

DOI: <https://doi.org/10.15407/rpra28.02.174>
УДК 537.86

О.О. Костенко^{1,2}, Ю.Ф. Логвінов¹, Ю.О. Педенко¹

¹ Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України
вул. Акад. Проскури, 12, м. Харків, 61085, Україна
E-mail: alexei.kostenko@gmail.com

² Радіоастрономічний інститут НАН України
вул. Мистецтв, 4, м. Харків, 61002, Україна

БІЛЯ ДЖЕРЕЛ МІЛІМЕТРОВОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ (до 90-річчя В.Б. Разказовського)

Цю статтю присвячено 90-річному ювілею Вадима Борисовича Разказовського, відомого вченого в галузі радіофізики та радіотехніки, доктора технічних наук, професора, керівника відділу статистичної радіофізики Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України.

Ключові слова: Вадим Борисович Разказовський, вчений, професор, міліметрові хвилі, поширення та розсіяння радіохвиль, радіолокація, тропосфера.

У травні 2023 року наукова та академічна спільнота Харкова відзначає 90-річчя від дня народження доктора технічних наук, професора Вадима Борисовича Разказовського — визнаного фахівця в галузі дослідження особливостей поширення сантиметрових і міліметрових радіохвиль над поверхнями суші та моря, впливу характеристик розсіяння на точність вимірювання координат цілей, а також вирішення практичних завдань радіолокації. На сьогоднішній день В.Б. Разказовський — один з першої когорти співробітників Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України (ІРЕ). Він розпочав свою наукову кар'єру, будучи сту-

дентом, ще у радіофізичному секторі знаменитого Харківського фізико-технічного інституту (ХФТІ).

В.Б. Разказовський народився 25 травня 1933 р. у Воронежі. Ще в шкільний період під впливом батька він захопився радіоаматорством — читав популярний тоді журнал «Радіо-фронт», навчався паяти найпростіші радіосхеми, а потім збирати та налаштовувати детекторні та регенеративні приймачі. Це шкільне захоплення, очевидно, визначило подальшу долю Вадима Борисовича, і у вересні 1950 року він вступив на радіотехнічний факультет недавно відновленого після низки реорганізацій одного з найстаріших технічних

Цитування: Костенко О.О., Логвінов Ю.Ф., Педенко Ю.О. Біля джерел міліметрової радіолокації (до 90-річчя В.Б. Разказовського). *Радіофізика і радіоастрономія*. 2023. Т. 28. № 2. С. 174—179. <https://doi.org/10.15407/rpra28.02.174>

Citation: Kostenko, O.O., Logvinov, Yu.F., Pedenko, Yu.O., 2023. Near the origins of millimeter wave radar (90-th anniversary of Vadym B. Razskazovsky). *Radio Physics and Radio Astronomy*, 28(2), pp. 174—179. <https://doi.org/10.15407/rpra28.02.174>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2023. Статтю опубліковано відповідно до умов відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher PH "Akadempriodyka" of the NAS of Ukraine, 2023. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

вузів СРСР — Харківського політехнічного інституту (ХПІ), який завжди відрізнявся високим рівнем професорсько-викладацького складу. Радіотехнічний факультет було утворено у 1946 році в контексті післявоєнних рішень урядового рівня з підготовки технічних, інженерних і наукових кадрів радіотехнічного профілю для промисловості, армії та флоту. До навчального процесу на факультеті було залучено провідних спеціалістів-радіофізиків ХФТІ. Зокрема, А.О. Слуцкін очолював кафедру основ радіотехніки, а після його смерті у 1950 році завідувачем кафедри став С.Я. Брауде. Як згадує В.Б. Разказовський [1], на перших курсах на «радіоаматорство» у нього вже не залишалося часу. Тоді він серйозно захопився теоретичними дисциплінами, що розвинули в ньому любов до строгих теоретичних методів опису явищ. Лекції з поширення радіохвиль, які яскраво читав Семен Якович Брауде, в подальшому лягли в фундамент майбутньої наукової діяльності Вадима Борисовича. А ось знайомство з практичною радіотехнікою розпочалося на військовій кафедрі, де студенти досконально вивчали окремі функціональні вузли штатних радіолокаторів.

