

УДК 621.396, 004.032, 004.031

**А. Е. МИРОШНИКОВ****РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИОНОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ «БАЗИС» ИНСТИТУТА ИОНОСФЕРЫ И СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ, РАБОТАЮЩЕЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Описывается разработанное программное обеспечение, которое позволяет получить в удобном для пользователя формате параметры космической погоды и данные автоматической ионосферной станции «Базис» Института ионосферы. Разработанное оригинальное программное обеспечение интегрировано с системой экспресс-обработки Института ионосферы и качественно дополняет ее.

**Ключевые слова:** web-приложение, космическая погода, обработка, база данных, ионосферная станция.

**Введение.** При модернизации и дальнейшем развитии системы экспресс-обработки данных радара некогерентного рассеяния [1] появилась потребность в получении дополнительных параметров космической погоды. Такие параметры могут быть получены как с помощью измерительных средств Института ионосферы (автоматическая ионосферная станция (АИС)) так и с привлечением данных из дополнительных открытых источников (система мониторинга космической погоды).

**Актуальность разработки базы данных АИС «Базис» Института ионосферы.** Метод вертикального зондирования ионосферы продолжает оставаться основным глобальным методом сбора информации об ионосфере. Станции вертикального зондирования позволяют по высотно-частотной характеристике отраженного от ионосферы сигнала определять критические частоты для слоев E, F1, F2 и рассчитывать профиль электронной концентрации. Разработка базы данных (БД) также позволит:

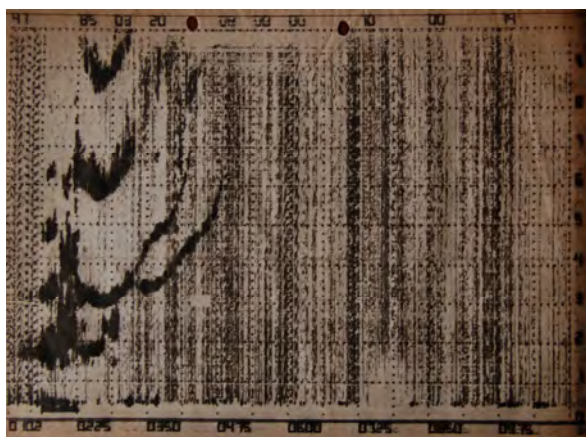
- каталогизировать данные в цифровом виде;
- повысить комфорт оператора при работе с данными АИС;
- предоставить пользователю доступ к данным в графическом и текстовом виде;
- использовать данные БД в режиме реального времени (при измерениях данные будут доступны через сеть Internet);

- модернизировать и повышать функциональность в будущем (разработка приложений на мобильные платформы и прочее);

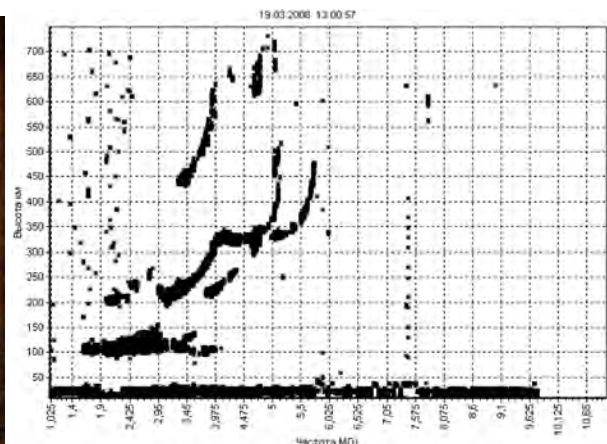
- интегрировать БД ионосферной станции с системой экспресс-обработки Института ионосферы;

**Выходные форматы данных АИС Института ионосферы «Базис».** Ионосферная станция, входящая в состав радиолокационного комплекса, позволяет проводить вертикальное зондирование и определять высотные характеристики ионосферы в диапазоне рабочей частоты от 0,3 МГц до 20 МГц с линейно возрастающим шагом от 1 кГц до 100 кГц. Количество рабочих частот в одном сеансе зондирования равно 400. Из-за шумоподобного характера принимаемого сигнала приходится применять метод когерентного накопления результатов – количество импульсов, последовательно излучаемых на каждой рабочей частоте, может меняться в диапазоне от 1 до 256.

