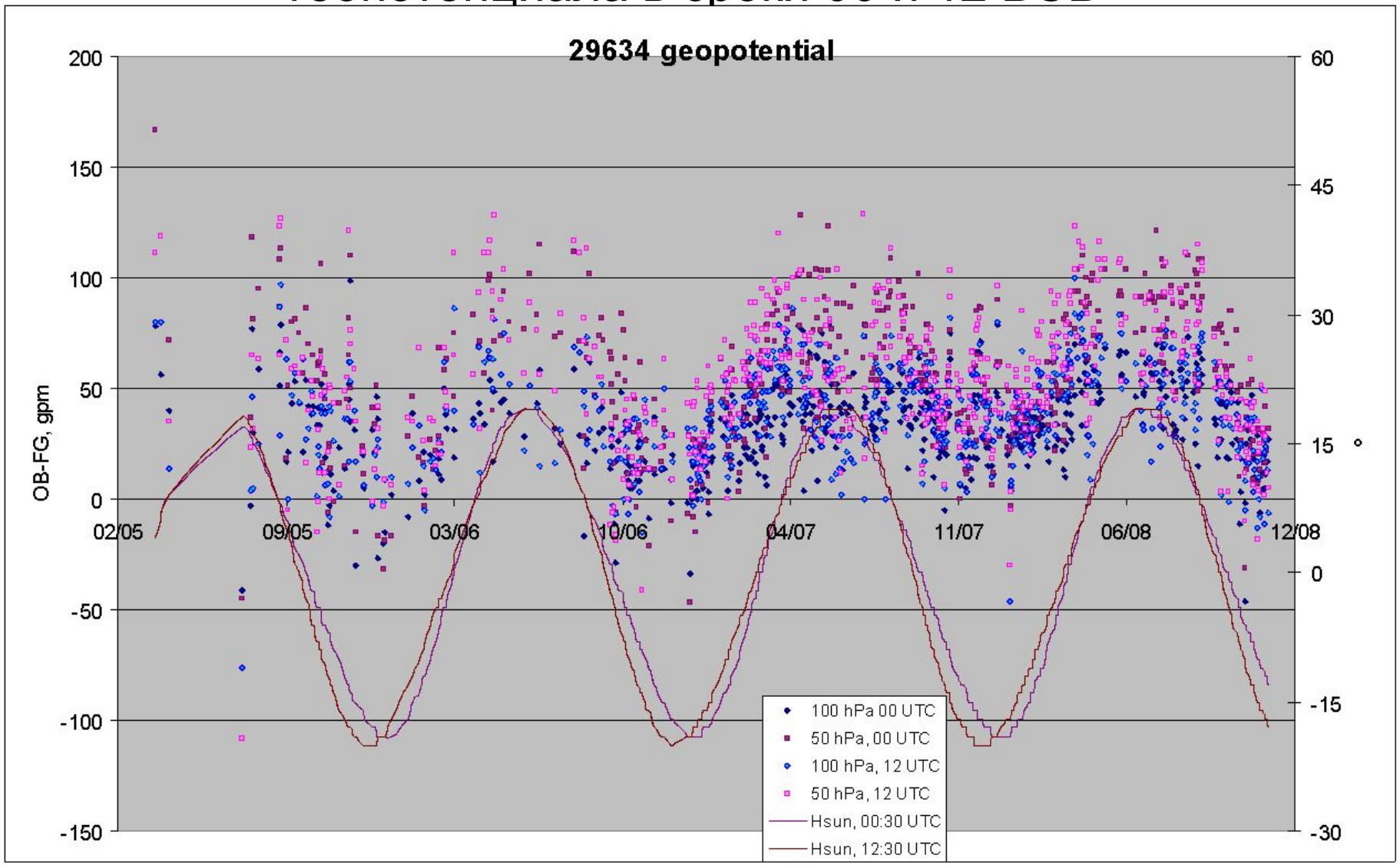
Сопоставимость поля первого приближения геопотенциала в сроки 00 и 12 ВСВ



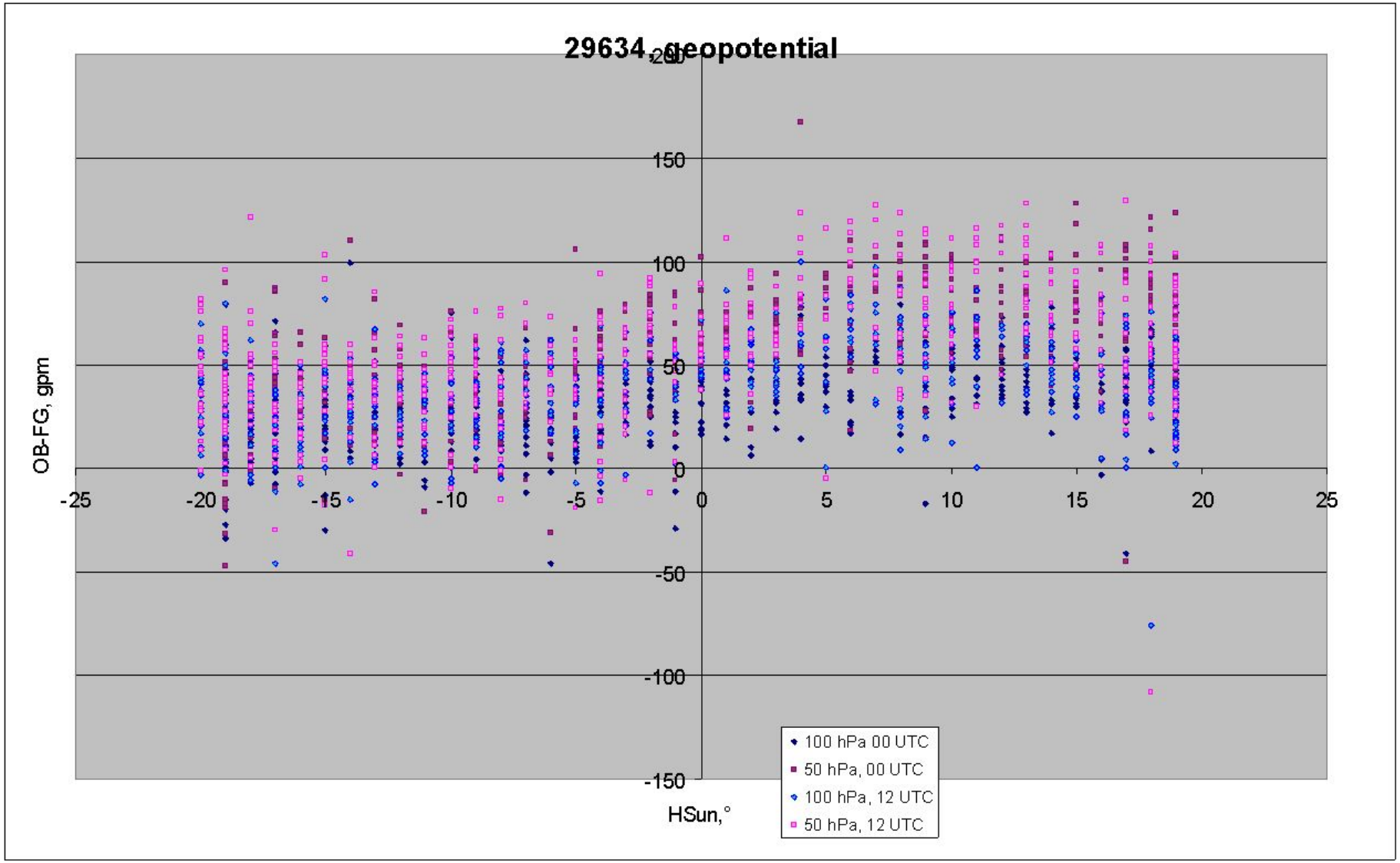
Сопоставимость поля первого приближения геопотенциала в сроки 00 и 12 ВСВ



