

УДК 550.380

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА КГО «КАРЫМШИНА», КАМЧАТКА

***Берсенёва Н.Ю.***

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, [nata@emsd.ru](mailto:nata@emsd.ru)*

На комплексной геофизической обсерватории (КГО) «Карымшина», Камчатка, проводятся изменения трех компонент магнитного поля с использованием магнитометра-вариометра в частотном диапазоне УНЧ (0.003-40 Гц). С октября 2013 г. обеспечивается передача магнитных данных на приемный центр КФ ГС РАН в г. Петропавловске-Камчатском в режиме реального времени по каналам Internet. В работе приводится характеристика созданного программного обеспечения для автоматизации первичной обработки и накопления геомагнитных данных в режиме близком к реальному времени с оценкой их качества и пригодности для поиска сигналов подготовки сильных землетрясений.

*Ключевые слова: индукционный магнитометр, геомагнитные наблюдения, система передачи данных, автоматизация, Python.*

### ВВЕДЕНИЕ

Камчатский филиал Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) проводит с 1999 г. геомагнитные наблюдения с использованием трехкомпонентного магнитометра-вариометра, установленного на комплексной геофизической обсерватории (КГО) «Карымшина» (52.827° с.ш., 158.132° в.д.) (рис. 1). Цель создания КГО «Карымшина» состояла в координированном мониторинге электромагнитных и сейсмических предвестников землетрясений [1].

В совместных работах сотрудников КФ ГС РАН и Института физики Земли РАН [2-6] рассматривались методы поиска электромагнитных предвестников землетрясений в диапазоне частот 0.003-40 Гц с использованием данных геомагнитных наблюдений на КГО «Карымшина». Отмечалось, что в этом частотном диапазоне постоянно присутствуют естественные ультранизкочастотные/крайне низкочастотные (УНЧ/КНЧ) пульсации электромагнитного поля, генерируемые над поверхностью Земли и превышающие по амплитуде ожидаемую интенсивность сигнала – пред-

вестника землетрясений. Для таких условий предполагалось производить идентификацию предвестников землетрясений в ограниченных частотно-временных окнах, близ частот Шумановского резонанса, основным источником которого является мировая грозовая активность. Предполагалось, что добавочные локальные источники ультранизкочастотных колебаний магнитного поля появляются в эпицентральной зоне на последней стадии подготовки землетрясения и непосредственно после его реализации. Это позволяет по ориентации эллипса поляризации одиночных высокоамплитудных магнитных импульсов определять направление на локальный источник.

По данным наблюдений был выявлен эффект понижения интенсивности поля в УНЧ диапазоне за 2-6 суток до сильных ( $M=4.6-6.6$ ) одиночных землетрясений. Также было показано, что с использованием оригинальной методики анализа магнитных данных может существенно повышаться вероятность предсказания землетрясений с  $M \geq 5.0$  в диапазоне глубин  $H \leq 50$  км на эпицентральных расстояниях  $R \leq 300$  км [2-6].

В настоящей работе приводится описание аппаратного комплекса и современной системы передачи данных с КГО «Карымшина» на приемный центр КФ ГС РАН в г. Петропавловске-Камчатском. Главное внимание уделяется созданным программным средствам и методам автоматизации работы оператора по приему и первичной обработке данных геомагнитных наблюдений с целью оценки их качества и пригодности для поиска сигналов подготовки землетрясений.

## ОБОРУДОВАНИЕ

*Магнитометр-вариометр* включает в себя три идентичных по конструкции индукционных датчика поля. Принцип индукционного датчика основан на явлении электромагнитной индукции – возникновении ЭДС в измерительной катушке при изменении проходящего через ее контур маг-

нитного потока. Изменение потока в катушке может быть связано с вариациями величины или направления измеряемого поля во времени.