Регистрация информации с АИС «Базис» во время измерений производится в графическом виде (посредством нанесения записи на электрохимическую бумагу регистрирующим устройством станции, рис. 1, а), а также в цифровом виде (файлы с развертками, полученные с помощью блока цифрового преобразования, рис. 1, б). Так же во время измерений оператор или после измерений



а



б

Рис. 1 – Пример выходных графических форматов данных:

а – ионограмма на специальной электрохимической бумаге; б – программные цифровые данные (развертка)

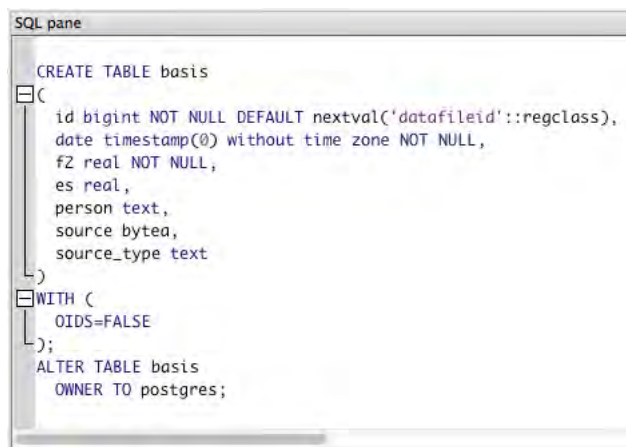
пользователь по данным высотно-частотной характеристики составляет журнал измерений с значениями критических частот слоев в текстовом табличном виде или в виде файла Microsoft Excel. Структура БД должна обеспечивать хранение и доступ ко всем перечисленным выше типам данных.

**Разработанное программное обеспечение для хранения данных АИС “Базис” Института ионосферы** основано на применении открытого программного обеспечения (ПО), а именно системы управления базами данных (СУБД) PostgreSQL, программы визуализации данных GnuPlot, веб-сервера Apache и оригинального программного обеспечения, написанного с использованием фреймворка Qt (C++). В качестве операционной системы (ОС) используется Ubuntu Server Linux.

Для хранения данных АИС была создана таблица в СУБД PostgreSQL (рис. 2) со следующими полями: id -

порядковый номер записи в таблице, date - дата и время измерений, F2 - значение критической частоты слоя F2, Es - значение критической частоты спорадического слоя Es, person - фамилия пользователя ответственного за получение достоверных данных, source - ионограмма (файл в графическом или двоичном виде), source\_type - вид ионограммы (сканированный вариант ионограммы на электро-химической бумаге, программные цифровые данные или другой вид данных).

Для экспорта и импорта данных были разработаны кросс-платформенные консольные приложения, которые могут работать в ОС Windows, Linux и Mac OS X. На рис. 3 представлен внешний вид программы импорта данных в БД.

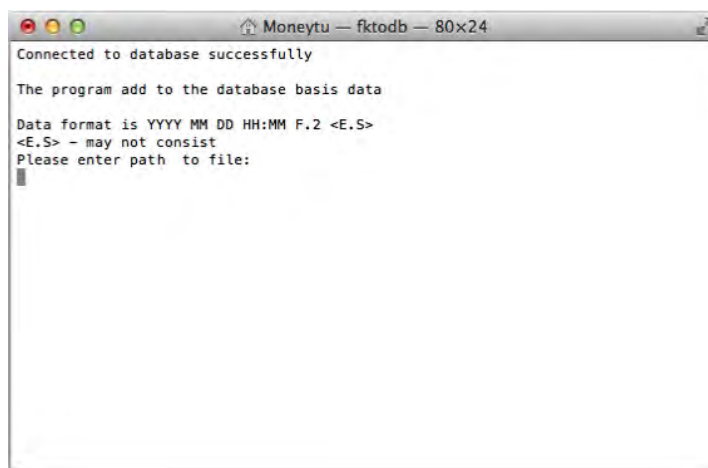


```

CREATE TABLE basis
(
  id bigint NOT NULL DEFAULT nextval('datafileid'::regclass),
  date timestamp(0) without time zone NOT NULL,
  f2 real NOT NULL,
  es real,
  person text,
  source bytea,
  source_type text
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
ALTER TABLE basis
OWNER TO postgres;

```

Рис. 2 – Запрос на языке SQL для создания таблицы в базе данных АИС “Базис”



```

Connected to database successfully

The program add to the database basis data

Data format is YYYY MM DD HH:MM F.2 <E.S>
<E.S> - may not consist
Please enter path to file:

```

Рис. 3 – Окно программы импорта данных в БД АИС “Базис”

На рис. 4 представлен внешний вид домашней страницы системы экспресс-обработки Института ионосферы, на котором присутствует универсальный указатель ресурса (URL) (пункт Automatic ionospheric station “Basis”) для запуска разработанного CGI-приложения выводящего даты измерений, присутствующих в БД (рис. 5). Эти даты, в свою

очередь, также являются ссылками URL на запуск CGI-приложения, визуализирующего данные присутствующие в базе. На рис. 6 представлен внешний вид вывода результатов работы этой программы – данные доступны в графическом виде и в формате XML файла в заархивированном (zip) виде (рис. 6, б).