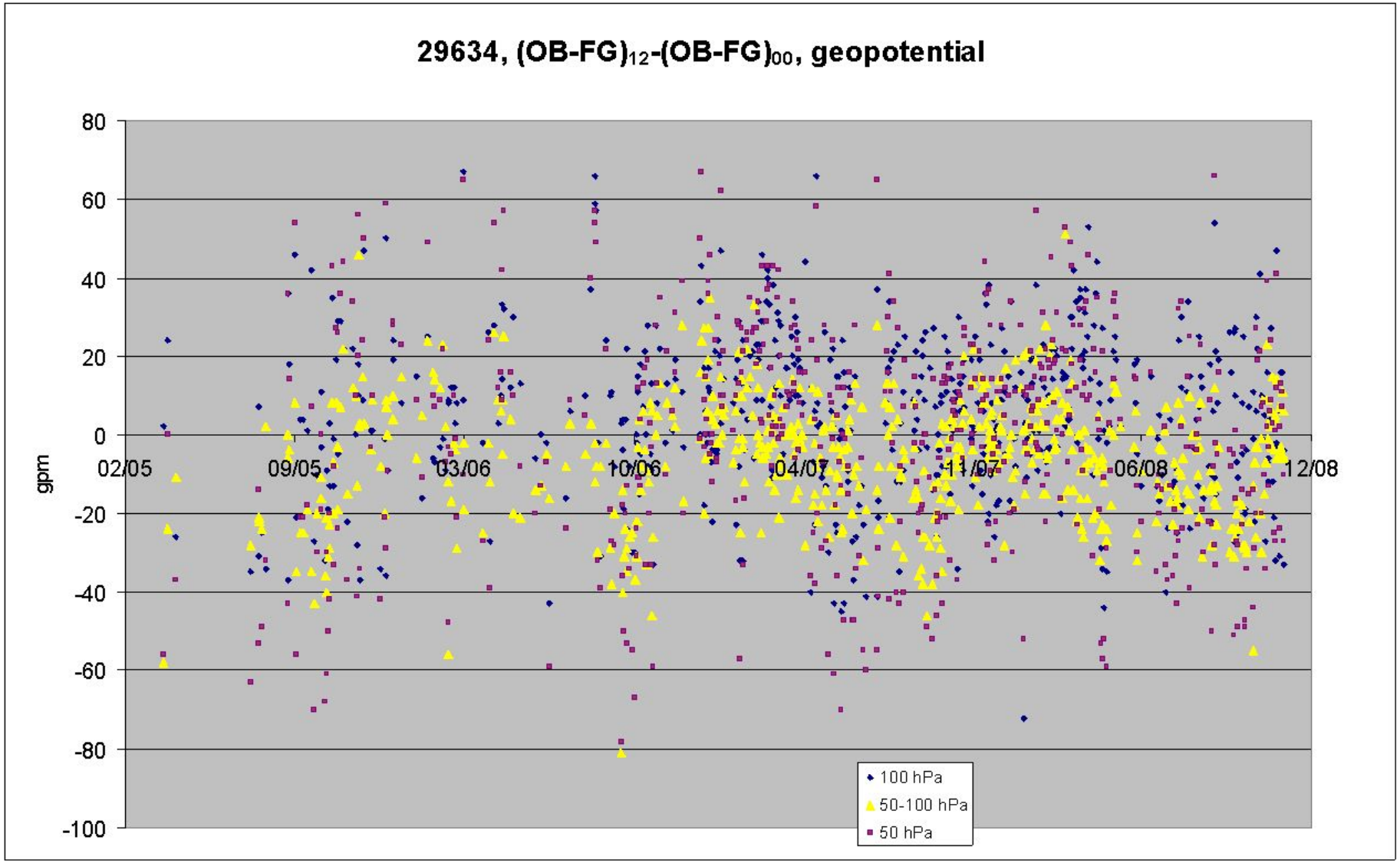
Сопоставимость поля первого приближения геопотенциала в сроки 00 и 12 ВСВ



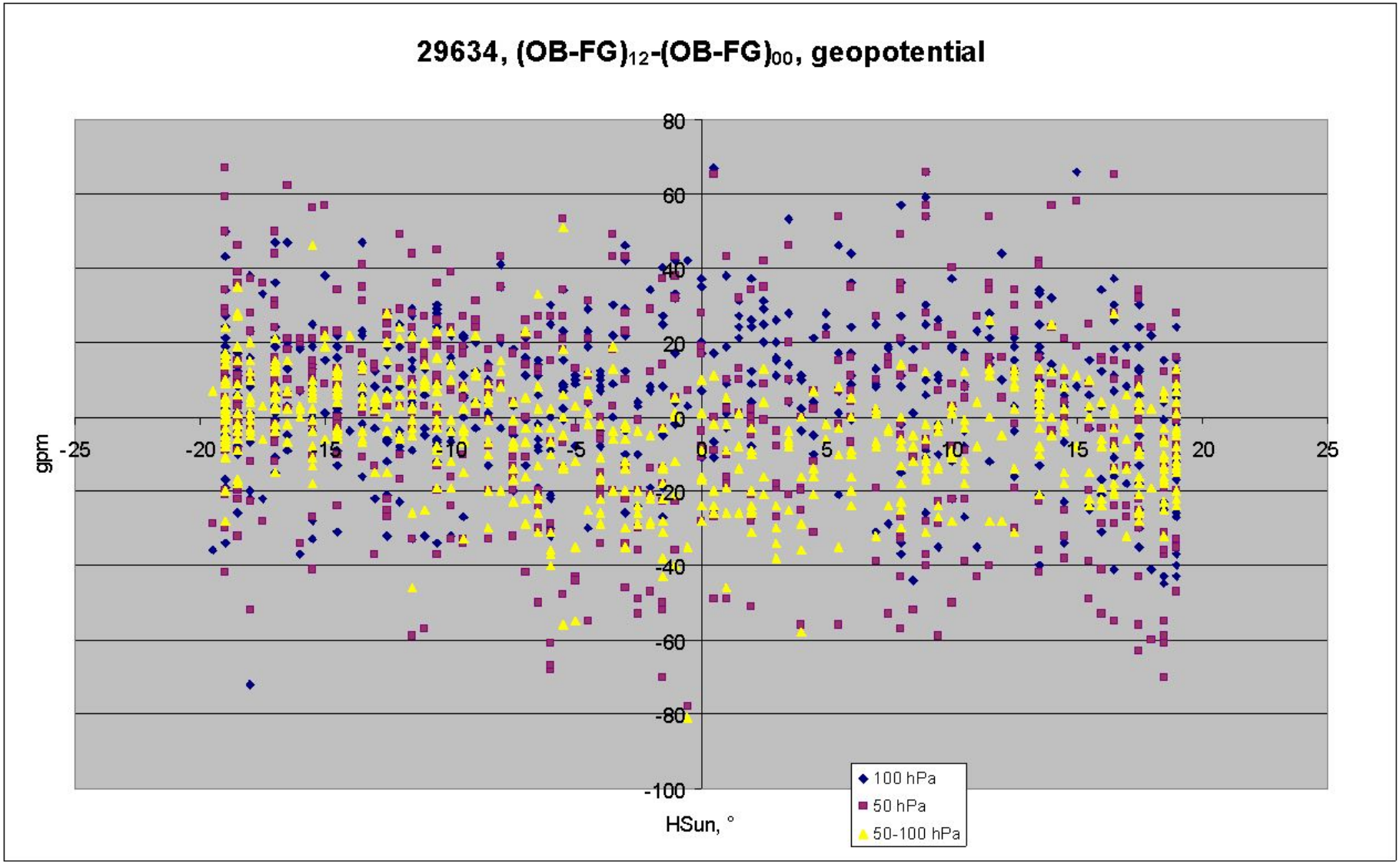
Сопоставимость поля первого приближения геопотенциала в сроки 00 и 12 ВСВ



