



<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.300738>
УДК 55(092)

Received / Надійшла до редакції:
02.01.2024

Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:
08.02.2024

Accepted / Прийнята:
01.03.2024

Пам'яті видатного науковця академіка НАН України В'ячеслава Михайловича Шестопалова (18 липня 1936 – 10 грудня 2023)

С.Б. Шехунова

Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

Tribute to Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov, prominent scientist Academician of the NAS of Ukraine (18 July 1936 – 10 December 2023)

S.B. Shekhunova

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Ключові слова: В'ячеслав Михайлович Шестопалов; наукова спадщина; гідрогеологія; інженерна геологія; гідроекологія; радіоекологія.

Keywords: Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov; scientific heritage; hydrogeology; engineering geology; hydroecology; radio-ecology.

У статті стисло висвітлено життєвий шлях та наукову спадщину В'ячеслава Михайловича Шестопалова, видатного вченого, гідрогеолога, екогеолога, засновника школи польової інженерної гідрорадіоекології, академіка Національної академії наук України.

The article highlights the life and scientific legacy of Viacheslav Mykhailovych Shestopalov, an outstanding hydrogeologist, scientist, ecogeologist, founder of the School of Field Hydroradioecology Engineering, and Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Ц и т у в а н н я : Шехунова С.Б. Пам'яті видатного науковця академіка НАН України В'ячеслава Михайловича Шестопалова. *Геологічний журнал*. 2024. № 1 (386). С. 115–131. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.300738>

C i t a t i o n : Shekhunova S.B. Tribute to Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov, prominent scientist Academician of the NAS of Ukraine (18 July 1936 – 10 December 2023). 2024. *Geologičnij žurnal*, 1 (386): 115–131. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.300738>

10 грудня 2023 р. перервалося життя видатного вченого, гідрогеолога, екогеолога, засновника школи інженерної польової/полігонної гідрорадіоекології, академіка Національної академії наук України В'ячеслава Михайловича Шестопалова.

В.М. Шестопалов – доктор геолого-мінералогічних наук (1983), професор (1991), член-кореспондент НАН України (1988), академік НАН України (1995), заступник директора з наукової роботи Інституту геологічних наук (ІГН) НАН України (з 1984 р.), керівник Відділення гідрогеології та інженерної геології ІГН, директор Науково-інженерного центру радіогідрогеоекологічних полігонних досліджень НАН України (з 1991 р.), академік-секретар Відділення наук про Землю НАН України (2004–2015).

Народився В'ячеслав Шестопалов 18 липня 1936 р. у м. Дніпропетровськ у родині службовців.

Під час Другої світової війни він з мамою, Ганною Гаврилівною, був евакуйований у Поволжя, а батько служив в армії. У 1944 р. родина переїхала до Чернівців. Це місто стало для В'ячеслава Михайловича другою малою батьківщиною, тут він закінчив середню школу із золотою медаллю.

З 1954 по 1959 р. юнак навчався на геологічному факультеті Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка, по закінченню якого одержав диплом з відзнакою.

Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov, an outstanding hydrogeologist, scientist, ecogeologist, founder of the School of Field Hydroradioecology Engineering, and Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, died on December 10, 2023.

His titles and appointments included: Doctor of Science in Geology and Mineralogy (1983), Professor (1991), Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine (1988), Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine (1995), Deputy Director of Science of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine (since 1984), Head of the Department of Hydrogeology and Engineering Geology of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Director of the Scientific and Engineering Center of Radiohydrogeological Polygon Research of the National Academy of Sciences of Ukraine (since 1991), Academician-Secretary of the Department of Earth Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine (2004–2015).

Vyacheslav Mykhailovych was born on July 18, 1936, in a civil service family in Dnipropetrovsk.

During World War II, he and his mother, Anna Gavrylivna, were evacuated to the Volga Region, while his father served in the army. In 1944, the family moved to Chernivtsi (Western Ukraine). This city became a second home for Vyacheslav Mykhailovych, where he graduated from high school with a gold medal.

From 1954 to 1959, he studied at the geological faculty of Kyiv State University, where graduated with an honours diploma.