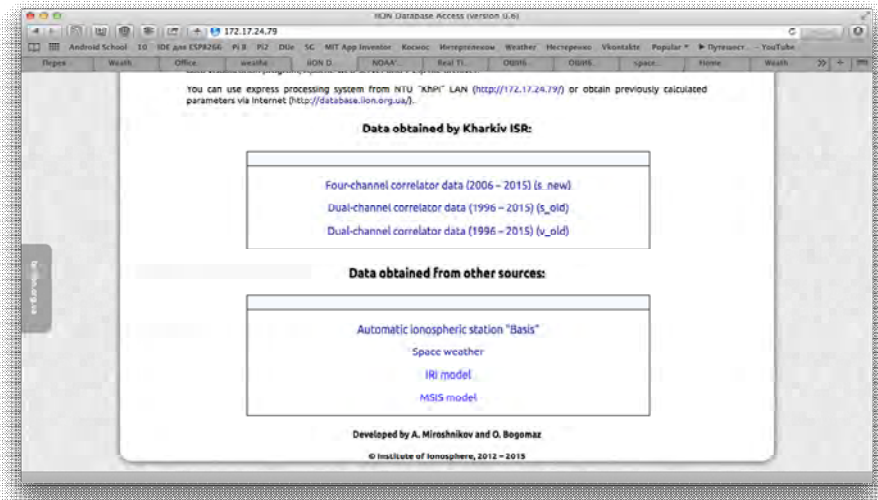


Рис. 4 – Главная страница сайта экспресс-обработки Института ионосферы.

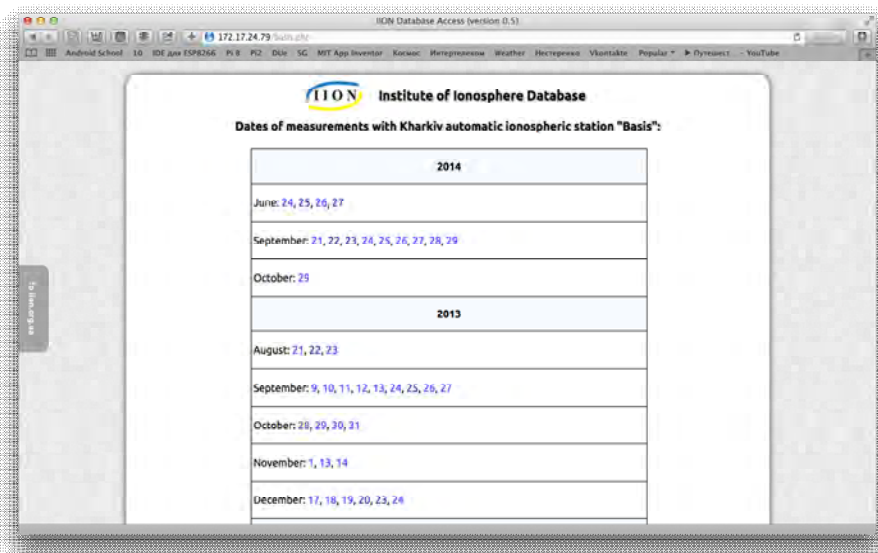
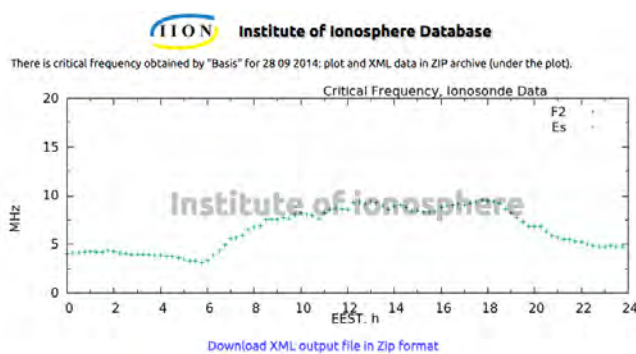


Рис. 5 – Web-страница, сформированная программой получения информации о наличии данных в БД



