



*Geophysical observatory "Klyuchi"*  
*Altay-Sayan Branch of Geophysical survey*  
*Siberian Branch of Russian Academy of Sciences*  
*630090, Koptug av., 3, Novosibirsk, Russia*  
*tel.(7-383)-330-24-86, e-mail:*  
*khomutov@gs.nsc.ru*

С.Ю.Хомутов

**Геофизическая обсерватории «Ключи» (Новосибирск):  
8 лет в INTERMAGNET  
(достижения, проблемы, перспективы)**

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *История, расположение, инфраструктура*

Геофизическая обсерватория "Ключи" **была образована в 1962 г.** как Комплексная магнитно-ионосферная станция (КМИС) на основании:

- Постановления Совета министров СССР №382-152 от 09.04.1960 г.
- Постановления Бюро Президиума АН СССР от 20/26 апреля 1962 г. №294-08 (г. Москва)
- Решения Бюро Президиума СО АН СССР от 8 июня 1962 г. №234 (г. Новосибирск).

В 1964 г. строительство первой очереди станции было завершено.

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *История, расположение, инфраструктура*



Выбор места для строительства определялся рядом факторов, в том числе близостью к Новосибирскому научному центру (ННЦ) - Академгородку (примерно в 10 км) и особенностями этого района (наличие определенной инфраструктуры, подходящие геологические и ландшафтные условия).

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *История, расположение, инфраструктура*



**Основное здание ионосферной станции** (цифровой ионозонд с антенной, рабочие комнаты, оборудование локальной сети, мастерская, фотолаборатория, кухня и пр.)

### **Магнитные павильоны:**

- вариационный (слева)
- абсолютный (в центре)
- технический (справа)



# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Задачи и виды измерения*

Геофизическая обсерватория «Ключи»:

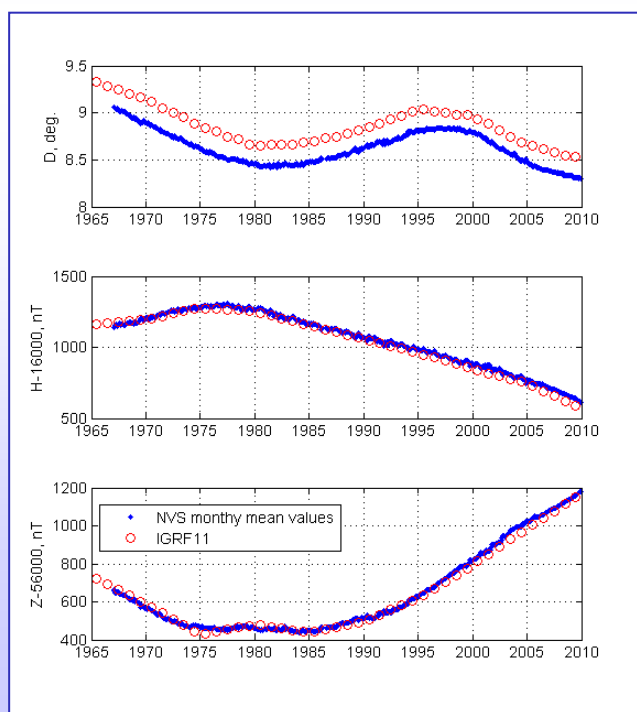
- зарегистрирована в Международной ассоциации по геомагнетизму и аэрономии IAGA и сертифицирована Международной сетью INTERMAGNET как магнитная обсерватория (код "NVS");
- зарегистрирована в Международном союзе по радионаукам URSI как ионосферная станция (код "NS355");
- является станцией космических лучей мировой сети.

На ГО получены однородные и практически непрерывные ряды длительностью более 40 лет.

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Мониторинг магнитного поля (история)*

Первые магнитные данные, полностью отвечающие стандартам IAGA и доступные в машиночитаемом виде, были получены в конце 1966 г. (см., например, сайт МЦД-С1 по геомагнетизму, Эдинбург, <http://www.geomag.bgs.ac.uk/>). На Обсерватории создана база цифровых магнитограмм с 1967 по 2004 гг. в виде графических TIFF-файлов (работы по сканированию выполнены при поддержке РФФИ).