а



b



c

З життя студентів-геологів кінця 1950-х років: В'ячеслав Шестопалов – студент геологічного факультету Київського університету (а); після успішно зданого іспиту біля головного корпусу університету (В'ячеслав Шестопалов – крайній праворуч) (b); складання військової присяги (c)

From the life of geology students in the late 1950s: Vyacheslav Shestopalov, a student of the Faculty of Geology of Kyiv University (a), near the main building of the university after successfully passing the exam (Vyacheslav Shestopalov on the far right) (b); at a ceremony taking a military oath (c)

Після здобуття вищої освіти з 1959 по 1965 р. В'ячеслав Шестопалов працював гідрогеологом, а потім головним гідрогеологом у польових партиях Львівської геологічної експедиції, виконував роботи з геолого-гідрогеологічного знімання. У 1965–1967 рр. у Центральній комплексній геолого-тематичній експедиції тресту «Київгеологія» займався комплексним геолого-гідрогеологічним зніманням території Західної України та Білорусії і підготовкою до видання гідрогеологічних карт.

З 1967 по 1970 р. навчався в аспірантурі ІГН АН УРСР, в якому за матеріалами власних польових робіт захистив кандидатську дисертацію «Закономірності динаміки та формування природних ресурсів підземних вод основних водоносних горизонтів Волинського артезіанського басейну». Науковим керівником молодого талановитого вченого був відомий гідрогеолог Андрій Євтихийович Бабинець. Після закінчення аспірантури В'ячеслав Михайлович продовжив наукову роботу у відділі, очолюваному А.Є. Бабинцем.

У цей період його наукова діяльність була спрямована на вирішення фундаментальних проблем гідрогеології, зокрема водообміну у гідрогеологічних структурах, формування артезіанських басейнів (Шестопалов, 1974, 1981, 1988; Водообмен..., 1988, 1989 та ін.).

Результати комплексних фундаментальних методичних і регіональних досліджень стали науковою основою для вирішення практичних завдань з водопостачання населення та раціонального водокористування.

After graduation, Vyacheslav Mykhailovych worked as a hydrogeologist from 1959 to 1965, and then as the chief hydrogeologist on the field excursions of the Lviv Geological Expedition, performing geological and hydrogeological surveys. In 1965–1967, in the Central Complex Geological and Topical Expedition of the 'Kyivgeologia' Trust, he was engaged in complex geological and hydrogeological surveys of the territory of Western Ukraine and Belarus and was preparing the hydrogeological maps for publication.

From 1967 to 1970, he received a PhD scholarship at the Institute of Geological Sciences of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Based on the materials of his own fieldwork, he defended his PhD thesis "Patterns in the dynamics and formation of natural resources of underground waters of the main aquifers of the Volyn' artesian basin". His supervisor was the famous hydrogeologist Andrii Yevtyhiyovych Babynets. After the defence, Vyacheslav Mykhailovych continued his scientific work in the department under the leadership of Andrii Yevtyhiyovych.

During this period, his research was aimed at solving the fundamental problems of hydrogeology, in particular, water exchange processes in hydrogeological structures, formation of artesian basins (Shestopalov, 1974, 1981, 1988; Water..., 1988, 1989 et al.).

The results of complex fundamental methodical and regional studies became the scientific basis for solving practical problems with public water supply and rational water use.



Геологічний маршрут по річці в Якутії (В'ячеслав Шестопалов у середині «упряжки»)

Geological route along a river during fieldwork in Yakutia (Vyacheslav Shestopalov in the middle of the team)



Польові роботи на ділянках розвитку карсту, кінець 1950-х років

Fieldwork in a karst region, the late 1950s

В'ячеславом Шестопаповим ще у 1960-х роках було застосовано гідродинамічні методи для регіональних оцінок природних ресурсів підземних вод, розроблено методичні засади складання карт п'єзоізогіпс, водопровідності порід і оцінки природних ресурсів, загального та підземного стоку (Шестопапов, 1974 та ін.). При побудові регіональних карт водопровідності, які потрібні для оцінки підземного стоку, ним було вперше застосовано статистичні методи обробки даних та моделювання ресурсів підземних вод.

Для уточнення водопровідності порід також було запропоновано використовувати гідродинамічну сітку депресійних лійок, які утворюються при проведенні групових (кущових) відкачок або при експлуатації водозаборів у сталому режимі. Використання таких методичних підходів для побудови карт параметрів дозволило розробити відповідну методіку оцінки підземного стоку за даними його гідродинамічної структури.

Докторську дисертацію «Природні ресурси підземних вод платформних артезіанських басейнів України» В'ячеслав Михайлович захистив у 1983 р. У дисертаційній роботі вперше було запропоновано новий методичний підхід для оцінки природних ресурсів на основі аналізу роботи діючих водозаборів і виявлення генетичних складових формування їх експлуатаційних запасів.

