

Strategie výzkumné činnosti Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i. střednědobý výhled

Hodnocení Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i. (ÚFA), za roky 2009 až 2014 potvrdilo, že základní řešená výzkumná témata jsou aktuální jak z hlediska trendů celosvětového výzkumu, tak i z hlediska potřeb společnosti. V letech 2016 až 2017 probíhala a probíhá druhá etapa „Programu výzkumné činnosti za léta 2016-2017“ a „Program výzkumné a odborné infrastrukturní činnosti za léta 2016-2017“, která úzce navazovala na témata řešená v letech 2009-2014 už proto, že byla plánována před rokem 2015 a navazovala na programy výzkumné činnosti v letech 2012-2015.

Hodnocení ÚFA jasně potvrdila, že není důvod, aby se základní směry výzkumu ve střednědobém i dlouhodobém horizontu zásadním způsobem měnily. Je však třeba reagovat na výsledky výzkumu i společenskou poptávku, a proto dochází k úpravám dílčích cílů výzkumu. V žádném případě však nedochází k ukončení některého základního směru výzkumu tak, jak byl formulován v minulých letech.

Cílem tohoto dokumentu je formulovat střednědobé výzkumné cíle ÚFA, které jsou pokračováním základní výzkumné činnosti navazující na stávající aktivity a vycházejí z hodnocení ústavu a doporučení, které hodnotící komise vydala.

Kvantitativní předpovědi srážek a dalších nebezpečných meteorologických jevů

Včasná předpověď počasí a především nebezpečných meteorologických jevů je nezbytným předpokladem pro omezení škod včetně ohrožení obyvatelstva, které extrémní projevy počasí každoročně působí. Předpovědi počasí a s ním spojených nebezpečných jevů se dlouhodobě věnujeme. Budeme pokračovat ve vývoji numerických předpovědních modelů se zaměřením velmi krátkodobé kvantitativní předpovědi srážek a nowcastingu konvektivních bouří. Zaměříme se na vývoj a testování oblačné mikrofyziky v propojení s vývojem vhodných metod asimilace družicových a radarových dat. Součástí výzkumu bude příprava metod pro určení nejistoty předpovědi srážek, kde použijeme regionální ansámblový model COSMO-CZ-EPS. Novým směrem je již probíhající vývoj explicitního model vzniku a vývoje elektrického pole v oblacích a vznik bleskových výbojů. V této oblasti budeme spolupracovat i s jinými výzkumnými tématy, které jsou v ústavu řešeny.

Analýza hydrometeorologických extrémů

Procesy přenosu vody v atmosféře a srážková činnost tvoří podstatnou část hydrologického cyklu, přičemž intenzifikace těchto procesů způsobuje hydrometeorologická ohrožení. Prohloubíme jejich analýzu v prostoru České republiky i v celé střední Evropě vyhodnocením plošné extremity nedávných i historických extrémních událostí. Kvantitativním způsobem prokážeme vztahy mezi extremitou srážek a prostorových anomálií v polích vybraných meteorologických veličin, a to v synoptickém i mezosynoptickém měřítku. Objektivizace těchto vztahů umožní zpřesnit odhad prediktability srážek modely numerické předpovědi počasí, jejíž kvantitativně verifikované výsledky budou korelovány s příčinnými cirkulačními podmínkami. Rozlišíme varianty krátkodobých srážek z hlediska rozdělení

srážkové intenzity v čase a stanovíme míru zastoupení těchto variant v různých regionech České republiky v závislosti na extremitě srážkového úhrnu. Zaměříme se i na vzájemnou podmíněnost a koexistenci silných srážek s dalšími druhy ohrožení, a to především z hlediska jejich vztahu k výskytu mimotropických cyklon a jejich charakteristických drah.