*Медленные вариации магнитного поля в Новосибирске по данным измерений на обсерватории «Ключи» (среднемесячные значения) и по модели IGRF-11.*

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Мониторинг магнитного поля (история)*

### **Старые магнитометры**



*Кварцевые вариометры  
Боброва с фотозаписью  
(датчики и регистратор)*

*Кварцевые  
магнитометры  
для абсолютных  
H- и D-  
наблюдений  
(QHM)*

*Различные протонные  
магнитометры в  
кольцах Гельмгольца*

## *Геофизическая обсерватория «Ключи» Мониторинг магнитного поля (современный этап)*

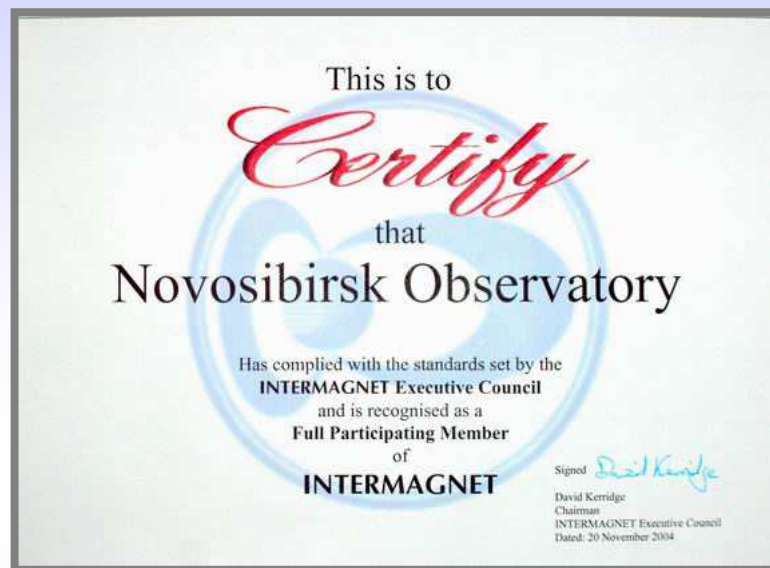
В 2003 г. магнитная служба Обсерватории начала *переход на цифровую аппаратуру нового поколения*. Были приобретены и установлены для регулярных измерений:

- *оверхаузеровский магнитометр POS-1* (точность около 0.2-0.5 нТл, частота измерений до 1 Гц, разработчик – ЛКМ УПИ-УГТУ, г. Екатеринбург)
- *трехкомпонентный феррозондовый вариометр LEMI-008* (чувствительность около 0.1 нТл, частота измерений 1 Гц, разработчик - ЛЦ ИКИ АН Украины, г. Львов) - благодаря проекту CRENEGON (INTAS) и личной поддержке д-ра Ж.Рассона (Бельгия) и А.С.Потапова (ИСЗФ СО РАН, г.Иркутск)



# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Мониторинг магнитного поля (современный этап)*



Наличие современной измерительной аппаратуры для проведения магнитного мониторинга и программного обеспечения для регистрации и обработки измерений, имеющиеся методические наработки и опыт *позволили Геофизической обсерватории «Ключи» в ноябре 2004 г. получить статус магнитной обсерватории сети INTERMAGNET.*

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Мониторинг магнитного поля (современный этап)*

*Основные факторы, которые позволили обсерватории «Ключи» войти в INTERMAGNET:*

❖ кадры и преемственность

❖ на обсерватории имелась сохранившаяся инфраструктура для обеспечения магнитных измерений

❖ обсерватория "Ключи" практически за всю свою историю находилась в структуре непрофильных институтов, научная тематика которых только частично касалась магнитных измерений и практически полностью была вне исследований ионосферы или космических лучей. Поэтому получение статуса было практически единственной возможностью продолжать развиваться и модернизироваться

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Мониторинг магнитного поля (современный этап)*



### *Непрерывные вариационные измерения:*

- **магнитометры:**

- оверхаузеровский протонный магнитометр POS-1 (с февраля 2003 г.)

- феррозондовый магнитометр LEMI-008 (с мая 2004 г.)

- цифровая магнитно-вариационная станция «Кварц-09» (с мая 2010 г.)



