



УКРАИНСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(УкрНИИНТИ) ГОСПЛАНА УССР

СПРАВКА О ДЕПОНИРОВАНИИ РУКОПИСИ

Выдана настоящая гр. Гокову А.М. и др.

в том, что УкрНИИНТИ депонирована в справочно-информационном фонде его рукопись № 1698 УК-86 Деп.

Техника и результаты исследований высокоширотной области Д ионосферы методом частичных отражений.

Библиографическое описание настоящей рукописи опубликовано в Библиографическом указателе ВИНТИ «Депонированные научные работы», 1986 г., № II (181) в/о 1472

В соответствии с Инструкцией о порядке депонирования рукописных работ по естественным, техническим и общественным наукам, утвержденной постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике, Президиума Академии наук СССР, Министерства высшего и среднего специального образования СССР и Главного управления по охране государственных тайн в печати при Совете Министров СССР от 14 мая 1971 г. № 157/13, авторы депонированных рукописей сохраняют права, вытекающие из законодательства об авторском праве, но не могут претендовать на выплату гонорара; депонированные рукописи приравниваются к опубликованным печатным изданиям.

Зам. Директор УкрНИИНТИ

Г.Ф.Ассонов

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
У С С Р

ХАРЬКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ И ДРУЖБЫ
НАРОДОВ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.М. ГОРЬКОГО

УДК 550.338.2

А.М. Гоков, В.Л. Дорохов, Л.А. Пивень, В.Г. Сомов,
А.С. Шемет

ТЕХНИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОШИРОТНОЙ
ОБЛАСТИ Д ИОНОСФЕРЫ МЕТОДОМ ЧАСТИЧНЫХ ОТРАЖЕНИЙ

Реш. в Укр. Исс. и Техн. 12.07.86

Государственная
республиканская научно-
техническая библиотека УССР

ХАРЬКОВ 1986

1092-укр.8601

Приводятся описание подвижного радиотехнического ионосферного комплекса (ПРИК) (система частичных отражений) Харьковского госуниверситета и результаты измерений плотности электронов $N(z)$ в высокоширотной области D ионосферы. Получены сведения о суточных и сезонных вариациях $N(z)$ в высоких широтах, подтверждено наличие широтной зависимости $N(z)$ в D области.

Метод частичных отражений (МЧО) в настоящее время является наиболее эффективным при изучении параметров D области ионосферы. Это обусловлено его информативностью (можно получать высотные распределения нескольких параметров ионосферы: плотность электронов $N(z)$, z - высота в км, частоту столкновений электронов с молекулами $\nu(z)$, параметры рассеивающих неоднородностей (их вертикальные l_z и горизонтальные l размеры), скорости и направление их дрейфа, параметры микропроцессоров и др. В последние годы МЧО эффективно используется при диагностике параметров возмущенной нижней ионосферы (возмущений создаются как мощными КВ - установками, так и другими факторами) [1].

В ряде случаев (для изучения широтных, долготных вариаций параметров нижней ионосферы, для диагностики возмущенной ионосферы и проведения одновременных измерений различными методами, - например, совместно с ионозондами в местах их запуска) требуется вынести установку ЧО в заданный географический район. С этой целью в Харьковском госуниверситете (ХГУ) создан подвижный радиотехнический ионосферный комплекс (ПРИК), с помощью которого в течение нескольких лет проводятся измерения параметров нижней ионо-

сферы МЧО как в средних (СШ), так и в высоких широтах (ВШ).

1. Описание системы частичных отражений ПРИК ХГУ

Аппаратура ПРИК размещена в кунге и прицепе автомобиля УРАЛ-375. Комплекс состоит из малогабаритного мощного широкополосного импульсного радиопередатчика, эффективной разборной широкополосной антенной системы, высокочувствительного радиоприемного устройства, позволяющего проводить разделение магнитоионных компонент ЧО сигналов во всем диапазоне рабочих частот, разветвленной регистрирующей системы. Ниже приводится краткое описание перечисленных систем.

