

Шкуркин Максим Сергеевич – ФБУ «ГНМЦ Минобороны России»; e-mail: maxwell27@rambler.ru; 141006, г. Мытищи, Московская область; тел.: 84955869785; отдел исследований по обеспечению единства измерений напряжённости электромагнитных полей, параметров электромагнитной совместимости и радиолокационной заметности, начальник лаборатории.

Shkurkin Maksim Sergeevich – FBE «The Main Science Metrological Centre of The Defense Ministry of Russian Federation»; e-mail: maxwell27@rambler.ru; 141006, Mytisch, Moscow area; phone: +74955869785; department of electromagnetic field, electromagnetic compatibility and radar perceptibility measurement assurance, head of a sector.

УДК 550.8.08

В.Т. Минлигареев, В.Б. Лапшин, Е.А. Паньшин, С.В. Доренский

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИОНОСФЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, СВЯЗИ И
НАВИГАЦИИ**

Проведен анализ состояния метрологического обеспечения ионосферных наблюдений Росгидромета с целью эффективного функционирования систем, управления, связи и навигации. Выявлены проблемы и рассмотрены предложения по улучшению качества измерений для оперативного реагирования на ионосферные возмущения над территорией Российской Федерации, с требуемой точностью и достоверностью. В работе изложен системный подход в совершенствовании метрологического обеспечения ионосферных наблюдений и представлены предложения: по испытаниям средств измерений в целях утверждения типа; созданию рабочих эталонов; разработке нормативного обеспечения и перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений; созданию профильного технического комитета.

Метрологическое обеспечение; ионосферные наблюдения; точность и достоверность измерительной информации; системы управления; связи и навигации.

V.T. Minligareev, V.B. Lapshin, E.A. Panshin, S.V. Dorenskiy

**IMPROVEMENT OF METROLOGY ASSURANCE IONOSPHERIC
OBSERVATIONS FOR EFFECTIVE OPERATION CONTROL SYSTEMS,
COMMUNICATION AND NAVIGATION**

The analysis was performed for metrological provision of ionospheric observations Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring to the effective functioning of systems, control, communications and navigation. Problems were identified and proposals were considered to improve the quality of measurements for rapid response to ionospheric disturbances over the territory of the Russian Federation with the required accuracy and reliability. The paper outlined a systematic approach to improve the metrological provision of ionospheric observations and suggestions are presented: the testing of measuring instruments for type approval, the creation of working etalons, the development of normative support and a list of measurements falling within the scope of state regulation to ensure uniformity of measurements, the creation of the profile of the technical committee.

Metrological support; ionospheric observation; accuracy and reliability of measurement information; control systems; communications and navigation.

Ионосферные возмущения естественного и искусственного происхождения с каждым годом все заметнее влияют на различные сферы человеческой деятельности (функционирование систем управления, связи и навигации морских, воздуш-

ных и космических объектов, протяженных трубопроводов, линий электропередач), качество наблюдений и их всестороннее изучение имеет все возрастающее практическое значение. Ионосферные возмущения оцениваются как опасные, при достижении ими определенных значений (критериев), перечень которых приведен в [1, 2] соответственно в разделах А.5.3 – «Сильное возмущение ионосферы с нарушением КВ-связи» и R1–R5 – «Поглощение радиоволн».

С каждым годом качество мониторинга ионосферы приобретает все большую актуальность и используется:

- ◆ для контроля за состоянием околоземного космического пространства (верхней атмосферы);
- ◆ прогнозирования основных характеристик ионосферы (для описания условий распространения радиоволн).

Оба этих вида информации предназначены для решения следующих задач:

- ◆ обеспечения наземной высокочастотной радиосвязи (ВЧ) от 2 до 40 МГц;
- ◆ обеспечения работы загоризонтных и надгоризонтных радарных систем раннего предупреждения;
- ◆ контроля спутниковых элементов систем раннего предупреждения;
- ◆ обеспечение управления, контроля и функционирования космических аппаратов;
- ◆ навигации с использованием глобальных навигационных систем GPS/ГЛОНАСС/GAL;
- ◆ обеспечения устойчивой связи с подводными лодками на крайне низкочастотных (КНЧ) и очень низкочастотных (ОНЧ) диапазонах.