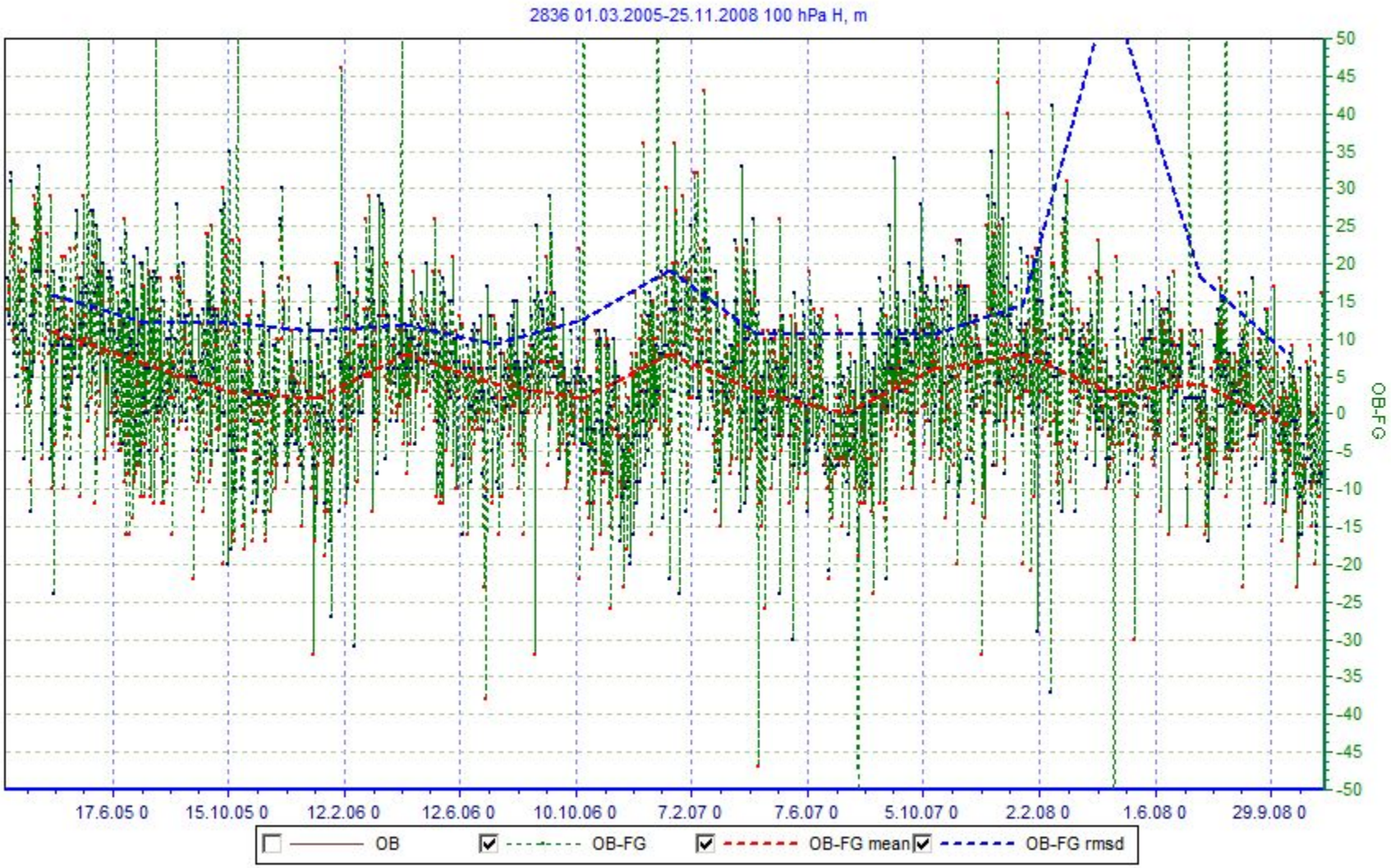
Сопоставимость поля первого приближения геопотенциала в сроки 00 и 12 ВСВ



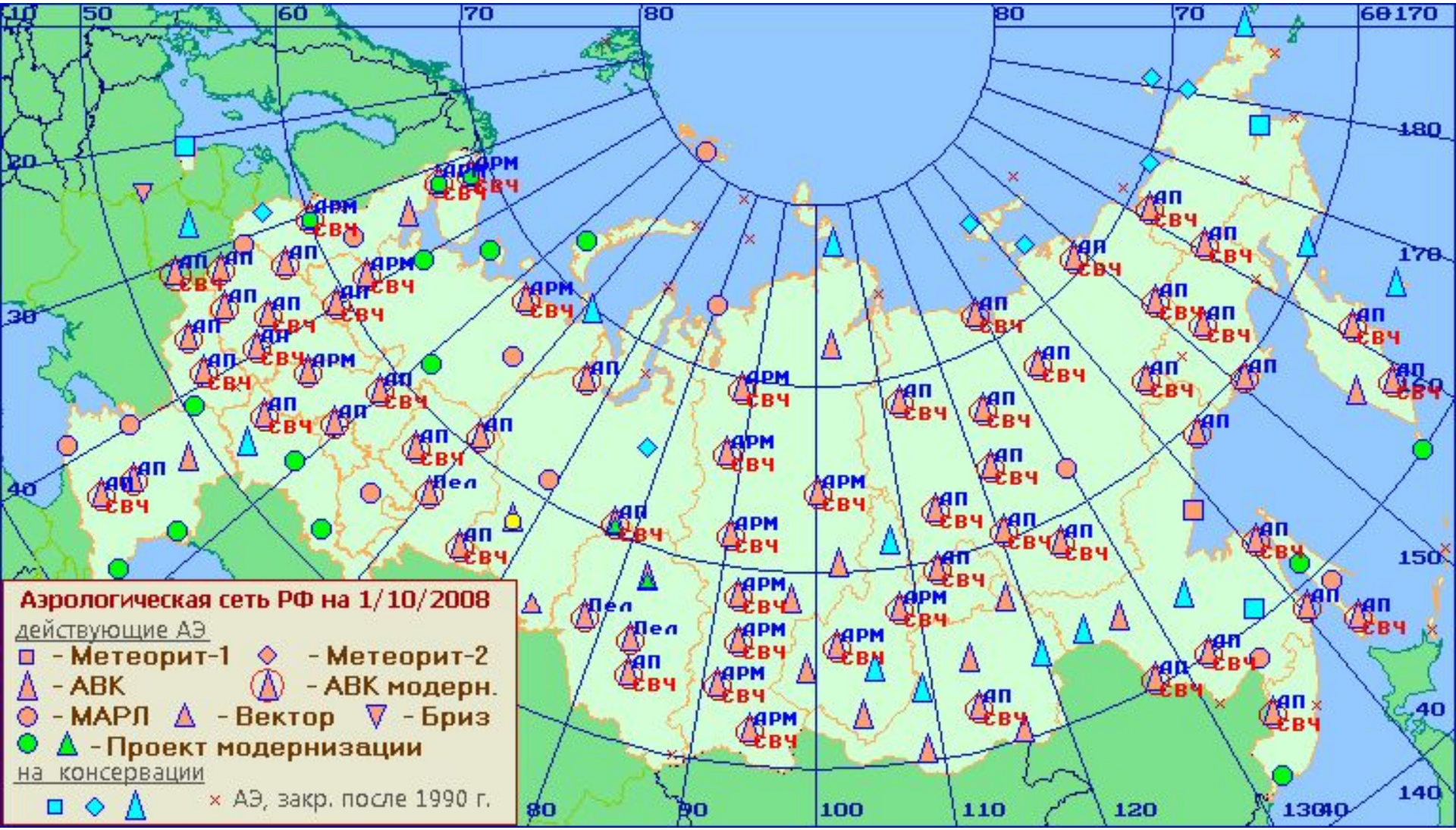
Сопоставимость поля первого приближения геопотенциала в сроки 00 и 12 ВСВ