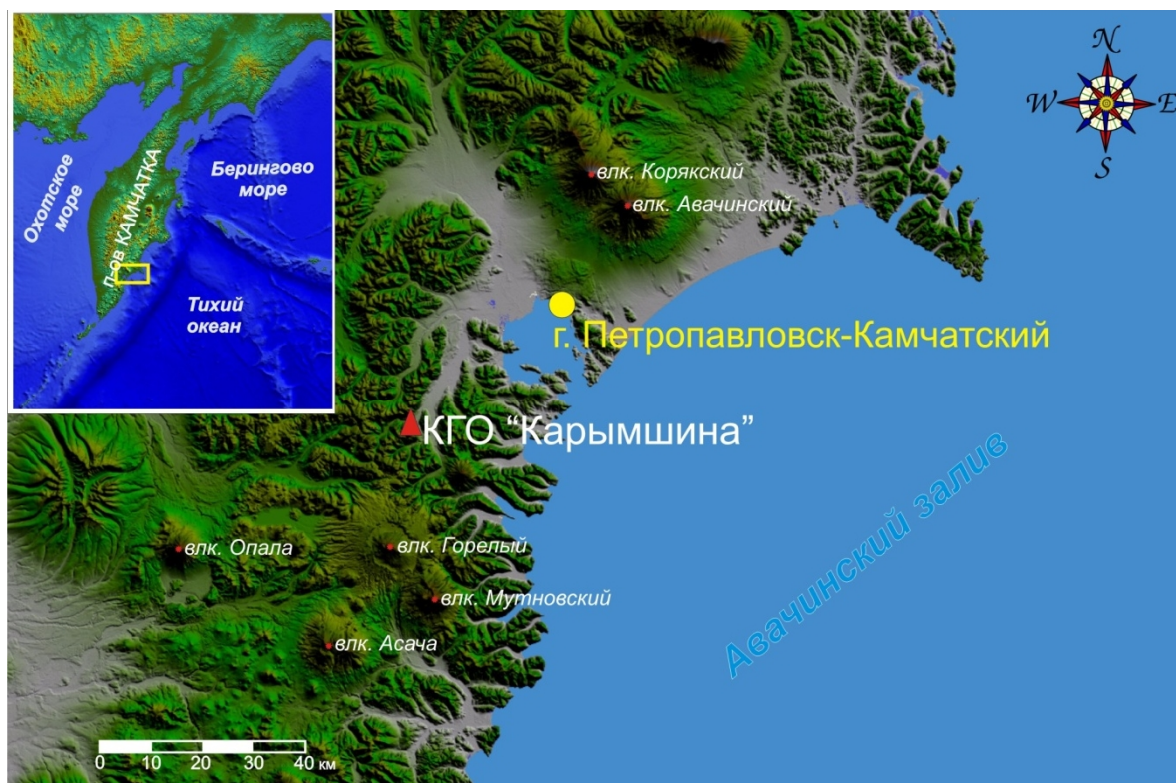


Рис. 1. Карта-схема расположения КГО «Карымшина»

Каждый датчик помещен в пластиковый, ударопрочный, влагозащищенный корпус и состоит из индукционной катушки с сердечником из аморфного сплава и предварительного усилителя. Использование усилителя позволяет значительно понизить уровень шумов на частотах ниже 10 Гц. Параметры всех трех датчиков идентичны с отклонением менее 3% в абсолютных величинах коэффициента преобразования и не более  $2^\circ$  по фазе.

Для подавления сейсмических, ветровых, акустических и др. видов помех датчики помещены в бетонный бокс, наполненный сухим песком. Датчики горизонтальных компонент H и D были ориентированы вдоль магнитного меридиана и трансверсально к нему. Датчик Z регистрирует вертикальную компоненту геомагнитного поля.

В качестве АЦП с 2011 г. используется регистратор GSR-24, который находится на удалении 100 м от места закладки датчиков в защитном сооружении и подключен к датчикам кабельной линией (рис. 2).



Рис. 2. Схема передачи данных геомагнитных наблюдений

*Параметры регистрации магнитометрического тракта:*

Тип датчиков ..... индукционный;  
 Количество каналов ..... 3;  
 Чувствительность на частоте 0.01 Гц ..... > 20 нТ/МГц;  
 Чувствительность на частотах более 10Гц ..... 0.03 нТ/МГц;  
 Диапазон регистрируемых частот ..... 0.001-40 Гц;  
 Динамический диапазон регистрируемых сигналов ..... > 90 дБ.