а

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <Basis>
3   <Seance>
4     <Date>2014-09-28</Date>
5     <Time>00:00</Time>
6     <F2_kr>4.05</F2_kr>
7     <ES xmlns:null="true">None</ES>
8   </Seance>
9   <Seance>
10    <Date>2014-09-28</Date>
11    <Time>00:15</Time>
12    <F2_kr>4.15</F2_kr>
13    <ES xmlns:null="true">None</ES>
14  </Seance>
15  <Seance>
16    <Date>2014-09-28</Date>
17    <Time>00:30</Time>
18    <F2_kr>4.125</F2_kr>
19    <ES xmlns:null="true">None</ES>
20  </Seance>
21  <Seance>
22    <Date>2014-09-28</Date>

```

б

Рис. 6 – Выходные форматы программы визуализации данных БД АИС “Базис”: а – суточный ход критической частоты; б – фрагмент данных в XML формате

**Интеграция БД АИС “Базис” с системой экспресс-обработки.** Для расчета высотного распределения электронной концентрации необходимо после статистического усреднения значений мощности сигнала рассеяния вдоль направления зондирования и уточнения с помощью корректирующего множителя (отношение температуры электронов к температуре ионов)

проводить привязку к абсолютному значению электронной концентрации в максимуме слоя F2. Данный максимум слоя F2 оценивается по критической частоте этого слоя. Таким образом, для возможности расчета высотно-временного хода электронной концентрации системой экспресс-обработки необходимы наличие значений критической частоты в БД АИС “Базис” (рис. 7).



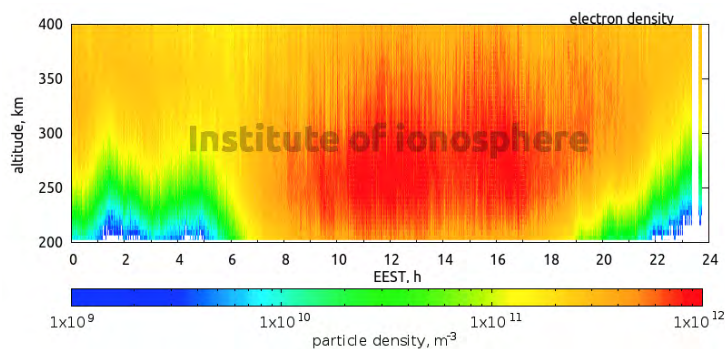


Рис. 7 – Пример расчета высотно-временного хода электронной концентрации системой экспресс-обработки Института ионосферы

**Актуальность разработки системы мониторинга космической погоды Института ионосферы.** Космическая погода связана с изменяющимися во времени условиями в Солнечной системе: в характеристиках солнечного ветра, магнитосферы, ионосферы и термосферы. К тематике космической погоды относятся вопросы солнечной и геомагнитной активности (геомагнитные бури), исследования воздействия солнечных факторов на технические системы (радиопомехи, пр.), воздействия на биологические системы и людей.

Созданная система мониторинга космической погоды Института ионосферы может быть применена как для научных, так и для прикладных задач, таких как:

- получение дополнительной информации при интерпретации результатов, полученных с помощью радара некогерентного рассеяния (НР) и автоматической ионосферной станции Института ионосферы;
- выбор режима работы радара НР;
- привязка времени работы измерительного комплекса к различным условиям космической погоды;
- контроль работы оборудования.

Существует определенное количество систем мониторинга космической погоды, однако все они имеют те или иные недостатки и имеют узкую научную специализацию.

**Исходные данные для системы мониторинга космической погоды.** Исходными входными данными для системы космической погоды Института ионосферы являются: уровень рентгеновского излучения Солнца, поток элементарных частиц, составляющие магнитного поля Земли (данные параметры берутся по данным спутниковых измерений), 3-х часовой планетарный индекс  $K$  (по данным наземных магнетометров) и данные станций наклонного зондирования в Прухонице (Чехия) и Москве (Россия). Данные берутся из сторонних открытых источников, таких как сайты National

Aeronautics and Space Administration (NASA), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), международной сети дигизондов и др. источников.