Долговременная стабильность FG



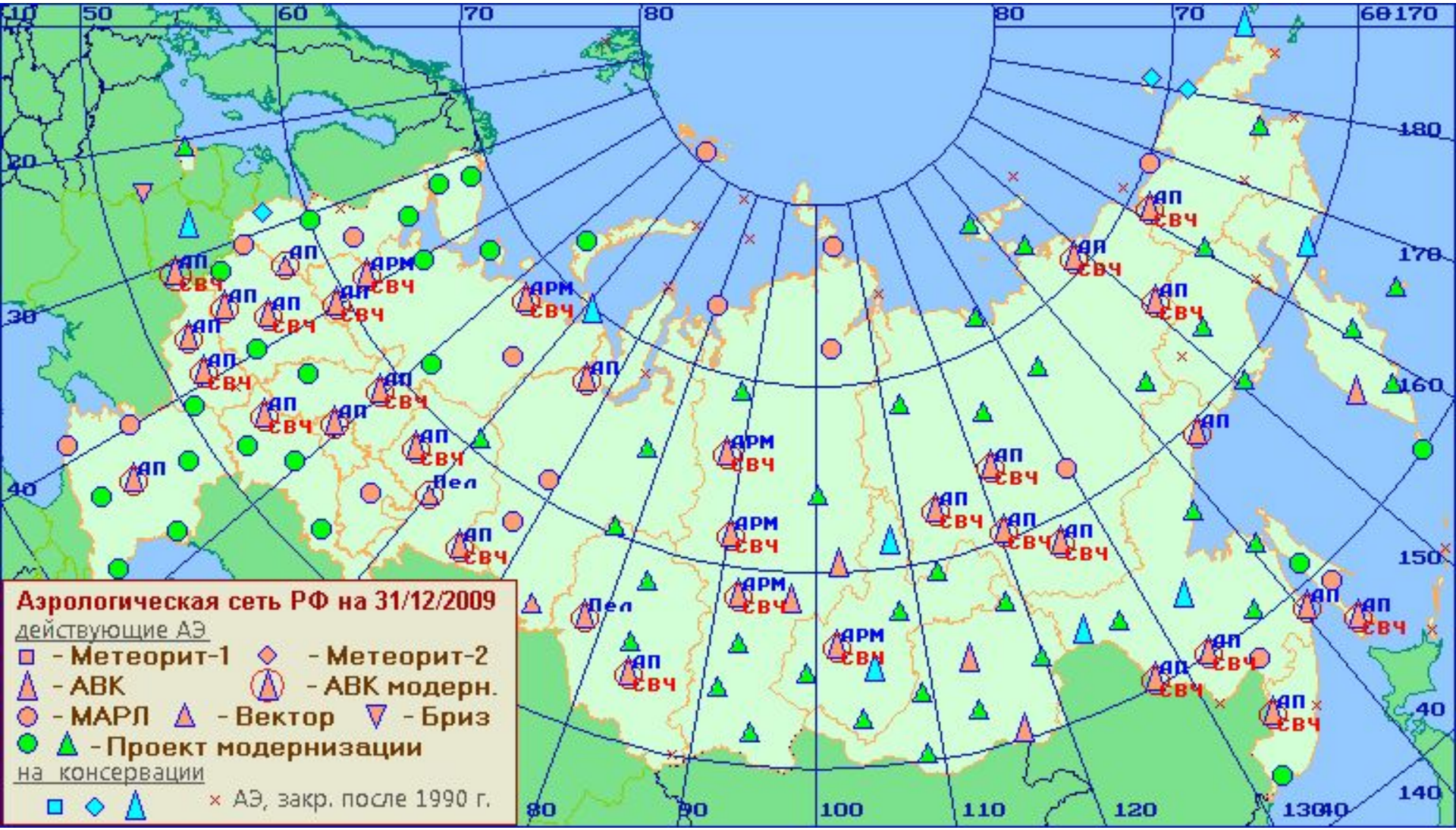
Модернизация и замена АРВК



Замена АРВК

Замена АРВК

Замена АРВК


Аэрологическая сеть РФ на 31/12/2009
действующие АЭ
- Метеорит-1
- Метеорит-2
- АВК
- АВК модерн.
- МАРЛ
- Вектор
- Бриз
- Проект модернизации
на консервации
× АЭ, закр. после 1990 г.

Радиозонды, используемые в РФ

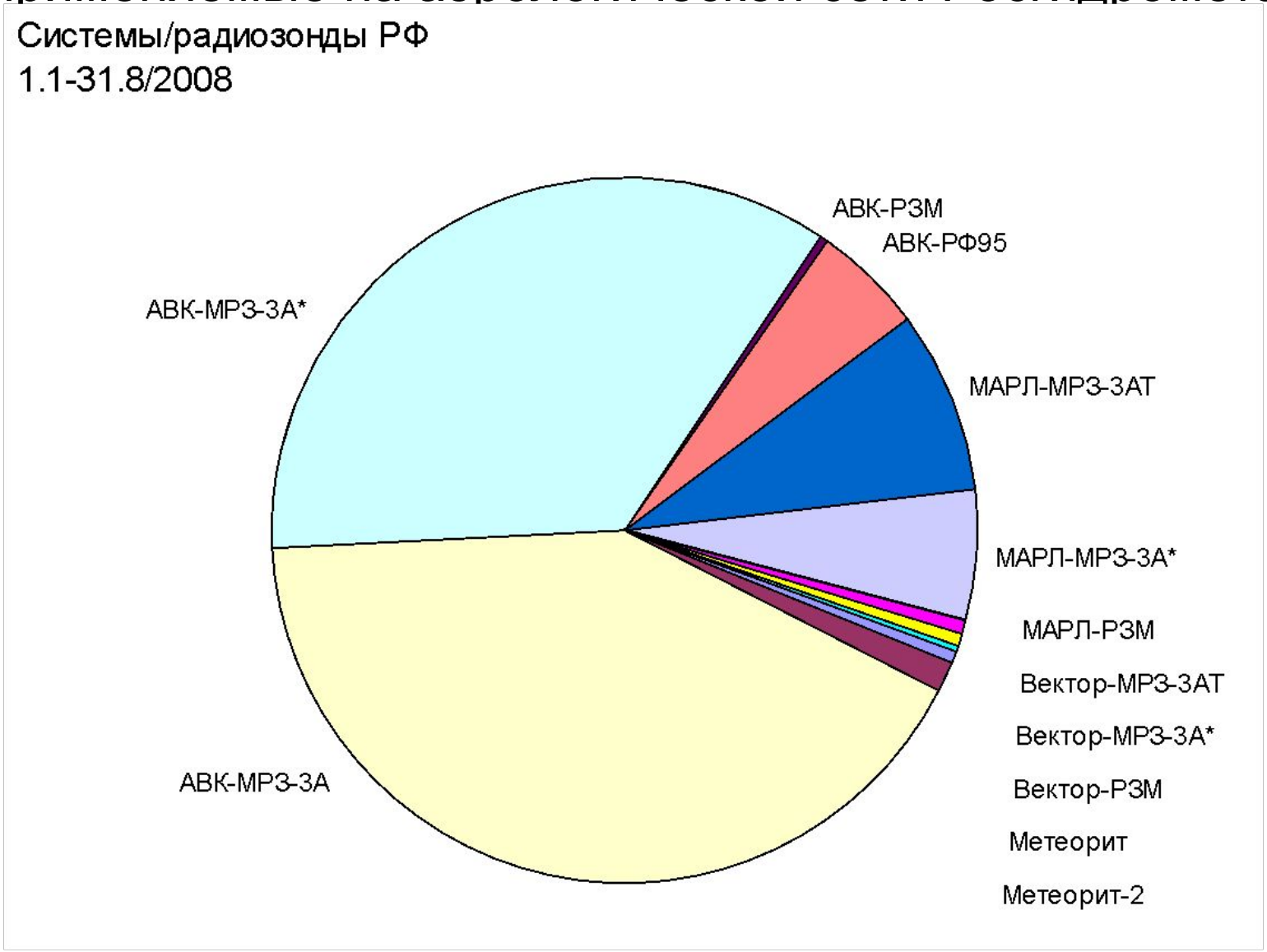
Системы радиозондирования и радиозонды, применяемые на аэрологической сети РФ

Из кодовой таблицы 3685 ВМО:

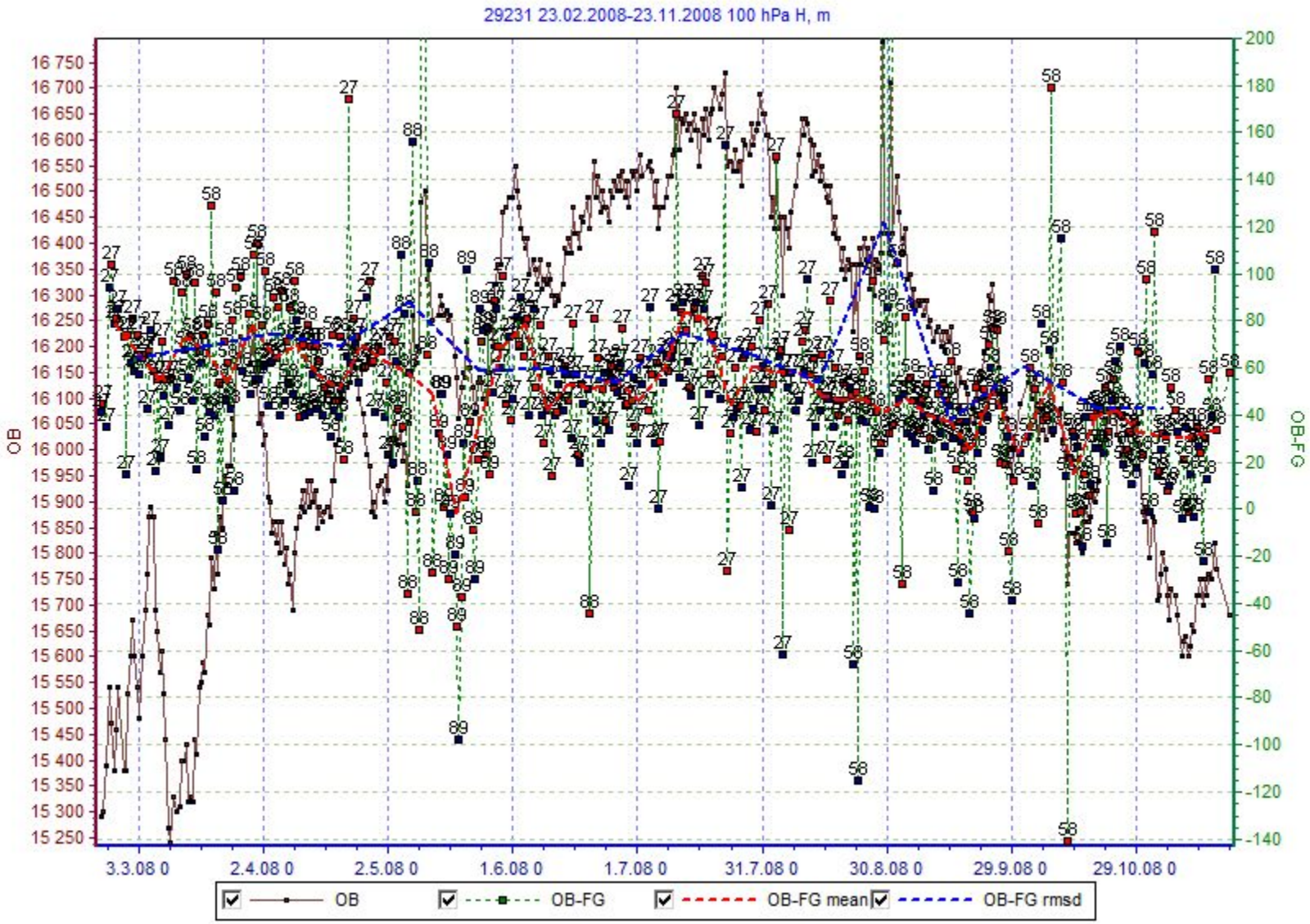
Кодовая цифра	Содержание
27	РЛС АВК-1 (АВК-1М) - радиозонд МРЗ-3А
28	РЛС «Метеор» или «Метеорит» - радиозонд МАРЗ-2-1
29	РЛС «Метеорит-2» - радиозонд МАРЗ-2-2
53	РЛС АВК-1 (АВК-1М) – радиозонд РФ95
58	РЛС АВК-1 (АВК-1М) – радиозонд МРЗ-3А *
68	РЛС АВК-1 (АВК-1М) – радиозонд РЗМ-2
69	РЛС МАРЛ-А или ВЕКТОР-М - радиозонд РЗМ-2
75	РЛС АВК-1 (АВК-1М) с АРМ аэролога - радиозонд МРЗ-3А
76	РЛС АВК-1 (АВК-1М) с АРМ аэролога – радиозонд РФ95
88	РЛС МАРЛ-А или ВЕКТОР-М – радиозонд МРЗ-3АТ
89	РЛС МАРЛ-А или ВЕКТОР-М – радиозонд МРЗ-3А*