*Характеристики АЦП GSR-24*

Тип: ..... 24-разрядный сигма-дельта АЦП 3-х канальный;  
 Динамический диапазон: ..... 129 дБ RMS при 100 отсч/с;  
 Частота опросов: ..... 100 отсч/с на канал;  
 Ширина частотного диапазона: ..... 40% от частоты Найквиста;  
 Разрешение (peak to peak noise): ..... 21.6 бита на 100 отсч/с;  
 Диапазон входных сигналов: .....  $\pm 2.5$  В или  $\pm 10$  В;  
 Интерфейс внешнего времени: ..... GPS;  
 Рабочий температурный диапазон: ..... от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ ;  
 Влажность: ..... от 0 до 100% (без конденсации);  
 Тип корпуса: ..... алюминиевый герметичный;  
 Размеры: .....  $280 \times 180 \times 100 \times 100$  мм;  
 Вес: ..... 7.2 кг (включая аккумулятор).

## СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ И СБОРА ДАННЫХ

16 октября 2013 г. сотрудниками отдела информационных технологий КФ ГС РАН была запущена новая система передачи геомагнитных данных на приемный центр в г. Петропавловске-Камчатском, обеспечи-

вающая их получение в режиме реального времени (рис. 2). Аналоговый сигнал от магнитометра по кабельной линии передается на АЦП, где оцифровывается с частотой 100 Гц. Далее через канал Wi-Fi данные передаются на стационар КГО «Карымшина», где они временно хранятся на кольцевом буфере обмена, и затем передаются по каналам Internet на приемный центр КФ ГС РАН. Данные передаются и хранятся на буфере обмена в формате MSEED.

### АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОПЕРАТОРА

Одной из задач работы оператора, обеспечивающего первичную обработку и анализ данных геомагнитных наблюдений, является контроль их качества и пригодности для выделения сигналов подготовки землетрясений. При доступе к данным в режиме реального времени важное значение имеет автоматизация процесса получения и первичной обработки больших массивов данных в форме временных рядов в целях экономии рабочего времени и устранения возможных субъективных ошибок в работе оператора.

При разработке пакета программ по автоматизации приема и первичной обработки данных геомагнитных учитывались следующие требования:

- осуществление ежедневного приема и первичной обработки геомагнитных данных без участия оператора;
- обеспечение регулярного автоматического запуска программ первичной обработки данных;
- возможность удаленного контроля системы регистрации геомагнитных данных при наличии сети Internet.

В пакет программ, обеспечивающих автоматизацию работы оператора, входят созданные автором программы, написанные на свободно распространяемом интерпретируемом языке программирования Python 2.7 (\*.py); сценарии командной строки Windows (\*.bat), а также сторонние

консольные программы (\*.exe). Каждая часть пакета программ решает определенный круг задач (рис. 3.).