На рис. П.Г.Г приведена функциональная схема передающего устройства (ПУ) ПРИК. Особенностью его являются относительно малые габариты и вес. Технические характеристики ПУ следующие: импульсная мощность $P_u = 10 \dots 300$ кВт, длительность зондирующих импульсов $\tau_u = 25, 50, 75, 100$ мкс, диапазон рабочих частот $f = 1,5 \dots 4,5$ МГц, частота следования импульсов $F = 0 \dots 25$ Гц. Схема работает следующим образом: импульс синхронизации поступает на модулятор 1, который формирует прямоугольный импульс положительной полярности регулируемой длительности, подающийся затем на задающий генератор 2, который вырабатывает радиоимпульс той же длительности. Импульс с модулятора подается также на широкополосный усилитель (ШУ) 3 для отпириания его во время прохождения радиоимпульса, который усиливается ШУ, затем усилителем мощности 4 и поступает в антенну.

Передающая антенна состоит из четырех антенн типа "дельта", расположенных крестообразно и включенных так, что поляризация системы линейная. Ширина диаграммы направ-

ленности по уровню половинной мощности 26° , коэффициент усиления - 15 дБ. Приемная антенна - четыре антенны типа "дельта", расположенные в виде квадрата. Диаграмма направленности ее карандашной формы, ширина главного лепестка по уровню 0,5 мощности - 30° , коэффициент усиления - 30 дБ.

Приемное устройство - супергетеродинного типа на базе двух модернизированных радиоприемников Р-250-М2, диапазон рабочих частот 1,5...4,5 МГц, ширина полосы пропускания (по промежуточной частоте) - 50 кГц, чувствительность - не хуже одного мкВ.

Особенностью аппаратуры ПРИК ХГУ является то, что она позволяет осуществлять одновременный прием и разделение волн обеих магнитоионных поляризаций во всем рабочем диапазоне частот. Разделение поляризаций производится на промежуточной частоте. Подавление мешающей компоненты составляет 50 дБ.

Для регистрации амплитуд А ЧО сигналов имеется три способа регистрации. Первый - фоторегистрация (с помощью кинокамеры РК-5) на киноплёнку с экрана осциллографа амплитуд ЧО сигналов (с выхода приемного устройства продетектированные сигналы поступают на вход осциллографа). Второй - регистрация амплитуд ЧО сигналов обеих поляризаций с помощью многоканальных самописцев. При этом диапазон исследуемых высот составляет 45...120 км, шаг дискретизации по высоте - 3 км, число высотных уровней, с которых могут одновременно записываться амплитуды ЧО сигналов - 10, скорость движения бумажной ленты - 1 мм/с. Этот способ регистрации удобен и нагляден при изучении поведения отраженных сигналов (и параметров ионосферы) в течение

многочасовых сеансов наблюдений. Третий (для оперативного получения сведений о параметрах ионосферы) — вывод амплитуд ЧО сигналов на бумажную перфоленту с последующим вводом ее в ЭВМ.

В настоящее время ведется работа по оснащению ПРИК малогабаритной ЭВМ "Электроника-60", что позволит проводить измерения параметров нижней ионосферы МЧО в реальном времени и значительно расширит его возможности.

2. Результаты исследований параметров D-области ВШ

Измерения плотности электронов N , частоты столкновений электронов с молекулами ν , скоростей V дрейфа неоднородностей плазмы в D-области и других параметров проводились с помощью описанной выше аппаратуры в районе г. Мурманска в 1974 г. (февраль-март), в 1977 г. (июнь-июль) и в 1978 г. (февраль-март). Измерения направлены на уточнения динамической модели этой области, они выполнялись в различное время суток (для изучения суточных вариаций $N(z)$), в разные сезоны года, а также при наличии искусственных возмущений [1].

В указанные периоды исследований параметры системы менялись в пределах: $P_u \sim 200 \dots 300$ кВт, $f \approx 1,6 \dots 3,5$ МГц, $\tau_u = 25,50$ мкс, регистрация велась преимущественно на киноплёнку. В каждом из трех случаев было проведено несколько суточных сеансов наблюдений с интервалом между регистрациями 1...4 часа.