TTBB 09123 26063 00008 14042 11876 03618 22848 05257 33844
…
99172 29514 11160 27009 31313 5**89**03 81130 41414 2254/=

Системы радиозондирования и радиозонды, применяемые на аэрологической сети Росгидромета



Мониторинг по типам радиозондов и систем зондирования



Мониторинг качества функционирования новых АРВК

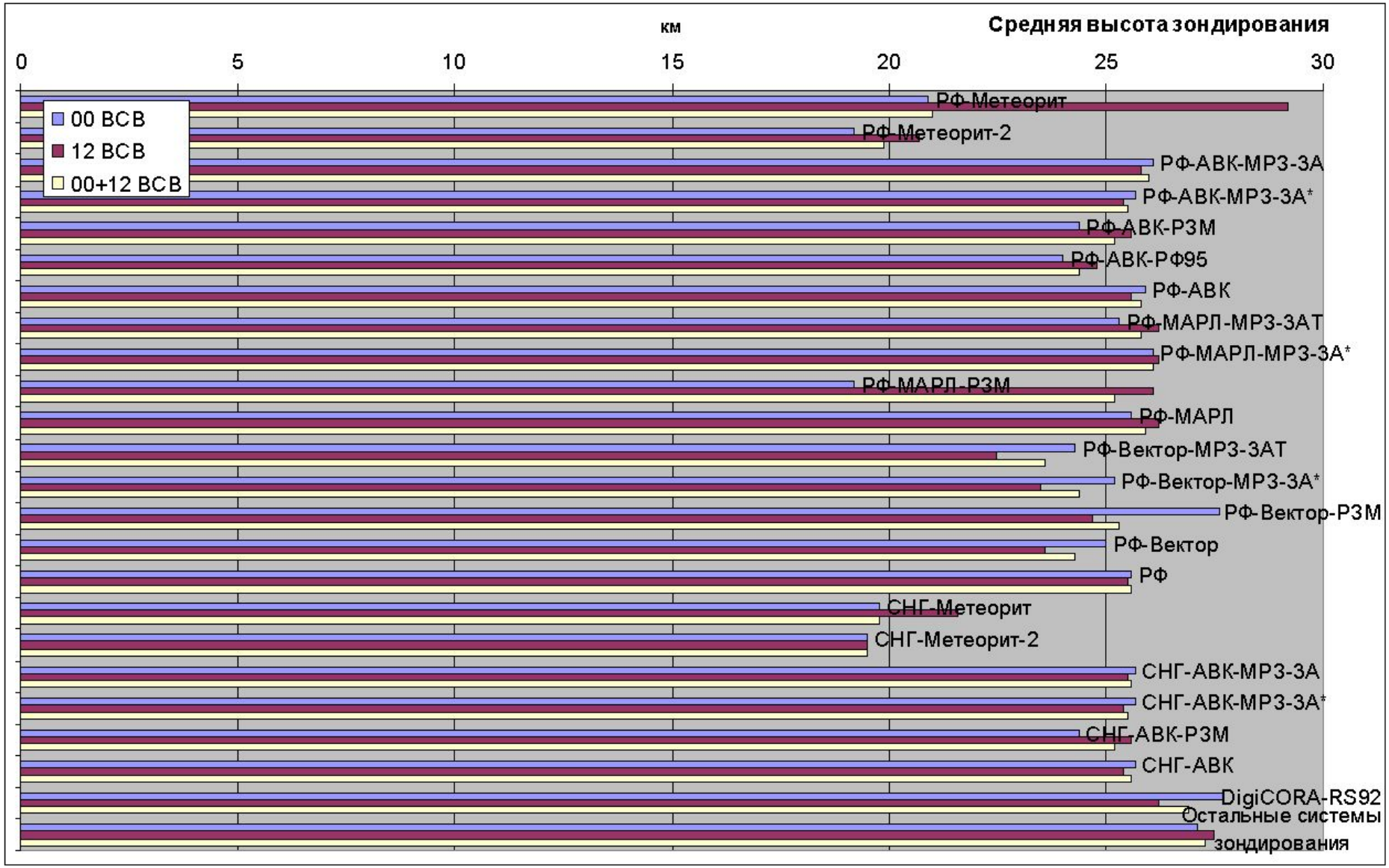
Результаты мониторинга аэрологических станций Росгидромета, оснащенных новыми АРВК. Август 2008 г.

№ п/п	Название АЭ	УГМС	АРВК	План	Высота	Геопотенциал	А	А1	Причины невыполнения плана
1	Уфа	Башкирское	МАРЛ	65	23.6	35	40	40	
2	Хабаровск	Дальневосточное	МАРЛ	100	26.7	40	62	8	
3	Александровское	Западно-Сибирское	ВЕКТОР	100	30.4	34	62	-	устранение конструктивного дефекта
4	Колпашево	Западно-Сибирское	ВЕКТОР	100	29.3	51	62	8	устранение конструктивного дефекта
5	Новосибирск	Западно-Сибирское	ВЕКТОР	100	27.8	40	62	11	устранение конструктивного дефекта
6	Ханты-Мансийск	Обь-Иртышское	МАРЛ	95	26.2	58	59	59	
7	Тобольск	Обь-Иртышское	МАРЛ	98	25.3	44	61	28	
8	Омск	Обь-Иртышское	ВЕКТОР	73	24.2	35	45	45	
9	Безенчук	Приволжское	МАРЛ	100	28	30	62	61	
10	Оренбург	Приволжское	МАРЛ	100	29.1	27	62	62	
11	Сад-город	Приморское	МАРЛ	100	23.8	56	62	62	
12	Александровск	Сахалинское	МАРЛ	100	25	28	62	62	
13	Поронайск	Сахалинское	МАРЛ	100	25.3	37	62	62	
14	Северо-Курильск	Сахалинское	МАРЛ	87	26.2	27	54	54	
15	ГМО им.Э.Г.Кренкеля	Северное	МАРЛ	0	-	-	-	-	сгорел ключ к ПО
16	О.Диксон	Северное	МАРЛ	98	29.8	27	61	61	
17	Малые Кармакулы	Северное	МАРЛ	97	17.2	41	60	28	
18	Архангельск	Северное	МАРЛ	81	25.6	48	50	50	
19	Печора	Северное	МАРЛ	100	29.3	55	62	62	
20	Сыктывкар	Северное	МАРЛ	100	26.8	38	62	62	
21	Петрозаводск	Северо-Западное	МАРЛ	100	24.3	34	62	62	
22	Воейково	Северо-Западное	МАРЛ	100	27	43	62	7	
23	Великие Луки	Северо-Западное	МАРЛ	98	26.5	28	61	61	
24	Ростов-на-Дону	Сев.-Кавказское	МАРЛ	100	26.2	34	62	59	
25	Астрахань	Сев.-Кавказское	МАРЛ	98	21.6	43	61	61	
26	Туапсе	Сев.-Кавказское	МАРЛ	98	31	55	62	61	
27	Махачкала	Сев.-Кавказское	МАРЛ	56	29.1	40	35	35	
27	Калач	Центр-Черноз. Областей	МАРЛ	98	31.7	31	61	61	
29	Якутск	Якутское	МАРЛ	100	26.7	36	62	62	