- **компоненты** (XYZ), (HDZ), F

- **периодичность** измерений 1 с

- **разрешение** 0.01-0.1 нТл

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Мониторинг магнитного поля (современный этап)*



*Абсолютные наблюдения магнитного склонения  $D$ ,  
наклонения  $I$  и модуля полного вектора  
напряженности  $F$ :*

- **приборы** – DI-магнитометры на основе немагнитных теодолитов ЗТ2КП и Theo 020В (с 1991 г.), оверхаузеровский протонный магнитометр POS-1 (с 2003 г.);
- **точность** – до 6" для угловых величин и до 0.2-0.5 нТл для модуля
- **периодичность** – обычно 3-4 раза в неделю для  $D, I$
- **продолжительность**  $D, I$ -наблюдений – около 10-15 мин.



# Геофизическая обсерватория «Ключи»

## Мониторинг магнитного поля (современный этап)

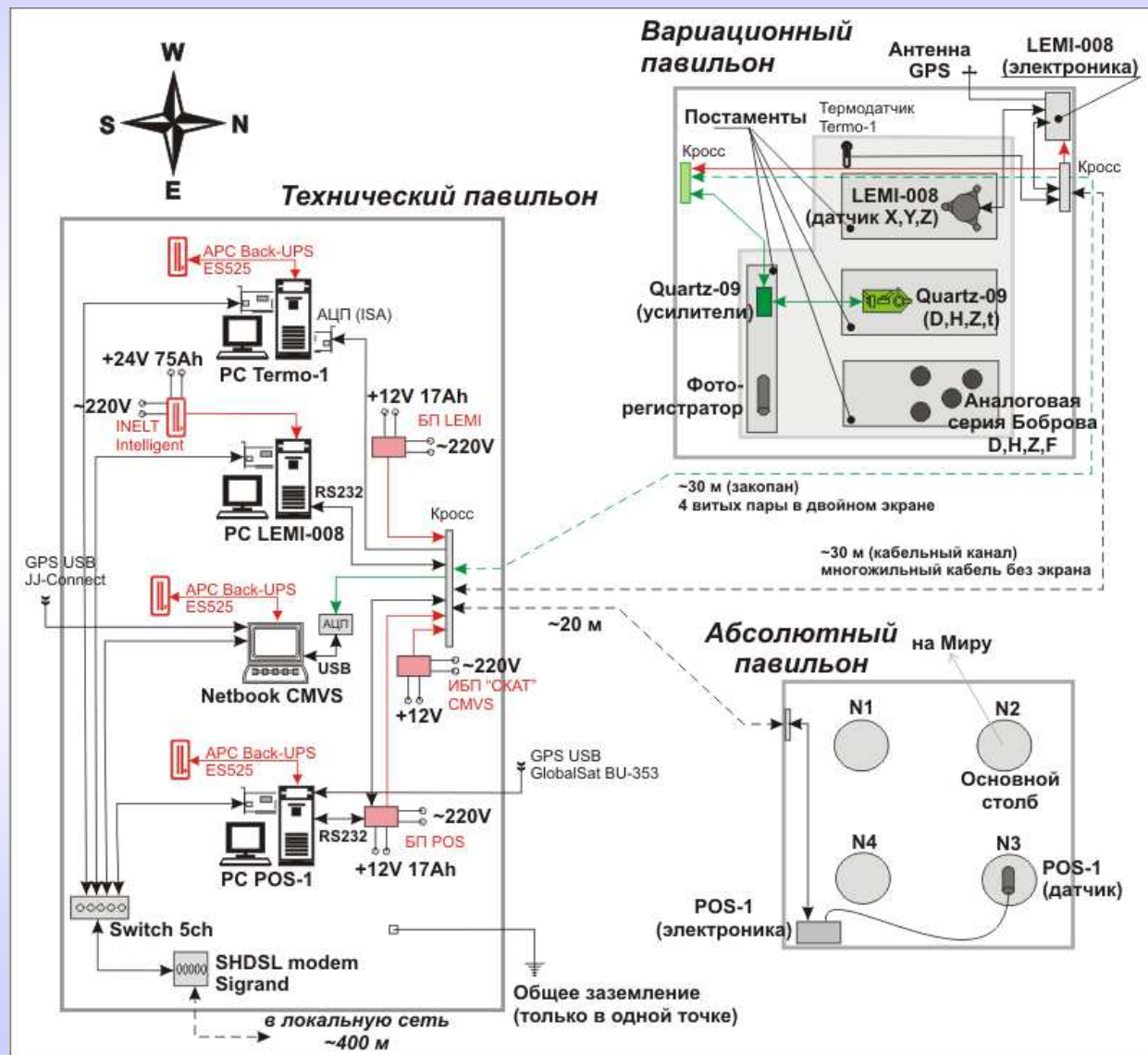


Схема расположения аппаратуры в магнитных павильонах. Основные принципы:

