

УДК 550.388.2

УНИФИКАЦИЯ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ РАЗНЫХ ИОНОЗОНДОВ В ИРКУТСКЕ

А.Г. Ким, В.П. Грозов

THE UNIFICATION OF IONOSPHERE VERTICAL SOUNDING DATA OBTAINED BY DIFFERENT IONOSOUNDERS IN IRKUTSK

A.G. Kim, V.P. Grozov

Унификация доступа и способа обработки экспериментальных данных вертикального зондирования ионосферы производится преобразованием данных, полученных с помощью разных ионозондов, в единый формат, который совместим с программным обеспечением дигизондов, широко применяющихся в радиофизических исследованиях во всем мире. Данные обработки хранятся в формате SAO (Standard Archiving Output Format). Таким образом были объединены данные ЛЧМ-ионозондов и дигизондов ИСЗФ СО РАН в единую базу данных.

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS in Irkutsk has a considerable amount of experimental data obtained since 1955 by own different radiophysical tools. The data unification is realized through reduction to unified format which is compatible with the digisonodes taking part in radiophysical investigations all round the world. The processing data is stored in Standard Archiving Output (SAO) format. By this means the unification of chirp-sounders data and digisonodes data of ISTP SB RAS to the one database was done successfully.

Введение

Для получения сведений о состоянии ионосферы в конкретные моменты времени применяются различные ионосферные станции. Данные, которые человек получает с их помощью, позволяют выполнять диагностику ионосферы и прогнозировать ее состояние. Это помогает обеспечению надежной, а в некоторых ситуациях незаменимой радиосвязи на коротких волнах. Способы получения и записи ионограмм ионосферными станциями могут отличаться, но способы обработки, интерпретации ионограмм могут быть, как правило, описаны общими правилами и руководствами. Удобным и практичным потому выглядит создание и использование для этих целей универсального программного обеспечения и применение его независимо от типа ионосферных станций.

С середины 1950-х гг. в Институте солнечно-земной физики СО РАН (в то время СИБИЗМИР АН СССР) в Иркутске (52° N, 104° E) проводятся исследования верхней атмосферы Земли с помощью различных ионозондов. За это время был накоплен большой экспериментальный материал как в аналоговой форме (данные автоматической ионосферной станции АИС вертикального зондирования (ВЗ), записанные на фотопленках), так и в цифровой форме (данные, полученные на импульсных ионозондах ВЗ: на станции «Вертикаль», на дигизондах DPS-4 в Иркутске и в Норильске). Также в цифровой форме хранятся данные, полученные на ЛЧМ-ионозонде, который может работать в режимах ВЗ (при слабонаклонном зондировании на короткой трассе), наклонном зондировании, возвратно-наклонного зондирования и в режиме зондирования ионосферы кругосветным сигналом.

Для проведения комплексных радиофизических исследований, опирающихся на данные ВЗ длительных периодов времени, необходима единая информационная система, которая становится возможной благодаря проведенной унификации и способа обработки экспериментальных данных ВЗ ионосферы и доступа к ним. Унификация данных, полученных с

помощью разных ионозондов ВЗ, производится преобразованием данных в единый формат. В качестве универсального комплекса для интерпретации ионограмм ВЗ независимо от типа ионосферных станций используется программный комплекс (ПК) «SAO-Explorer», применяемый в современных системах ВЗ ионосферы по всему миру – в дигизондах.

Инструменты: ЛЧМ-ионозонд

В 1983 г. в ИСЗФ СО РАН был создан ЛЧМ-ионозонд, способный работать во всех основных режимах зондирования [1]. Приемный пункт был расположен вдали от городских и промышленных источников радиопомех в Бурятии в Тункинской долине в поселке Торы (51.8° N, 103° E). Получаемые данные сначала записывались на магнитную пленку. Формат, в котором данные сохранялись на магнитную пленку, используется и в настоящее время (с небольшими изменениями).

В конце 80-х гг. ионограммы ЛЧМ-ионозонда и данные их обработки были организованы в базу данных под управлением СУБД CLARION, для работы с которой в ИСЗФ СО РАН был создан автоматизированный комплекс средств обработки ионограмм и прогнозирования условий распространения декаметровых радиоволн. В этой базе данных ионограммы (за период 1986–2000 гг.) записаны в унифицированном формате, который отличается от формата регистрации данных. Кроме того, ионограммы, хранящиеся в этой базе данных, упакованы архиватором PKZIP.