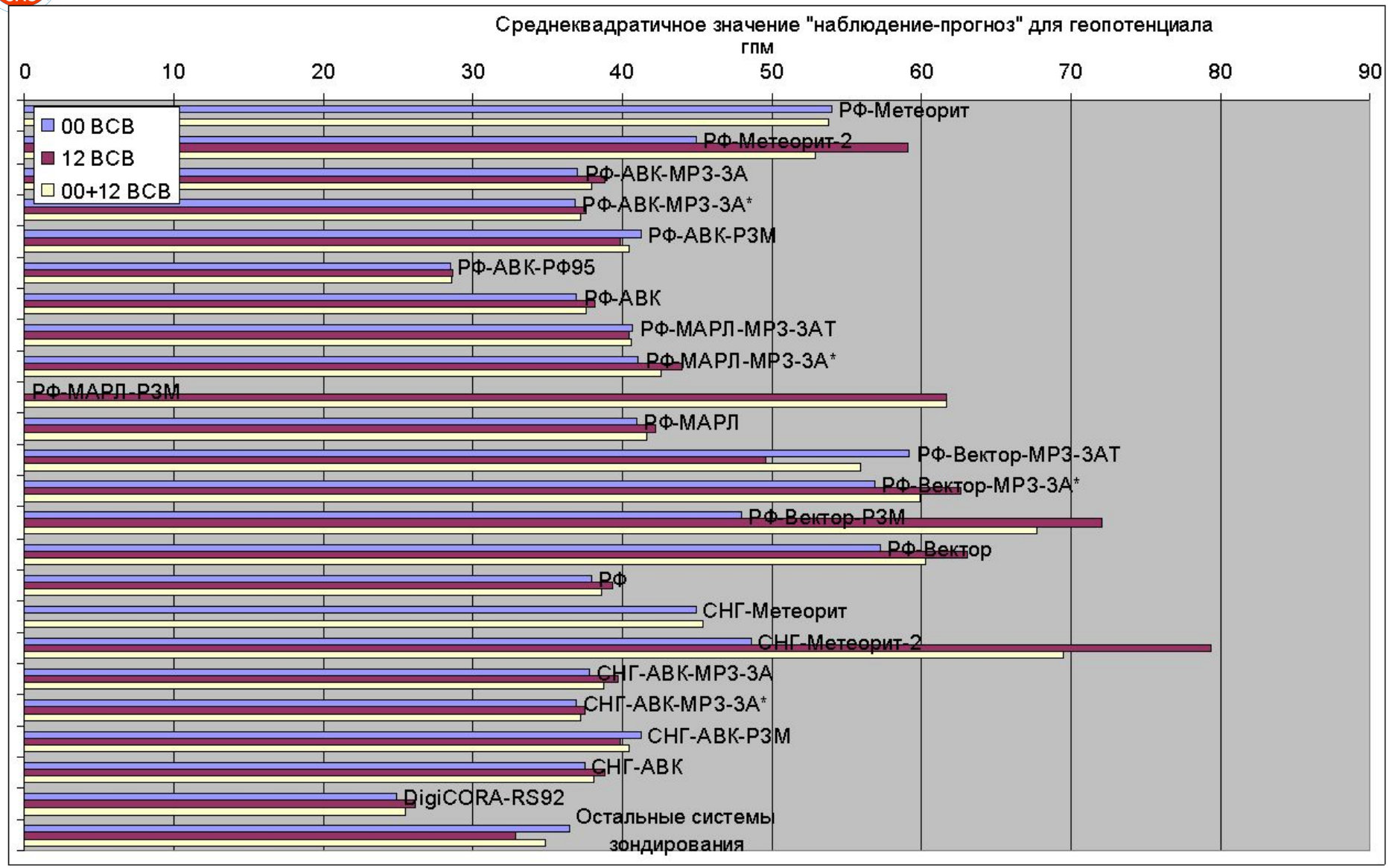
Пример мониторинга по типам радиозондов/систем зондирования, январь-август 2008

Системы зондирования/типы радиозондов	00 ВСВ		12 ВСВ		00+12 ВСВ	
	Число станций	Число выпусков	Число станций	Число выпусков	Число станций	Число выпусков
РФ-Метеорит	4	237	3	3	6	240
РФ-Метеорит-2	2	330	3	336	3	666
РФ-АВК-МРЗ-3А	87	9892	88	9535	88	19427
РФ-АВК-МРЗ-3А*	65	8263	66	8149	67	16412
РФ-АВК-РЗМ	6	53	10	100	11	153
РФ-АВК-РФ95	15	1127	15	1162	15	2289
РФ-АВК	90	18208	92	17784	93	35992
РФ-МАРЛ-МРЗ-3АТ	18	1873	16	1967	18	3840
РФ-МАРЛ-МРЗ-3А*	20	1434	20	1477	20	2911
РФ-МАРЛ-РЗМ	2	4	4	29	4	33
РФ-МАРЛ	25	3311	23	3473	25	6784
РФ-Вектор-МРЗ-3АТ	3	98	3	57	3	155
РФ-Вектор-МРЗ-3А*	4	184	4	180	4	364
РФ-Вектор-РЗМ	3	17	2	67	3	84
РФ-Вектор	4	299	4	304	4	603
РФ	106	23622	103	23201	106	46823
СНГ-Метеорит	8	732	4	7	10	739
СНГ-Метеорит-2	3	367	4	567	5	934
СНГ-АВК-МРЗ-3А	103	12718	99	11423	104	24141
СНГ-АВК-МРЗ-3А*	67	8392	67	8163	69	16555
СНГ-АВК-РЗМ	6	53	10	100	11	153
СНГ-АВК	106	21163	103	19686	109	40849
Цифровые системы	208	34018	238	35448	271	69466
зондирования	552	86656	567	78715	668	165371

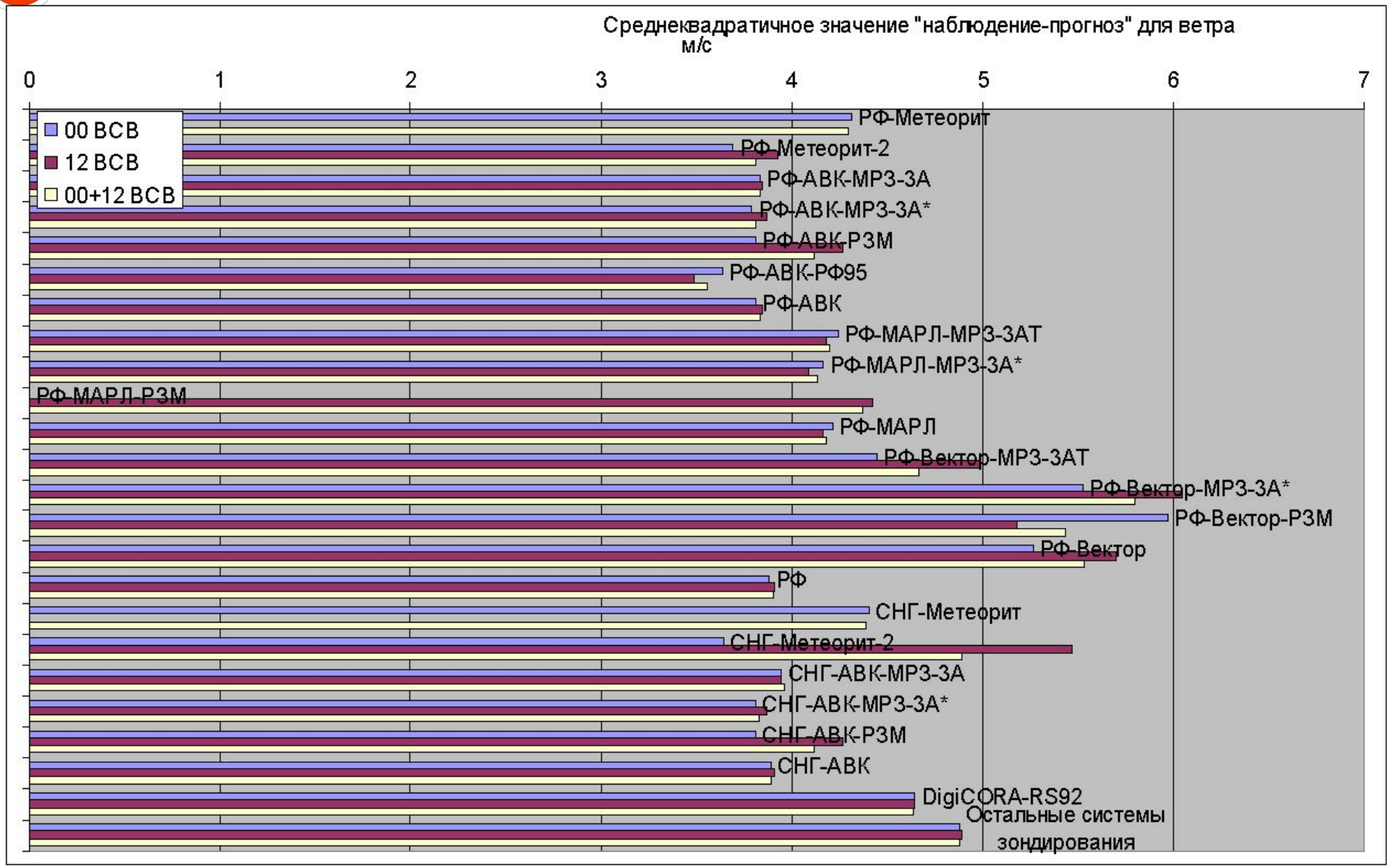
Пример мониторинга по типам радиозондов/систем зондирования, январь-август 2008