Silniční meteorologická předpověď

Zlepšení silniční meteorologické předpovědi umožní optimalizovat zimní údržbu s pozitivními dopady v podobě materiální úspory, nižší environmentální zátěže a především ochrany lidských životů. Již několik let operativně provozujeme ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem model MetroCZ. V současné době jsme zahájili vývoj zdokonaleného model ICEWARN pro předpověď teploty a stavu povrchu silnic. Hlavními novými rysy nového modelu bude využití nových vstupních dat z meteorologických družic a meteorologických radarů do modelu a zdokonalený způsob inicializace modelu. Teplota vozovky významnou měrou závisí na radiační bilanci povrchu, kterou ovlivňují také okolní terénní tvary a zástavba. Budeme proto modelovat i vliv zastínění slunečního záření a vliv „skyview“ faktoru na teplotu povrchu. S cílem poskytovat pravděpodobnostní předpověď budeme pokračovat ve vývoji ansámblových metod pro určení nejistoty předpovědi.

Atmosférická cirkulace a její vazby k přízemnímu klimatu

Atmosférická cirkulace zásadním způsobem ovlivňuje přízemní klima a je proto klíčovým faktorem i v souvislosti s probíhajícími změnami v zemském klimatickém systému, včetně výskytu extrémních a nebezpečných jevů (teplotní extrémy, sucho, povodně aj.). V letech 2018-19 budeme pokračovat ve studiu atmosférické cirkulace (dálkové vazby, módy nízkofrekvenční proměnlivosti, cirkulační typy) a jejího vlivu na přízemní klimatické prvky. Ověříme schopnost metody samo-organizujících map popsat skutečnou strukturu cirkulačních dat, zejména s ohledem na zachycení proměnlivosti spojené s méně významnými módy proměnlivosti. Pomocí analýzy pro klouzavá překrývající se roční období popíšeme roční chod módů proměnlivosti na severní polokouli. Významným tématem budou vazby mezi cirkulací a přízemním klimatem (zejména teplotou a srážkami) v současných klimatických modelech, což umožní odhalit nedostatky těchto modelů. Využity k tomu budou nejnovější dostupné simulace, zejména z projektu CORDEX. Porovnáme jednotlivé atmosférické reanalýzy z pohledu jejich schopnosti simulovat módy proměnlivosti a vztahy mezi módy proměnlivosti a přízemními klimatickými prvky.

Proměnlivost a změny klimatu

Probíhající a budoucí změny klimatu jsou jedním z hlavních environmentálních problémů současnosti, jemuž začíná být věnována i náležitá pozornost v rozhodovací a politické sféře, o čemž svědčí tzv. pařížské dohody uzavřené v r. 2016. V rámci výzkumu v letech 2018-19 navážeme na dosavadní aktivity a rozšíříme je. Zabývat se budeme detekcí změny klimatu, vývojem metod pro testování přítomnosti a významnosti trendů, zejména v prostorových datech, vztahy mezi trendy různých proměnných (např. teplota, oblačnost, sluneční svit) a vývojem metod pro konstrukci scénářů změny klimatu, jež budou využity ve studiích dopadů změny klimatu mj. na zemědělskou produkci. Nástrojem pro tyto studie

bude vícerozměrný stochastický meteorologický generátor SPAGETTA, jenž budeme dále vyvíjet. Budeme pokračovat ve vývoji metodiky aplikace testů významnosti trendů v ploše na geograficky nepravidelně rozmístěná data a ověříme použitelnost metod vícerozměrné statistické analýzy (analýza hlavních složek, shluková analýza) pro detekci trendů v datech s nehomogenitami i pro identifikaci těchto nehomogenit. Systematicky budou vyhodnocovány výstupy klimatických modelů jak z hlediska zachycení pozorované proměnlivosti klimatu, tak pokud jde o možné budoucí změny a jejich neurčitosti.

Extrémní jevy a jejich simulace v klimatických modelech

Extrémní klimatické jevy (teplotní, srážkové aj.) mají velké dopady na přírodní prostředí i lidskou společnost a v souvislosti s probíhajícími změnami v klimatickém systému je jim věnována rostoucí pozornost. Navážeme na dosavadní výzkum v této oblasti, se zaměřením na konfrontaci výstupů klimatických modelů a pozorovaných dat. Využity k tomu budou nejnovější dostupné simulace, zejména z projektu CORDEX. Studium prostorových a časových charakteristik teplotních extrémů se soustředí na vliv atmosférické cirkulace a dalších meteorologických faktorů na vznik a rozvoj těchto extrémů. Zabývat se budeme jejich scénáři při změně klimatu a souvisejícími neurčitostmi. Budeme pokračovat ve studiu srážkových charakteristik, ve vývoji modelů extrémních hodnot a jejich aplikaci na výstupy klimatických modelů. Zaměříme se také na vzájemné souvislosti teplotních a srážkových extrémů (např. horké vlny a sucho).