В связи с этим необходимым условием качества ионосферных наблюдений является достижение требуемой точности, достоверности и сопоставимости результатов измерений при выполнении наблюдений за состоянием ионосферы. Данные характеристики измерений могут быть улучшены, в том числе и при совершенствовании метрологического обеспечения ионосферных наблюдений с целью достижения более эффективного функционирования систем управления, связи и навигации. Под средствами ионосферных наблюдений в данной статье понимаются средства измерений, технические системы и устройства с измерительными функциями ионосферных наблюдательных сетей Росгидромета [3] (наземные ионосферные станции (иозонды вертикального зондирования ионосферы), ЛЧМ-зонды (зондирование непрерывными сигналами с линейно-частотной модуляцией), бортовые спутниковые иозонды, GNSS-приемники) и др.

Повышение требований к требуемой точности, достоверности и сопоставимости результатов наблюдений предъявляет и Всемирная метеорологическая организация (ВМО) в своих ежегодных бюллетенях. С 2011 г. на официальном сайте ВМО [4] размещена база данных по техническим требованиям к средствам наблюдений, в том числе и ионосферным.

В связи с необходимостью совершенствования метрологического обеспечения ионосферных наблюдений для эффективного функционирования систем управления, связи и навигации, а также с реализацией программы по созданию системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации (СМГФО), представляется необходимым проведение глубокого анализа состояния метрологического и нормативного обеспечения в области ионосферных наблюдений и разработка рекомендаций по данным видам обеспечения СМГФО. Проведение качественного анализа состояния метрологического и нормативного обеспечения ионосферных наблюдений возможно в соответствии с рекомендациями по метрологии МИ 2240-98 [5], а также рекомендациями Росгидромета Р 52.14.664-2005 [6] в целях:

- ◆ установления соответствия уровня метрологического и нормативного обеспечения современным требованиям к средствам ионосферных наблюдений;
- ◆ повышения достоверности результатов измерений;
- ◆ рационального использования материальных и трудовых ресурсов;
- ◆ разработки предложений по планированию развития метрологического и нормативного обеспечения измерений;
- ◆ создания и внедрения новых методов и средств измерений в области ионосферных наблюдений.

В данной статье проведен предварительный анализ состояния метрологического и нормативного обеспечения ионосферных наблюдений СМГФО, выявлены проблемы и рассмотрены предложения по улучшению качества измерений.

Целью улучшения метрологического и нормативного обеспечения СМГФО является своевременное создание и реализация системно увязанного с программными мероприятиями комплекса стандартов и эталонов Российской Федерации, отраслевых, межгосударственных и международных стандартов, норм и правил, а также методов и средств измерений, поверки, калибровки, устанавливающих и обеспечивающих единство, требуемую точность и достоверность измерений, повышение эффективности наблюдений, недопущение недостоверных результатов измерений при проведении ионосферных наблюдений.

1. В соответствии с ч.3 п.12 Статьи 1 102-ФЗ - 2008 г. «Об обеспечении единства измерений» [7] сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на область гидрометеорологии, и как следствие, на ионосферные наблюдения [3]. Таким образом, ионосферные наблюдения попадают в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений. На технические средства данных видов наблюдений распространяются следующие требования [7]:

- ◆ обязательное выполнение требований к средствам измерений (испытание и утверждения типа, поверка (калибровка));
- ◆ обязательное выполнение требований к техническим системам и устройствам с измерительными функциями (сертификация, подтверждение заявленных характеристик);
- ◆ обязательная аттестация методик (методов) измерений;
- ◆ обязательная аттестация программного обеспечения;
- ◆ метрологическая экспертиза, метрологический надзор и др.

По проведенному предварительному анализу лишь несколько стандартизованных средств измерений (закупаемых в рамках создания СМГФО) испытаны, прошли процедуру утверждения типа и внесены в Госреестр средств измерений (например GNSS-приемники (GPS/ГЛОНАСС/GAL) спутниковые геодезические многочастотные ALPHA, производство фирмы «Javad GNSS Inc.» (США), Госреестр № 40861-09);

Остальные средства наблюдений, разрабатываемые для СМГФО, также должны быть испытаны в целях утверждения типа, в соответствии с Рекомендациями МИ 3290-2010 [8], приказом Минпромторга России от 30 ноября 2009 г. № 1081 [9] или сертифицированы в рамках системы добровольной сертификации и откалиброваны (если таковые не являются средствами измерений). Таким примером являются проведенные впервые в России испытания в целях утверждения типа наземных станций вертикального радиозондирования ионосферы (иозондов) «Парус-А», которые завершены в ФГБУ «ИПГ». Испытание проводилось в пяти НИУ Росгидромета, Росстандарта и РАН в течение пяти месяцев 2011 г.

