

ХАРЬКОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Гокв Александр Михайлович

РАДИОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМУЩЁННОЙ D-ОБЛАСТИ  
ИОНОСФЕРЫ МЕТОДОМ ЧАСТИЧНЫХ ОТРАЖЕНИЙ

01.04.03 - радиопизика

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук

Харьков - 1992

Работа выполнена в Харьковском государственном университете

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Мисюра Всеволод Александрович

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,  
профессор Юхимук Адам Корнилович  
кандидат физико-математических наук  
Литвиненко Олег Александрович

Ведущая организация: Харьковский институт радиозлектроники  
имени академика М.К.Янгеля

Защита состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1992 г. в \_\_\_ часов  
на заседании специализированного совета Д 053.06.04 Харьков-  
ского государственного университета по адресу: 310077  
г. Харьков, пл. Свободы, 4 в ауд. № \_\_\_\_.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной  
библиотеке Харьковского госуниверситета.

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1992 г.

Учёный секретарь  
специализированного совета  
к.ф.-м.н., доцент



В.И.Чебетарёв

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. D -область ионосферы в настоящее время изучена значительно хуже более высоколежащих E и F областей. В то же время параметры этой области важны при исследовании физико-химических процессов в верхней атмосфере, для организации каналов радиосвязи, радиолокации, радионавигации, метеорологии, разработки долгосрочных прогнозов погоды. Поэтому в последние два десятилетия эта область ионосферы интенсивно исследуется, получены данные, приблизительно характеризующие основные состояния D -области. Однако при систематизации и анализе экспериментальных данных возникают трудности, обусловленные недостаточной полнотой и достоверностью их. Это существенно затрудняет создание надежных теоретических и эмпирических моделей и количественное исследование физико-химических процессов.

Особенно важное место в ионосферных исследованиях в последние годы заняло изучение различных источников возмущений, их влияния на состояние ионосферы и характеристики распространяющихся радиоволн. Наиболее важно при этом изучение влияния источников возмущений естественного происхождения ( сильные землетрясения, прохождение солнечного терминатора, сильные грозы, солнечные вспышки, магнитные бури и т. д.), поскольку они нередко оказывают основное влияние на состояние ионосферы и часто имеют место.

Одним из наиболее перспективных методов исследования D -области ионосферы является метод частичных отражений ( ЧО ). Главное достоинство метода состоит в том, что он позволяет проводить систематические, длительные ( часы-сутки ) и непрерывные исследования как регулярных значений плотности электронов и частоты столкновений электронов с молекулами, так и параметров неоднородностей при относительно небольших затратах средств и приемлемой точности. Важной особенностью метода ЧО является отсутствие накопления, что важно для исследования быстрых возмущений. Теория метода, в целом, построена. Однако далеко не полностью развиты и использованы возможности метода по одновременному получению высотных профилей плотности и частоты столкновений электронов с нейтралами в D -области.

### Цель работы:

1. Развить метод частичных отражений с повышением его точности и информативности для одновременного получения высотных про-

филей плотности и частоты столкновений электронов с молекулами в D-области ионосферы и провести сами измерения.

2. Экспериментально исследовать и уточнить вариации профилей плотности и частоты столкновений электронов с молекулами в не-возмущённой D-области и неоднородностей, ответственных за рассеяние радиоволн с повышением статистической достоверности исследуемых параметров.

3. Теоретически и экспериментально исследовать влияние источников возмущений естественного происхождения на параметры D-области ионосферы и характеристики зондирующих КВ радиосигналов. Исследовать параметры таких возмущений. Выработать практические рекомендации к эмпирическому моделированию.