Отметим некоторые особенности при проведении измерений МЧО в ВШ, которые наиболее сильно проявлялись в зимний период. В это время года интенсивность ЧО слабо зави-

села от времени суток и очень сильно от возмущенности ионосферы. ЧО в области Д и зеркальные отражения от областей Е и Г носят преимущественно диффузный характер, причем часто амплитуды ЧО сравнимы с амплитудами зеркальных отражений. Особенно сильно это проявлялось во время полярных сияний. В некоторых случаях сигналы, сравнимые по амплитуде, наблюдались в диапазоне высот 50...600 км, затем, как правило, наступали периоды ($\sim 5...6$ часов) полного отсутствия отраженного сигнала во всем диапазоне рабочих частот, что видимо, является следствием сильного поглощения.

Весной были обнаружены три преимущественные высоты отражения сигналов: 45...50 км, 65...70 км и 85...90 км, причем в момент восхода Солнца амплитуда сигналов с $Z \sim 45...50$ км наблюдалась довольно большой и в некоторых случаях превышала амплитуды с больших высот. Эта особенность Д-области в ВШ наблюдалась и в экспериментах, проведенных в Тромсё в течение 1975 г. [2], где было установлено, что три высоты преимущественного отражения существуют регулярно, но изменяются в зависимости от сезона (зимой и весной они ниже, чем летом).

Летом в наших измерениях характер ЧО сигналов в ВШ в спокойных условиях в основном аналогичен среднеширотному.

В наших исследованиях для каждой регистрации ЧО сигналов определялся высотный профиль $\beta_{0,H}^2 = |E_{K0,H}|^2 / |E_{S0,H}|^2 (|E_{K0,H}|^2 - \text{энергия отраженной составляющей, а } |E_{S0,H}|^2 - \text{средняя энергия рассеянной составляющей ЧО сигналов "О" - обыкновенной и "Н" - необыкновенной составляющих})$. Оказалось, что для ряда регистраций на отдельных высотах имеет место преобла-

дание отраженной составляющей над рассеянной. Например, наиболее вероятные значения $\beta_{0,n}^2$ в течение суток 2.07.77, находились в интервале 0...3. Следовательно, в высокоширотной нижней ионосфере могут одновременно существовать два типа неоднородностей (крупномасштабных типа "резкая граница" и мелкомасштабных), и в ряде случаев энергия отраженной составляющей больше средней энергии рассеянной составляющей ЧО сигналов.

Летом 1977 г. в районе пос. Туманный Мурманской области проводились измерения $N(z)$ МЧО с целью изучения суточных изменений $N(z)$. Профили $N(z)$ вычислялись по методике дифференциального поглощения [3]. Анализировалось поведение $N(t)$ (t - время суток) на нескольких высотных уровнях Д-области. Оказалось, что на высотах $z \geq 70$ км зависимость $N(\chi^0)$ (χ^0 - зенитный угол Солнца) более четко выражена, чем при $z < 70$ км. На рис. П.1.2 приведены усредненные для трех различных интервалов χ^0 профили $N(z)$, полученные по измерениям 26.06...2.07.77 г. МЧО. Как видно при $z \approx 70...85$ км $N(z)$ в интервале зенитных углов $\chi^0 = 82^\circ...47^\circ$ испытывает изменения значительно меньшие, чем при $z > 85$ км.

Отметим, что особенностью профилей $N(z)$, измеренных в этот период, является существование двух слоев в интервале высот $z \sim 75...95$ км. Нижний слой с $N_{max} \sim 2 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$ появлялся обычно около 4 часов московского времени на $z \sim 80...88$ км, в $\sim 7...8$ часов N_{max} слоя повышалась до $3,5...4 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$, в 11...12 час N_{max} уменьшалась, позже 15 часов слой не обнаруживался. Верхний слой располагался на $z \sim 90...95$ км. N_{max} слоя увеличивалась от $\sim 5 \cdot 10^2 \text{ см}^{-3}$

в 3...4 часа до $\sim 5 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$ к 7...16 часам. К 19...20 часам N_{max} слоя уменьшалась до $\sim 2 \cdot 10^2 \text{ см}^{-3}$. Выше этого слоя N резко возрастает (на некоторых профилях при $Z > 95$ км имеются максимумы). Следует заметить, что такое возрастание N по методическим трудностям удается установить не во всех случаях.