В 2002 г. передающая и приемная системы ЛЧМ-ионозондов были модернизированы (установлено новое оборудование, система регистрации переведена на новую цифровую технологию) [2]. В результате увеличилась разрешающая способность по частоте и по задержке (размер ионограммы стал 600×512 точек (600 точек по частоте и 512 точек по задержке) вместо прежних 240×200 точек). Запись файлов полученных ионограмм производится на жесткий диск управляющего компьютера приемного комплекса ЛЧМ-зонда. В качестве формата записи

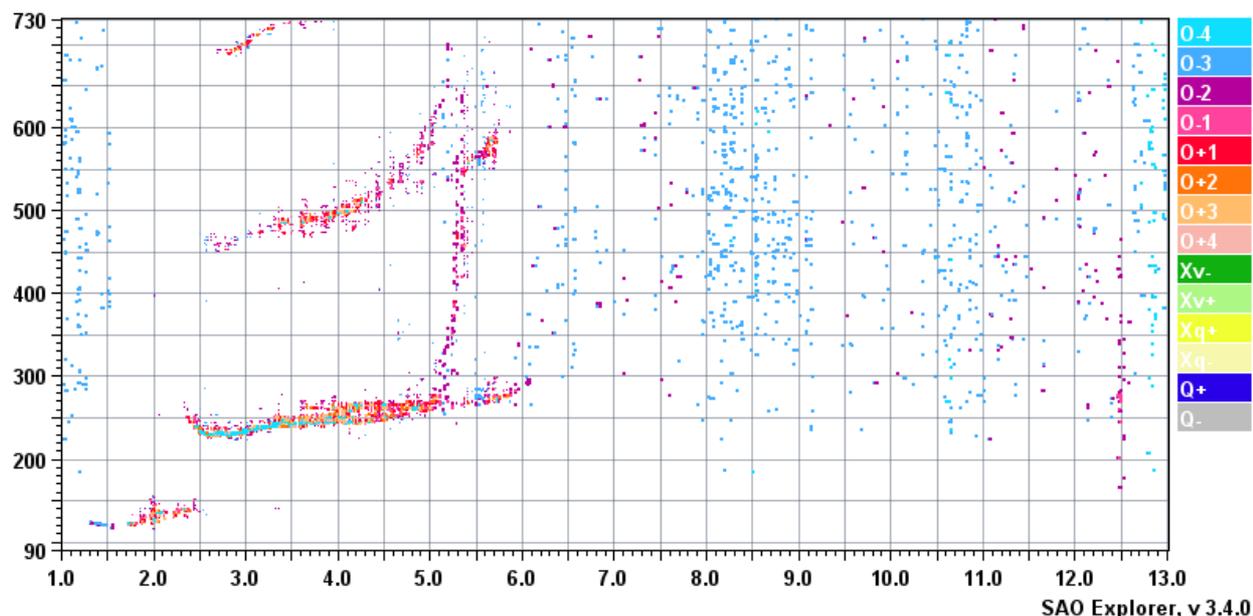


Рис. 1. Пример преобразованной ионограммы ВЗ ЛЧМ-ионозонда.

данных ЛЧМ-ионозонда используется формат (с небольшими изменениями), который применялся раньше, когда запись данных производилась на магнитную пленку.

Инструменты: Дигизонд

Одним из основных инструментов для наблюдения за состоянием ионосферы являются дигизонды, которые несут свою вахту во многих точках мира [3] и выпускаются Центром атмосферных исследований (Массачусетский университет Лоуэлла, США). В России дигизонды DPS-4 установлены в Иркутске (с 2002 г.), Норильске, Якутске и Жиганске. Основное назначение DPS-4: восстановление профиля электронной концентрации из ионограмм ВЗ и измерение скоростей дрейфа ионосферных неоднородностей на основе доплеровских и угломестных измерений.

Широкие возможности предоставляет ПК для обработки ионограмм ВЗ «SAO-Explorer», входящий в комплект дигизонда и доступный на сайте Центра атмосферных исследований <http://ulcar.uml.edu/>. «SAO-Explorer» позволяет использовать большой набор услуг и получать удобный доступ к полному набору ионосферных параметров [4], который включает в себя критические частоты слоев ионосферы, действующие высоты, параметр $M(3000)$, параметры слоя E_s и другие. Помимо этого автоматически рассчитывается $N(h)$ -профиль. Имеется возможность сравнивать экспериментальные значения с прогнозными значениями (рассчитываемыми по модели IRI). Автоматически рассчитывается и строится суточный ход всех необходимых параметров с нужным шагом. Встроено получение контура и профилей плотности ионосферной плазмы. Имеется возможность настройки цветовой палитры и сохранения данных в виде рисунка или таблицы. Обработанная информация хранится в формате SAO

(Standard Archiving Output Format), используемом для обмена данными между современными ионосферными станциями во всем мире.

Унификация данных

Важную роль играет формат, в котором записываются и хранятся данные наблюдений. От него зависят размер файлов данных (которые должны храниться длительное время), надежность хранения информации и степень ее защиты от сбоев. Большое значение имеет способность формата адаптироваться к изменениям (в том числе и к новым возможностям), которые могут появиться в будущем после модернизации технических узлов ионозонда. Кроме того, важна программная совместимость получаемых данных с использующимся программным обеспечением, которое применяется при обработке ионограмм для получения различных ионосферных параметров и при проведении численных расчетов, в которых используются экспериментальные данные.