На старших курсах на формування його як фахівця та людини вплинули Б.Л. Кашеев, І.С. Тургенев та А.І. Іграков, на той час вже доценти факультету. Примітно, що останній доповнював свої лекції цікавими відомостями про практичне застосування радіолокації в роки Другої світової війни. Згодом Вадим Борисович уже як колега був пов'язаний зі своїми вузівськими викладачами тісними науковими контактами. Зокрема, В.Б. Разказовського та його керівника дипломного проєкту В.І. Тарана (пізніше директор Інституту іоносфери НАН України та МОН України) довгі роки пов'язувало плідне наукове співробітництво. Також у ХПІ він познайомився з майбутніми колегами по ІРЕ Б.Д. Замараєвим та В.Ю. Рязанцевим. Восени 1954 року Вадима Борисовича, студента 4-го курсу, було направлено на проходження переддипломної практики у ХФТІ до лабораторії Є.М. Кулешова, де він уперше познайомився з технікою міліметрового діапазону. Проте цей процес контролювався С.Я. Брауде, який у січні 1955 року направив перспективного студента у відділ поширення радіохвиль ХФТІ. Його перше наукове завдання було пов'язане з



В.Б. Разказовський. Початок 1960-х

вивченням можливості визначення місця розташування джерела випромінювання радіохвиль сантиметрового діапазону на поверхні моря шляхом використання різницево-фазового методу. А у вересні 1955 року В.Б. Разказовського було автоматично переведено до лабораторії радіолокації (з 1965 року — відділ радіолокації) новоствореного ІРЕ. До речі, він ніколи не шкодував про такий результат свого працевлаштування. Потрібно відзначити, що для Вадима Борисовича з точки зору дебюту його наукової кар'єри зірки на небосхилі розташувалися сприятливо. Він опинився у потрібному місці в потрібний час.

Наприкінці 1940-х років ХФТІ розпочав виконання науково-дослідних робіт урядового рівня, які були націлені на освоєння міліметрового та субміліметрового діапазонів радіохвиль. Згодом ці роботи визначили наукову спрямованість ІРЕ [2], і вже у 1960-ті роки молодий інститут став однією з провідних науково-дослідних організацій СРСР, залучених до вирішення актуальної науково-прикладної проблеми — створення перспективних систем міліметрової радіолокації. Саме в тому науковому колективі, орієнтованому на вирішення подібних завдань, опинився молодий фахівець В.Б. Разказовський. Тут заохочувалася ініціатива, потрібно було працювати з чистого аркуша, і все сприяло швидкому професійному росту. Під керівництвом І.С. Тургенєва Вадим Борисович займався вивченням впливу флуктуацій сигналів міліметрового діапазону під час поширення над поверхнею Землі на точність



Початок 1970-х, відділ радіолокації. В.Б. Разказовський, В.Ю. Рязанцев, І.С. Тургенев обговорюють результати експерименту



Початок 2000-х, відділ статистичної радіофізики. Зліва направо, верхній ряд: Ю.Ф. Логвінов, В.О. Зуйков, О.О. Горошко, В.Б. Разказовський, В.О. Кириченко, Ю.О. Педенко; нижній ряд: С.М. Лабазов, В.Г. Сугак, Г.П. Кульомін

вимірювання координат. Оригінальні результати не змусили на себе довго чекати — незабаром було опубліковано його перші наукові статті у співавторстві з колегами по лабораторії [3, 4].

Для В.Б. Разказовського ця тематика стала визначальною, причому в її межах було виділено декілька перспективних напрямів, тісно пов'язаних один з одним.