Научная новизна диссертации состоит в следующем:

- на основании модельных расчётов и экспериментальных результатов исследованы и уточнены погрешности метода ЧО, обусловленные влиянием помех и квантованием амплитуд принимаемых сигналов;
- развиты и апробированы в экспериментах методики одновременного определения плотности и частоты столкновений электронов с молекулами в D-области ионосферы; предложена методика учёта неполного разделения приёмной аппаратурой магнитоионных компонент;
- экспериментально исследованы и уточнены суточные, сезонные и широтные вариации профилей плотности  $N(h)$  и частоты столкновений  $\nu(h)$  электронов с молекулами в D-области, вариации плотности электронов с изменением солнечной активности; исследованы механизмы, ответственные за частичные отражения радиоволн на частотах  $f = 2 - 3,5$  МГц; даны практические рекомендации к эмпирическому моделированию;

- исследованы изменения параметров D-области ионосферы, характеристики радиошумов и ЧО сигналов, вызываемые возмущениями естественного происхождения ( сильные землетрясения, солнечный терминатор, сильные грозы, солнечные вспышки и магнитные бури );

- экспериментально изучены характеристики возмущений ( характер, периоды, длительности, скорости распространения ), возникающих в D-области ионосферы вследствие воздействия на неё источников возмущений естественного происхождения.

Научная и практическая значимость. Основные положения диссертации могут найти применение при составлении эмпирической или эмпирико-теоретической модели D-области ионосферы. Развитие методики одновременного получения высотных профилей  $N(h)$  и  $\nu(h)$  позволяют оперативно оценивать состояние этой части ионосферы,

что важно для прикладных задач радиосвязи, радионавигации, метеорологии и т.п. Результаты исследований влияния возмущений естественного происхождения на параметры D-области позволяют составить их предварительный радиофизический "портрет" для решения практических и научных задач ( моделирование, прогнозирование и т.д. ), исследовать различные физико-химические процессы в этой части ионосферы, изучение которых другими радиофизическими методами затруднено или вообще невозможно.

Использование и внедрение. Результаты диссертационной работы являются составной частью работ, выполненных на радиофизическом факультете Харьковского госуниверситета в рамках научного направления исследований кафедры космической радиофизики: "Связь параметров среды и эффектов при распространении КВ и УКВ в околоземной космической плазме". Они использовались при выполнении 9 плановых НИР и НИР "Наземные исследования ионосферы радиофизическими методами" ( номер гос. регистрации ОI83 00033I3 ), "Исследование возмущений в нижней ионосфере, возникающих под действием естественных и искусственных факторов" ( номер гос. регистрации ОI87 00I6I42 ). Результаты НИР внедрены в народное хозяйство, а исполнители премированы, в том числе результаты НИР вошли в цикл работ, удостоенный в 1989 г. Государственной премии СССР.

На защиту выносятся следующие положения работы.

1. Развитие и экспериментальное обоснование методик одновре - менного получения высотных профилей плотности и частот столк - новений электронов с молекулами в D - области ионосферы, позволяющие уменьшить на десятки процентов погрешность определения этих параметров за счёт устранения неопределённости в знании профиля частот столкновений при систематических исследованиях ионосферы методом частичных отражений.

2. Результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния радиопомех и квантования амплитуд частично отражённых радиосигналов на точность вычисления плотности электронов в D - области, методика учёта неполного разделения магнитоионных ком - понент приёмной аппаратурой, позволяющие точнее, чем ранее, по - лучать высотные профили плотности и частот столкновений элек - тронов с молекулами и контролировать ошибки.

3. Результаты экспериментальных исследований вариаций плот - ности и частот столкновений электронов с молекулами в невозму -

шённой D-области ионосферы, а так же отдельных параметров, описывающих природу частично отражённых сигналов для различных гелиогеофизических условий, которые позволяют проводить эмпирическое моделирование для целей радиосвязи, радионавигации и метеорологии.

4. Экспериментальные результаты, описывающие вариации параметров D-области ионосферы, особенности вариаций характеристик радиощумов и зондирующих радиосигналов, вызываемые возмущениями естественного характера ( мощные землетрясения, сильные грозы, прохождение солнечного терминатора, солнечные вспышки и магнитные бури ), а так же параметры возмущений ( тип, периоды, длительности, скорости распространения ) в D-области, которые могут служить в качестве исходных данных при разработке принципов и средств дистанционного контроля окружающей среды.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 25 печатных работах.