Biometeorologie

Výzkum v oblasti biometeorologie má velký význam pro společnost – vývoj systémů včasného varování přispěl ke snížení zdravotních dopadů teplotních extrémů v mnoha částech světa, v odborné i laické veřejnosti existuje zvýšená poptávka po biometeorologických informacích, v souvislosti se změnou klimatu navíc může dojít ke zvýšení četnosti nebo intenzity některých nebezpečných jevů. Řešení v letech 2018-19 navazuje na dosavadní výsledky, s cílem prohloubit a rozšířit stávající poznatky včetně metodických. Analýza prostorových vzorů vazeb mezi teplotními extrémy a úmrtností a srovnání metodických přístupů používaných v biometeorologii umožní lepší pochopení vlivu počasí na lidské zdraví. Studovány budou časové změny nemocnosti a úmrtnosti související s počasím a rozdíly ve zranitelných skupinách obyvatelstva mezi městskými a venkovskými regiony ve vztahu k měnící se míře socioekonomické a environmentální deprivace. Budeme pokračovat v zapojení do mezinárodních projektů (např. Multi-Country multi-City (MCC) collaborative network), které umožňují aplikaci metodických postupů na data z různých částí světa a vzájemné porovnání metod i výsledků.

Výzkum atmosférických vln a jejich vliv na ionosféru a horní atmosféru

Budeme nadále monitorovat a studovat šíření gravitačních vln a infrazvuku generovaných různými zdroji (např. aurorální aktivita, seismická aktivita, silná konvekce v troposféře, geomagnetické bouře) s využitím nepřetržitých měření sítě mikrobarografů a ionosférického dopplerovského měřicího systému instalovaného v České republice (tři frekvence, pět tras), Jihoafrické republice (jedna frekvence, tři trasy), v Argentině a na Tchaj-wanu (jedna frekvence tři trasy). Dopplerovský měřicí

systém vyvinutý, instalovaný a provozovaný pracovníky ústavu je unikátní ve světě a jeho měření jsou využívána celou řadou zahraničních vědeckých institucí i v mezinárodních vědeckých projektech (ARISE a další). Dopplerovský měřicí systém umožňuje monitorovat vlnovou aktivitu za různých podmínek a analyzovat její podíl na vzniku a trvání různých ionosférických jevů ovlivňujících šíření rádiových vln (spread-F, Es vrstva a jiné). K tomuto výzkumu budou rovněž využívána data z digisondy DPS-4D a GPS přijímače instalovaných na observatoři v Průhonicích. Od roku 2015 v rámci projektu NATO SPS a od letošního roku v rámci projektu programu pro výzkum a inovace EU HORIZONT2020 se navíc intenzivně věnujeme monitorování, studiu a předpovědím LTID (Large-scale Traveling Ionospheric Disturbances). Je to inovativní směr našeho výzkumu, který bude probíhat v široké mezinárodní spolupráci. Gravitační vlny a TID mají významný vliv na přesnost aplikací používajících měření signálů GPS a Galileo.

Výzkum vlivu kosmického počasí na ionosféru a horní atmosféru

Výzkum v této oblasti je soustředěn na variabilitu jednotlivých vrstev ionosféry a horní atmosféry za „klidových“ podmínek a za podmínek zvýšené sluneční aktivity. Budeme pokračovat ve studiu závislosti variability na stupeň sluneční aktivity, na ročním období, geomagnetickou šířku a délku, hemisférickou závislost a denní průběhy variability za různých podmínek. Velkou pozornost i nadále budeme věnovat studiu vlivu geomagnetických bouří různé intenzity na pozemskou ionosféru v průběhu všech fází poruchy. Získané poznatky použijeme k vylepšení fyzikálních a empirických ionosférických modelů (např. IRI – International Reference Ionosphere) a ionosférických předpovědí, které poskytujeme uživatelům RWC Praha (Prague Regional Warning Centre). K tomuto studiu využijeme převážně data z mezinárodní sítě digisond a TEC měření a z naší digisondy a GPS přijímače v Průhonicích.

