

ДВУХПОЗИЦИОННАЯ КВ-ДИАГНОСТИКА ПИВ НАД АНТАРКТИЧЕСКИМ ПОЛУОСТРОВОМ

В.Г. Галушко, А.С. Кашеев, А.В. Колосков, И.И. Пикулик, Ю.М. Ямпольский

BISTATIC DIAGNOSTIC OF TID OVER THE ANTARCTIC PENINSULA

V.G. Galushko, A.S. Kashcheyev, A.V. Koloskov, I.I. Pikulik and Yu.M. Yampolski

Исследование перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ) представляет большой интерес для расширения знаний о физических процессах в верхней атмосфере. Это обусловлено тем, что ПИВ, которые представляют собой квазипериодические возмущения электронной концентрации ионосферы, являются следствием распространения в ней атмосферно-гравитационных волн (АГХ), которые, в свою очередь, играют важную роль в энергетическом обмене и взаимодействии различных областей верхней атмосферы.

Исследования ПИВ в высокоширотной атмосфере в районе Антарктического полуострова представляют наибольший интерес по ряду причин. Во-первых, полярная ионосфера посредством геомагнитного поля связана с внешней магнитосферой и ближним космосом. Во-вторых, район Антарктического полуострова характеризуется повышенной циклонической активностью. В-третьих, в отличие от Северного Заполярья, где исследования в этой области ведутся достаточно интенсивно, в Антарктиде они единичны. Существует несколько различных дистанционных методов исследования параметров ПИВ, таких как радары некогерентного рассеяния, доплеровские радары, спутниковые измерители полного содержания электронной концентрации и т.д. Однако их применение в Антарктиде затруднено по ряду понятных причин. Одним из наиболее перспективных является метод двухпозиционного коротковолнового частотно-углового зондирования ионосферы, основанный на измерении траекторных параметров (доплеровского смещения частоты, угла места и азимута) КВ-сигналов для решения задачи реконструкции волновых возмущений [1]. Особенностью данного метода является возможность зондирования ионосферы с помощью уже существующих неспециальных видов излучения, например, сигналов широкоэмиттерных станций.

К настоящему времени в РИНАН Украины создано несколько установок частотно-углового зондирования. Все они представляют собой трехканальные когерентные приемники, функциональная схема одного из них представлена на рис. 1. Для измерения углов прихода зондирующих сигналов используется принцип фазовой пеленгации с доплеровской фильтрацией [2]. Он предполагает регистрацию сигналов в трех пространственно-разнесенных точках, построение спектров сигналов с выходов трех идентичных каналов и применение методов фазовой пеленгации для определения углов прихода каждой спектральной компоненты.

В 2002 г. на украинской антарктической станции «Академик Вернадский» был установлен комплекс ЧУЗИ.

Прием сигналов осуществлялся с помощью антенной системы, состоящей из трех пространственно разнесенных полуволновых вибраторов с возможностью переключения между вертикальной и горизонтальной поляризацией. Внешний вид одной из антенн показан на рис. 2. Работоспособность комплекса была проверена по сигналам связанных передатчиков станций «Беллинсгаузен» и «Генрик Арцтовский». Затем комплекс был переведен в мониторинговый режим работы по сигналам нескольких чилийских широкоэмиттерных станций. Но в связи с использованием трасс большой протяженности характеристики ПИВ восстанавливались довольно далеко от района станции «Академик Вернадский», окрестности которой представляют для нас особый интерес. Поэтому было решено организовать более короткую трассу, лежащую в пределах Антарктического полуострова. Для этого был создан специальный передатчик малой мощности, который был установлен на польской антарктической станции «Генрих Арктовский» летом 2004 г. При этом длина радиотрассы составила порядка 440 км. Антенная система передающего комплекса показана на рис. 3. Передатчик мощностью около 300 Вт излучал сигналы на сетке частот из диапазона 5–8 МГц, которые выбирались исходя из состояния ионосферы. Измерения проводились практически круглосуточно со 2 февраля по 12 марта 2004 г. Всего получено около 1000 ч наблюдений, из которых примерно в 15 % регистрировались волнообразные ионосферные возмущения. На рис. 4 в качестве примера приведены записи вариаций траекторных параметров сигналов и фрагмент восстановленной по ним эффективной отражающей поверхности для одного из дней наблюдений.