Из сравнения профилей $N(Z)$, полученных в измерениях МЧО в различные сезоны года в сходных геомагнитных условиях отметим, что сезонная зависимость $N(Z)$ в Д-области ВШ обнаруживается довольно четко. В частности, дневные значения N летом на $Z \sim 60...75$ км превышает в $\sim 2...4$ раза, а значения N летом на $Z \sim 85...95$ км превышают соответствующие зимние значения N в 3...10 раз. На рис. П.1.3 приведены (в качестве примера) профили $N(Z)$, полученные по измерениям МЧО в различные сезоны года. Они подтверждают сказанное выше.

По измерениям, выполненным в 1978 г., (измерения МЧО проводились одновременно и при одинаковых χ^0 в ВШ в районе г. Мурманска с помощью ПРИК и в районе г. Харькова с помощью стационарной установки ЧО ХГУ с подобными параметрами) была сделана попытка установить наличие широтных изменений $N(Z)$. Оказалось, что значения N во всей Д-области ВШ превышают в $\sim 1,5...5$ раза подобные значения N в СШ, что подтверждает существование широтной зависимости $N(Z)$ в Д-области.

Л и т е р а т у р а

1. Гокв А.М., Мартыненко С.И., Мисюра В.А. и др. Профили электронной концентрации в ночной высокоширотной нижней ионосфере, искусственно возмущенной мощными радиоволнами. - Геомagnetизм и Аэрoнoмия. 1982, 22, № 15, с.748-752.
2. Schlegel K., Thrane E.V., Brekke A. Partial reflection results in the auroral D region explained in terms of acoustic waves. J.of Atmos. Terrest. Phys. 1980, 42, pp. 800...814.
3. Belrose J.S., Burce M.J. Study of the lower ionosphere using partial reflection. J.Geophys.Res. 1964, 69, 13, pp.2799...2818.

Функциональная схема передающего устройства ПРИК ХГУ

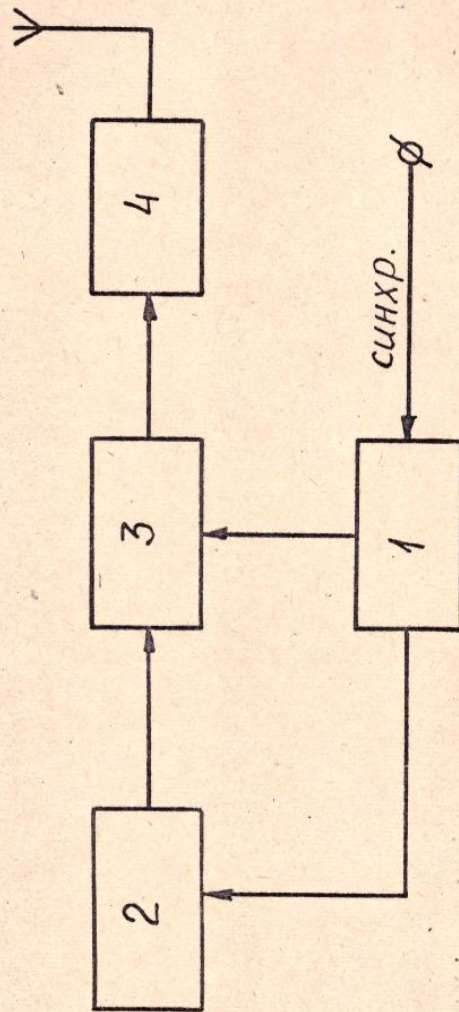


Рис. П.І.І.