Він брав участь у виконанні комплексної програми, пов'язаної з розробкою принципів застосування міліметрових радіохвиль для вирішення

завдань наземної радіолокації. За матеріалами цієї роботи 1963 року він захистив кандидатську дисертацію.

Одним з основних предметів його досліджень впродовж усієї наукової кар'єри було поширення радіохвиль міліметрового, сантиметрового та дециметрового діапазонів над реальними поверхнями. Фундаментальні результати за цим напрямом, отримані колективом Вадима Борисовича протягом першої половини його наукової діяльності, було узагальнено в монографії [5].

Цю роботу присвячено двом актуальним аспектам поширення міліметрових радіохвиль над поверхнями суші і моря: вивченню закономірностей зворотного розсіяння радіохвиль і відтворенню статистичних просторово-часових характеристик радіолокаційних сигналів. Протягом всього творчого життя В.Б. Разказовському була притаманна струнка методична спрямованість, яку він передав своїм учням. Він чітко формулював задачі і не залишав без інтерпретації «незрозумілі», на першій погляд, експериментальні факти. Завдяки цьому разом з командою йому вдалося систематично відтворити основні статистичні властивості сигналів, розсіяних реальними поверхневими неоднорідностями: морськими хвилями, бризками та піною, різноманітними формами ґрунтів і рослинності. Для різних метеорологічних і геофізичних умов, в яких проводилися натурні експерименти, було відтворено спектри флуктуацій сигналів, просторово-часові кореляційні функції амплітуд і фаз, варіації кутів приходу та інші статистичні характеристики. Практичне значення таких досліджень полягало в оцінюванні точності пеленгування та визначення похибок місцезнаходження маловисотних джерел випромінювання (цілей) [6].

Наприкінці 1960-х років коло завдань, які виконував колектив під керівництвом В.Б. Разказовського, значно розширилося. Додалася необхідність дослідження особливостей радіолокаційних відбиттів від місцевості та цілей у високочастотних областях доплерівського спектра, які не вивчалися раніше. Цей напрямок був тісно пов'язаним з оборонною тематикою, тому переважна частина публікацій на той час була закритою для широкого загалу, а часткове уявлення про найбільш вагомні результати можна отримати з пізнішої публікації [7]. Починаючи з 1975 року до кінця 1980-х років минулого сторіччя за постановами директивних органів було успішно виконано кілька науково-дослідних робіт високого рівня відповідальності.

Під керівництвом Вадима Борисовича було розроблено методи розрахунку впливу багатопроменевого поширення радіохвиль на точність вимірювання куткових координат реальних цілей. Ці роботи дали змогу чітко сформулювати переваги та недоліки міліметрових радіохвиль і визначити сфери їхнього практичного вико-

ристання під час розв'язання задач радіолокації. Результати цих досліджень склали зміст його докторської дисертації, захищеної 1983 року.

Після розпаду СРСР було значно скорочено фінансування прикладної тематики Інституту, що призвело до згортання, а надалі і припинення експериментальних досліджень у натурних умовах, насамперед на акваторії Чорного моря. У зв'язку з цим значна частина подальших робіт виконувалася шляхом комп'ютерного моделювання. Можливість постановки комп'ютерних експериментів було засновано на результатах одного з найважливіших напрямів діяльності Вадима Борисовича — розробці напівемпіричних моделей поля міліметрових і сантиметрових радіосигналів над морською поверхнею. При створенні таких моделей [8, 9] було використано як оригінальні результати експериментальних і теоретичних досліджень ІРЕ, так і досягнення провідних зарубіжних вчених. Розроблені моделі широко використовуються й досі із застосуванням сучасних алгоритмів спектрального оцінювання кутів місця цілей з високою роздільною здатністю [10]. Поряд із розв'язанням фундаментальних наукових проблем Вадим Борисович брав участь у реалізації інженерно-технічних проектів. Зокрема, ним обґрунтовано доцільність і технічні можливості створення напівпровідникової когерентної РЛС 8-мм діапазону для моніторингу наземного руху в аеропортах, а на початку 2000-х років за його активної участі в ІРЕ було розроблено та виготовлено діючий макет такого радіолокатора [11].