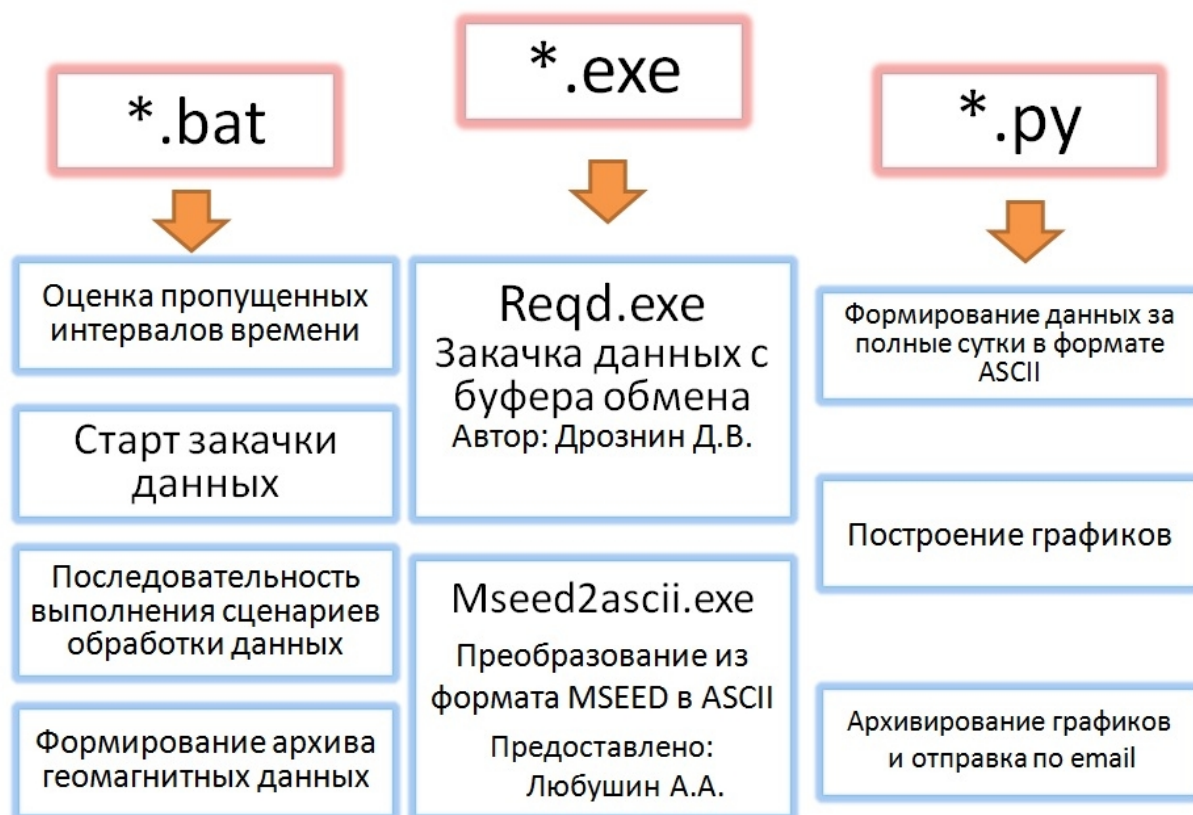


Рис. 3. Области применения пакета программ

Ежедневный запуск компьютера через BIOS осуществляется в 8 ч 40 мин по местному времени. После завершения первичной обработки геомагнитных данных компьютер выключается командой Windows shutdown.

Ежедневно организуется выполнение следующих действий:

1 - Оценивается интервал времени с пропуском данных. Закачиваются данные за целые сутки от последней загрузки до настоящего дня. Наличие связи с буфером обмена КГО «Карымшина» проверяется с помощью команды Windows ping. При отсутствии связи запускается цикл с пятиминутным ожиданием, который прекращается при установлении связи.

2 - Данные конвертируются из формата MSEED в формат ASCII.

Преимуществом данных в формате ASCII является то, что в таком формате они могут быть импортированы в большинство программ по обработке сигналов и массивов данных.



Файлы в формате MSEED, содержащие данные по трем каналам за сутки, хранятся в архиве без изменений. После преобразования данных в формат ASCII производится их дальнейшая обработка.

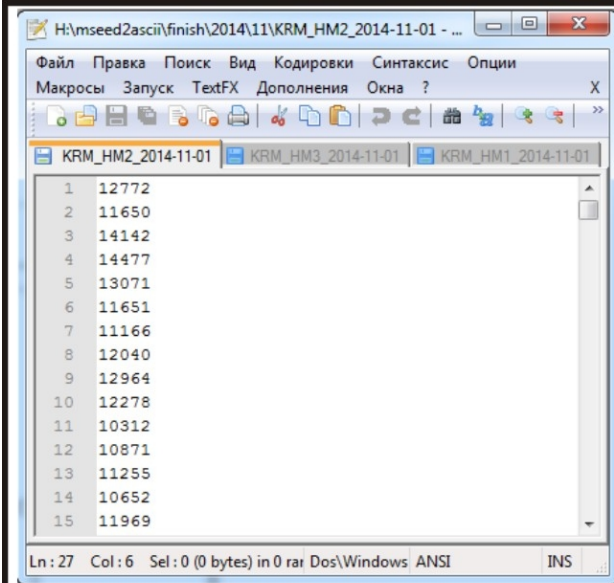
3 – Создание суточных файлов данных по каждому каналу.