Данные космических измерений берутся с геостационарных спутников GOES-13, GOES-15 и GOES-14 (резервный). Инструменты на борту спутников включают: 5-канальный мультиспектральный тепловизор для получения в видимом и инфракрасном спектре изображения континентальной части Соединенных Штатов; инструмент для измерения температуры воздуха и влажности; солнечный рентгеновский тепловизор для обнаружения солнечных вспышек; инструмент для мониторинга магнитосферы, космического радиационного фона и заряженных частиц.

Данные станций наклонного зондирования были выбраны из практических соображений: дигизонд DPS-4 Института физики атмосферы (Institute of Atmospheric Physics CAS, Прухонице) находится на одной широте с АИС "Базис" Института ионосферы (Харьков) на расстоянии 1550 км., а дигизонд DPS-4 Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН, Москва) – ближайший инструмент, расположенный на расстоянии 650 км.

Для расчета среднего 3-х часового планетарного индекса используются данные сети наземных магнетометров Геологической службы США (U.S. Geological Survey), Британской геологической службы (British Geological Survey), Института физики Земли (Institut de Physique du Globe de Paris, Париж) и корейского центра космической погоды (Korean Space Weather Center). Используются магнетометры расположенные в: Боулдер, штат Колорадо, США; Шамбон-ла-Форе, Франция; Фредериксбург, штат Вирджиния, США; Фресно, штат Калифорния, США; Хартленд, Великобритания; Ньюпорт, штат Вашингтон, США; Ситка, штат Аляска, США; Чеджу, Корея.

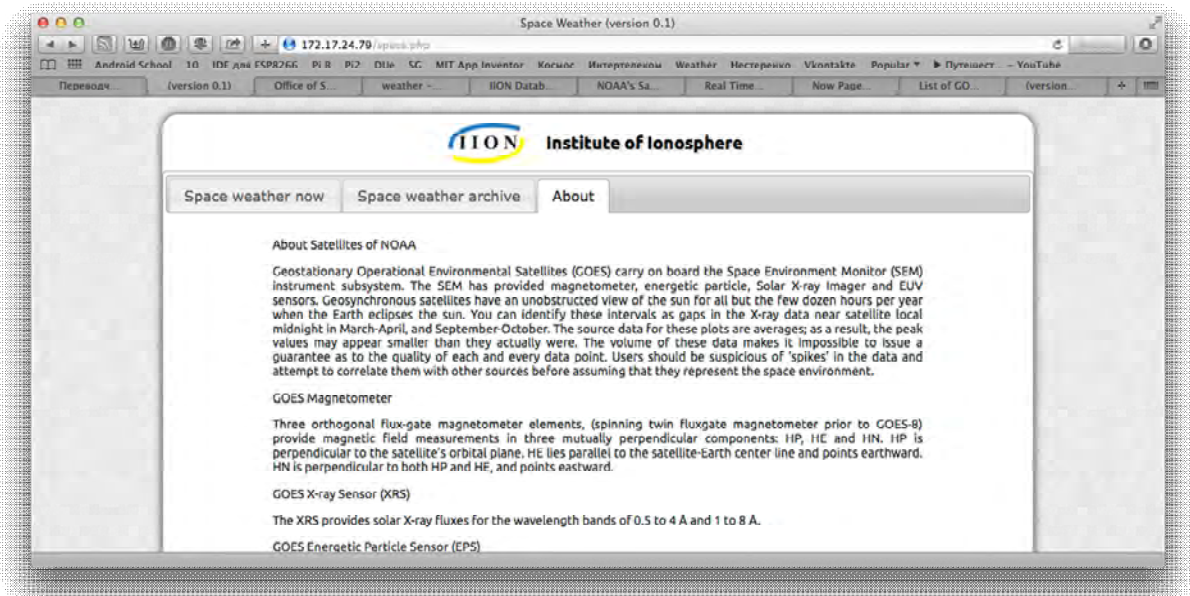


Рис. 8 – Фрагмент сайта системы мониторинга космической погоды Института ионосферы, вкладка *About*

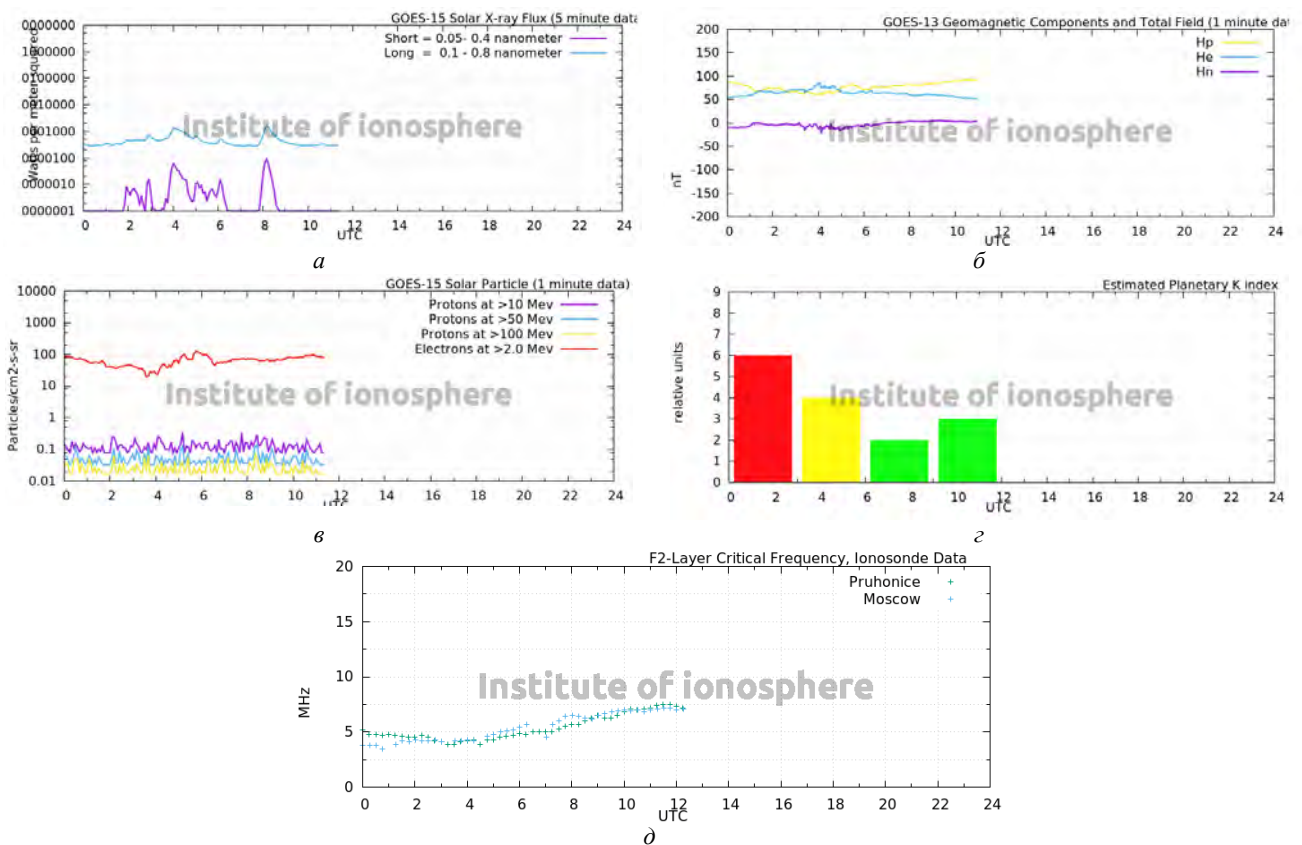
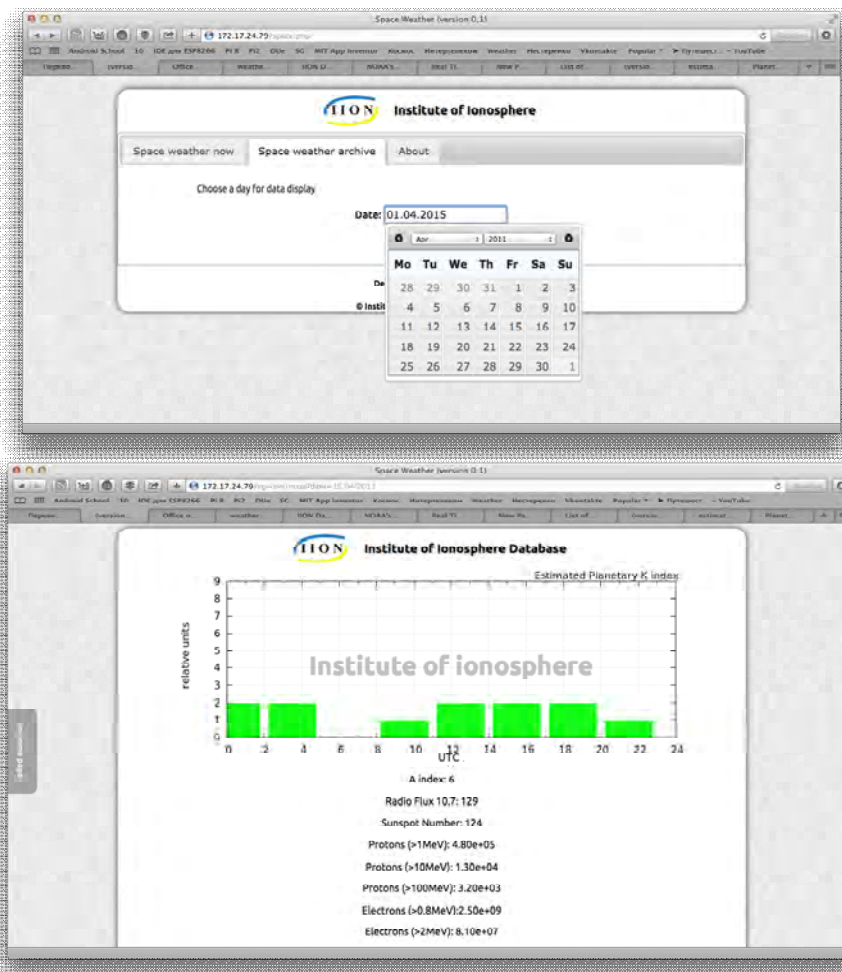


Рис. 9 – Основные выходные данные системы мониторинга космической погоды: *а* – уровень рентгеновского излучения Солнца; *б* – составляющие магнитного поля Земли; *в* – поток элементарных частиц; *г* – 3-х часовой планетарный индекс *K*; *д* – данные станций наклонного зондирования в г. Прухонице и г. Москва.



а

б

Рис. 10 – Фрагмент сайта системы мониторинга космической погоды Института ионосферы, вкладка *Space weather archive*: а – выбор даты; б – параметры, доступные в архиве

**Практическая реализация системы мониторинга космической погоды.** Разработанная система мониторинга космической погоды Института ионосферы работает на стороне удаленного сервера, использует оригинальное ПО написанное на языке C++ (фреймверк Qt) и работает совместно с программой GnuPlot, JavaScript библиотекой jQuery и веб-сервером Apache. Система работает в режиме реального времени и доступна в сети НТУ «ХПИ» на сайте экспресс-обработки Института ионосферы (рис.3, меню Space weather). Веб-сайт системы мониторинга космической погоды состоит из трех вкладок: *Space weather now*, *Space weather archive* и *About*.

Вкладка *About* (рис. 8) содержит краткое описание назначения системы, описание параметров космической погоды, инструментов с помощью которых они были получены, режимы работы инструментов и приводятся источники данных.