Апробация. Результаты диссертации доложены и одобрены на научных конференциях, совещаниях и симпозиумах: Всесоюзном совещании по специальным вопросам физики ионосферы и распространения радиоволн ( Горький, 1980 ), 2 Всесоюзном совещании по полярной ионосфере и магнитосферно-ионосферным связям ( Норильск, 1980 ), 35 и 36 Всесоюзных научных сессиях, посвящённых Дню Радио ( Москва, 1980 и 1981 ), 13-й ( Горький, 1981 ), 15-й ( Алма-Ата, 1987 ), 16-й ( Харьков ) Всесоюзных конференциях по распространению радиоволн, на 2 Всесоюзном симпозиуме по результатам исследований средней атмосферы ( Москва, 1986 ), на Всесоюзной конференции по физике космической плазмы ( Ереван, 1989 ), на Всесоюзном симпозиуме "Ионосфера и взаимодействие дециметровых волн с ионосферной плазмой" ( Звенигород, 1989 ), на X Всесоюзном семинаре по моделированию ионосферных процессов ( Казань, 1990 ), на Всесоюзной конференции "Радиофизическая информатика" ( Москва, 1990 ), на II-й Всесоюзной конференции "Методы представления и обработки случайных сигналов и полей" ( Туапсе, 1991 ).

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх частей и заключения, изложенных на 126 страницах текста, содержит 14 таблиц, 52 рисунка, список цитируемой литературы включает 203 наименования.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определена цель работы и защищаемые положения, охарактеризованы новизна, научное и практическое значение, апробация работы.

Первая часть диссертации содержит обзор исследований D-области ионосферы. В разделе I.1 определено состояние исследований невозмущенной D-области. Кратко проанализированы возможности различных радиофизических методов для исследования вариаций  $N(h)$  и  $\nu(h)$ . Дается обзор состояния исследований вариаций высотных профилей  $N(h)$  и  $\nu(h)$ , состояние и проблемы их моделирования при различных гелиогеофизических условиях.

В разделе I.2. рассмотрены основные источники возмущений естественного характера. Приводится обзор состояния теоретических и экспериментальных исследований влияния этих источников возмущений на параметры нижней ионосферы. Установлено, что для ряда источников возмущений ( сильные землетрясения, грозы, солнечный терминатор и др. ) экспериментальные исследования весьма мало численны или не проводились вообще. В разделе I.3. рассмотрены возможности метода ЧО для исследования параметров D-области ионосферы, проанализированы основные источники ошибок, указаны пути повышения информативности и точности метода. В разделе I.4. резюмируются основные выводы о состоянии исследований по данным вопросам. Указывается на необходимость и целесообразность применения метода ЧО для изучения влияния источников возмущений естественного характера на параметры D-области, развития его для получения профилей  $N(h)$  и  $\nu(h)$  в D-области, а так же на недостаток экспериментальных данных об этих величинах. На основе результатов обзора формулируются задачи исследований.

Во второй части приводится теоретическое и экспериментальное уточнение погрешностей метода ЧО и расширение его возможностей. В разделе 2.1. проведены модельные и экспериментальные исследования влияния помех и квантования амплитуд ЧО сигналов при вычислении  $N(h)$ -профилей методиками дифференциального поглощения и корреляционной. Расчёты проводились для различных частот из диапазона  $f = 2 - 6$  МГц, соотношений сигнал/шум  $Q_{0,n}$ , отношений  $q_{np} = A_{np}^2 / A_{оп}^2$  ( здесь  $A_{оп}^2$  - усредненные за период измерения интенсивности сигналов помех для "н" и "о" компонент ) и модельных профилей  $N(h)$  и  $\nu(h)$ . Показана зависимость погреш-