На початку 1980-х років В.М. Шестопаповим було обґрунтовано:

- теоретичні аспекти натурного моделювання;
- основи застосування теорії подібності для вивчення природних ресурсів підземних вод та оцінки підземного стоку в річки;
- використання методу групового обліку аргументів для визначення виду критеріального рівняння;
- застосування гідрогеологічної аналогії для вивчення природних ресурсів підземних вод.

На основі виконаних оцінок природних ресурсів підземних вод за розробленою новою методикою були виявлені й охарактеризовані закономірності їх формування і просторового розподілу.

Подальша професійна діяльність В.М. Шестопапова склалася так, що він займався різними аварійними ситуаціями – реальними і можливими.

Так, у 1984 р. вченого було призначено головою комісії з розслідування причин аварії на Стебницькому калійному комбінаті Львівської області, а потім за дорученням Прокуратури УРСР він ще понад рік займався цією складною проблемою. В'ячеслав Михайлович згадував, що робота комісії довела відсутність вини геологів у аварії.

As early as the 1960s, Vyacheslav Shestopalov applied hydrodynamic methods for regional assessments of natural resources, and developed methodological principles for hydroisopiestic contour mapping, water conductivity of rocks and assessment of natural resources, and general and subsurface flow (Shestopalov, 1974 et al.). He first used statistical methods of data processing and modelling of groundwater resources in the construction of regional water supply maps, which are required for the assessment of groundwater flow.

To assess the groundwater supply, he proposed a hydrodynamic network of funnel-like depressions formed by cluster pumping or by operating water intake in phreatic aquifer. The use of such methodological approaches to construct parameter maps made it possible to develop a methodology for estimating underground flow for hydrodynamic aquifers.

Vyacheslav Mykhailovych was awarded a DSc degree for his thesis "Natural resources of groundwater in platform artesian basins of Ukraine" in 1983. The work first introduced a new methodological approach for assessing natural resources based on the analysis of the operation of existing water intake facilities and the identification of factors affecting their operational reserves.

In the early 1980s, V.M. Shestopalov:

- Formulated theoretical aspects of natural modelling;
- Outlined the theoretical basics of the similarity theory to study groundwater resources and assessment of underground water supply to rivers;
- Proposed a method of group accounting of arguments to determine the type of dimensionless equations;
- Developed application of hydrogeological analogy to study natural groundwater resources.

Based on the assessment of the groundwater resource status using the newly developed methodology, he identified and characterized patterns of their formation and spatial distribution.

V.M. Shestopalov's further professional activity required him to deal with various real and potential emergencies.

In 1984, he was appointed the head of the commission investigating the causes of the accident at the Stebnytsky potash plant in the Lviv region, and then, on behalf of the Prosecutor's Office of the Ukrainian SSR, he dealt with this complex problem for more than a year. Vyacheslav Mykhailovych mentioned that the work of the Commission proved that the geologists were not to blame for the accident.



В.М. Шестопапов – заступник директора ІГН з наукової роботи та завідувач відділу гідрогеологічних проблем, 1985 р.

V.M. Shestopalov – Deputy Director of the Institute of Geological Sciences for Scientific Work and Head of the Department of Hydrogeological Problems, 1985

У ті ж роки В.М. Шестопалову довелося розглядати негативні аспекти планованого будівництва каналу Дунай-Дніпро, проєктованої Одеської АТЕЦ, бути експертом державної експертної комісії Держплану СРСР з аналізу схеми комплексного використання водних ресурсів басейну Дніпра.

Разом з іншими експертами вченим було наголошено на проблемі необхідності захисту водних ресурсів і населення в разі можливих аварій на атомних станціях, розташованих у басейні Дніпра.

Незважаючи на те, що на Чорнобильській АЕС на той час вже сталася серйозна аварія у 1982 р. з викидом активності в навколишнє середовище, радіоактивним забрудненням лісів, угідь і донних осадових Київського водосховища, думку фахівців не було почуто. А згодом сталася Чорнобильська катастрофа.

У перші дні після Чорнобильської аварії в Академії наук УРСР було створено штаб – Оперативну комісію Президії АН УРСР на чолі з віцепрезидентом АН УРСР академіком В.І. Трефіловим, а також комісії та робочі групи з різних напрямів подолання наслідків аварії.