Вкладка *Space weather now* показывает актуальные параметры космической погоды в режиме реального времени (рис. 9), при условии наличия источников данных.

Вкладка *Space weather archive* содержит подпрограмму работающую в офлайн режиме и содержит архивные значения параметров (рис. 10, а).

Пользователю предлагается ввести дату, заполнив форму или выбрав число из выпадающего календаря. Если данные за введённое число присутствуют в архиве, то выводятся значения параметров космической погоды в текстовом и графическом виде. Если была введена дата, данные для которой еще не присутствуют в архиве, данные архива подсистемы обновляются, а затем предоставляются пользователю. Подпрограмма архивных данных содержит значения параметров космической погоды с 1995 года и содержит такие параметры как: планетарный *A* индекс, поток солнечного радиоизлучения на волне 10.7 см, количество солнечных пятен, среднесуточный поток элементарных частиц по спутниковым измерениям, 3-х часовой планетарный индекс *K*.

**Выводы.** Создана БД для хранения данных АИС «Базис» Института ионосферы и разработан комплекс программ, которые позволяют производить импорт и экспорт данных, каталогизировать данные и предоставлять данные в удобном для пользователя формате. Также разработан комплекс программ системы мониторинга космической погоды, которые предоставляют данные пользователю в режиме реального времени. Система имеет возможность предоставлять пользователю данные из архива данных космической погоды. Все разработанное оригинальное

ПО интегрировано с системой экспресс-обработки Института ионосферы и качественно дополняет ее.

**Список литературы:** 1. *Miroshnikov A.E.* Incoherent scatter radar data processing on a remote server [Электронный ресурс] / *A.E. Miroshnikov, O.V. Bogomaz* // 12th Kharkiv Young Scientists Conference on Radiophysics, Electronics, Photonics and Biophysics. – Kharkiv, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). 2. *Богомаз А.В.* Преимущества обработки данных радара НР на удалённом сервере / *А.В. Богомаз, А.Е. Мирошников* // Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения Украины: материалы Науч.-техн. конфер. студентов, аспирантов и молодых ученых, 24–25 дек. 2012 г. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. – С. 27–28. 3. *Miroshnikov A.E.* Kharkiv Institute ionosphere incoherent scatter radar (Ukraine) express data processing on a remote server and visualization of results [Электронный ресурс] / *A.E. Miroshnikov, O.V. Bogomaz* // 16th International EISCAT symposium, 12–16 August 2013, Lancaster UK. – Lancaster, 2013. – [http://eiscat2013.lancs.ac.uk/wp-content/uploads/2013/08/3\\_Miroshnikov\\_Miroshnikov\\_Abstract.pdf](http://eiscat2013.lancs.ac.uk/wp-content/uploads/2013/08/3_Miroshnikov_Miroshnikov_Abstract.pdf). 4. *Богомаз А.В.* Экспресс-обработка данных радара некогерентного рассеяния на удалённом сервере / *А.В. Богомаз, А.Е. Мирошников* // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Серия: «Радиофизика и ионосфера». – 2013. – №28 (1001). – С. 63–68. 