ности определения  $N$  от  $q_{\text{п}}$  ( кроме зависимости от  $q_{0\text{н}}$  и  $f$  ). Ошибки  $\eta_2$  определения  $N$ , обусловленные квантованием амплитуд, в методике дифференциального поглощения составляют  $\eta_2 \sim 1 - 10\%$  при погрешности за счёт квантования амплитуд  $A_{0,\text{н}}$  40 сигналов  $\eta_3 = 0,01 - 10\%$ ; в корреляционной методике при  $N \approx 10^2 \text{ см}^{-3}$  даже при  $\eta_3 \approx 1\%$  погрешность  $\eta_2 \sim 10^2 - 10^3\%$  и уменьшается с ростом  $N$ : для  $N \approx 10^3 \text{ см}^{-3}$  при  $\eta_3 \approx 10\%$   $\eta_2 \approx 30\%$ . Показано, что при исследовании механизма частичных отражений по вариациям величины отношения энергий отраженной и рассеянной составляющих 40 сигналов  $\beta_{0,\text{н}}^2 = |E_{\text{к}}|^2 / |E_{\text{г}}|^2$  помехи увеличивают значения  $\beta_{0,\text{н}}^2$  на  $\sim 10 - 50\%$ . В разделе 2.2. предложена методика учета неполного разделения приёмной аппаратурой "о" и "н" компонент 40 сигналов в методике дифференциального поглощения при их одновременном приёме.

В разделе 2.3. приводится теоретическое и экспериментальное объяснение наблюдаемого в эксперименте отличного от теоретического поведения высотного профиля  $\alpha(h)$  отношения средних за период измерений интенсивностей "н" и "о" компонент 40 сигналов на высотах  $h \approx 85$  км при использовании частот  $f < 3$  МГц. Показано, что уменьшение градиента  $\alpha(h)$  на  $h \approx 75$  км и изменение его знака на  $h \approx 85$  км может быть вызвано одновременным влиянием ошибок измерений и немонотонным распределением  $N(h)$  и  $\nu(h)$ .

С целью повышения информативности и точности метода 40 в разделе 2.4. рассмотрены дополнительные возможности метода по одновременному определению высотных профилей  $N(h)$  и  $\nu(h)$  в  $D$ -области. Развита модифицированная корреляционная методика, позволяющая с погрешностью  $\leq 30\%$  получать значения  $N$  и  $\nu$  на  $h < 80$  км по одновременным измерениям на фиксированных высотах двух коэффициентов корреляции  $\rho_{A_{01}A_{n2}}, \rho_{A_{02}A_{n3}}$  амплитуд  $A_{01}, a_{n2}, a_{n3}$  40 сигналов при изменении перестроек частот  $\Delta f_{12}$  и  $\Delta f_{23}$ . Теоретически показана и экспериментально подтверждена возможность получения  $N(h)$  и  $\nu(h)$  в  $D$ -области с погрешностью  $\leq 50\%$  по измерениям дифференциального поглощения магнитоионных компонент на двух различных частотах ( для условий реального эксперимента при  $q_0 > 30$  необходимо использовать  $\Delta f = f_1 - f_2 \approx 1$  МГц, при этом исследуемый высотный диапазон составляет  $\Delta h \sim 6 - 10$  км ). Для расширения изучаемого диапазона высот необходимо применять многочастотное зондирование, используя различные наборы частот  $f_{1,2}$ . Экспериментально показано, что использование совместных измерений методом 40 и с помощью ракет, позволит с высокой точностью



(погрешность  $\leq 20\%$ ) получать одновременно профили  $N(h)$  и  $\nu(h)$  в D-области. Теоретически и экспериментально обоснована возможность совместного получения профилей  $N(h)$  и  $\nu(h)$  в D-области по одновременным амплитудным измерениям средней разности фаз и дифференциального поглощения. Показано, что на практике исследуемый высотный диапазон составляет 6 – 8 км, для его расширения необходимо использовать многочастотное зондирование. Приводится сравнение данных о  $N(h)$  и  $\nu(h)$ , полученных обсуждаемыми методиками. В разделе 2.5. подытожены основные результаты, полученные во второй части.

Третья часть посвящена экспериментальному исследованию методом ЧО вариаций профилей  $N(h)$  и  $\nu(h)$  в D-области ионосферы в различных гелиогеофизических условиях на основании банка данных, полученных в ХГУ за период 1972 – 1990 гг.

