

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Розуменко Віктора Тимофійовича
«Дія високоенергетичних джерел на атмосферно-іоносферні канали», яка
представлена на здобуття наукового ступеня
доктора фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Актуальність теми дисертації.

Якісне функціонування систем телекомунікації, радіонавігації, радіолокації, радіоастрономії та дистанційного радіозондування значною мірою визначається станом атмосферно-космічних радіоканалів, який безпосередньо залежить від процесів в атмосфері та геокосмосі. Стан атмосфери та геокосмосу визначається процесами на Сонці, в далекому космосі та на Землі. Перебудова взаємодії підсистем в системах Сонце – міжпланетне середовище – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля та Земля – атмосфера – іоносфера – магнітосфера відбувається під дією високоенергетичних джерел різної фізичної природи на одну з підсистем. До природних джерел належать сонячні бурі, падіння великих космічних тіл, грози, погодні фронти, урагани, смерчі, виверження великих вулканів, потужні землетруси та ін. До техногенних джерел належать старту та польоти космічних апаратів, падіння великих штучних космічних об'єктів, потужні наземні та підземні вибухи, потужне радіо- та акустичне випромінювання та ін. Енергетика ряду техногенних процесів може бути сумірною з енергетикою природних процесів. Таким чином, стан атмосфери і геокосмосу і, відповідно, стан атмосферно-космічної погоди формується природними та техногенними джерелами енерговиділення.

Дослідження реакції систем Сонце – міжпланетне середовище – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля та Земля – атмосфера – іоносфера – магнітосфера на вплив високоенергетичних джерел є актуальною науковою проблемою. Прояви впливу високоенергетичних джерел на атмосферу та геокосмос залежать від низки факторів: фази сонячної активності, сезону, часу доби, місця спостереження та ін. Важливим фактором також є методичне, технічне, програмне забезпечення засобів спостереження.

З огляду на вище сказане тема дисертації «Дія високоенергетичних джерел на атмосферно-іоносферні канали» є актуальною та обґрунтованою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У дисертації наведено результати досліджень, виконаних автором самостійно протягом 1996–2020 рр. відповідно до науково-дослідних робіт

кафедри космічної радіофізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Базовими для підготовки та подання дисертаційної роботи були НДР, науковим керівником яких був здобувач: Дослідження збурень середньоширотної іоносфери (1997–1999 рр.), ДР 0197U018347; Дослідження впливу потужних джерел збурень на атмосферно-іоносферні електродинамічні зв'язки (2000–2002 рр.), ДР 0100U003336; Дослідження динаміки і електродинаміки мезосфери, нижньої термосфери та іоносфери (2003–2005 рр.), ДР0103U004239; Дослідження електродинаміки електрично активної середньої атмосфери (2006–2008 рр.), ДР 0106U001551; Просторово-часова структура збурень в електрично активній мезосфері (2009–2011 рр.), ДР 0109U000534; Мезосфера як новий активний елемент у глобальному атмосферному електричному ланцюзі (2012–2014 рр.), ДР 0112U001064; Розробка глобальної напівемпіричної моделі електронної концентрації іоносфери поточного часу (2017–2019 рр.), номер держреєстрації 0117U00486.

Мета роботи, методи досліджень.

Метою дисертаційної роботи є дослідження основних фізичних процесів в атмосфері та геокосмосі, що супроводжували вплив на навколоземне середовище падіння Челябінського метеороїда, геокосмічних бур, тайфунів, землетрусів, стартів великих ракет, польотів космічних апаратів і потужного наносекундного радіовипромінювання, важливих для поширення радіохвиль і функціонування радіоканалів.

Об'єкт дослідження – верхня атмосфера та геокосмос.

Предмет дослідження – фізичні процеси в атмосферно-космічних радіоканалах, зумовлені впливом на середовище високоенергетичних джерел.

Методи досліджень. У дисертації використовуються відомі радіофізичні методи дистанційного радіозондування – методи часткових відбиттів, метод доплерівського зондування, метод багаточастотного багатотрасового похилого зондування, метод некогерентного розсіяння, а також магнітометричний метод. При обробці результатів радіофізичних вимірювань використовувалися методи статистичної радіофізики та математичної статистики, спектральний аналіз, статистичний аналіз, кореляційний аналіз. При проведенні теоретичних досліджень використовувалися аналітичні та числові методи, а також фізичне моделювання.