В останні роки Вадим Борисович приділяв велику увагу вивченню поширення міліметрових радіохвиль на гранично малих висотах, порівнянних із висотою морських хвиль. Складність цих досліджень в тому, що в цьому разі доводиться враховувати ефекти, пов'язані із затіненнями і дифракцією радіохвиль на гребенях хвиль. У результаті було опубліковано низку статей, зокрема [12], що мають важливе практичне значення, наприклад, під час розроблення РЛС супроводу цілей на висотах порядку одиниць метрів над морем.

За 60 років роботи в Інституті Вадим Борисович пройшов великий шлях, обіймаючи різні наукові та інженерні посади — молодшого наукового співробітника, головного конструктора

(1958—1964 роки) і завідувача неструктурної лабораторії (1968—1984 роки). З 1984 року він почав керувати відділом радіофізичних проблем міліметрового діапазону, який у 1998 році було перетворено на відділ статистичної радіофізики. На цій посаді він працював до 2005 року, після чого перейшов на посаду старшого наукового співробітника Інституту, а у 2015 році пішов на заслужений відпочинок.

Наукові результати, отримані В.Б. Разказовським, представлено в більше ніж 150-ти статтях і 2-х монографіях, він має 12 авторських свідоцтв на винаходи. Під його керівництвом завершено понад 25 науково-дослідних робіт за завданнями урядових органів СРСР, УРСР, України або за угодами з промисловими підприємствами. Наукову роботу він поєднував з підготовкою фахівців вищої кваліфікації. У 1995 році йому присвоєно вчене звання професора. Під його керівництвом захищено 14 кандидатських дисертацій, а п'ятеро його учнів стали докторами наук.

Ім'я Вадима Борисовича і його праці широко відомі та шановані науковою громадськістю не тільки в Україні, а й за її межами. Він протягом 30 років був незмінним керівником наукового семінару ІРЕ «Поширення радіохвиль і методи дистанційного зондування», членом спеціалізованих вчених рад з захисту дисертацій ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України та ХАІ ім. М.Є. Жуковського, членом редколегії журналу «Радіофізика та електроніка», був академіком наукової громадської організації «Академія наук

прикладної радіоелектроніки». Широка наукова ерудиція, авторитетність, доброзичливість, пунктуальність і принциповість Вадима Борисовича завжди гарантували багатьом здобувачам наукових ступенів успіх при захисті дисертацій, якщо пошукувачеві вдавалося отримати його згоду бути офіційним опонентом. Він був помітним і по-справжньому активним членом всіх кваліфікаційних рад, включаючи Державні екзаменаційні комісії рідного для нього Харківського політехнічного інституту.

Наукові досягнення В.Б. Разказовського відзначено Державною премією України в галузі науки і техніки 2006 року за роботу «Розробка фізичних основ підвищення ефективності і завадозахищеності радіолокаційних систем надвисокої частоти діапазону та їх реалізація при створенні сучасних радіолокаційних комплексів» (спільно з колективом співробітників НВО «Іскра», Запоріжжя), Премією Академії наук України імені академіка К.Д. Синельникова 1993 року за монографію «Розсіяння міліметрових радіохвиль поверхнею Землі під малими кутами» (у співавторстві з Г.П. Кульомінім). У 2007 році за трудові успіхи його було нагороджено Орденом України «За заслуги» III ступеня.