Необходимо также отметить, что для средств измерений ионосферных наблюдений, разрабатываемых в целях обороны и безопасности, предусмотрена процедура испытаний, утверждения типа и внесения в спецраздел Госреестра (как средств измерений военного назначения) в соответствии с [10]. Данные испытания проводит ФБУ «ГНМЦ Минобороны России» [11].

2. Для технического поддержания СМГФО, с целью получения полной и достоверной измерительной ионосферной информации в метрологической службе ФГБУ «ИПГ» планируется создание материальной базы с рабочими эталонами, имитаторами сигналов, стандартными средствами контроля технических характеристик ионосферных средств наблюдений. Основанием для создания такой базы являются требования нижеперечисленных руководящих документов:

- ◆ приказ Росгидромета от 24.09.97 № 117 [12] определяет ФГБУ «ИПГ» базовой организацией метрологической службы Росгидромета в области методов и технических средств наблюдений за состоянием атмосферы в слоях выше 100 км;
- ◆ Положение о службах стандартизации Росгидромета [13] определяет ФГБУ «ИПГ» базовой организацией службы стандартизации Росгидромета в области методов и технических средств наблюдений за состоянием атмосферы в слоях выше 100 км;
- ◆ Положение о государственной наблюдательной сети [3] определяет ФГБУ «ИПГ» головным НИУ по ионосферным, магнитным гелиогеофизическим видам наблюдений в Росгидромете.

В соответствии с перечисленными руководящими документами в метрологической службе ФГБУ «ИПГ» предполагается создание стационарных и мобильных поверочных лабораторий, аккредитованных на право поверочных (калибровочных) работ. Формирование метрологической службы ФГБУ «ИПГ» предлагается провести в соответствии с типовым положением о метрологических службах [14] в 2012-2014 гг. Оснащение метрологической службы ФГБУ «ИПГ» средствами измерений и рабочими эталонами для метрологического обеспечения ионосферных наблюдений планируется завершить к 2015 г.

3. Для совершенствования видов наблюдений и выполнения требований и рекомендаций по стандартизации и нормативному обеспечению необходим пересмотр действующих и создание новых нормативных документов в области ионосферных наблюдений и общих руководящих документов. Актуальность и необходимость разработки представляется на примере следующих документов:

- ◆ РД 52.26.XXX-201X «Руководство по проведению ионосферных, магнитных и гелиогеофизических наблюдений». Часть 1. Ионосферные наблюдения. Разрабатывается впервые;
- ◆ РД 52.26.XXX-201X «Критерии опасных гелиогеофизических явлений и порядок подачи штормового сообщения». Разрабатывается впервые;
- ◆ РД 52.26.XXX-201X «Положение о наблюдательной сети геофизического мониторинга». Разрабатывается впервые;
- ◆ ГОСТ Р XXXX-201X «Система мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации». Разрабатывается впервые;
- ◆ переработка ГОСТ 25645.113-84. «Ионосфера Земли. Термины и определения».

Работы по нормативному обеспечению уже начаты в ФГБУ «ИПГ» в 2011 г., и разработаны проекты первых редакций перечисленных документов.

Разработанные документы утверждаются по положениям РДТ 01-2008 [15], РД 52.14.28-98 [16], РД 52.18.600-2011 [17]. В соответствии с требованиями этих документов и опыта разработки процедура рассмотрения и утверждения отраслевых документов занимает от полугода до года, а общероссийских ГОСТов – более года.

4. Для легитимизации сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений, в соответствии с ч.5 с. 5, 102-ФЗ – 2008 г. [7], в 2009 г. в Метрологической службе Росгидромета был разработан проект Перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, в части компетенции Росгидромета (далее – Перечень). Однако в данный проект не вошли направления ионосферных наблюдений. Перечень, в соответствии с ч.2 с. 27 [7], должен быть согласован с Федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений (Минпромторг России), и утвержден Федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим нормативно-правовое регулирование в областях деятельности, указанных в ч.3 с.1 (Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации).