Наукова новизна результатів.

Офіційний опонент погоджується з основними положеннями наукової новизни представленої докторської дисертації.

1. Проведено теоретичні дослідження та виконано числові оцінки основних параметрів фізичних процесів у системі Земля – атмосфера – іоносфера – магнітосфера, викликаних падінням найбільшого за останні 100 років космічного тіла – Челябінського метеороїда. Визначено кількісні значення параметрів збурень, що виникли в системі Земля – атмосфера – іоносфера – магнітосфера.

2. За допомогою багаточастотного багатотрасового комплексу похилого зондування іоносфери виявлені іоносферні збурення, що послідували за падінням Камчатського метеороїда масою 1.41 кт і розміром близько 9.4 м. Знайдено три групи збурень: що мали удавані швидкості поширення 1.9–2.9 км/с, 620–770 м/с та 310–500 м/с.

3. Вперше продемонстрована можливість спостереження на відстанях до 2 тис. км динамічних процесів в іоносфері, що супроводжували землетруси помірної сили ($M \approx 5.9-6.5$). Виявлено хвильові збурення в діапазоні інфразвукових коливань (період 4 – 5 хв) і в діапазоні 15–30 хв, що виникають в результаті землетрусу. Виявлено дві характерні удавані швидкості поширення збурень, які відповідають швидкостям сейсмічних і акустико-гравітаційних хвиль в іоносфері Землі.

4. Вперше за допомогою багаточастотного багатотрасового програмно-апаратного комплексу похилого зондування іоносфери виявлена реакція іоносфери на дію супертайфунів, що супроводжувалася підсиленням хвильової активності в атмосфері. При цьому генерувалися хвильові процеси з періодом від 12–15 до 60–150 хв. Підтверджено, що взаємодія в системі атмосфера – верхня атмосфера – іоносфера здійснювалася за допомогою атмосферних гравітаційних хвиль. Під дією хвильових процесів висота відбиття радіохвиль коливалася в межах $\pm(30-50)$ км.

5. Проведено багаторічні спостереження за збуреннями характеристик радіохвиль і параметрів іоносфери та геомагнітного поля, що виникають при стартах ракет і польотах космічних апаратів. Встановлено, що при цьому в глобальних масштабах (на відстанях від 1 до 10 тис. км) в атмосфері та геокосмосі виникають реєстровані збурення, що поширюються у вигляді акустико-гравітаційних хвиль (швидкість 0.3–0.8 км/с), повільних МГД хвиль (швидкість від 1 до 10 км/с) і гіротропних хвиль (швидкість від 10 до 100 км/с). Тривалість збурень становить від десятків хвилин до декількох годин.

Практичне значення отриманих результатів полягає в отриманні кількісних значень збурень характеристик радіохвиль і параметрів атмосферно-іоносферного радіоканалу під дією високоенергетичних джерел (падінь метеороїдів, геокосмічних бур, тайфунів і землетрусів), що визначають ефективність функціонування систем телекомунікації, радіонавігації, радіолокації, радіоастрономії та дистанційного радіозондування.

Значна частина результатів дисертації увійшла в підсумкові звіти за науково-дослідними роботам кафедри космічної радіофізики, для яких отримані акти про впровадження результатів досліджень.

Особистий внесок здобувача полягає в постановці задач дослідження, аналізі стану космічної погоди, аналізі стану іоносфери, аналізі результатів спостережень і вимірювань, проведенні числових розрахунків, написанні відповідних розділів у статтях і тезах, участі в обговоренні отриманих результатів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації та методи досліджень.

Всі наукові результати та положення, які містяться в дисертаційній роботі, достатньо науково обґрунтовані, а отримані висновки і наведені рекомендації носять практичний характер та достовірні. Обґрунтованість досліджень, сформульованих у дисертаційній роботі висновків і рекомендацій підтверджується виконанням досліджень із застосуванням відомих аналітичних та числових методів, коректними припущеннями та постановкою завдань, збігом теоретичних досліджень та результатів обчислень та моделювання, опублікуванням результатів роботи та їх обговоренням на наукових конференціях.