В разделе 3.1. кратко изложено описание техники и методики измерений. Измерения методом ЧО проводились с помощью стационарного и подвижного комплексов ХГУ на средних широтах (СШ) вблизи Харькова и Волгограда и на высоких широтах (ВШ) вблизи Мурманска как суточными циклами, так и при фиксированных зенитных углах  $\chi$  Солнца в течение нескольких месяцев при различных состояниях ионосферы. Профили  $N(h)$  и  $\nu(h)$  вычислялись по методикам, рассмотренным во второй части с учётом результатов исследований приходы ЧО сигналов.

В разделе 3.2. приведены результаты изучения суточных, сезонных и широтных изменений  $N(h)$ -профилей в D-области. Для различных сезонов года и высот ( $h = 75, 80, 85$  км) получены усреднённые зависимости  $\bar{N}(h, \chi)$ , которые аппроксимировались косинусоидальной зависимостью  $N(h, \chi) \sim \cos^n \chi$ , для этих состояний построены гистограммы распределений  $n$ . Подтверждена и проанализирована сезонная зависимость  $N(h)$  в D-области. Широтные вариации электронной концентрации изучены сравнением  $N(h)$ -профилей, полученных методом ЧО в ХГУ (на СШ и ВШ) и в ПГИ (на ВШ) в сходных гелиомагнитных условиях.

В разделе 3.3. экспериментально исследована зависимость  $N(h)$  в D-области ионосферы на СШ от солнечной активности. Вариации  $N(h)$  аппроксимировались экспоненциальной зависимостью  $N(h) \sim \exp(\alpha_1 R)$  ( $R$  – число солнечных пятен); получено, что  $\alpha_1$  зависит от высоты и сезона.

Приведены практические рекомендации для моделирования  $N(h)$  в

Д -области.

В разделе 3.4. приведены результаты экспериментального изучения суточных, сезонных и широтных изменений профилей частот столкновений  $\nu(h)$  в Д -области, полученные по методикам, рассмотренным во второй части. На основании достаточно большого и достоверного массива данных установлено, что вариации  $\nu(h)$  в Д -области в течение светлого времени суток незначительны ( $\approx 30\%$ ), сезонные изменения  $\nu$  на фиксированных высотах достигают фактора 2. Получена экспериментальная зависимость  $\nu(t)$  ( $t$  - время года) для  $h \geq 75$  км хорошо коррелирующая с сезонным изменением давления на  $h = 70$  км. Широтные изменения изучались сравнением среднесуточных профилей  $\nu(h)$ , полученных в сходных условиях на СШ вблизи Харькова и на ВШ вблизи Мурманска. Установлено, что значения  $\nu(h)$  на ВШ (как усредненные, так и индивидуальные) превышают примерно в 1,2 - 1,6 раза  $\nu(h)$  на СШ.

Результаты экспериментальных исследований отдельных параметров, описывающих природу ЧО сигналов ( $\beta_{o,n}^2$ ) на СШ и ВШ, приведены в разделе 3.5. Установлено, что на СШ для  $f = 2 - 3,5$  МГц на  $h \leq 80$  км, как правило,  $\beta_{o,n}^2 = 0$  (более 90% случаев), на  $h > 80$  км примерно в 50% случаев  $\beta_{o,n}^2 \neq 0$ . Наиболее вероятные значения  $\beta_{o,n}^2 = 0 - 2$  как на СШ, так и на ВШ. На ВШ установлено, что  $\beta_{o,n}^2 \neq 0$  во всей Д -области. Изучены суточные, сезонные и высотные изменения  $\beta_{o,n}^2$ .

В разделе 3.6. на основании массива  $N(h)$  -профилей (720), полученных в ХГУ в невосмущенных условиях на СШ, построена модель среднесуточных профилей  $N(h)$  для всех сезонов года и высот  $h = 70 - 90$  км, проведена оценка вклада в отклонения  $N$  от средних значений различных физических процессов: суточные и сезонные изменения ионизации, вариации солнечной активности, синоптические процессы и гидродинамическая турбулентность. Такие же расчёты сделаны для летних условий по данным (Каталог профилей электронной концентрации области Д ионосферы. Составители И.И.Нестерова, Э.И.Гинзбург, Новосибирск: Изд. ИГ и Г, 1985, 210 с).