До настоящего времени Перечень не утвержден, что затрудняет правовой статус проводимых измерений в части ионосферных наблюдений. Пересмотр данного Перечня, согласование и утверждение в соответствии с требованиями [7] целесообразно провести в кратчайший срок в 2012 г.

5. Для проведения единой технической политики, установления единства измерений в Российской Федерации (в части ионосферных наблюдений) в Росгидромете (на базе ФГБУ «ИПГ») в 2011 г. начаты работы по созданию профильного Технического комитета «Физические поля и излучения в околоземном космическом пространстве, магнитосфере, ионосфере и атмосфере» в соответствии с ГОСТ Р 1.1-2005. [18], с привлечением НИУ РАН и Росстандарта.

Таким образом, проведенный анализ состояния метрологического и нормативного обеспечения и реализация первоочередных мероприятий объективно приведет к значительному повышению эффективности ионосферных наблюдений в рамках создания СМГФО и в Государственной наблюдательной сети Росгидромета в целом, что в свою очередь приведет:

- ◆ к повышению оправдываемости оперативных прогнозов распространения радиоволн в планетарном околоземном космическом пространстве для использования в специальных системах радиосвязи, КВ-радиолокации, радионавигации, радиопеленгации;
- ◆ повышению достоверности обнаружения и регистрации аномальных физических явлений в атмосфере, ионосфере и магнитосфере Земли естественного и искусственного происхождения;
- ◆ адекватному и оперативному реагированию на ионосферные возмущения над территорией Российской Федерации с требуемой точностью и достоверностью;
- ◆ снижению ошибок в позиционировании объектов;
- ◆ устойчивым радиоконтактам с подвижными объектами;
- ◆ и в конечном счете – повышению уровня безопасности Российской Федерации от внешних и трансграничных угроз.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РД 52.88.699 – 2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. – М.: Изд-во стандартов, 2008.
2. NOAA Space Weather Scales [Электронный ресурс] // Национальное управление океанических и атмосферных исследований (NOAA): [Сайт]. URL: // http://www.swpc.noaa.gov/NOAA_scales/ (дата обращения 21.01.2012).
3. РД 52.04.567-2003. Положение о Государственной наблюдательной сети. – Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2003.

4. WMO Observing Requirements Data base [Электронный ресурс] // Всемирная Метеорологическая Организация: [Сайт]. URL: <http://www.wmo-sat.info/db/indices> (дата обращения 29.12.2011).
5. МИ 2240-98 ГСИ. Анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии, в организации, объединении. Методика и порядок проведения работ. – М.: Изд-во стандартов, 1998.
6. Р 52.14.664-2005. Метрологическое обеспечение гидрометеорологических измерений. Анализ состояния измерений в области гидрометеорологических наблюдений – Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2005.
7. Федеральный закон Российской Федерации от 26 июня 2008 года № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2008. – № 26. – С. 3021.
8. МИ 3290-2010. Рекомендация по подготовке, оформлению и рассмотрению материалов испытаний средств измерений в целях утверждения типа. – М.: Изд-во стандартов, 2010.
9. Приказ Мипромторга России от 30 ноября 2009 г. № 1081 «Об утверждении порядка проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти - 15.03.2010 г. – № 11.
10. ГОСТ РВ 8.560-95. Средства измерений военного назначения. Испытания и утверждение типа. – М.: Изд-во стандартов, 1995.
11. Постановление Правительства Российской Федерации от 2 октября 2009 г. № 780 «Об особенностях обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области обороны и безопасности Российской Федерации» // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2011. – № 10. – С. 1412.
12. Приказ Росгидромета от 24.09.97 № 117. Об утверждении Положения о метрологической службе Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – СПб.: Гидрометеоздат, 2001.
13. РД 52.14.610-99. Положение о службах стандартизации Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – СПб.: Гидрометеоздат, 2001.
14. ПР 50-732-93. Типовое положение о метрологических службах государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц. – М.: Изд-во стандартов, 1993.
15. РДТ 01-2008. Нормативные документы типовые. Порядок разработки, утверждения, обновления и отмены. – Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2008.
16. РД 52.14.28-2011. Инструкция. Порядок разработки и обращения отраслевых руководящих документов и рекомендаций. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011.
17. РД 52.18.600-2011. Порядок внедрения нормативных документов. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011.
18. ГОСТ Р 1.1-2005. Технические комитеты по стандартизации. Порядок создания и деятельности. – М.: Изд-во стандартов, 2005.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.П. Варварица.