Dlouhodobé trendy v systému ionosféra-horní atmosféra

Současné změny klimatu antropogenního původu se projevují nejen v troposféře, ale podstatně silněji i ve vyšších vrstvách atmosféry. V této oblasti je náš výzkum soustředěn na upřesnění a rozšíření scénáře globálních klimatických změn v horní atmosféře a ionosféře a na upřesnění vlivu/podílu různých faktorů, nejen skleníkového efektu, na vývoj klimatu horní atmosféry. Snahou rovněž bude propojit stratosférické klimatologické trendy a trendy horní atmosféry v jednom scénáři. Zároveň se budeme nadále podílet na koordinaci tohoto výzkumu na celosvětové úrovni. K tomuto výzkumu budou využívány dlouhé datové řady ze světových datových center i z jednotlivých stanic včetně observatoře Průhonice.

Výzkum ozónu a dynamiky stratosféry

V této oblasti se budeme věnovat výzkumu trendů v jednotlivých vrstvách v profilech ozónu a analýze faktorů, které trendy ovlivňují. Rovněž se budeme zabývat studiem proměnlivosti ročního cyklu celkového ozónu a jeho závislosti na ročním období a na geografickou šířku a délku. Zde využijeme data ze světových datových center. Velkou pozornost i nadále budeme věnovat kontrole kvality využívaných datových souborů.

Variabilita ionosféry, vertikální vazby a vazby mezi neutrální a ionizovanou složkou

Ionosféra ovlivňuje šíření radiových vln a to včetně dnes hojně používaných navigačních systémů jako např. GPS. Ovlivnění radiových signálů závisí na „mocnosti“ ionosféry a na výskytu různých poruch a vln v ní. Studium variability ionosféry má tedy potenciální využití v různých aplikacích. Existují dokonce i snahy využít monitorování ionosféry pro včasné varování před šířícími se tsunami. Budeme pokračovat v našem výzkumu ionosféry, zejména její krátkodobé i dlouhodobé variability, a v jejím modelování v rámci mezinárodní spolupráce (např. COSPAR/URSI, IRI-International Reference Ionosphere – podílíme se na tvorbě modelů IRI). Pozornost budeme věnovat i vlivu variability ionosféry na šíření elektromagnetických vln. Zkoumáme ovlivnění ionosféry shora (např. sluneční aktivita a geomagnetické bouře) i zdola (např. atmosférické vlny produkované konvektivními systémy v troposféře, zemětřeseními apod.). Pro náš výzkum budeme i nadále využívat jak pozemní měření (mezinárodní síť vícebodových Dopplerovských měření, digisondy, incoherent scatter radary atd.), tak i měření na družicích (měření elektronové hustoty, teploty a složení iontů v horní ionosféře) včetně měření námi zkonstruovaných speciálních přístrojů.

Elektrostatická elektřina v atmosféře a globální elektrický obvod

Budeme pokračovat v nepřetržitém měření elektrostatického pole a jeho fluktuací. Poslední mezinárodní výzkumy naznačují, že elektrostatické pole souvisí nejen s vývojem bouřkových systémů na Zemi, ale i s meziplanetárním magnetickým polem – a to zejména v oblastech vysokých šířek. V této souvislosti se zkoumají i potenciální vlivy na počasí, potažmo na klima, např. prostřednictvím tzv. Mansurova efektu. V současné době provozujeme elektrostatická měření na observatoři Panská Ves a seismické stanici v Západních Čechách. Předpokládá se rozšíření měření v Západních Čechách. Současné stanice jsou zařazeny do mezinárodní sítě GLOCAEM (GLObal Coordination of Atmospheric Electricity Measurements). Při zpracování dat se hodláme soustředit zejména na dlouhodobé fluktuace, na vliv oblačnosti, a na a případnou souvislost mezi změnami elektrostatického pole a generací infrazvukových vln v bouřkových systémech - s využitím sítě mikrobarometrů. Další tři měření provozujeme v oblasti Vysokých Tater ve spolupráci se slovenskými kolegy z Ústavu experimentálnej fyziky. V tomto novém směru výzkumu se soustředíme zejména na souvislosti mezi zvýšenými detekcemi sekundárního kosmického záření během intervalů velkých hodnot elektrostatických polí.