В разделе 3.7. сделаны выводы по результатам исследований, изложенным в третьей части.

В четвёртой части приведены результаты экспериментальных исследований методом ЧО влияния естественных источников возмущений на параметры Д -области ионосферы на СШ, характеристики шумов и частично отражённых сигналов, проводимые в ХГУ в пе -

риод 1981 - 1990 гг вблизи Харькова и Волгограда.

В разделе 4.1. по измерениям методом ЧО ( более 40 сеансов непрерывных наблюдений длительностью от нескольких часов до суток ) исследовано влияние удалённых землетрясений ( удаления  $\mathcal{D} = ( I - I_2 ) \cdot 10^3 \text{ км}$  ) на D - область ионосферы. Установлено, что при землетрясениях с магнитудой  $M \geq 5$  в момент землетрясения и примерно за I минуту до него отмечается увеличение уровня шумов ( до порядка ) длительностью до трёх минут, при землетрясениях под водой и на суше на глубине  $h_3 > 30 \text{ км}$  такой эффект выражен слабее или отсутствует вообще; изучены спектральные характеристики, отмечено увеличение амплитуд составляющих спектров на модах  $( 3 - 5 ) \cdot 10^{-3} \text{ Гц}$ . Установлено, что после землетрясения в D - области отмечаются квазиволновые возмущения характеристик зондирующих сигналов и параметров ионосферы. Исследованы характеристики таких возмущений, проанализированы возможные механизмы и типы волн, соответствующие характеристикам возмущений. Показано, что кажущиеся скорости распространения возмущений изменяются в широких пределах  $V = 0,5 - 10^2 \text{ км с}^{-1}$ , чаще всего обнаруживаются возмущения с  $V \approx 5 - 6 \text{ км с}^{-1}$ .

В разделе 4.2. приведены результаты экспериментального исследования влияния солнечных вспышек ( на примере внезапных ионосферных возмущений - ВИВ ) и магнитных бурь ( МБ ) на параметры D - области и характеристики ЧО сигналов и шумов. Обнаружены и исследованы волновые возмущения ( ВВ ) в D - области, возникающие во время ВИВ в результате резкого увеличения интенсивности рентгеновского излучения. В периоды МБ исследованы вариации профилей  $N(h)$  в D - области, показано, что на высотах  $h \leq 60 \text{ км}$  в течение нескольких дней наблюдаются слои повышенной ионизации (  $N \leq 8 \cdot 10^2 \text{ см}^{-3}$  ), обусловленные выпадением заряженных частиц, изучены изменения  $N(h)$  .

В разделе 4.3. экспериментально исследовано влияние гроз на параметры D - области и характеристики ЧО сигналов и шумов. Отмечено увеличение в 2 - 3 раза вероятности появляемости слоёв  $E_s$  на  $h = 87 - 105 \text{ км}$ . Проанализировано поведение электронной концентрации в D - области в грозовые дни. Установлено, что грозы не изменяют заметным образом суточного хода  $N(h)$  в D - области. Изучены характеристики ( тип, скорости  $V$  распространения и периоды ) ВВ, усиливающихся или возникающих в D - области во время сильных гроз ( они подобны характеристикам инфразвуковых акусти-

ческих волн ).

В разделе 4.4. приведены экспериментальные результаты по изучению влияния солнечного терминатора на параметры среднеширотной D -области и характеристики зондирующих радиоволн. Установлены и исследованы с помощью спектрального анализа высотно-временных рядов амплитуд ЧО сигналов и шумов характеристики ВВ, генерируемых или усиливаемых терминатором в различные сезоны года ( наиболее вероятные периоды ВВ  $T = 4 - 15$  минут, длительности их  $t \sim 10 - 100$  минут ).