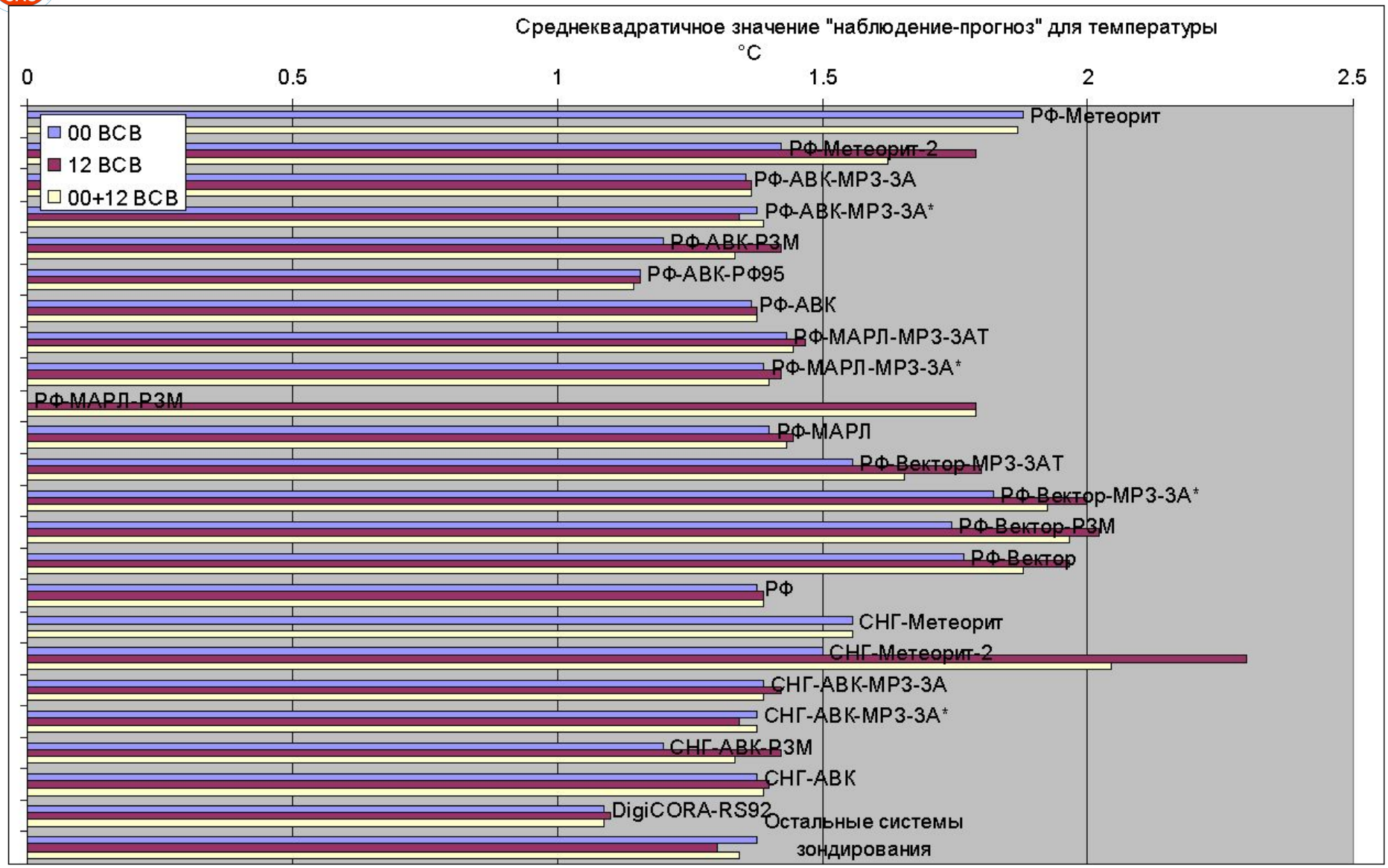
Пример мониторинга по типам радиозондов/систем зондирования, январь-август 2008



Пример мониторинга по типам радиозондов/систем зондирования, январь-август 2008



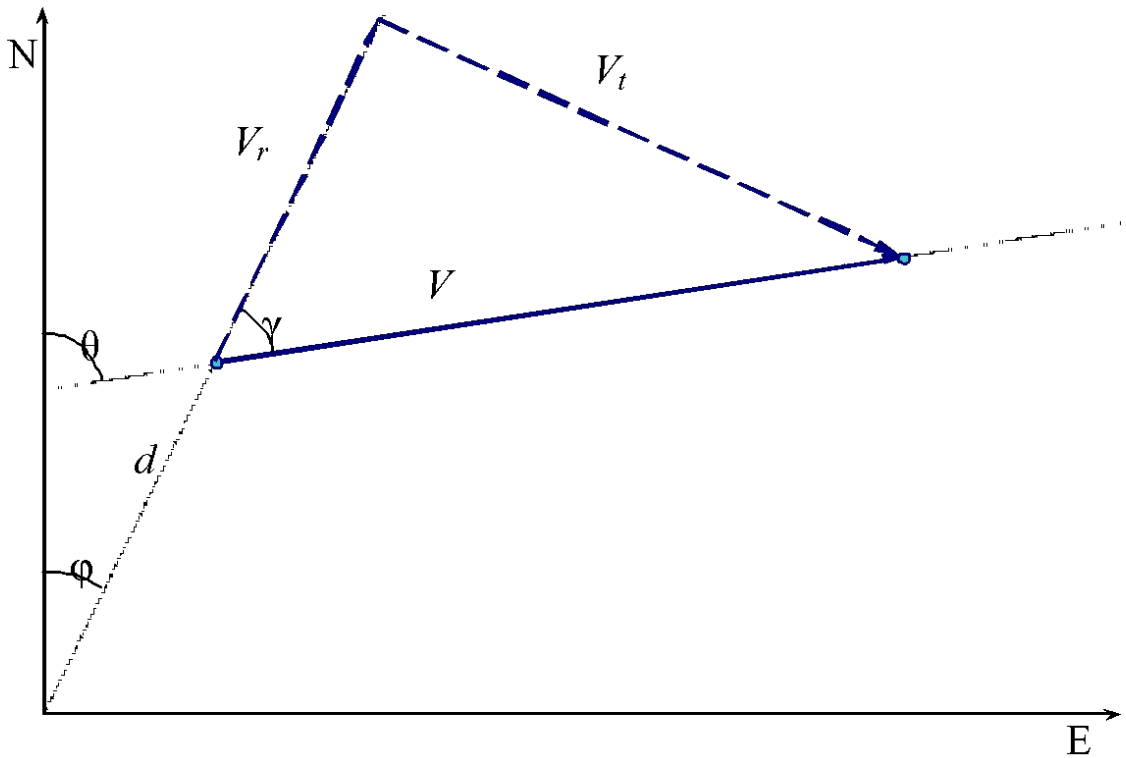
Пример мониторинга по типам радиозондов/систем зондирования, январь-август 2008