- ❑ Независимый компьютер для каждой системы
- ❑ Независимая система питания для каждого магнитометра и регистратора
- ❑ Независимая для каждой системы привязка к УТ с помощью GPS-приемников (точность до 0.5 с)
- ❑ Компьютеры в техническом павильоне выполняют только управление магнитометрами и первичный сбор данных

# Геофизическая обсерватория «Ключи»

## Мониторинг магнитного поля (современный этап)

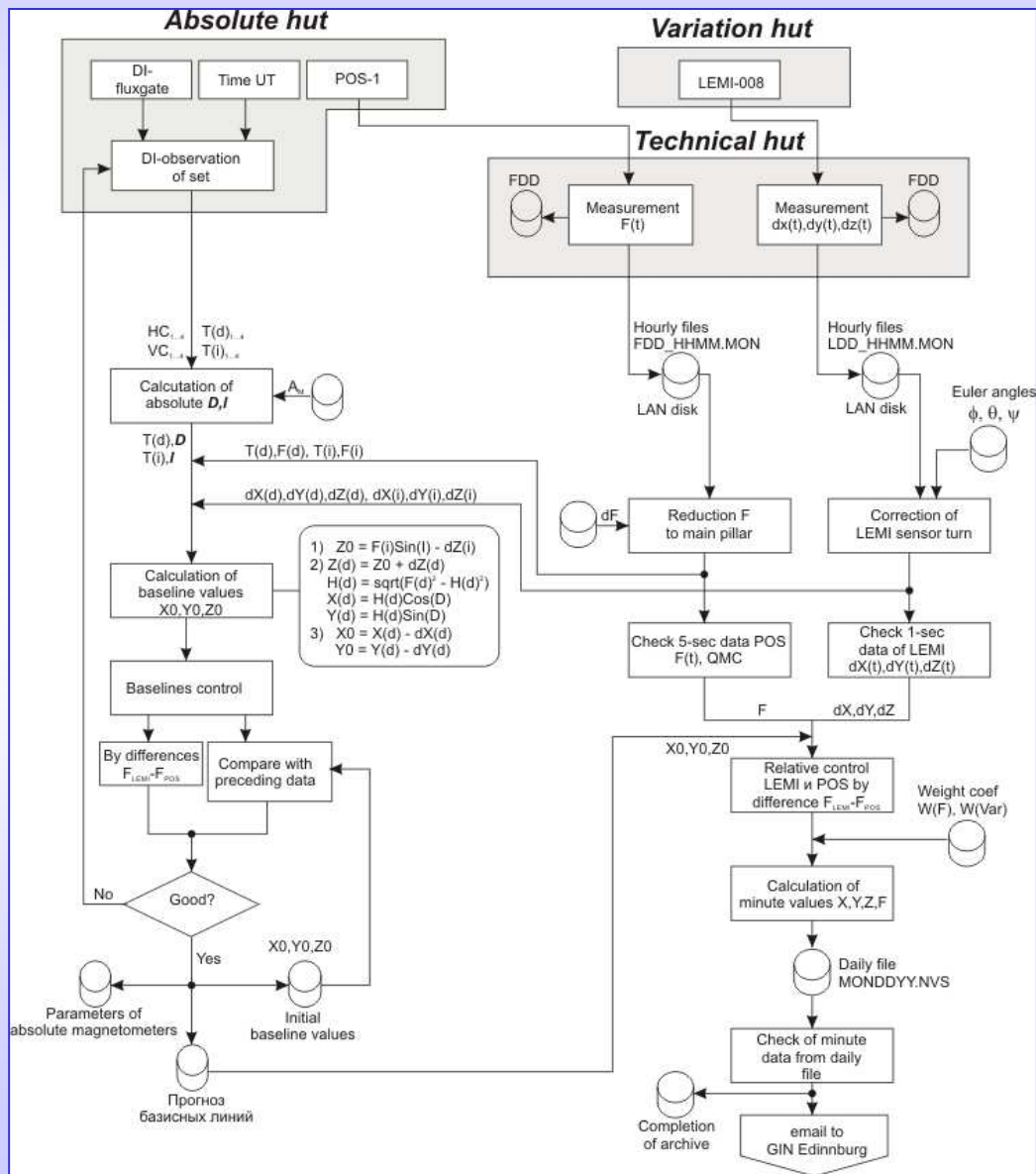


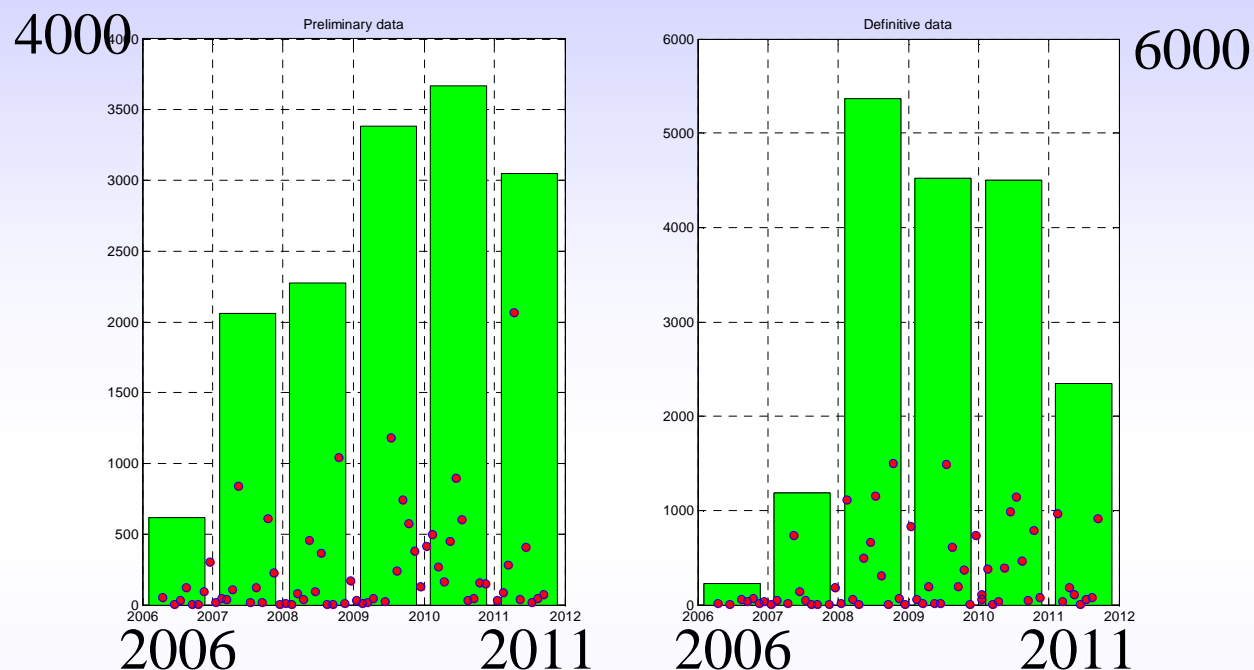
Диаграмма главных процедур обработки результатов вариационных измерений и вычисления базисных значений после абсолютных наблюдений

### Основные принципы:

- контроль на каждом этапе обработки (программный и визуальный, сравнением результатов разных магнитометров)
- протоколирование обработки, ведение электронных журналов работ в павильонах и с аппаратурой
- дублирование архивов данных

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Мониторинг магнитного поля (современный этап)*



*Статистика запросов* данных обсерватории "Ключи" (NVS) с официального сервера INTERMAGNET (Оттава, Канада). Символ "о" – количество запросов суточных файлов минутных данных за месяц, гистограмма – количество запрошенных файлов за год. Слева – статистика по оперативным (Preliminary) данным, справа – по окончательным (Definitive) данным, которые готовятся по завершению года.