Основний зміст дисертації.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано вибір теми дослідження, сформульовані мета досліджень, визначені наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, наведена інформація про апробацію дисертації, описаний особистий внесок здобувача.

У розділі 1 наведено аналітичний огляд наукової літератури за проблематикою роботи. Вказано на невирішені дотепер проблеми. Приділено увагу оцінкам енергетики природних і техногенних процесів у цих системах. Детально розглянуті сучасні уявлення про фізичні процеси в атмосфері та геокосмосі, викликані землетрусами, тайфунами, геокосмічними бурями та метеороїдами, зокрема Челябінським космічним тілом, впливом космічної діяльності.

У розділі 2 сформульовані основні положення системної парадигми, наведені дані про взаємодію підсистем в системах Сонце – міжпланетне середовище – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля та Земля – атмосфера – іоносфера – магнітосфера, зокрема наголошено що: системи утворюють єдину природну систему; Земля та навколоземне середовище утворюють єдину природну систему; між складовими частинами систем мають місце різноманітні зв'язки (прямі та зворотні, позитивні та негативні, їх комбінації); системи відкриті; до систем надходить випромінювання, речовина, енергія й ентропія як «знизу», так і «зверху»; узагальнені параметри систем змінюються в часі та просторі; системи нелінійні, що є результатом протікання високоенергетичних процесів.

Наведено зведені енергетичні характеристики потоків «зверху» і «знизу» між підсистемами вказаних систем, а також параметри хвильових збурень гідродинамічної й електромагнітної природи та висипань заряджених частинок.

У розділі 3 описано фізичні процеси в атмосфері й іоносфері, викликані впливом високоенергетичних джерел різної природи, зокрема падіння великих космічних тіл, динамічних процеси у мезосфері та дії нестационарного потужного радіовипромінювання різних частотних діапазонів.

В підрозділі 3.2 проведено фізичне моделювання процесів в атмосфері й іоносфері, які були викликані падінням Челябінського метеороїда. В підрозділі 3.3 за часовими варіаціями доплерівських спектрів і відносних амплітуд сигналів похилого зондування іоносфери на 6 радіотрасах довжиною від 950 км до 1875 км із частотами від 5 до 9.830 МГц у північно-східному регіоні Китаю виявлені іоносферні збурення, що послідували за прольотом і вибухом 18 грудня 2018 р. Камчатського метеороїда. Підрозділ 3.4 присвячено дослідженню динамічних процесів на мезосферних висотах, які проводяться у світі протягом досить тривалого часу з використанням як наземних, так і супутникових зондуючих установок. Вивчалися залежності параметрів переважаючих вітрів, планетарних, припливних і акустико-гравітаційних хвиль, турбулентних рухів від часу доби, сезону, географічного положення пункту спостереження, рівня сонячної та магнітної активності та ін. Вивчено добові та сезонні залежності величини, напрямку, зональної та меридіональної складових вектора спрямованої швидкості в мезосфері. Показано, що його значення зазвичай становить 10–80 м/с при абсолютній похибці 3–7 м/с. Виявлені значні варіації модуля швидкості (в 2–5 разів) та її напрямку (на 140–180°), викликані, ймовірно, проходженням внутрішніх гравітаційних хвиль і їхніх гармонік. Підрозділ 3.5 присвячений вивченню впливу штучної іонізації на параметри атмосферно-іоносферних радіоканалів. Перспективним напрямком для створення штучної іонізації є пробій мезосфери наносекундними радіоімпульсами, який призводить до нагріву електронів і лавиноподібного зростання концентрації електронів.

У розділі 4 досліджено сейсмо-іоносферні процеси і варіації характеристик радіохвиль у діапазоні частот 5–10 МГц, викликаних землетрусами помірної сили. Землетруси являють собою систематично, хоч і випадково, діюче джерело енерговиділення, що призводить до активізації взаємодії підсистем у системі тектоносфера – атмосфера – іоносфера – магнітосфера. Виявлено модулюючі концентрацію електронів у іоносфері хвильові збурення у діапазоні інфразвукових коливань з періодом 4–5 хв, генеровані поверхневою хвилею Релея, що виникла в результаті землетрусу. На відстанях 1–2 тис. км від епіцентру помірною ($M = 6.0$) землетрусу в Японії 11 квітня 2019 р. виявлена реакція іоносфери на сейсмічну подію. Землетрус супроводжувався розширенням доплерівських спектрів на 1–1.5 Гц в діапазоні частот 5–9.8 МГц, генерацією АГХ, що мають швидкість 0.5–1 км/с і період 8–20 хв, і генерацією інфразвуку з періодом 2–5 хв, що мають швидкість 0.3–0.4 км/с. Відносні збурення концентрації електронів складали від 1 до 10%.