Усредненные профили $N(z)$, полученные по измерениям МЧО 30.06...2.07.77 в районе г. Мурманска

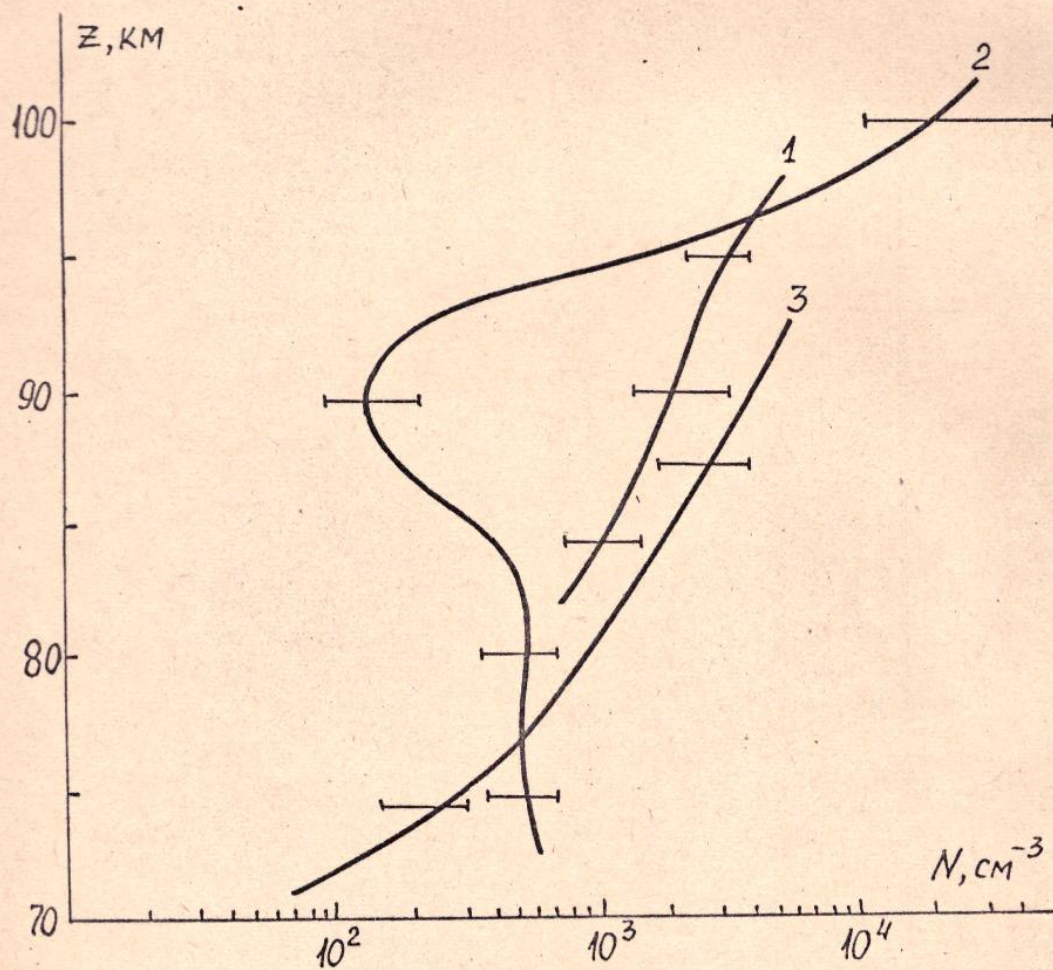


Рис. III.2. Кривая 1 - $\chi = 82^\circ \dots 85^\circ$, 2 - $\chi = 62^\circ \dots 72^\circ$; 3 - $\chi = 47^\circ \dots 58^\circ$ (горизонтальные прямые означают среднеквадратический разброс).

Профили $N(z)$, полученные МЧО на ВШ
в различные сезоны года.