Elektromagnetické vlny, nestability a turbulence v plazmatu slunečního větru

Výzkum slunečního větru je klíčový pro pochopení dopadů na technologické systémy na Zemi a na oběžné dráze. Pro měření elektromagnetických vln ve slunečním větru jsme vyvinuli modul pro měření elektrických fluktuací a elektromagnetických vln na sondu ESA Solar Orbiter, která bude vypuštěna na dráhu s periheliem na třetině vzdálenosti Země od Slunce. Pokračujeme v plánování měření, testování přístroje a přípravě na zpracování a archivaci dat, v příštích letech se budeme věnovat analýze a interpretaci přímých lokálních měření průběhů elektrického a magnetického pole spojeného s vlnami, nestabilitami a turbulencí v plazmatu slunečního větru. V oblasti výzkumu vln ve slunečním větru se zaměříme též na studium meziplanetárních radiových emisí z dat přístroje S/WAVES na palubě

družic NASA STEREO a na analýzu měření vln ve slunečním větru a v okolí rázové vlny Země z dat družic ESA Cluster.

Přímá měření k okolí planety Jupiter a jejích měsíců

Mezi nejzajímavější objekty Sluneční soustavy patří ledové měsíce planety Jupiter, v jejichž pravděpodobných podpovrchových oceánech by se mohl udržet život. JUICE (JUperiter ICy moons Explorer) je plánovaná meziplanetární sonda k jejich výzkumu. Projekt byl vybrán v roce 2012 evropskou kosmickou agenturou ESA jako první velké (L1) schválená mise výzkumného programu „Cosmic Vision“, s předpokládaným datem startu v roce 2022 a začátkem měření u planety Jupiter v roce 2030. Společně s kolegy z 25 dalších institucí z 6 evropských zemí, USA a Japonska jsme zapojeni do vývoje přístroje RPWI určeného především pro měření elektrických a magnetických polí vln a nestabilit a pro měření hustoty plazmatu. V rámci tohoto projektu máme odpovědnost za návrh, vývoj a stavbu nízkofrekvenční (LF) elektromagnetické části tohoto přístroje, která bude pokračovat v příštích letech. Máme též, jako jeden z pěti vybraných týmů, zástupce v úzkém vedení přístroje (Co-Principal Investigator), které odpovídá např. za stanovení cílů výzkumu a plánování měření. Budeme též pracovat na analýze probíhajících měření v okolí planety Jupiter pomocí sondy NASA Juno a předchozích sond k této planetě.

Elektromagnetické vlny na povrchu Marsu

I ve výzkumu Marsu existují nezodpovězené otázky, vedoucí k přípravě nových měření. Jedním z vybraných návrhů přístrojů ESA pro misi ExoMars je i náš modul analyzátoru elektromagnetických vln. Umožní poprvé na místě ověřit, existují-li elektrické výboje v prachových bouřích a větrných vírech a pronikají-li elektromagnetické vlny z okolí planety až na její povrch. Start sondy je plánován na rok 2020 a věnujeme se dokončení přístroje, jeho důkladným testům a v případě úspěšného startu a přistání na povrchu Marsu se budeme zabývat též analýzou a interpretací dat slibujících nové výsledky, neboť se v tom případě půjde o historicky první měření elektromagnetických vln na povrchu Marsu.

Příprava nových přístrojů pro kosmické mise

Budeme se nadále aktivně se účastnit práce v mezinárodních konsorciích připravujících návrhy do soutěží ESA na další družicové projekty programu Cosmic Vision. V současné době probíhají soutěže návrhů středně velkých (M class) misí ESA, kde jsme členy konsorcií návrhů misí Thor, Alfvén, Escape a Heavy Metal. V návrzích Thor a Alfvén jsme přijali odpovědnost vedoucích mezinárodních konsorcií přístrojů pro měření vln v plazmatu. Budeme též pokračovat v návrzích přístrojů pro program SSA (plánovaná družice pro monitorování parametru slunečního větru v Lagrangeově bodě L5) a návrzích dalších kosmických agentur.