У розділі 5 досліджено фізичні процеси в геокосмосі, які супроводжували вплив найсильнішого за останні 60 років супертайфуну Hagibis (номер 201919), який існував з 5 по 13 жовтня 2019 р. в Азійсько-Тихоокеанському регіоні. Тайфуни належать до потужних атмосферних процесів, які виникають в системі океан – суша – атмосфера та можуть відчутно впливати на всю систему Земля – атмосфера – іоносфера – магнітосфера, а отже і на атмосферно-космічні

радіоканали. Дія супертайфуну супроводжувалась підсиленням хвильової активності в атмосфері. При цьому генерувались хвильові процеси з періодом від 2 до 7 хв і від 12–15 до 60–150 хв. Найбільший вплив на іоносферу виявлявся в ті дні, коли супертайфун мав максимальну енергетику (8, 9, 10 жовтня 2019 р.). При цьому супертайфун знаходився на відстані ~2500 – 3000 км від середини радіотрас похилого зондування.

У розділі 6 розглянуті фізичні процеси у нижній, середній і зовнішній іоносфері, що супроводжують геокосмічні бурі. Іоносферні, магнітні, атмосферні й електричні бурі є проявом геокосмічної бурі. Для дослідження нижньої іоносфери використовувався метод часткових відбиттів. Ефекти у широкому діапазоні висот, які охоплювали середню та зовнішню іоносферу, досліджувалися методом некогерентного розсіяння.

Ефекти геокосмічної бурі у нижній іоносфері розглянуті на прикладі найсильнішої геокосмічної бурі 2004 р., яка тривала з 7 по 11 листопада. Аналіз часових варіацій електронної концентрації на висотах 73.5–82.5 км під час дуже сильної геокосмічної бурі 7–11 листопада 2004 р. виявив збільшення її середніх значень (на 50–100%) та амплітуд її варіацій (у деяких сплесках в 3–5 разів) у магнітозбурені дні. Значення амплітуд хвильових збурень у відносних одиницях протягом бурі зазвичай становили 0.05–0.15.

Зафіксовано значне (на порядок і більше) збільшення варіацій і стандартних відхилень горизонтальних складових магнітного поля в магнітозбурені періоди 7–14 листопада 2004 р. Ефекти геокосмічної бурі в середній іоносфері над Китаєм розглянуті на прикладі бурі 14–15 травня 2019 р. Для дослідження іоносферних ефектів цієї геокосмічної бурі над Китаєм використовувався багаточастотний багатотрасовий програмно-апаратний комплекс похилого зондування іоносфери Харбінського інженерного університету

На основі аналізу фізичних процесів у середній і зовнішній іоносфері зроблено висновок про доцільність розділення іоносферних бур за силою геомагнітного збурення, яке вони супроводжують.

У розділі 7 розглянуті фізичні процеси в атмосфері, іоносфері та геомагнітному полі, що супроводжували старту ракет-носіїв з різних космодромів світу, маневрування на орбіті та посадки космічних апаратів. Наведений опис експериментів, отримані експериментальні дані та надані висновки за результатами їх обробки. Крім збурень в атмосфері й іоносфері, збурення від ракет і інших космічних апаратів можуть виникати у магнітному полі Землі. Проаналізовано відповідні магнітні ефекти.

У висновку зазначено, що дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної проблеми – експериментальному та теоретичному дослідженню впливу високоенергетичних джерел природного та штучного походження на характеристики радіохвиль і атмосферно-космічні радіоканали, які використовуються засобами телекомунікації, радіолокації, радіонавігації, радіопеленгації. Зроблено узагальнення результатів досліджень.

Оцінка змісту та оформлення дисертації.

За змістом та оформленням дисертаційна робота й автореферат відповідають встановленим вимогам з атестації кадрів щодо обсягу і структури.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, семи розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 379 сторінок, основного тексту – 269 сторінок. Робота ілюстрована 86 рисунками, 31 таблицею. Список використаних джерел містить 391 найменування.