## *Геофизическая обсерватория «Ключи» Мониторинг магнитного поля (современный этап)*

*Сверки магнитометров обсерватории "Ключи" и инспекторские поездки на другие магнитные обсерватории:*

- в ноябре 2004 г. на магнитной обсерватории "Какиока" (Япония);
- в ноябре 2005 г. на обсерваториях «Магадан», «Южно-Сахалинск», «Хабаровск» (ИКИР ДВО РАН)
- в декабре 2006 г. и в августе 2007 г. на магнитной обсерватории "Паратунка" (ИКИР ДВО РАН, Камчатский край);
- в ноябре 2007 г. на магнитной обсерватории "Патроны" ИСЗФ СО РАН (г. Иркутск);
- в ноябре 2009 г. и в сентябре 2011 г. на Геофизической обсерватории "Арти" (ИГФ УрО РАН, г. Екатеринбург);
- в июле 2010 г. на магнитотеллурической станции "Узур" на о. Ольхон на Байкале (ИСЗФ СО РАН, г. Иркутск);
- в феврале 2012 г. на магнитной станции «Курчатов» и обсерватории «Алма-Ата» (Казахстан).



# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Мониторинг магнитного поля (современный этап)*

*На базе обсерватории "Ключи" тестировались и сверялись магнитометры из Алма-Аты (Институт ионосферы), Горно-Алтайска (ГАГУ), Красноярска ("Востсибнефтегаз"), Новосибирска (ИНГГ СО РАН, НГУ, СНИИГГиМС).*



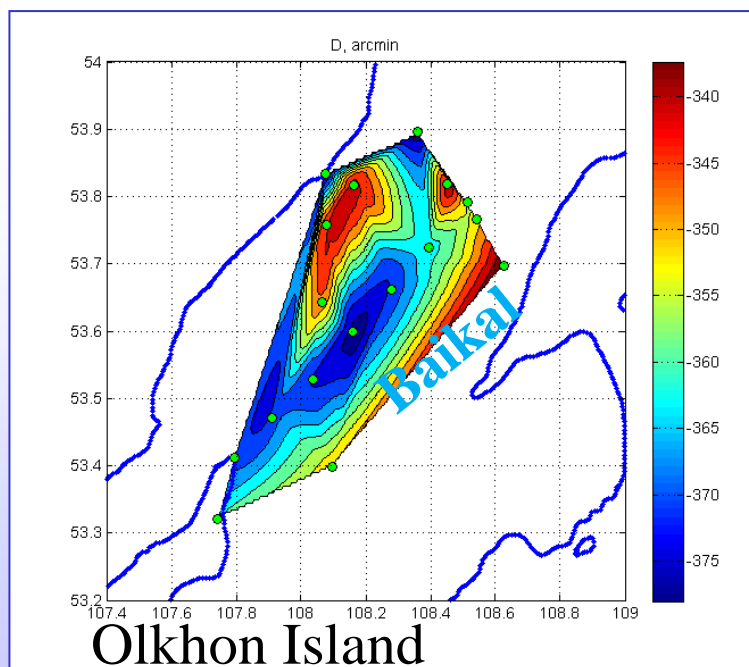
*Сверка DI-магнитометра  
из Алма-Аты (2008 г.)*



*Сверка буссоли  
«Востсибнефтегаз» (2009 г.)*

# Геофизическая обсерватория «Ключи»

## Полевые измерения



Магнитная съемка (абсолютные измерения  $D, I, F$ ) на льду Байкала в марте 2009 г. и летом 2010 г. на о.Ольхон (совместно с ИСЗФ СО РАН, г.Иркутск).