Минлигареев Владимир Тимурович – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова» (ФГБУ «ИПГ»); e-mail: vns32@yandex.ru; 129128, г. Москва, ул. Ростокинская, 9; тел.: 84991815215; главный метролог – ведущий научный сотрудник; к.т.н.

Лапшин Владимир Борисович – e-mail: director@ipg.geospace.ru; тел.: 84991878186; директор; д.ф.-м.н.; профессор.

Паньшин Евгений Александрович – e-mail: pansevgenij@yandex.ru; тел.: 84991813622; научный сотрудник.

Доренский Сергей Владимирович – e-mail: Libertango@inbox.ru; тел.: +79266134074; аспирант.

Minligareev Vladimir Timurovich – Federal State Budgetary Institution "Fedorov Institute of Applied Geophysics"(FSBI "IAG"); e-mail: vns32@yandex.ru; 9, Rostokinskaya street, Moscow, 129128, Russia; phone: +74991815215; leading scientist; cand. of eng. sc.

Lapshin Vladimir Borisovich – e-mail: director@ipg.geospace.ru; phone: +74991878186; director; dr. of phis.-math. sc.; professor.

Panshin Evgeny Alexandrovich – e-mail: pansevgenij@yandex.ru; phone: +74991813622; senior assistant.

Dorenskiy Sergey Vladimirovich – e-mail: Libertango@inbox.ru; phone: +79266134074; post-graduate student.

УДК 550.837.6

А.К. Волковицкий, Е.В. Каршаков, Б.В. Павлов

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОРОД КАК НАВИГАЦИОННОЕ ПОЛЕ ДЛЯ КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Рассматриваются средства дистанционного измерения эффективного удельного сопротивления с борта летательного аппарата. Дается классификация бортовых электромагнитных систем, решающих задачу оценивания эффективного удельного сопротивления. Выписываются соотношения, лежащие в основе алгоритмов вычисления эффективного удельного сопротивления. Приводятся некоторые результаты экспериментальных работ, а также результаты сравнения полученных оценок эффективного удельного сопротивления с материалами наземных средств измерения. Исследуются возможности применения параметров распределения удельного сопротивления в качестве навигационного поля для корреляционно-экстремальных навигационных систем.

Электромагнитные измерения; эффективное удельное сопротивление; корреляционно-экстремальные навигационные системы.

A.K. Volkovitsky, E.V. Karshakov, B.V. Pavlov

THE DISTRIBUTION OF SOIL EFFECTIVE RESISTIVITY AS A NAVIGATION FIELD FOR CORRELATION-EXTREMAL SYSTEMS

The article deals with the means of remote effective resistivity measurements on board of the aircraft. Airborne electromagnetic systems which are used for effective resistivity estimation task are classified. The relations forming the basis of the effective resistivity estimation task solution are presented. The results of experimental studies are given. The results of comparison of effective resistivity measured by airborne system and by ground-based one. The capabilities of the distribution of resistivity parameters as a navigation field for correlation-extremal navigation systems are investigated.

Electromagnetic measurements; effective resistivity; correlation-extremal navigation systems.

Введение. Навигация по геофизическим полям – полю рельефа, оптическому полю, аномальному магнитному и гравитационному полям Земли и т.д., – широко применяется при построении бортовых информационно-управляющих систем [1]. При этом ведутся широкомасштабные работы по исследованию навигационных свойств того или иного поля с оценкой их применимости в задачах корреляционно-экстремальной навигации.

В данной работе также исследуется одно из полей – поле удельных сопротивлений пород. Важнейшей особенностью, которая отличает данный тип поля от многих других, является то, что соответствующий параметр не является результатом измерений, как в случае магнитного или гравитационного поля, а вычисляется по измерениям электромагнитной системы того или иного типа. В случае дистан-