Зміст автореферату відображає основні положення дисертації. Автореферат дисертації в необхідній мірі розкриває мету, завдання та отримані в роботі результати, викладений якісною мовою, досить повно і точно відображає основний зміст дисертації і свідчить про достатню професійну підготовку здобувача.

Апробація результатів дисертації. Представлені в роботі результати доповідалися на 36 міжнародних і національних конференціях, основні з яких наступні: Міжнародний семінар «Фізика космічної плазми» (Київ, Україна, 6–10 червня 1993). IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (Baltimore, Maryland, 21 – 26 July 1996). International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory (Kharkov, Ukraine, 2-5 June 1998, 2000). Vth international Suzdal URSI Symposium on the modification of ionosphere (Suzdal, Russian Federation, 26 – 29 August 1998). 24th General Assembly of the European Geophysical Society (The Hague, Netherlands, 19–23 April 1999). XXVIth General Assembly of the URSI (Toronto, Canada, 13–21 August 1999). «Астрономія в Україні–2000 и перспектива» (Київ, Україна, 5–8 червня 2000). XXVII General Assembly of the international union of Radio Science (Maastricht, Netherlands, 17 – 24 August 2002). Міжнародна наукова конференція. Каразінські природознавчі студії. (Харків, Україна, 14–16 червня 2004). 35th COSPAR Scientific Assembly. (Paris, France, 18–25 July 2004). Українська конференція по перспективним космічним дослідженням (Кацивели, Крим, Україна, 2002; Кацивели, Крим, 15 – 21 вересня 2003; Понизовка, Крим, Україна, 2004). 16th Int. Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” (Sevastopol, Crimea, Ukraine, 11–15 September 2006). Characterising the Ionosphere Meeting (Neuilly-sur-Seine, France, 12–16 June 2006). 16th Int. Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” (Sevastopol, Crimea, Ukraine, 11–15 September 2006). 36th COSPAR Scientific Assembly (Beijing, China, 16–23 July 2006). Fourth UN/ESA/NASA/JAXA/BAS Workshop on the International Heliophysical Year 2007 and Basic Space Science “First Results from the International heliophysical Year 2007”. Solar-Terrestrial Influences Laboratory at the Bulgarian Academy of Sciences (Sozopol, Bulgaria, 02 – 06 June 2008). Українська конференція з космічних досліджень (Крим, Євпаторія, Україна, 1 – 7 вересня 2008; Odesa, Ukraine, 24

– 28 August 2015; Odesa, Ukraine, 21–25 August 2017; Київ, Україна, 17–20 вересня 2018). 2009 19th Int. Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” (Sevastopol, Crimea, Ukraine, 14–18 September 2009). Первая украинская конференция «Электромагнитные методы исследования окружающего пространства» (Харьков, Украина, 25 – 27 сентября 2012). 23rd Int. Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” (Sevastopol, Crimea, Ukraine, 9–13 September 2013). IX International Conference on Antenna Theory and Techniques (ICATT) (Odessa, Ukraine, 16–20 September 2013). I Украинская конференция, посвященная 100-летию со дня рождения В. А. Мисюры (Харьков, Украина, 24 – 25 октября 2013). Міжнародна конференція в рамках IX Всеукраїнського фестивалю науки присвячена 170 річниці Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 110 річниці професора С. К. Всехсвятського, 100 річниці М. А. Яковкіна (Київ, Україна, 25–29 травня 2015). Міжнародна наукова конференція «Астрономічна школа молодих вчених». (Умань, Україна, 23–24 травня 2018). XVII International Young Scientists’ Conference on Applied Physics (Kyiv, Ukraine, 23–27 May 2017). XIII International Conference “Electronics and Applied Physics” (Kyiv, Ukraine, 24–27 October 2017). 2018 9th International Conference on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals (Odessa, Ukraine, 4 – 7 September 2018). 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (Lviv, Ukraine 02–06 July 2019). Fifth UK–Ukraine–Spain Meeting on Solar Physics and Space Science (Kyiv, Ukraine, 26–30 August 2019). 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week: 2020 IEEE 6th International Symposium on Microwaves, Radar and Remote Sensing (Kharkiv, Ukraine, 22–27 June 2020).