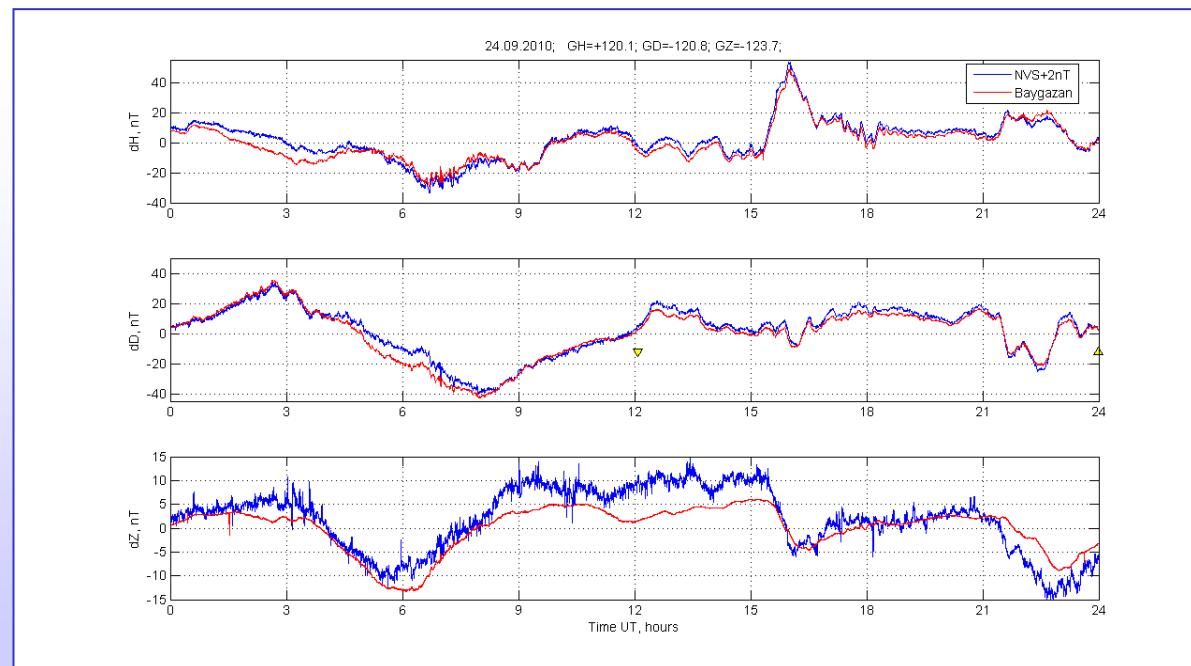
Оценка пространственного распределения склонения  $D$ , пункты измерения через 10 км, шкала в угл.мин. (справа)

# Геофизическая обсерватория «Ключи»

## Полевые измерения



**Магнитная станция «Байгазан»** (Телецкое оз.): абсолютные DI-наблюдения и сравнение вариаций поля на Алтае (красные кривые) и в Новосибирске (синие кривые)



# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Проблемы*

**Основные проблемы**, стоящие перед обсерваторией «Ключи» (и частично – перед другими магнитными обсерваториями):

- «финансовые»
- организационные
- измерительные

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Проблемы (финансовые)*

- 1. Поддержание обсерватории и ее инфраструктуры значительно более затратное, чем для «обычной» лаборатории (электричество, обогрев зданий и павильонов, транспорт, коммуникации)*
- 2. Большие затраты сопровождаются сложностями с получением дополнительной поддержки из различных источников (гранты и хоздоговора), поскольку обсерваторская деятельность не дает возможностей выполнять ресурсоемкие работы без ущерба для основной задачи. Обсерватории – бюджетные организации, главный результат – данные, открытые для мировой научной общественности (через систему МЦД)*
- 3. Проблемы с модернизацией аппаратуры, с командировками и др. (за последние 8 лет обсерватория не приобрела ни одного прибора непосредственно по бюджету, только в рамках госконтрактов со сторонними организациями)*

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Проблемы (организационные)*

### *1. Проблемы с кадрами*

- Большой средний возраст сотрудников (пенсионный и предпенсионный)
- Нет молодежи, у выпускников вузов нет интереса к работе на обсерваториях:
  - низкие зарплаты
  - специфика работы на обсерватории, требующая некоторого консерватизма – как следствие, ограничены возможности в личном научном росте