Analýza měření v okolí Saturnu

Budeme též pokračovat v práci na podrobné analýze dat sondy Cassini, která měřila vlnové emise v magnetosféře planety Saturn a v okolí jeho měsíců. Lokální nestability plazmatu zapříčiněné

přítomností měsíců a prstenců způsobují emise vln různých módů šíření. Ty lze analyzovat za pomoci měření více složek elektromagnetického pole měřeného sondou Cassini. Budeme též pokračovat v analýze měření sondy ve slunečním větru poblíž planety Saturn, kde se vyskytují podobné elektromagnetické emise, jako ve slunečním větru poblíž Země, ovšem při výrazně jiných parametrech plazmatického prostředí.

Družicový výzkum blesků a nadoblačných výbojů

Družicový výzkum nadoblačných výbojů a vysoce energetického gama záření souvisí s hlavním posláním družice TARANIS (Tool for the Analysis of Radiation from lightning and Sprites) francouzské kosmické agentury CNES. Zaměří se na studium výbojů mezi troposférou a ionosférou, zejména tzv. výbojů typu „sprite“ a gama záblesků, které souvisí s urychlováním elektronů na vysoké energie. Na základě současného měření v oblasti nízkofrekvenčních vln, radiových vln, v oblasti infračerveného, optického, ultrafialového, rentgenového a gama záření a měření energetických elektronů se předpokládá rozšíření našich poznatků o těchto dosud jen částečně prozkoumaných jevech. Podíl našeho týmu v tomto projektu spočívá ve vývoji, stavbě a testech širokopásmového vlnového analyzátoru, pokračujeme v práci na testech palubní aparatury, na přípravě metod palubní i pozemní analýzy dat a na přípravě vlastních měření. Po vypuštění na obežnou dráhu budeme odpovídat i za plánování a vyhodnocení měření během provozu družice.

Elektromagnetické projevy blesků

S družicovým výzkumem nadoblačných výbojů těsně souvisí i pozemní měření elektromagnetických projevů vnitrooblačových procesů a vlastních bleskových výbojů. Ve Francii (Ersa, Korsika, ve spolupráci s LA Toulouse a La Grande Montagne na plošině Plateau d'Albion, ve spolupráci s LSBB Rustrel), na Slovensku (na Lomnickém štítu, ve spolupráci s ÚEF SAV) a v Česku (Spořilov, Milešovka) provozujeme síť širokopásmových pozemních senzorů magnetického pole SLAVIA (Shielded Loop Antenna with a Versatile Integrated Amplifier). Ty, díky integrovanému předzesilovači s digitálně nastavitelným ziskem, umožňují pozorovat vývoj až stovky kilometrů vzdálených bleskových výbojů. Souběžně probíhá měření pomocí vícesložkovým elektromagnetickým analyzátozem ELMAVAN-G (v pásmech ELV/VLF, do 25 kHz), který je odvozen z přístroje ELMAVAN (ELEktrOMAgetický Vlnový ANalyzátor) vyvíjeného pro družicový projekt Resonance. Používáme vertikální elektrickou anténu a dvě smyčkové magnetické antény opatřené předzesilovači pro měření bleskových výbojů vzdálených až tisíce km a pro analýzu jejich šíření. K interpretaci dat používáme numerické modely. Průběžně pracujeme na analýze a interpretaci těchto pozemních měření, která slouží jako pozemní protějšek přístrojového vybavení, které připravujeme pro budoucí družicový projekt TARANIS.

Vlny hvizdového módu v magnetosféře Země.