5. *Мирошников А.С.* Візуалізація результатів обробки даних радара некогерентного розсіяння на віддаленому сервері / *А.С. Мирошников, О.В. Богомаз* // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції, Ч.ІІІ (29–31 травня 2013 р., Харків). Секція 17. Навколоземний космічний простір. Радіофізика та іоносфера – Харків: НТУ «ХПИ». – С. 200. 6. *Miroshnikov A.* Program of data exchange in XML format of ISR express data processing system running on the server-side / *A. Miroshnikov, O. Bogomaz, A. Zhuk* // International School-Conference “Remote radio sounding of the ionosphere (ION-2013)”, September, 30 – October, 4, 2013, Maly Mayak (Big Alushta), Crimea, Ukraine. – Book of abstracts. – 2013. – P. 51. 7. *Мирошников А.Е.* Кросс-платформенное программное обеспечение для работы с базой данных института ионосферы / *Мирошников А.Е., Богомаз А.В.* // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Серия: «Радиофизика и ионосфера». – 2013. – №33 (1066)-С. 46-50. 8. *Пуляев В.А.* Запись ионосферных параметров в формате базы данных MADRIGAL / *Пуляев В.А., Белозеров Д.П., Мирошников А.Е.* // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Серия: «Радиофизика и ионосфера». – 2013. – №28 (1001) – С. 46-52. 9. *Мирошников А.С.* Разработка базы данных автоматической ионосферной станции «Базис» института ионосферы / *А.С. Мирошников* // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції, Ч.ІІІ (20 – 22 травня 2015 р., Харків). Секція 17. Навколоземний космічний простір. Радіофізика та іоносфера – Харків: НТУ «ХПИ». – С. 284. 10. *Мирошников А.С.* Разработка системы мониторинга космической погоды, работающей в режиме реального времени, для института ионосферы / *А.С. Мирошников* // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції, Ч.ІІІ (20 – 22 травня 2015 р., Харків). Секція 17. Навколоземний космічний простір. Радіофізика та іоносфера – Харків: НТУ «ХПИ». – С. 284.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Miroshnikov A.E.* Incoherent scatter radar data processing on a remote server [Elektronnyy resurs] /

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Мирошников Артем Євгенійович** – молодший науковий співробітник Інституту іоносфери НАН та МОН України, м. Харків, тел.: (098) 922-32-42; e-mail: moneytu@gmail.com.

**Мирошников Артем Євгенєвич** – младший научный сотрудник Института ионосферы, г. Харьков; тел.: (098) 922-32-42; e-mail: moneytu@gmail.com.

**Miroshnikov Artem Evgenyevich** – Junior Researcher of Institute of Ionosphere, Kharkiv; tel.: (098) 922-32-42; e-mail: moneytu@gmail.com.

*A.E. Miroshnikov, O.V. Bogomaz* // 12th Kharkiv Young Scientists Conference on Radiophysics, Electronics, Photonics and Biophysics. – Kharkiv, 2012. – 1 elektron. opt. disk (CD-ROM). 2. *Bogomaz A.V.* Preimuschestva obrabotki dannykh radara NR na udalYonnom servere / *A.V. Bogomaz, A.E. Miroshnikov* // Aktualnyie problemyi avtomatiki i priborostroeniya Ukrainyi: materialyi Nauch.-tehn. konfer. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, 24–25 dek. 2012 g. – Kharkov: NTU «HPI», 2012. – P. 27–28. 3. *Miroshnikov A.E.