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Проблемы (организационные)*

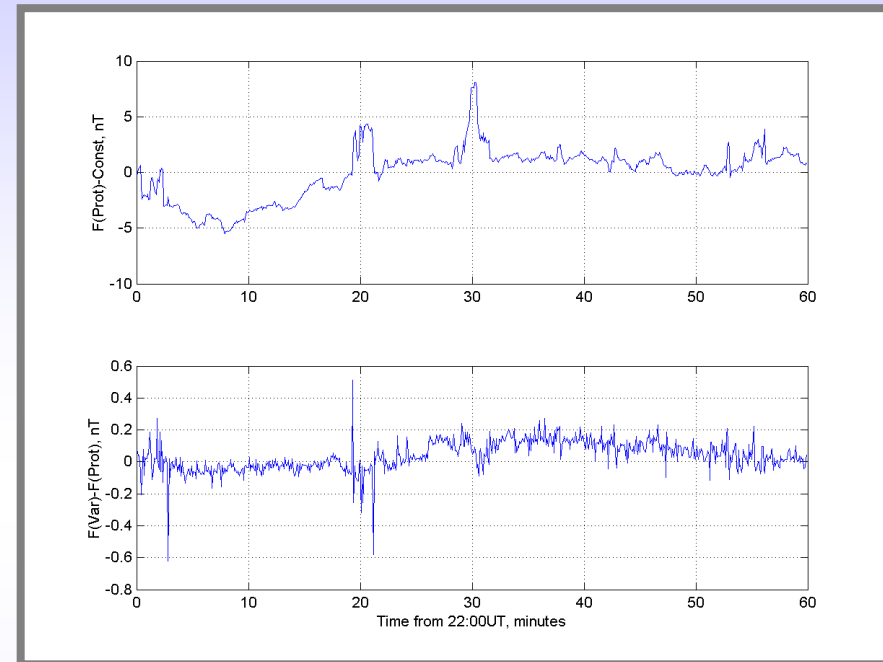
### *2. Отсутствие российского координирующего центра по геомагнетизму. Что ожидается:*

- подготовка предложений и проектов по целевому финансированию магнитных обсерваторий
- организационно-правовая деятельность (защита территории обсерватории и прилегающих районов от застройки, регулирование отношений между обсерваториями различных ведомств, участие в картографической деятельности и т.п.)
- организация сверок магнитометров в РФ, помощь в участии в международных сверках
- помощь обсерваториям в кризисных ситуациях

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Проблемы (измерительные)*

1. Возрастание техногенных помех (на обсерватории «Ключи» шум может достигать 1-2 нТл, единичные выбросы – до 5-8 нТл)
2. Интенсивная застройка территорий вокруг обсерваторий (дачи, коттеджи и т.п.) – увеличение нагрузки на электросети, коммуникации, рост криминогенной обстановки и пр.)



*Вариации модуля  $F$ , измеренные протонным магнитометром POS-1 (вверху) и их разность с  $F$ , вычисленных по данным вариометра LEMI-008 (внизу). Выбросы  $dF$  вызваны небольшой рассинхронизацией измерений двумя системами*



# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Проблемы (особенности)*

### *Особенности проблем Геофизической обсерватории «Ключи»*

- ✓ аппаратура и специалисты находятся в Геофизической службе СО РАН, здания и инфраструктура – на балансе ИНГГ СО РАН
- ✓ результаты мониторинга, выполняемого на обсерватории (магнитного поля и, в большей степени, ионосферы и космических лучей) не вписываются в сферу проблем, решаемых ГС СО РАН и ИНГГ СО РАН
- ✓ помехи (вероятный источник – железная дорога на постоянном токе)

# *Геофизическая обсерватория «Ключи»*

## *Перспективы*

*Ожидаемый прогресс* на обсерватории связывается:

- с ростом интереса к магнитным измерениям в целом, и к результатам регулярного мониторинга на обсерваториях;
- с перестройкой работы обсерватории для уменьшения зависимости от кадровой проблемы;
- с ожидаемым прогрессом в решении проблемы высокого уровня магнитного шума (пути – выполнить исследование этого шума и установить дополнительную стационарную автоматическую вариационную станцию в районе со спокойным полем);
- с участием обсерватории в научно-прикладных исследованиях по проблеме сейсмичности Алтая (в качестве опорной магнитной станции), с возобновлением измерений на пунктах векового хода Сибири и Дальнего Востока



В целом, мы считаем, что Геофизическая обсерватория "Ключи" в Новосибирске будет продолжать работать и развиваться. И всегда главной нашей задачей будет обеспечение регулярного и непрерывного мониторинга магнитного поля Земли в соответствии с международными стандартами. Мы надеемся, что обсерватория достойно встретит свои юбилеи – 50 и 100 лет.

## Спасибо за внимание