



O monografie despre metodele de cercetare ale ionosferei

Eugen PLOHOTNIUC, *dr. conf. univ., șef Catedă Informatică aplicată și Tehnologii informaționale, Facultatea TFMI*

În monografie* sunt sintetizate datele experimentale și teoretice ale proceselor dinamice în plasma ionosferică, obținute prin metode moderne de cercetare: sondarea cu unde radio modulate liniar în frecvență; metoda reflexiei parțiale a undelor radio; metoda răspîndirii undelor radio; încălzirea ionosferei cu un fascicul de unde radio de mare putere; injectarea în ionosferă a norilor de plasmă; modelarea proceselor fizice pe calculator. În cazul fiecărei metode concrete se efectuează analiza comparativă a datelor experimentale, rezultatelor prognozelor teoretice și calculelor numerice.

Materialul prezentei monografii este dedicat, în special, evidențierii metodelor de perspectivă în cercetarea proceselor dinamice în ionosferă și a rezultatelor obținute prin aplicarea lor de către echipele de cercetători de la Universitatea de Stat *Alecu Russo* din Bălți (R. Moldova) Institutul de Radiofizică din Nijni Novgorod (Rusia), Institutul Politehnic din Ioșcar - Ola (Rusia).

Noțiunea „dinamica ionosferei” înglobează o multitudine de procese importante în fizica ionosferei și absolut diferite după modul de desfășurare



șurare în timp și spațiu. Astfel de procese, cum ar fi procesele de difuzie a plasmei, deriva plasmei și transferul componentelor neutre, concomitent cu ionizarea gazelor atmosferice și re-combinarea particulelor marcate, de-termină distribuția concentrației, tem-peraturii particulelor ionosferei la diferite altitudini și latitudini și con-dițiile de propagare a undelor radio prin canale ionosferice. Aceste pro-cese determină, de exemplu, apariția neomogenităților, dezvoltarea turbulenței și undelor în plasma ionosferică – mișcări turbionare în at-

mosferă, de la undele Rossbi pînă la undele acustico-gravitaționale, di-verse unde în componenta ionizată a ionosferei plasate în cîmpul mag-netic. Pentru a pătrunde în esența fenomenelor ionosferice dinamice și a condițiilor de propagare a undelor radio prin ionosferă, sunt ne-cesare metode de cercetare experimentale și te-oretice moderne.

În capitolul întâi, sunt prezentate caracteristicile plasmei ionosferice, sunt descrise procesele de transfer, de ionizare și de recombina-re a parti-



culelor în ionosferă care trebuie luate în considerație în cazul cercetărilor experimentale și teoretice ale proceselor de formare și evoluție ale neomogenităților de proveniență naturală (urme de meteoriți, formațiuni sporadice) sau artificială (injectarea substanțelor chimice active, încălzirea ionosferei cu un fascicol de unde radio de mare putere).

În capitolul al doilea, sunt prezentate metodele active de cercetare la distanță a ionosferei, metodele și rezultatele cercetărilor neomogenităților ionosferice artificiale, metodele de diagnoză a ionosferei cu ajutorul *efectului Ghetmanțev* și neomogenităților periodice artificiale de dimensiuni mari, medii și mici, metodele de cercetare ale turbulenței ionosferice artificiale, inclusiv, metoda de diagnostic „modelarea ionosferei cu un fascicol de unde radio de mare putere” și problemele legate de utilizarea eficientă ulterioară a acestor metode.

În capitolul al treilea, este analizată evoluția perturbațiilor puternice ale plasmelor ionosferice, create în rezultatul ejectării jeturilor de plasmă de pe bordul aparatului cosmic. Ejectarea jeturilor de plasmă au deschis posibilități mari în modelarea fenomenelor naturale și diagnoza plasmelor circumterestre propriu-zise.

În capitolul patru, sunt prezentate metoda reflexiei parțiale, metoda împrăștierei racurs a undelor radio, geometria împrăștierei racurs a undelor radio, estimarea parametrilor neomogenităților, responsabile de împrăștierea racurs a undelor radio și caracteristicile spectrale ale semnalelor radio în banda de frecvență 1...30 MHz (în monografie se mai folosește și noțiunea de „unde scurte”). Metoda reflexiei parțiale permite determinarea profilurilor concentrației electronilor, frecvența ciocnirilor electronilor cu moleculele, viteza vântului de plasmă, caracteristicile neomogenităților la altitudinea 60...100 km.