Vlny hvizdového módu ovlivňují rozsáhlé oblasti magnetosféry Země, od ionosféry, až k magnetopauze a chvostu magnetosféry. Radiační pásy jsou další oblastí s praktickými dopady, kde významnou roli hraje vzájemné působení vln a částic. Příkladem jsou emise typu chorus, což jsou intenzivní elektromagnetické vlny na frekvencích stovek Hz až jednotek kHz pozorované v

magnetosférách Země a velkých planet. Vznikají nelineárním procesem založeným na cyklotronové nestabilitě kosmického plazmatu, avšak mechanismus jejich vzniku není objasněn a je předmětem aktivního teoretického i experimentálního výzkumu. V poslední době se stále zřetelněji ukazuje, že tyto vlny přispívají k urychlování elektronů radiačních pásů na relativistické energie, hrají tedy významnou roli ve snaze předpovědět úroveň radiace na oběžné dráze družic a kosmických lodí v závislosti na geomagnetické aktivitě. Chorus je často složen z krátkých vlnových balíků, elementů. Podrobná analýza družicových měření nám dovoluje testovat výsledky dosavadních nelineárních teorií a numerických simulací. Využijeme současných měření čtyř družic Cluster, družic Double Star a THEMIS, a především dat z družic NASA Van Allen Probes (na jejichž vývoji jsme se ve spolupráci s kolegy z University of Iowa podíleli). Budeme se nadále věnovat i ostatním příbuzným emisím plazmasférického sykotu a rovníkového šumu, jakož i hvizdům způsobeným blesky. K interpretaci dat použijeme částicové simulace.

Nízkofrekvenční elektromagnetické vlny a nestability v magnetosféře Země.

Nízkofrekvenční elektromagnetické vlny jsou tradičně považovány za důležitou složku dynamických procesů v magnetosféře Země. Mohou být měřeny pozemními geomagnetickými stanicemi na vysokých šířkách nebo přímo v magnetosférickém plazmatu pomocí umělých družic. Patrné je jejich působení na urychlování elektronů ve vnějším radiačním pásu Země. V nedávné době byly objeveny nelineární vlnové balíky na nízkých frekvencích, které jsou předmětem intenzivního teoretického i experimentálního výzkumu, k němuž plánujeme nadále přispívat. Budeme nadále používat především současná měření čtyř družic Cluster a postupně budeme též pracovat s daty družic NASA Van Allen Probes.

Působení měsíců na plazma v magnetosférách obřích planet

Dosavadní pozorování získaná z předchozích kosmických misí ukazují, že přítomnost měsíců v magnetosférách obřích planet může mít značný vliv na změnu vlastnosti okolního plazmatu a s ním spojeného elektromagnetického pozadí. Analýzou těchto změn je pak možné nepřímo studovat vlastnosti a strukturu samotných měsíců. Cílem tohoto projektu je lépe popsat a pochopit tyto interakce a procesy pomocí globálních numerických simulací, které byly doposud úspěšně využity například pro studium interakce planety Merkur nebo Měsíce ve slunečním větru a dále pak v případě magnetosférického plazmatu pro měsíce Io a Enceladus. Nyní bude důraz kladen především na studium Jupiterových měsíců Ganymed a Europa a to ve vztahu k aktivní účasti v plánované misi JUICE Evropské kosmické agentury.

Kinetické procesy v expandujícím plazmatu slunečního větru

Pochopení expanze plazmatu do meziplanetárního prostoru ve formě slunečního větru, zejména pak interní mechanismy přenosu energie a interakce plazmatu s fluktuacemi elektromagnetického pozadí, stále představuje jednu z klíčových otázek v oblasti výzkumu naší Sluneční soustavy. Jako klíč k pochopení tohoto fenoménu se ukazuje detailní popsání a pochopení kinetických procesů na lokálních protonových a elektronových škálách. Cílem tohoto projektu je popsat a vysvětlit některé

tyto procesy s využitím numerických simulací. Pomocí hybridního, ale i plně částicového kódu bude prováděn výzkum zaměřený na studium vlivu srážek a vlnově-částicových interakcí na formování vlastností rychlostních distribučních funkcí jednotlivých populací částic ve slunečním větru. Vlastnosti plazmatu budou souběžně s numerickými simulacemi studovány i pomocí analýzy reálných dat z vesmírných misí. Tento výzkum bude plynule navazovat a dále rozšiřovat již dříve vyvinuté vlastní numerické modely a jimi dosažené původní poznatky o chování plazmatu ve slunečním větru.

Usnesení Rady Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., schválené dne 16. Listopadu 2017:

"Rada souhlasí s obsahem dokumentu 'Strategie výzkumné činnosti Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i. – střednědobý výhled', považuje všechna tato témata za závažná a doporučuje, aby byla řešena."