Актуальные задачи

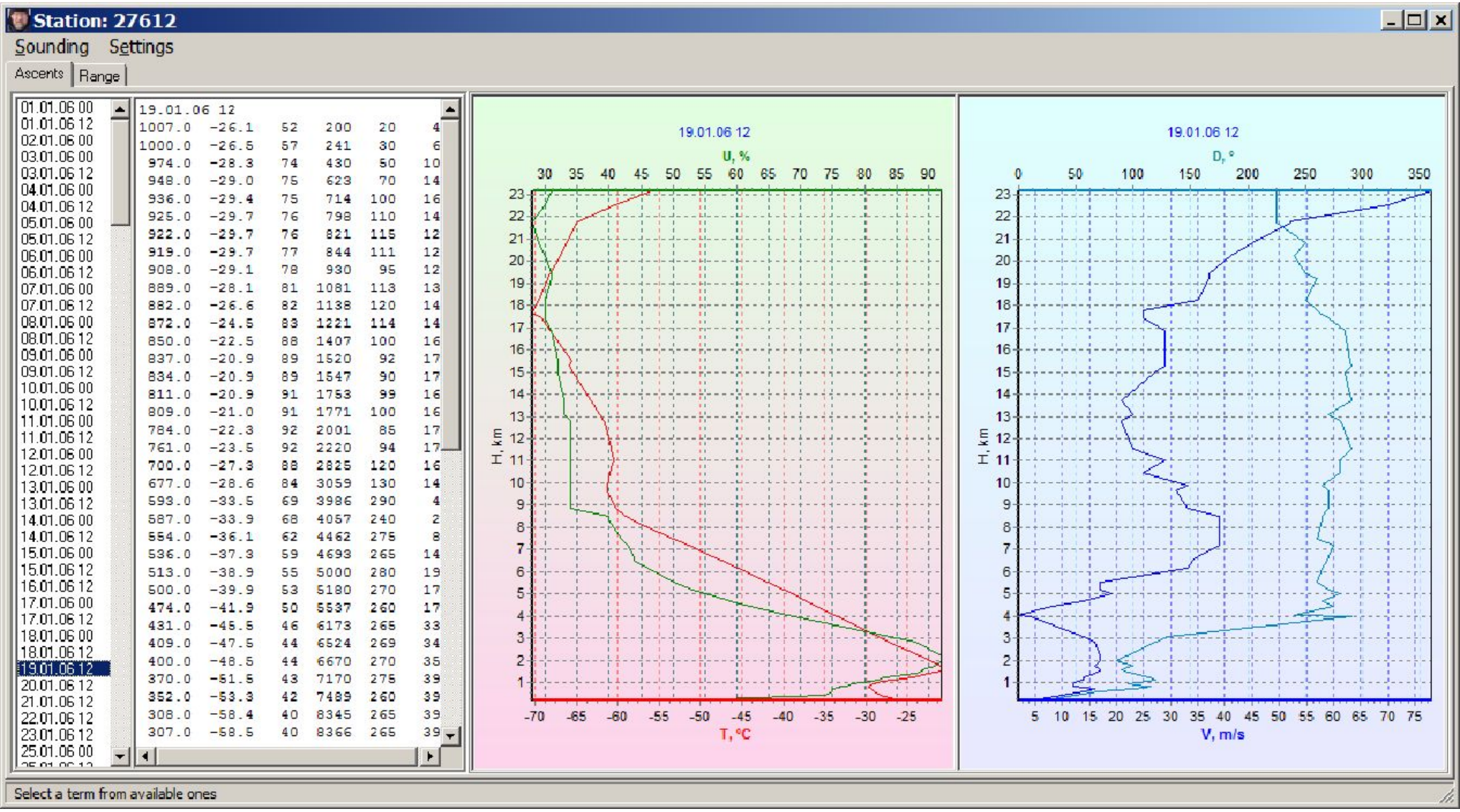
- Дальнейший анализ надежности FG
- Анализ зависимости составляющих отклонений OB-FG от угла места, дальности, азимута, высоты Солнца и градиента температуры, типа системы зондирования/радиозонда
- Дополнительные метаданные: причина прекращения выпуска, подъемная сила, общее время подъема, качество телеметрии и сопровождения (61616?,BUFR)
- Детализация публикуемых результатов мониторинга (временные разрезы, вертикальные разрезы, системы радиозондирования/типы радиозондов)
- Интерактивность и удаленный доступ

Составляющие ошибки определения ветра (согласно М. Кречмеру)

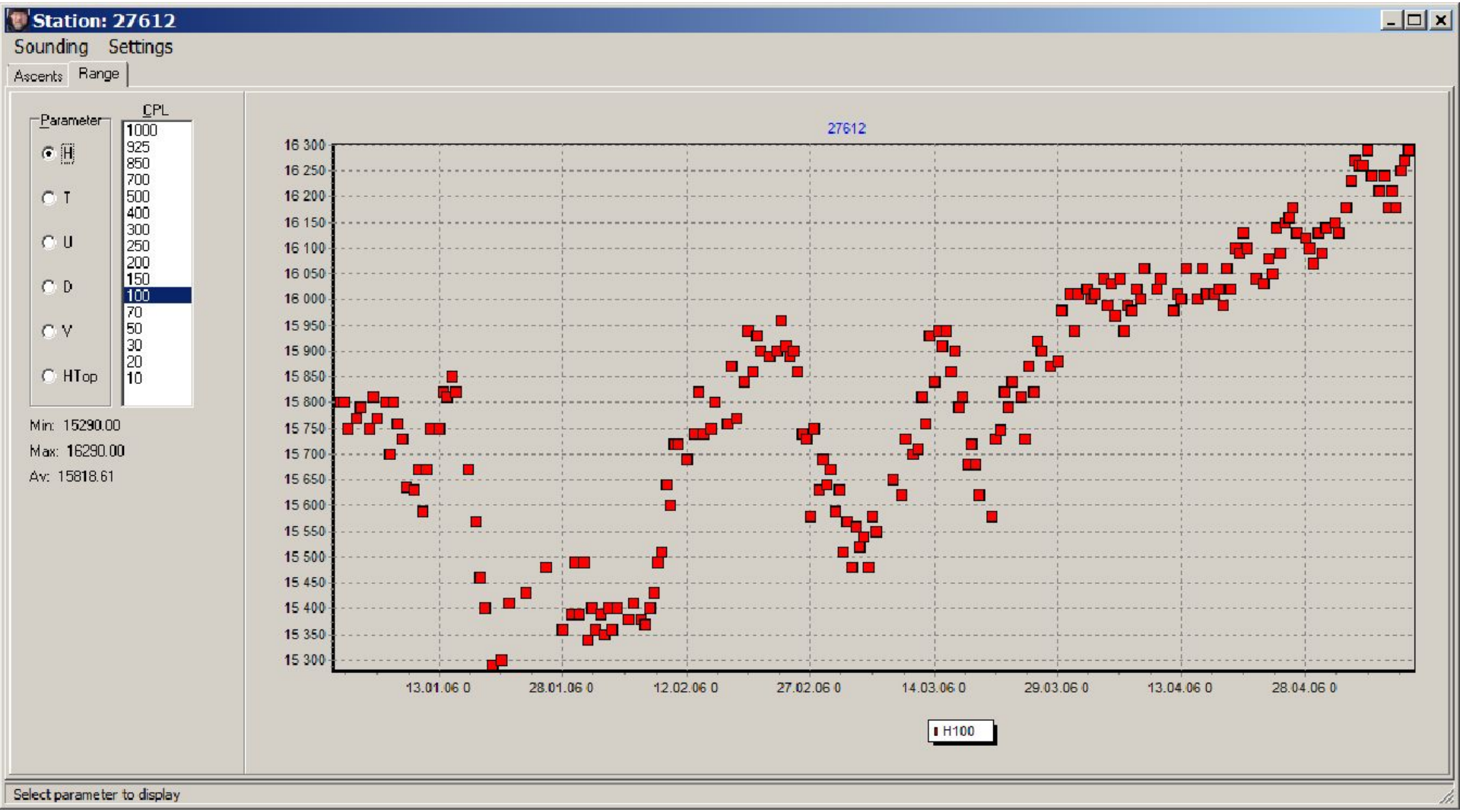


- $\sigma^2 V_r \sim (\cos^2\varepsilon \cdot \sigma^2 D + h^2 \cdot \sigma^2 \varepsilon)/T^2$
- $\sigma^2 V_t \sim d^2 \cdot \sigma^2 \varphi / T^2$

Интерактивность и удаленный доступ



Интерактивность и удаленный доступ



Заключение

- Оперативный мониторинг качества функционирования крупномасштабной аэрологической национальной сети дополняет мониторинг качества данных, проводимый ЕЦСПП, и информацию, предоставляемую докладчиком КПМН по сопоставимости радиозондов.
- Он предоставляет хорошую основу для организации управления функционированием аэрологической сети и взаимодействия с производителями технических средств радиозондирования.
- Прогресс современных Интернет-технологий предоставляет достаточно простой и удобный способ обеспечения эффективной обратной связи между результатами работы наблюдательных подразделений и их оценкой.
- Потенциал анализа результатов мониторинга не исчерпан. Адекватность выводов должна быть обоснована
- Среднемесячных статистик (OB-FG) недостаточно, нужно уделять внимание каждому выпуску