Від колективу співробітників Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України вітаємо Вадима Борисовича Разказовського із славним ювілеєм та щиро бажаємо йому міцного здоров'я, довгих років, душевної рівноваги, бадьорості духу та мирного неба.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Костенко А.А. Интервью с В.Б. Разказовским. *К шестидесятилетию Института радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины*. Отв. ред. П.Н. Мележик. Харьков: ИПП «Контраст», 2015. С. 350—357.
2. *Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины. 50 лет*. Отв. ред. В.М. Яковенко. Харьков: Изд-во ИРЭ НАН Украины, 2005. 611 с.
3. Тургенев И.С., Разказовский В.Б., Гонтарь И.Д., Дорфман Н.А. Некоторые результаты экспериментального исследования ошибок равносигнальных пеленгаторов миллиметрового диапазона радиоволн. *Труды Ин-та радиофизики и электроники АН УССР*: науч.-техн. сб. Киев: Изд-во АН УССР, 1962. Т. 9. С. 104—121.
4. Тургенев И.С., Разказовский В.Б., Дорфман Н.А., Гонтарь И.Д., Вебер Б.Ф. Ошибки пеленгования по углу места устройствами миллиметрового диапазона радиоволн. *Труды Ин-та радиофизики и электроники АН УССР*: науч.-техн. сб. Киев: Изд-во АН УССР, 1963. Т. 11. С. 38—54.
5. Кулёмин Г.П., Разказовский В.Б. *Рассеяние миллиметровых радиоволн поверхностью Земли под малыми углами*. Киев: Наукова думка 1987. 232 с.
6. Разказовский В.Б. Ошибки пеленгования маловысотных источников радиоизлучения над сушей. *Радиофизика и радиоастрономия*. 2001. Т. 6, № 1. С. 50—70.
7. Кулёмин Г.П., Разказовский В.Б. Радиолокационные отражения от взрывов и газовой струи работающих двигателей. *Использование радиоволн мм и субмм диапазонов*: сб. науч. тр. Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. Харьков, 1993. С. 5—21.

8. Разсказовский В.Б., Педенко Ю.А. Модель поля миллиметровых и сантиметровых волн над морем для исследования методов измерения углов места низколетящих целей. *Радиофизика и электроника*: сб. науч. тр. Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. Харьков, 2003. Т. 8, № 1. С. 22–33.
9. Разсказовский В.Б., Логвинов Ю.Ф. Эвристическая модель поля миллиметровых и сантиметровых радиоволн над взволнованной морской поверхностью при сильных затенениях. *Радиофизика и электроника*. 2010. Т. 15, № 4. С. 23–31.
10. Разсказовский В.Б., Логвинов Ю.Ф., Педенко Ю.А. Влияние многолучевого распространения на определение угла места маловысотного излучателя методом root-MUSIC. *Радиофизика и электроника*. 2011. Т. 16, № 3. С. 34–42.
11. Мележик П.Н., Разсказовский В.Б., Резниченко Н.Г., Зуйков В.А., Андренко С.Д., Сидоренко Ю.Б., Провалов С.А., Варавин А.В., Усов Л.С., Чмил В.М., Муськин Ю.Н. Напівпровідниковий когерентний радіолокатор міліметрового діапазону для контролю наземного руху в аеропортах. *Наука та інновації*. 2008. Т. 4, № 3. С. 5–13.
12. Razskazovsky V.B., Logvinov Yu.F. Distinctive features of forming the space-time millimeter radiowave field at low altitudes above the sea surface. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2014. Vol. 73, Iss. 5. P. 399–411.