Получаемые фрагменты данных с КГО «Карымшина» поступают с перекрытием и их длина превышает сутки. Для того чтобы суточный ASCII файл начинался с 00:00:00 UT и содержал 8640000 значений (100 отсч./с), лишние минуты удаляются.

4 – Заполнение пропусков в суточных файлах с помощью линейной интерполяции.

5 – Отправка полных суточных файлов данных в архив.

Краткое описание суточных файлов данных в формате ASCII, хранящихся в архиве, представлено на рис. 4.



**ASCII-файл**  
*<станция>\_<канал>\_<дата>.ascii*

Один канал

Старт: 00:00:00 UT

Количество значений в каждом файле:  
8640000

Средний объем одного файла: 53.8 Мб

Единицы измерения: отсчеты уровня

Рис. 4. Параметры ASCII-файла данных геомагнитных наблюдений

6 – Построение графиков геомагнитных данных.

Осуществляется построение волновых форм по трем каналам, их дисперсий, а также динамических спектров и среднесуточных спектров (рис. 5). С помощью таких графиков определяется состояние и работоспособность каналов, выделяются участки данных, на которые следует обратить особое внимание при дальнейшей обработке.

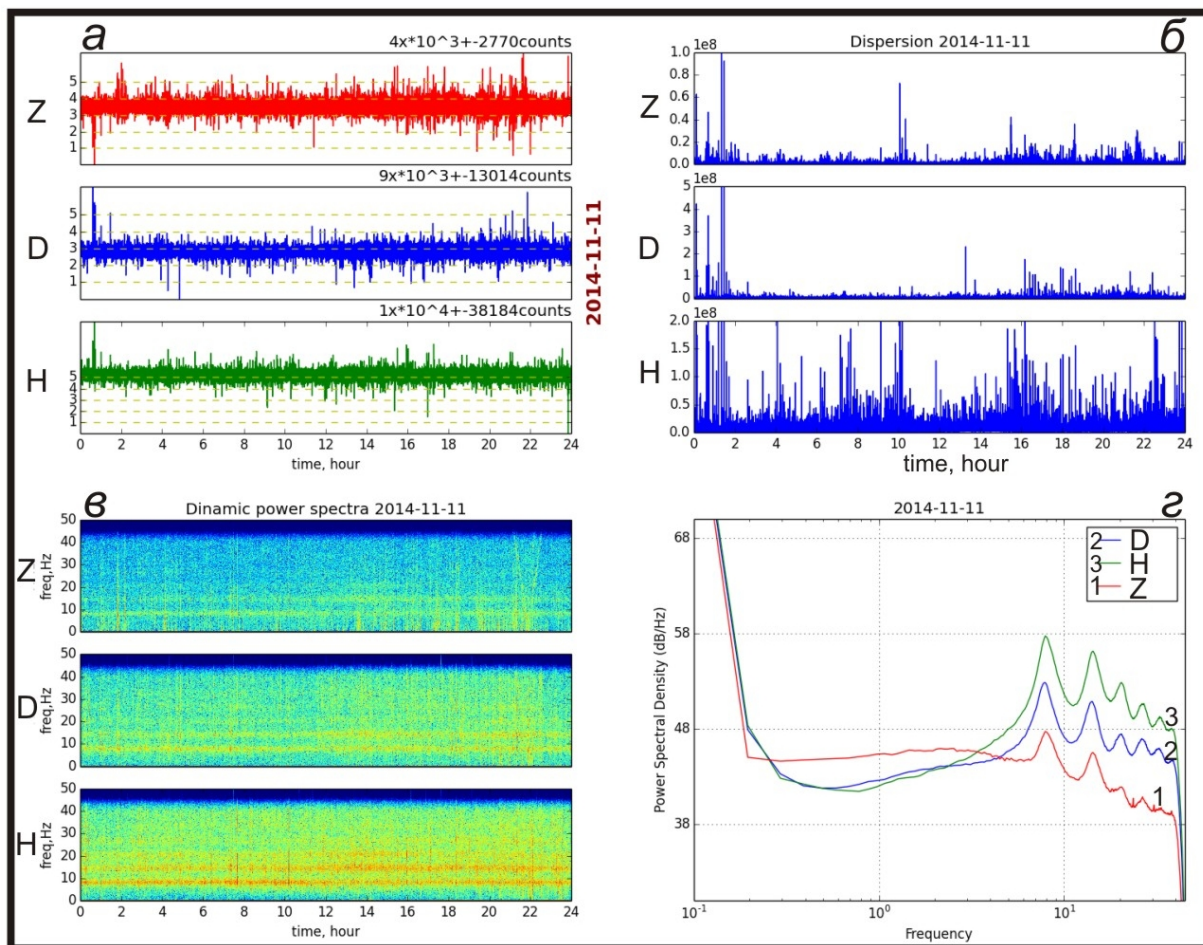


Рис. 5. Графики состояния геомагнитных данных по трем каналам за 11 ноября 2014 г. Волновые формы (а), дисперсия (б), динамические спектры (в), среднесуточные спектры (з).

7 – Архивирование графиков и отправление их по e-mail оператору и заинтересованным пользователям.

При наличии подключение к сети Internet с использованием электронной почты можно осуществлять просмотр и оценку состояния геомагнитных данных в режиме близком к реальному времени дистанционно, находясь не только на Камчатке, но и в др. городах России и мира.

8 – Просмотр и анализ суточных графиков и др. материалов оператором и построение сводной таблицы состояния геомагнитных данных (рис. 6).

В таблицах (рис. 6) представляются данные по работоспособности трех каналов магнитометра и заключения по пригодности данных наблюдений для дальнейшей обработки. В примечаниях к таблицам и в сносках



отображаются сведения, характеризующие особенности регистрации и записей.