Результаты статистической обработки всех данных измерений приведены на рис. 5. Анализ времени появления ПИВ показал, что волновые возмущения регистрировались, как правило, вблизи восходного и заходного терминатора (см. рис. 5, а). Таким образом, можно предположить, что основным источником генерации ПИВ являлся солнечный терминатор. Этот факт находится в соответствии с результатами для средних широт. Однако следует отметить, что низкая вероятность появления ПИВ может быть связана с мешающим влиянием спорадических ионосферных слоев, которые часто наблюдались в Антарктиде в дневное время. Характерные периоды возмущений порядка 30–50 мин (см. рис. 5, б) также соответствуют данным по среднеширотным возмущениям. Вместе с тем на гистограмме проглядывается еще один максимум порядка 90 мин, что может быть результатом присутствия дополнительных источников волнообраз-

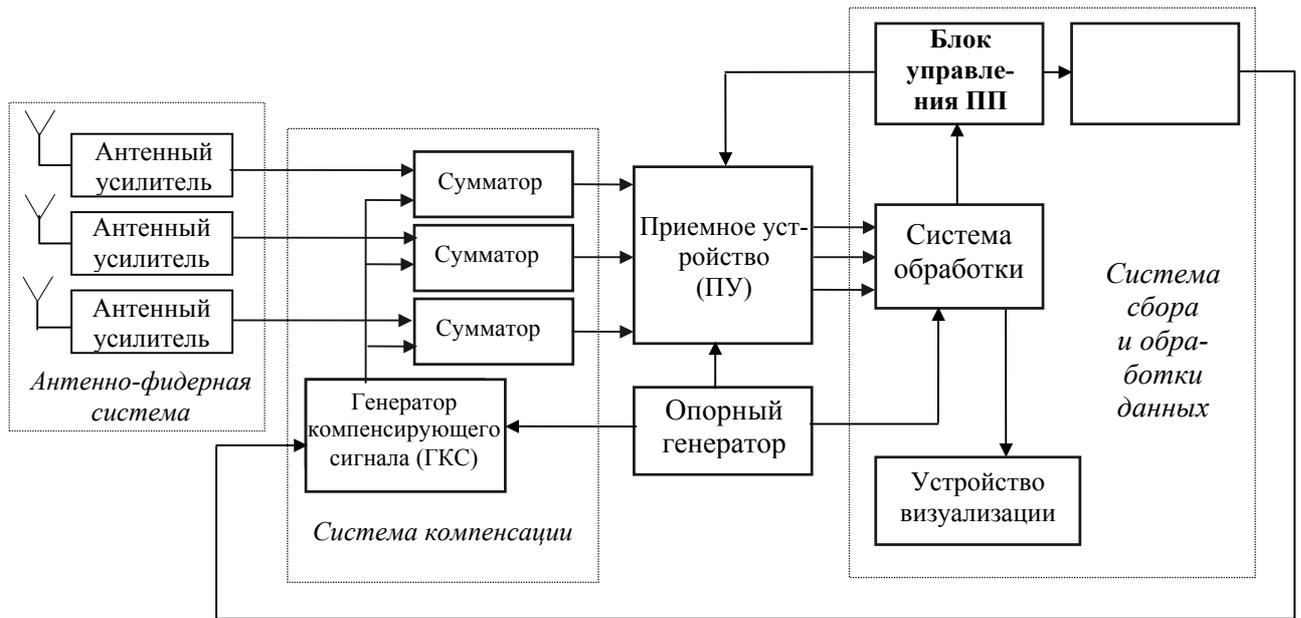


Рис. 1. Функциональная схема приемно-измерительного комплекса ЧУЗИ.

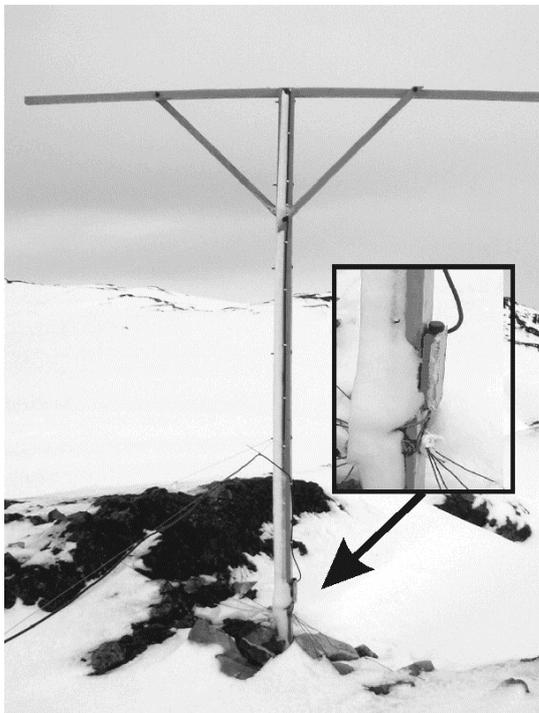


Рис. 2. Антенна ПВК.