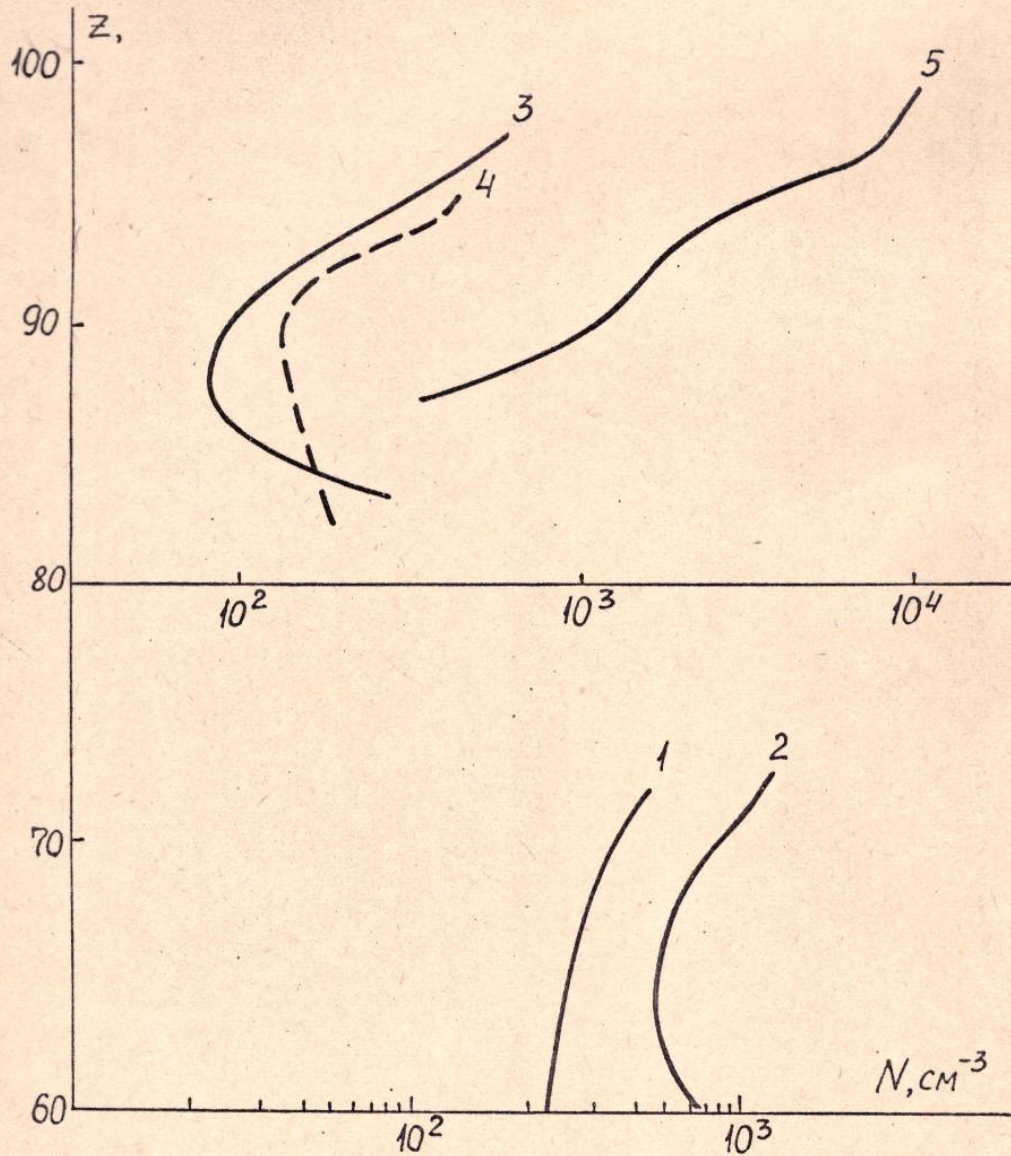


Рис. П. 3. Сравнение профилей $N(z)$, полученных МЧО вблизи
г. Мурманска в различные сезоны года (кривая 1-24.03.78
 $\chi \approx 53,5^\circ$, 2- 27.06.77 $\chi \approx 53^\circ$, 3- 22.02.78 $\chi \approx 82,5^\circ$,
4- 28.02.78 $\chi \approx 83^\circ$, 5- 2.07.77 $\chi \approx 83^\circ$).

Печатается в соответствии с решением Совета
радиофизического факультета Харьковского государственного
университета им. А. М. Горького от 18 апреля 1986 г.