Публікації. Матеріали дисертації опубліковані у 111 наукових працях, серед яких 9 – статті у наукових фахових виданнях України, 14 – праці в зарубіжних наукових спеціалізованих виданнях (з них 10 – статті у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus), 15 – статті, що додатково відображають зміст дисертації, 73 – матеріали доповідей на конференціях (зокрема 16 тез, що входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science).

Особистий внесок здобувача полягає в постановці задач дослідження, аналізі стану космічної погоди, аналізі стану іоносфери, аналізі результатів спостережень і вимірювань, проведенні числових розрахунків, написанні відповідних розділів у статтях і тезах, участі в обговоренні отриманих результатів. Внесок автора в роботи, що були опубліковані у співавторстві, конкретизовано у списку публікацій.

У дисертації не використовувались матеріали кандидатської дисертації.

Враховуючи вище наведене, слід вважати ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій такою, що відповідає

вимогам щодо дисертаційних робіт, представленим на отримання наукового ступеня доктора фізико-математичних наук.

Зауваження до змісту дисертації та автореферату дисертації.

1. На стор. 106-107 наведені основні положення системної парадигми з посиланням на публікацію: Chernogor L. F. Earth – Atmosphere – Geospace as an Open Nonlinear Dynamical System / L. F. Chernogor, **V. T. Rozumenko** // Radio Physics and Radio Astronomy. — 2008. — Vol. 13, N 2. — P. 120–137. (*Особистий внесок здобувача: Розвиток і обґрунтування окремих положень системної парадигми. Написання окремих розділів, участь в обговоренні результатів.*). Внесок здобувача в розвиток основних положень системної парадигми необхідно пояснити.
2. На стор. 117 зазначено, що рівняння, які описують рух метеороїда в атмосфері розв'язувалися числовими методами. Слід пояснити критерії вибору методів та вимоги до програмного забезпечення.
3. Пункт 4 висновків до розділу 4 очевидно мав містити деякі узагальнення. Втім зміст пункту 4 не можна вважати узагальненням досліджень описаних в розділі 4. Разом з тим такі узагальнення важливі та цікаві для подальших досліджень.
4. Параграф 6.4 розділу 6 не містить опису засобів та методів, задіяних для дослідження ефектів геокосмічних бур в середній та зовнішній іоносфері.
5. Висновки (стор. 299), на думку опонента, повинні включати узагальнений опис підтверджених, не підтверджених та виявлених проявів дії високоенергетичних джерел на атмосферно-іоносферні радіоканали.
6. Висновки наведені в авторефераті (стор. 22-24) відрізняються від висновків наведених в дисертації (стор. 299-310) за змістом та кількістю.

Висновок.

Представлена дисертація Розуменко В.Т. «Дія високоенергетичних джерел на атмосферно-іоносферні канали» доктора фізики-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика є завершеною науковою працею, що присвячена розв'язанню актуальної проблеми – експериментальному та теоретичному дослідженню впливу високоенергетичних джерел природного та штучного походження на характеристики радіохвиль і атмосферно-космічні радіоканали, які використовуються засобами телекомунікації, радіолокації, радіонавігації, радіопеленгації.

Висловлені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи, а лише підкреслюють її багатогранність, складність, узагальнення результатів виконаних досліджень і не знижують загальної оцінки роботи.

Автореферат відповідає змісту дисертації і розкриває її основні положення.

Враховуючи висловлене, вважаю, що дисертаційна робота «Дія високоенергетичних джерел на атмосферно-іоносферні канали» за рівнем отриманих наукових результатів, змістом та обсягом є закінченою науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані та достовірні теоретичні та практичні результати.

Дисертаційна робота Розуменко В. Т. за змістом, одержаними науковими результатами та їх впровадженням на практиці відповідає пп. 10, 12 і 14 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо докторських дисертацій, який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 із змінами, внесеними Постановою КМУ № 656 від 19.08.2015 р., та паспорту спеціальності 01.04.03 – радіофізика, а її автор Розуменко Віктор Тимофійович цілком заслуговує присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Офіційний опонент:
доктор технічних наук професор,
директор Інституту іоносфери



І.Ф. Домнін

Відгук зроблено 26 квітня 2021 р.
Ученій секретар спецради