Тисячократно, порівняно з доаварійним, забруднення дніпровських вод у районі Київського водозабору потребувало термінової розробки заходів щодо організації безпечного водопостачання, насамперед Києва, який значною мірою споживав дніпровську воду, а також інших міст і територій.

In the same years, V.M. Shestopalov had to consider the negative aspects of the construction of the Danube-Dnipro canal, designed by Odesa Nuclear Power Plant, and was an expert for the state expert commission of the State Plan of the USSR on the analysis of the scheme for the integrated use of the water resources of the Dnipro basin.

Together with other experts, V.M. Shestopalov emphasized the problem of protecting water resources and the population in case of possible accidents at nuclear plants located in the Dnipro basin.

Although a serious accident had already occurred at the Chernobyl Nuclear Power Plant in 1982, with a significant release of radiation into the environment, and radioactive contamination of forests, lands and bottom sediments and biota of the Kyiv Reservoir, the opinions of specialists were still not heard. Then the Chernobyl disaster happened.

In the first days after the 1986 Chernobyl disaster, a headquarters was created in the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR – the Operational Commission of the Presidium of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, headed by the Vice-President of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Academician V.I. Trefilov – and relevant commissions and working groups from various areas were established for combating the consequences of the accident.

The pollution of the Dnipro waters in the Kyiv water intake area was a thousand times its pre-accident level and required urgent measures for organization of a safe water supply, primarily for Kyiv, which was largely dependent on Dnipro water, as well as for other cities and areas.

Перший документ, який був підготовлений цією комісією 6 травня 1986 р. і став основою відповідних рішень Ради Міністрів України, називався «Першочергові заходи щодо організації водопостачання на території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС». У результаті реалізації цього документа було організовано нові системи водозаборів з підземних джерел та було створено паралельну систему водопостачання в Києві.

Роботи, проведені Оперативною комісією, актуальні і зараз. За її рекомендаціями тільки у Київській та Житомирській областях пробурено 570 артезіанських свердловин, які використовуються для водопостачання, прокладено 810 км водоводів, споруджено фільтруючі та «глухі» дамби. Варто згадати, що сучасне бюветне водопостачання Києва, яким сьогодні користуються тисячі киян, почалося з буріння десятків аварійних свердловин, запропонованих Оперативною комісією.

На жаль, окремі рекомендації, зокрема щодо збільшення частки підземних вод у водопостачанні Києва та ряду інших міст, не реалізовані й досі.

В'ячеслав Михайлович брав активну участь у створенні концепції програми і самої програми подолання наслідків Чорнобильської катастрофи та концепції функціонування Чорнобильської зони відчуження.

Після Чорнобильської катастрофи В.М. Шестопалов займався вивченням поширення чорнобильських радіонуклідів у геологічному середовищі України, моделюванням міграції радіонуклідів у гідрогеологічних структурах (Водообмен..., 2001; Shestopalov, 2002 та ін.).

The first document prepared by this commission on May 6, 1986, became the basis for relevant decisions by the Council of Ministers for Ukraine, and was called “Priority measures for organizing water supply in the territory exposed to radioactive contamination as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant”. As a result of the implementation of this document, new subsurface water intakes were organized, and a parallel water supply system was created in Kyiv.

The work carried out by the Operational Commission is still relevant today. Based on its recommendations, 570 artesian wells used for water supply were drilled in Kyiv and Zhytomyr regions alone, 810 km of water pipelines were laid, and filtering and dumb dams were constructed. It is worth mentioning that the modern Kyiv’s pumped water supply, which is used by thousands of Kyiv residents today, began with the drilling of dozens of emergency wells proposed by the Operational Commission.

Unfortunately, some of the recommendations, in particular to increase the share of underground water in the water supply of Kyiv and a number of other cities, have not been implemented to date.

Vyacheslav Mykhailovych took an active part in developing the concept and implementation of the program of overcoming the consequences of the Chernobyl disaster and was involved in developing a concept of designated exclusion zone around the Chernobyl site.

After the Chernobyl disaster, Vyacheslav Mykhailovych dealt with the distribution of Chernobyl radionuclides in the geological environment of Ukraine, modelling the radionuclide migration by groundwater (Water..., 2001; Shestopalov, 2002 et al.).



Заступник генерального директора Рівненської АЕС Микола Сергійович Панащенко вручає В'ячеславу Шестопалову нагрудний знак «Почесний працівник атомної енергетики» ДП «НАЕК «Енергоатом», 2003 р.