Capitolul cinci este dedicat problemelor propagării semnalelor permanente modulate liniar în frecvență, deformărilor disperse ale semna-

lelor radio de tip impuls modulate liniar în frecvență. Aceste fenomene au o importanță practică de prim - plan în implementarea canalelor radioionosferice. Sunt prezentate noțiunile fundamentale ale propagării semnalelor modulate liniar în frecvență prin ionosfera naturală, este evaluată capacitatea de rezoluție a metodei de sondare cu semnale modulate liniar în frecvență, sunt analizate condițiile aplicării semnalelor modulate liniar în frecvență pentru sondarea stratului D al ionosferei, este prezentată metoda determinării profilurilor $N(h)$ și vitezei mișcării particulelor marcate $V(h)$ în plasma ionosferică.

Metodele experimentale de cercetare a proceselor dinamice în ionosferă și propagării undelor radio prin ionosferă naturală, elaborate în ultimii 25 de ani, sunt caracterizate prin tendința de a obține un volum maxim de informație. Atingerea acestui scop este posibilă prin utilizarea unor metode de cercetare active și a aparatului modern precum: stații cu disipație incoerentă a undelor radio, ionosonde cu semnale modulate în frecvență, echipament de sondare plasat la bordul stațiilor cosmice. În legătură cu aceasta, un loc principal în monografie (vezi capitolul șase) îl ocupă descrierea principiului de funcționare și caracteristicilor tehnice ale ionosondelor cu semnale modulate liniar în frecvență (ionosondelor MLF) pentru sondarea verticală, oblică și oblică - indirectă, pentru diagnoza canalelor ionosferice de radiocomunicație în banda de frecvență 1...30 MHz și pentru diagnoza regiunii D a ionosferei. Aceste echipamente, caracterizate de o înaltă capacitate de rezoluție, cu potențial energetic redus și o înaltă mobilitate a aparatului utilizat, se bucură în ultimii ani de o răspândire tot mai largă în diagnoza ionosferei naturale și modificate, în prognoza canalelor ionosferice radio în banda de frecvență 1...30 MHz în regim de timp real.

Autorii prezentei monografii au organizat și au efectuat sondări verticale, oblice și oblice-indirecte



ale ionosferei naturale și modificate cu ajutorul ionosondelor MLF în anii 1980–2005. Unele rezultate obținute în acești ani în procesul sondării ionosferei la latitudini medii pe trasee cu lungimea 220, 2700, 5830 și 7120 km pentru condiții naturale și artificial modificate, inclusiv analiza lor, sunt prezentate în capitolul șapte. Tot aici, este efectuată comparația datelor experimentale cu datele obținute în rezultatul modelării numerice. Un interes deosebit prezintă datele obținute în procesul sondării ionosferei pe trasee cu lungimi mari (Alma-Ata – Nijnii Novgorod, Habarovsk – Nijnii Novgorod, Dușanbe – Bălți, Habarovsk – Bălți) cu ajutorul iono-sondelor cu o putere de emisie $P < 200$ W.

În anii 1980 – 2005, au fost introduse în mod intensiv în geofizică metode teoretice de cercetare din domeniul fizicii plasmelor. Perioada indicată se caracterizează și prin dezvoltarea metodelor de modelare matematică a proceselor dinamice în ionosferă. Pentru interpretarea rezultatelor experimentale obținute în procesul sondării ionosferei, au

fost elaborate modele fizico - matematice (vezi capitolul opt) care au permis modelarea mono-, bi- și tridimensională a evoluției configurației neomogenităților de plasmă naturale și artificiale în ionosfera neomogenă în altitudine și în prezența câmpurilor electromagnetice. Au fost realizate programe de sinteză a ionogramelor pentru sondare verticală și orizontală a ionosferei cu neomogenități naturale și artificiale.

Monografia este destinată specialiștilor în domeniul geofizicii, radiofizicii, propagării undelor radio în medii ionizate. Ea este recomandată, de asemenea, doctoranzilor, studenților cursurilor superioare specializați în radiofizică, geofizică și radiocomunicație.

*** Valeriu Ureadov, Vladimir Ivanov, Eugen Plohotniuc, Lev Eruhimov, Natan Blaunștein, Nicolae Filip. *Procese dinamice în ionosferă - metode de cercetare*. Iași: Tehnopress, 2006, 283 p.**