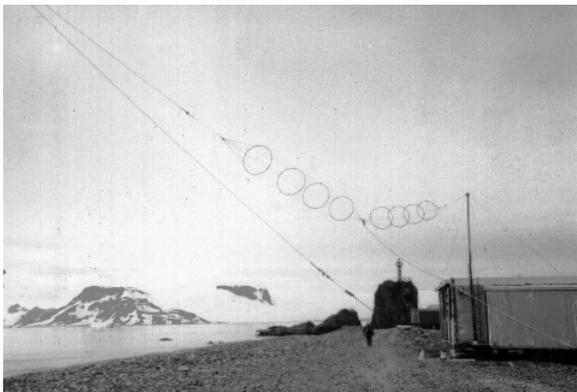


Рис. 3. Антенна передающего комплекса.

ных возмущений. Например, аналогичные периоды наблюдались в вариациях атмосферного давления. Наиболее вероятные значения остальных параметров ПИВ: амплитуды – единицы процентов, длин волн – сотни километров и скоростей движения – сотни метров в секунду (см. рис. 5, в, г, д) – аналогичны оценкам, полученным для средних широт. Анализ гисто-

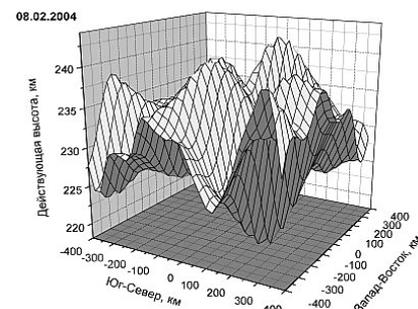
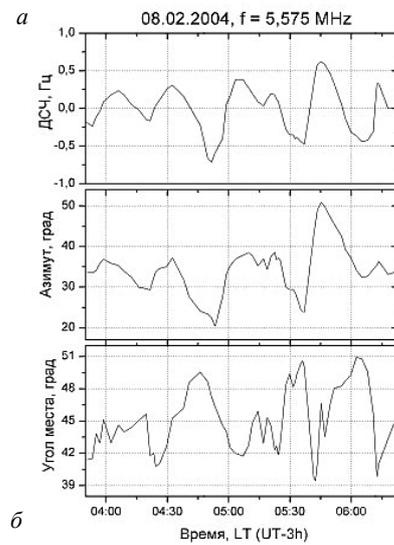


Рис. 4. Запись вариаций траекторных параметров пробного КВ сигнала на трассе «Генрих Арктовский»– «Академик Вернадский» (а); Фрагмент восстановленной эффективной отражающей поверхности (б).