Deputy General Director of the Rivne NPP Mykola Serhiyovych Panashchenko presents Vyacheslav Shestopalov with the honorary badge “Atomic Energy Excellence” of the National Nuclear Energy Generating Company “Energoatom”, 2003

Велику увагу було приділено дослідженню феномена швидкого проникнення до підземних вод забруднювачів, коли за існуючими на той час теоретичними уявленнями такого не могло бути.

Особливості вертикального проникнення радіонуклідів у геологічне середовище були встановлені за допомогою одновимірних і квазі-тривимірних математичних моделей (Шестопалов і др., 2007). За результатами дослідження було отримано підтвердження можливості аномально швидкої вертикальної міграції і накопичення у геологічному середовищі досить значної кількості радіонуклідів.

На основі цих експериментів і узагальнень вперше було створено методику оцінки захищеності ґрунтових вод від радіоактивного забруднення з урахуванням зон швидкої вертикальної міграції і побудовано карту захищеності ґрунтових вод Київської області. Також доведено важливу роль геологічного середовища у авто-реабілітації забруднених територій та його важливий внесок у бар'єрні властивості Зони відчуження щодо міграції радіонуклідів у суміжній території.

Масштабне математичне дослідження міграції радіонуклідів у геологічне середовище було проведено за допомогою дворівневої гідрогеологічної моделі для центральної частини Чорнобильської зони відчуження. Ця модель має регіональний і локальний рівні. Метою математичних експериментів було дослідження можливості забруднення Прип'ятського водозабору радіонуклідами чорнобильського походження з урахуванням вірогідних зон швидкої міграції. Виконаний прогноз можливого забруднення напірних підземних вод показав низьку вірогідність процесу, а також, що скидання води у ставку-охолоджувачі практично не вплине на якість питної води з водозабору.

Було також виявлено небезпечний розвиток западин, пов'язаних з глибинними геодинамічними зонами, та їх можливий вплив на стійкість і безпеку таких конструкцій, як новий безпечний конфаймент, споруди «Вектора» та ін., що необхідно врахувати при будівництві на цих територіях (напр., Шестопалов, 2016 та ін.).

Значний комплекс досліджень В'ячеслава Шестопалова стосувався наслідків Чорнобильської катастрофи та уроків Чорнобиля.

Під керівництвом В.М. Шестопалова та при його активній участі виконані, зокрема, дослідження з оцінки ролі ландшафтних умов на захворюваність дітей під впливом радіації та інших забруднювачів.

He focused on the phenomenon of fast infiltration of pollutants into groundwater, which according to some earlier theories, were not to be expected.

Pathways of radionuclide vertical transport into the geological environment were analysed using one-dimensional and quasi-three-dimensional mathematical models (Shestopalov et al., 2007). Based on the results of this study, the possibility of anomalously fast vertical migration and accumulation of a fairly significant amount of radionuclides in aquifers was confirmed.

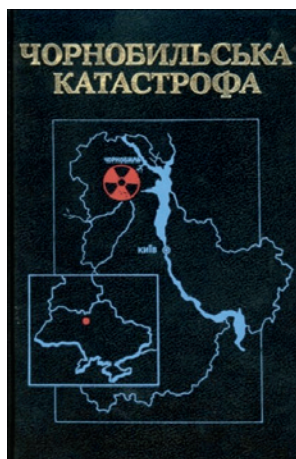
These experiments and models served as the basis for a new methodology for protecting groundwater from radioactive contamination, which took into account zones of fast vertical migration, and allowed mapping the area of the well-protected groundwater of the Kyiv region. This showed the importance of the geological environment in the auto-remediation of contaminated areas and the significant contribution of this environment in creating barrier properties of the Exclusion Zone preventing the migration of radionuclides into adjacent territories.

A large-scale mathematical study of the migration of radionuclides into the geological environment was carried out using a two-level hydrogeological model for the central part of the Chernobyl exclusion zone. This model has a regional and local level. The purpose of the mathematical experiments was to investigate the possibility of contamination of the Pripjat River water intake with radionuclides of Chernobyl origin, taking into account possible zones of fast migration. The completed forecast of possible contamination of artesian groundwater showed a low probability, so the discharge of water into a cooling pond would hardly affect the quality of drinking water from the water intake.