Для унификации способов доступа и обработки экспериментальных данных ВЗ, полученных на разных ионозондах ВЗ, выполняется преобразование всех полученных ранее и получаемых сейчас данных ВЗ в формат данных дигизонда (пример преобразованной ионограммы ВЗ ЛЧМ-ионозонда приведен на рис. 1). Ионограммы имеют следующие общие параметры: 256 точек по высоте (по дальности), шаг по высоте 2.5 км, область высот 90–730 км. Если шаг по высоте в исходной ионограмме не равен 2.5 км, то амплитуды получаемых отсчетов линейно интерполируются между соседними отсчетами на той же частоте зондирования. Стандартный ПК дигизонда «SAO-Explorer» позволяет в полуавтоматическом режиме при участии оператора проводить вторичную обработку ионограмм, во время которой по выделенным трекам автоматически определяется стандартный набор ионосферных параметров, а также

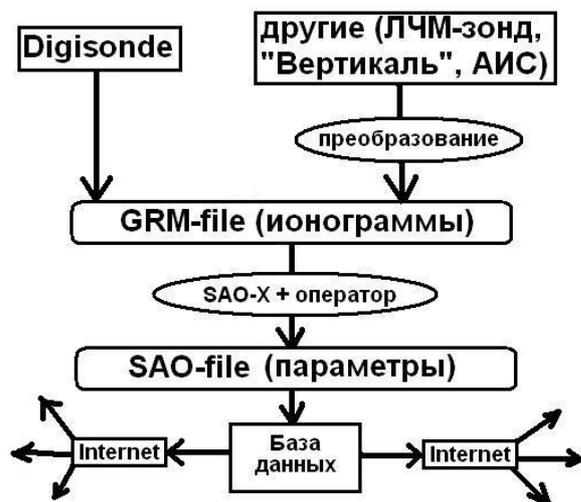


Рис. 2. Общая схема работы с данными ВЗ.

рассчитывается профиль электронной концентрации. Данные обработки ионограмм хранятся в формате SAO. В этом случае обработка данных проводится в рамках единой идеологии, что облегчает процесс обработки ионограмм и анализа получаемой информации. Полученные геофизические характеристики записываются в единую базу данных ВЗ, открытую для доступа (обмена и обновлений) через Интернет (рис. 2).

Заключение

Технология унификации данных ВЗ прошла апробацию на данных иркутских и камчатской [5] станций ВЗ. Приведение данных ВЗ, полученных на ЛЧМ-ионозонде (в режиме слабонаклонного зондирования), в формат, совместимый с дигизондом, также показало, что возможно создание единой базы данных ВЗ, полученных на разных ионосферных станциях ВЗ. В этом случае облегчается (и улучшается) как процесс обработки ионограмм, так и организация доступа к получаемым ионосферным параметрам. Все имеющиеся данные ВЗ, полученные после модернизации ЛЧМ-ионозонда, были преобразованы в формат, совместимый с дигизондом, а также обработаны и включены в созданную единую базу данных.

Преобразование данных в формат дигизонда и широкие возможности программного комплекса, использованного для обработки ионограмм ВЗ, позволили увеличить скорость получения и удобство представления большого набора ионосферных параметров, чем это было раньше. Несмотря на разнообразие форматов данных, наличие созданных программ унификации данных ВЗ позволяет успешно использовать накопленный экспериментальный материал для решения различных научных задач по обработке полученных экспериментальных данных. К числу таких задач относятся проверка различных методов расчета характеристик распространения декаметровых радиоволн, а также проведение комплексных исследований, опирающихся на длинные ряды данных, которые могут помочь при создании моделей ионосферы Земли и решении задач прогнозирования ее свойств.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 05-07-90212).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brynko I.G., Galkin I.A., Grozov V.P., et al. An automatically controlled data gathering and processing system using a FMCW ionosonde // *Adv. Space Res.* 1988. V. 8, N 4. P. 121–124.
2. Матюшонок С.М., Савченко Т.Н. Многофункциональный приемный комплекс ионосферного зондирования // *Труды Междунар. научн. конф. «Излучение и рассеяние ЭМВ»*, Июнь 16–20. Таганрог, 2003. С. 283–286.
3. Reinisch B.W., Galkin I.A., Khmyrov G., et al. Automated collection and dissemination of ionospheric data from the digisonde network // *Adv. Radio Sci.* 2004. V. 2. P. 241–247.
4. Piggott W.R., Rawer K. U.R.S.I. Handbook of Ionogram Interpretation and Reduction / World Data Center A. // *Report UAG – 23A.* 1978.
5. Kim A.G., Kotovich G.V., Grozov V.P., et al. Contemporary techniques for Kamchatka's vertical sounding ionograms processing. Results of ionosphere observations during the storm November 7–11, 2004 // *XII Joint International Symposium "Atmospheric and Ocean Optics/Atmospheric Physics"*: Proceedings of SPIE. 2006. V. 6160. P. 616032.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,
kim_anton@mail.ru