В разделе 4.5. развиты возможности метода ЧО для исследования параметров спорадических слоёв  $E_s$ . Экспериментально исследованы спектральные характеристики ЧО сигналов от неоднородностей  $E_s$  при различных соотношениях между рабочей частотой  $f$ , частотой экранирования  $f_0$   $E_s$  и предельной частотой  $f_0$   $E_s$  слоёв  $E_s$ . Показано, что спектры мощности подчиняются степенному закону  $G \sim f^{-N_2}$ , показатель степени  $N_2$  изменяется от 0,8 до 4,5.

В разделе 4.6. сформулированы основные выводы четвёртого раздела.

В Заключении приводятся основные научные результаты, полученные в диссертационной работе.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Развиты возможности метода частичных отражений для исследования D -области ионосферы:

- исследованы и уточнены погрешности метода ЧО, обусловленные влиянием помех и квантованием амплитуд, предложены способы их учёта;

- развиты и апробированы экспериментально методики одновременного определения  $N(h)$  и  $V(h)$  профилей в D -области, позволяющие уменьшить ошибки измерений;

- предложена методика учёта неполного разделения магнитных компонент приёмной аппаратурой в методике дифференциального поглощения; дано объяснение отличному от теоретического поведению амплитудных регистраций ЧО сигналов на  $h_z 85$  км для  $f = 2 - 3$  МГц.

На основании однородного банка данных ХГУ экспериментально изучены и уточнены зависимости электронной концентрации в D -

области от зенитного угла Солнца, солнечной активности и широты. Даны рекомендации к эмпирическому моделированию.

На достаточно большом и статистически достоверном массиве экспериментальных данных изучены вариации частоты столкновений электронов с молекулами в D - области в зависимости от времени суток, года и широты. Получен сезонный ход  $\nu(t)$  ( $h \geq 75$  км) на СШ.

Количественно оценена роль различных механизмов, ответственных за частичные отражения радиоволн на частотах 2 - 3,5 МГц на СШ и ВШ.

Экспериментально обоснована возможность и целесообразность применения метода ЧО для изучения влияния источников возмущений естественного происхождения на параметры D - области ионосферы и характеристики зондирующих радиоволн. Показано, что метод ЧО позволяет исследовать как кратковременные (секунды - минуты), так и длительные (десятки минут - часы - сутки) возмущения в D - области, с достаточной точностью получать сведения о пространственно - временных вариациях параметров ионосферы и самих возмущений, распространяющихся в ионосфере, для целей моделирования, прогнозирования и т.д.

Изучено влияние на параметры D - области ионосферы, характеристики шумов и зондирующих радиоволн сильных землетрясений и гроз, солнечного терминатора, солнечных вспышек и магнитных бурь. Даны рекомендации к составлению радиофизического портрета возмущений.

Развиты возможности метода ЧО для исследования спорадических слоев E<sub>s</sub>, исследованы спектральные характеристики отражений от них.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Результаты исследований высокоширотной нижней ионосферы методом частичных отражений / В.А.Мисюра, А.М.Гоков, В.Л.Дорохов и др. // Космические исследования на Украине. - Киев.: Наукова думка, 1980. - М14. - С.64 - 71.

2. О некоторых путях повышения информативности и точности метода частичных отражений / А.М.Гоков, А.И.Гритчин, Н.С.Дзюба и др. // Харьк. ун-т. - Харьков, 1985. - 15 с. - Деп. в Укр. НИИНИИ 25.07.85, № 1553УК-85.

3. Гоков А.М. К вопросу о повышении точности метода частич -

ных отражений // Вестник Харьк. ун-та. - 1986. - № 285: Радио - физика и электроника. - С.54-57.

4. Результаты исследований параметров D -области средних широт, полученные с помощью метода частичных отражений / А.М. Гоков, А.И.Гритчин, В.Л.Дорохов и др. // Тез. докл II Всесоюз. симпозиума порезультатам исследований средней атмосферы. - М., 1986.- С.73-74.