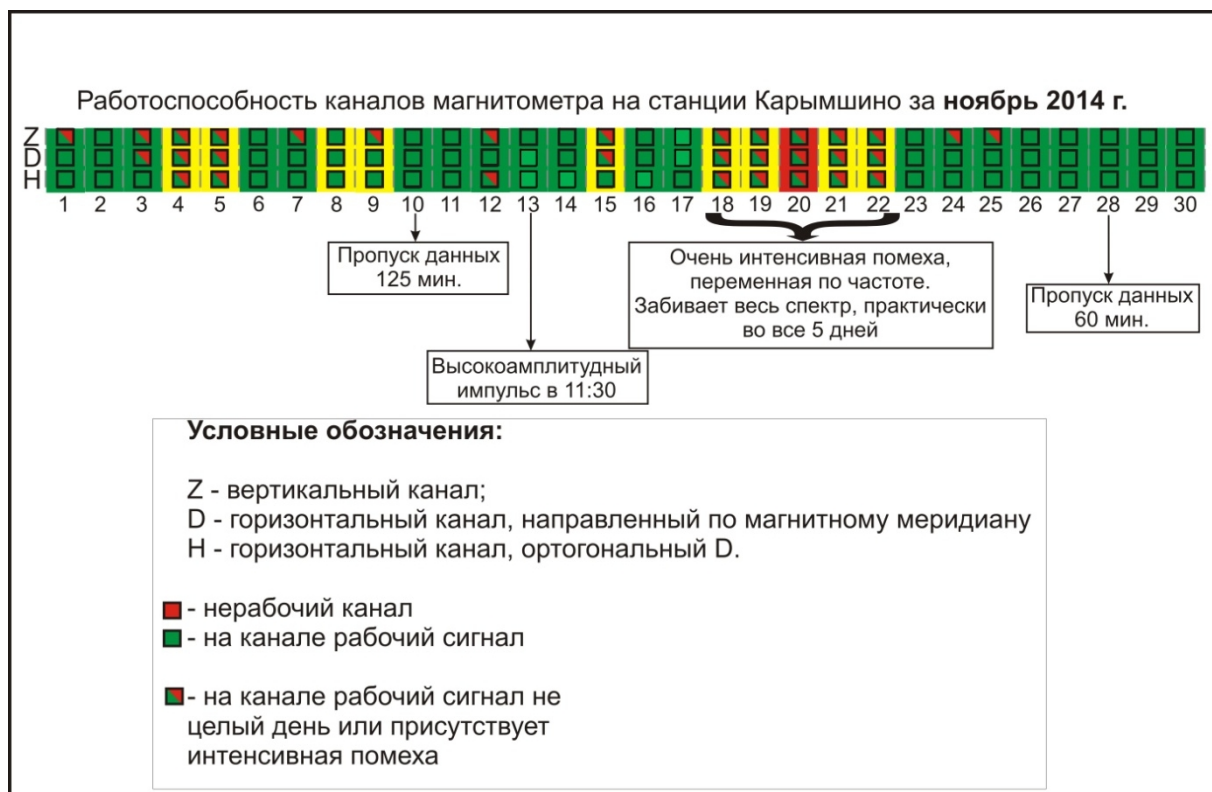


Рис. 6. Таблица состояния геомагнитных данных за ноябрь 2014 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С использованием созданного пакета мини-программ обеспечивается ежедневный автоматический прием и первичная обработка данных геомагнитных наблюдений на КГО «Карымшина».

Созданная система автоматизации работы оператора использует возможности канала передачи данных с КГО «Карымшина» на приемный центр КФ ГС РАН в г. Петропавловске-Камчатском по Internet в режиме реального времени.

На следующих этапах работы планируется опробование ранее предложенных методик обработки данных геомагнитных наблюдений [2-6] в целях оперативной диагностики признаков подготовки землетрясений и оценки их сейсмопрогностической информативности.

Автор выражает благодарность научному руководителю д.г.-м.н. Копыловой Г.Н. за постановку работы, а также Сероветникову С.С. , Махмудову Е.Р. и Иванову В.В. за помощь в написании пакета программ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Берсенёва Н.Ю., Копылова Г.Н.** Электромагнитные наблюдения КФ ГС РАН в Камчатском сейсмоактивном регионе// Тезисы докладов IV международного симпозиума «Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов», 23-29 июня 2014. Бишкек. 2014. С. 173-175.
2. **Haykawa M., Schekotov A.Y., Fedorov E.N., Hobara Y.** On the Ultra-Low-Frequency magnetic field depression for three huge oceanic earthquakes in Japan and in the Kurile Islands// Earth Science Reseach. 2013. Т.1. № 2. С. 33-40.
3. **Molchanov O., Schekotov A., Fedorov E. et all.** Preseismic ULF electromagnetic effect from observation at Kamchatka// Natural hazard and Earth system science. 2003. №3-4. С. 203-209.