* Kharkiv Institute ionosphere incoherent scatter radar (Ukraine) express data processing on a remote server and visualization of results [Elektronnyy resurs] / *A.E. Miroshnikov, O.V. Bogomaz* // 16th International EISCAT symposium, 12–16 August 2013, Lancaster UK. – Lancaster, 2013. – [http://eiscat2013.lancs.ac.uk/wp-content/uploads/2013/08/3\\_Miroshnikov\\_Miroshnikov\\_Abstract.pdf](http://eiscat2013.lancs.ac.uk/wp-content/uploads/2013/08/3_Miroshnikov_Miroshnikov_Abstract.pdf). 4. *Bogomaz A.V.* Ekspress-obrabotka dannykh radara nekogerentnogo rasseyaniya na udalYonnom servere / *A.V. Bogomaz, A.E. Miroshnikov* // Vestnik Natsionalnogo tehniceskogo universiteta «Harkovskiy politehnicheskii institut». Seriya: «Radiofizika i ionosfera». – 2013. – Vol 28 (1001). – P. 63–68. 5. *Miroshnikov A.E.* Vizualizatsiya rezultativ obrobki danih radara nekogerentnogo rozslYannya na viddalenomu serveri / *A.E. Miroshnikov, O.V. Bogomaz* // Informatsiyni tehnologiyyi: nauka, tehnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: Tezi dopovidey XXI mizhnarodnoyi naukovo-praktichnoyi konferentsiyi, Ch.III (29–31 travnya 2013 r., Kharkiv). Sektsiya 17. Navkolozemniy kosmichnyi prostir. Radiofizika ta Ionosfera – Kharkiv: NTU «KhPI». – P. 200. 6. *Miroshnikov A.* Program of data exchange in XML format of ISR express data processing system running on the server-side / *A. Miroshnikov, O. Bogomaz, A. Zhuk* // International School-Conference “Remote radio sounding of the ionosphere (ION-2013)”, September, 30 – October, 4, 2013, Maly Mayak (Big Alushta), Crimea, Ukraine. – Book of abstracts. – 2013. – P. 51. 7. *Miroshnikov A.E.* Kross-platfornennoe programmnoe obespechenie dlya raboty s bazoy dannykh instituta ionosfery / *Miroshnikov A.E., Bogomaz A.V.* // Vestnik Natsionalnogo tehniceskogo universiteta «Kharkovskiy politehnicheskii institut». Seriya: «Radiofizika i ionosfera». – 2013. – Vol 33 (1066)-P. 46-50. 8. *Pulyaev V.A.* Zapis ionosfernnykh parametrov v formate bazy dannykh MADRIGAL / *Pulyaev V.A., Belozarov D.P., Miroshnikov A.E.* // Vestnik Natsionalnogo tehniceskogo universiteta «Kharkovskiy politehnicheskii institut». Seriya: «Radiofizika i ionosfera». – 2013. – Vol 28 (1001) – P. 46-52. 9. *Miroshnikov A.E.* Razrabotka bazy dannykh avtomaticheskoy ionosfernoy stantsii «Bazis» instituta ionosfery / *A.E. Miroshnikov* // Informatsiyni tehnologiyyi: nauka, tehnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: Tezi dopovidey XXIII mizhnarodnoyi naukovo-praktichnoyi konferentsiyi, Ch.III (20 – 22 travnya 2015 r., Kharkiv). Sektsiya 17. Navkolozemniy kosmichnyi prostir. Radiofizika ta Ionosfera – Kharkiv: NTU «KhPI». – P. 284. 10. *Miroshnikov A.E.* Razrabotka sistemyi monitoringa kosmicheskoy pogodyi, rabotayushey v rezhime realnogo vremeni, dlya instituta ionosfery / *A.E. Miroshnikov* // Informatsiyni tehnologiyyi: nauka, tehnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: Tezi dopovidey XXIII mizhnarodnoyi naukovo-praktichnoyi konferentsiyi, Ch.III (20 – 22 travnya 2015 r., Harkiv). Sektsiya 17. Navkolozemniy kosmichnyi prostir. Radiofizika ta ionosfera – Kharkiv: NTU «KhPI». – P. 284.

*Поступила (received) 28.08.2015*