5. Гоков А.М., Мисюра В.А., Пивень Л.А. Об одном способе одновременного определения концентрации и частоты столкновений электронов с молекулами в нижней ионосфере // Изв. вузов. Ра - диофизика.- 1987.- Т.30.- № 10.- С.1276-1277.

6. Исследование погрешности определения скорости дрейфа мелкомасштабных неоднородностей электронной концентрации нижней ионосферы по анализу регистраций амплитуд частично отраженных сигналов / А.М.Гоков, В.А.Мисюра, Л.А.Пивень и др. // Косми - ческая наука и техника.- Киев, 1989.- С.65-69.

7. Реакция околосредней космической среды на удалённые мощные землетрясения / К.П.Гармаш, А.М.Гоков, А.И.Гритчин и др. // Тез. докл. Всесоюз. конф. "Физика космической плазмы".- Ереван, 1989.- С.140-141.

8. Гоков А.М., Пивень Л.А., Федоренко Ю.П. К определению электронной концентрации D -области ионосферы по амплитудным изменениям частично отражённых сигналов // Радиотехника.- Харьков, 1990.- Вып. 93.- С.108-111.

9. Гоков А.М., Гритчин А.И., Мисюра В.А. Исследование влияния солнечного терминатора на параметры нижней ионосферы и характеристики частично отражённых КВ сигналов / Харьк. ун-т. - Харьков, 1990.- 14 с.- Деп. в ВИНТИ 23.04.90, № 2158-1390.

10. Исследование реакции нижней ионосферы на удалённые мощные землетрясения / К.П.Гармаш, А.М.Гоков, А.И.Гритчин и др. // Радиотехника.- Харьков.- Вып. 95.- С.52-56.

11. Исследование вариаций параметров среднеширотной D -об - ласти ионосферы методом частичных отражений / А.М.Гоков, А.И. Гритчин, С.И.Мартыненко, В.А.Мисюра // Тез. докл. XVI Всесоюз. конференции по распространению радиоволн.- Харьков, 1990.- С.25.

12. Гоков А.М., Гритчин А.И., Мисюра В.А. Исследование с помощью метода частичных отражений возможного влияния сильных гроз на параметры D -области ионосферы // Тез. докл. Всесоюз. конф. "Радиофизическая информатика".- М., 1990.- С.122-123.

13. Гоков А.М., Гритчин А.И., Мисюра В.А. Исследование параметров спорадического слоя  $E_s$  в средних широтах с помощью метода частичных отражений // Тез. докл. Всесоюз. семинара по моделированию ионосферы. - Казань, 1990. - С. 44.

14. Гоков А.М., Гритчин А.И. К вопросу о статистическом моделировании вариаций электронной концентрации в D-области ионосферы // Тез. докл. II Всесоюз. конф. "Методы представления и обработки случайных сигналов и полей" - Туапсе, 1991. - С. 189.

15. Гоков А.М., Мисюра В.А., Пивень Л.А. К вопросу об одновременном определении плотности и частоты столкновений электронов с молекулами в D-области ионосферы // Изв. вузов. Радиопизика. - 1991. - Т.34. - № 3. - С.330-333.

16. О возможных вариациях частоты столкновений электронов с нейтралами в D-области ионосферы / В.А.Мисюра, А.М.Гоков, А.И.Гритчин и др. // Геомагнетизм и аэрномия. - 1991. - Т.31. - № 4. - С.682-686.

17. Гоков А.М., Гритчин А.И. О возможном влиянии сильных гроз на параметры D-области ионосферы и характеристики зондирующих КВ радиоволн // Геомагнетизм и аэрномия. - 1992. - Т.32. - № 1. - С.178-180.

*skal* -

Ответственный за выпуск **В. А. Мисюра**

---

Подп. к печ. *13.05.42* Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага тип. Печать офсетная. Усл. печ. л. *4,0*  
Уч.-изд. л. *1,0* Тираж *160* экз. Зак. № *19/33* Бесплатно.

---

Харьковское межвузовское арендное полиграфическое предприятие.  
310093, Харьков, ул. Свердлова, 115.