4. **Schekotov A.Y., Molchanov O.A., Hattory K. et all.** Seismo-ionospheric depression of the ULF geomagnetic fluctuations at Kamchatka and Japan// Phys. Chem. EARTH . 2006. №31. С. 313-318.
5. **Shekotov A.Y., Molcanov O.A., Fedorov E.N. et all.** ULF/ELF magnetic field variations from atmosphere induced by seismicity// Radio Science. 2007. №42. С.1-13.
6. **Schekotov A.Y., Molchanov O.A., Chebrov V.N. et all.** About possibility to locate an EQ epicenter using parametrs of ELF/ULF preseismic emission// Natural hazard and Earth system science. 2008. №8. С. 1237-1242.

#### AUTOMATIZATION OF PREPROCESSING GEOMAGNETIC DATA AT KARYMSHINA OBSERVATORY, KAMCHATKA

**Bersenyeva N.Y.**

*Kamchatka Branch of the Geophysical Survey RAS, [nata@emsd.ru](mailto:nata@emsd.ru)*

Changes of three component of magnetic field are carried out with the magnetometer-variometer in the frequency range of ULF (0.003-40 Hz) at the complex geophysical observatory "Karymshina", Kamchatka. Since October, 2013 transfer of magnetic data to the KB GS RAS receiving center in Petropavlovsk-Kamchatsky has been provided with Internet channels in real time.

There are the characteristic of the created software for automatization of preprocessing and accumulation of geomagnetic data in the mode close to real time in the paper. It is for assessment of quality and suitability geomagnetic data for search of signals of preparation of strong earthquakes.

*Keywords: induction magnetometer, geomagnetic observations, data transmission system, automatization, Python.*