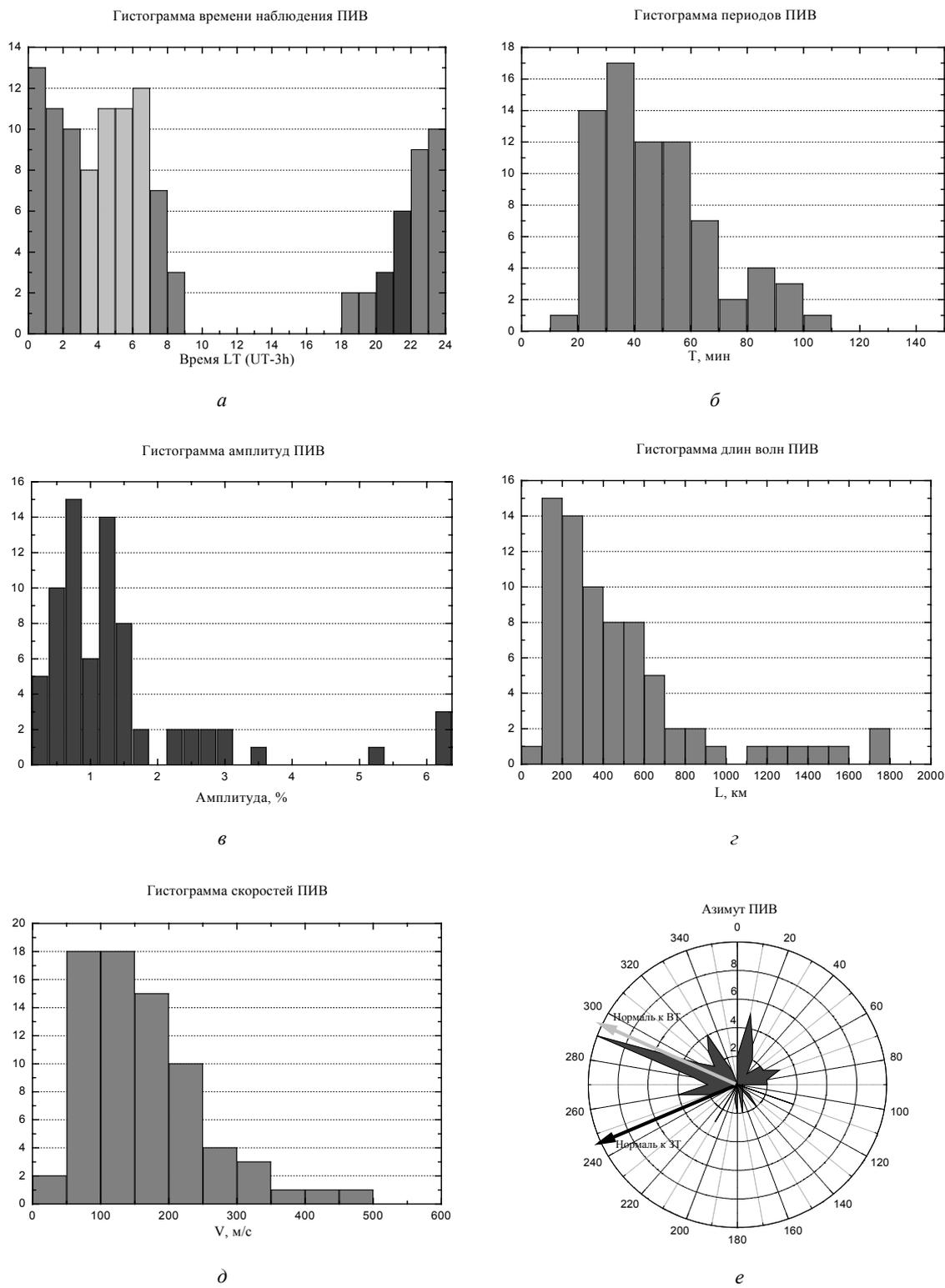


Рис. 5. Результаты статистической обработки данных диагностики ПИВ.

граммы направления движения неоднородностей (рис. 5, е) показывает наличие двух преимущественных направлений: одно вдоль нормали к восходному терминатору, а другое меридиональное с юга на север и, скорее всего, соответствует волнообразным неоднородностям, генерируемым геомагнитными возмущениями. Однако идентификация конкретных механизмов генерации ПИВ тре-

бует более детального анализа на динамическом уровне, т.е. сопоставления отдельных реализаций с метеорологическими и геомагнитными условиями во время их регистрации. В ближайшем будущем планируется проведение долговременных измерений с помощью предложенной технологии с целью изучения эффектов проецирования метеорологических факторов на ионосферные и магнитосферные высоты.

Таким образом, на Украинской антарктической станции создан комплекс частотно-углового зондирования перемещающихся ионосферных возмущений. Его использование в мониторинговом режиме позволяет идентифицировать источники генерации волнообразных возмущений и исследовать механизмы энергообмена и взаимодействия различных областей верхней атмосферы, что является очень важным для понимания динамики полярной ионосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beley V.S., Galushko V.G., Yampolski Yu.M. Traveling ionospheric disturbance diagnostics using HF signal trajectory parameter variations // Radio Sci. 1995. V. 30, N 6. P. 1739–1752.
2. Афраймович Э. Л. Интерференционные методы радиозондирования ионосферы. М.: Наука, 1982. 200 с.

Радиоастрономический институт НАН, Украина