Стаття надійшла 05.03.2023

REFERENCES

1. Kostenko, O.O., 2015. Interview with V.B. Razskazovsky. In: Melezhhik, P.M. ed., 2015. *On the 60-th anniversary of the O.Ya. Usikov Institute for Radio Physics and Electronics, NAS of Ukraine*. Kharkiv: "Contrast" Publ. pp. 350–357 (in Russian).
2. Yakovenko, V.M. ed., 2005. *A.Ya. Usikov Institute for Radio Physics and Electronics of the National Academy of Sciences of Ukraine. The 50-th anniversary*. Kharkiv: A.Ya. Usikov IRE NAS of Ukraine Publ. (in Russian).
3. Tourgenev, I.S., Razskazovsky, V.B., Gontar, I.D., Dorfman, N.A., 1962. Some experimental results concerning errors of dual-channel radio direction finding at millimeter wavelengths. In: *Proceedings IRE Acad. Sci. Ukr. SSR*. Kyiv: Acad. Sci. Ukr. SSR Publ. **9**, pp. 104–121 (in Russian).
4. Tourgenev, I.S., Razskazovsky, V.B., Dorfman, N.A., Gontar, I.D., Weber, B.F., 1963. Error levels of elevation angle estimation at millimeter wavelengths. In: *Proceedings IRE Acad. Sci. Ukr. SSR*. Kyiv: Acad. Sci. Ukr. SSR Publ. **11**, pp. 38–54 (in Russian).
5. Kulemin, G.P., Razskazovsky, V.B., 1987. *Millimeter wave scattering from the Earth's surface at low angles of incidence*. Kyiv: Naukova Dumka Publ. (in Russian).
6. Razskazovsky, V.B., 2001. Errors in Bearing Low-Altitude Millimeter-Wave Sources over Terrene. *Radio Physics and Radio Astronomy*, **6**(1), pp. 50–70 (in Russian).
7. Kulemin, G.P., Razskazovsky, V.B., 1997. Radar reflections from explosion and gas wake of operating engines. *IEEE Trans. Antennas Propag.*, **45**(4), pp. 5–21.
8. Razskazovsky, V.B., Pedenko, Yu.O., 2003. A model for millimeter- and centimeter-waves field over a sea surface design for investigation the methods for low-flying targets elevation angle measurement. In: V.M. Yakovenko, ed., 2003. *Radiophys. Electron*. Kharkov: IRE NAS of Ukraine Publ. **8**(1), pp. 22–33 (in Russian).
9. Razskazovsky, V.B., Logvinov, Yu.F., 2010. Heuristic model of microwave field above sea surface for strong shading. *Radiophys. Electron.*, **15**(4), pp. 23–31 (in Russian).
10. Razskazovsky, V.B., Logvinov, Yu.F., Pedenko, Yu.O., 2011. Multipath effect on measurement of elevation angle of low-level radiation source using root-MUSIC algorithm. *Radiophys. Electron.*, **16**(3), pp. 34–42 (in Russian).
11. Melezhhik, P.M., Razskazovskiy, V.B., Reznichenko, M.G., Zuykov, V.O., Andrenko, S.D., Sidorenko, Yu.B., Provalov, S.A., Varavin, A.V., Usov, L.S., Chmil, V.M., Mus'kin, Yu.M., 2008. Semiconductor Coherent Ka-Band Radar for Airport Surface Traffic Monitoring. *Science and Innovation*, **4**(3), pp. 5–13 (in Russian).
12. Razskazovsky, V.B., Logvinov, Yu.F., 2014. Distinctive features of forming the space-time millimeter radio wave field at low altitudes above the sea surface. *Telecommunications and Radio Engineering*, **73**(5), pp. 399–411.

Received 05.03.2023

O.O. Kostenko^{1,2}, Yu.F. Logvinov¹, Yu.O. Pedenko¹

¹O.Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics NAS of Ukraine
12, Acad. Proskury St., Kharkiv, 61085, Ukraine
E-mail: alexei.kostenko@gmail.com

²Institute of Radio Astronomy NAS of Ukraine
4, Mystetstv St., Kharkiv, 61002, Ukraine

NEAR THE ORIGINS OF MILLIMETER WAVE RADAR
(90-th anniversary of Vadym B. Razskazovsky)

This paper is dedicated to the 90-th anniversary of Vadym Borysovych Razskazovsky, an outstanding scientist in the fields of radio engineering and radio science, holder of the titles and positions like DSc (Engineering), Professor, and Head of the Statistical radio physics department at the O.Ya. Usikov Institute for Radio Physics and Electronics within the Academy of Sciences of Ukraine.

Keywords: Vadym Razskazovsky, scientist, professor, millimeter wavelengths, radio wave diffraction and propagation, radar, troposphere.