The study analysed dangerous development of depressions associated with deep geodynamic zones and their possible impact on the stability and safety of such facilities as the Chernobyl New Safe Confinement, the "Vector" Radioactive Waste Storage Facility, etc., which must be considered during their construction and use (ex., Shestopalov, 2016 et al.).

Many studies by Vyacheslav Shestopalov concerned the consequences of the Chernobyl disaster and the lessons learned from the Chernobyl accident.

Under the leadership of V.M. Shestopalov and with his active participation, research is being carried out to assess the role of landscape conditions on the incidence of children exposed to radiation and other pollutants.



Виступ академіка В.М. Шестопалова на слуханнях Верховної Ради на 20-ті роковини Чорнобильської катастрофи, 2006 р.

Academician V.M. Shestopalov's report at the meeting of the Verkhovna Rada on the 20th anniversary of the Chernobyl disaster, 2006

Значну увагу вчений приділяв проблемі обґрунтування можливості ізоляції довгоіснуючих радіоактивних відходів у надрах.

Під керівництвом В.М. Шестопалова проведено комплексні дослідження щодо виділення перспективних ділянок для геологічного сховища радіоактивних відходів, обґрунтування можливості створення двох типів сховищ – шахтного і свердловинного.

Завдяки міжнародному авторитету вченого під його керівництвом виконано низку міжнародних наукових проєктів за програмами INCO-COPERNICUS, CRDF, NSF, SNSF та ін.

Протягом багатьох років В.М. Шестопалов із співробітниками очолюваного ним відділу гідрогеологічних проблем вивчав мінеральні води – картував їх розповсюдження і різноманіття, досліджував формування окремих їх видів, розробив першу українську класифікацію мінеральних

V.M. Shestopalov paid considerable attention to the problem of isolation of long-lived radioactive waste in the subsoil.

Under his leadership, comprehensive studies were conducted on the selection of promising sites for subsurface storage of radioactive waste, substantiation of the possibility of using two types of storage – in mines and boreholes.

Thanks to Vyacheslav Shestopalov's recognized expertise and authority, a number of international scientific projects INCO-COPERNICUS, CRDF, NSF, SNSF, etc. were carried out under his leadership.

For many years, V.M. Shestopalov was the Head of the Department of Hydrogeological Problems, and he and his colleagues studied mineral waters of Ukraine, mapping their distribution and diversity, studying the formation of their individual types, and developing the first Ukrainian mineral water



Учасники міжнародного проєкту на шахті Конрад, Німеччина, 2007 р.
Participants of the international project at the Konrad mine, Germany, 2007



Монографічні видання за співавторства та під редагуванням В.М. Шестопалова з проблем мінеральних вод, ізоляції радіоактивних відходів у геологічних формаціях на території України

Monographic publications co-authored and edited by V.M. Shestopalov on the problems of mineral waters, radioactive waste isolation in geological formations in Ukraine

вод (Классификация..., 2003; Бабинец и др., 1986; Шестопалов и др., 2013 та ін.). Він вперше обґрунтував і довів наявність двох областей розповсюдження мінеральних вод типу «Нафтуся» – Карпатської і Подільської. Вивчав біологічну активність мінеральних вод.

Останніми роками важливий цикл робіт стосовно оцінки та переоцінки запасів питних підземних вод для водозабезпечення міст був виконаний та опублікований під керівництвом та за безпосередньої участі В'ячеслава Шестопалова (Шестопалов, 2018–2020; Колябіна та ін., 2021; Руденко та ін., 2021). Зокрема, виконано оцінку впливу техногенного навантаження в межах Київського родовища питних підземних вод, створено його нову сучасну гідрогеологічну модель, переоцінено експлуатаційні запаси питних підземних вод м. Київ.

У 2018–2020 рр. було досліджено можливості питного водозабезпечення Маріуполя за рахунок підземних вод на випадок втрати її основного джерела прісної води – р. Сіверський Донець через можливі агресивні дії підтримуваних росією донецьких сепаратистів (Шестопалов, 2020). Було показано можливість водопостачання Миколаєва за рахунок підземних вод верхньосарматського

classification (Classification..., 2003; Babinets et al., 1986; Shestopalov et al., 2013 et al.). For the first time, he substantiated and proved the existence of two areas (Carpathian and Podilska) of distribution of mineral waters of the “Naftusya” type. They also studied the biological activity of mineral waters.

In recent years, Vyacheslav Shestopalov has supervised and directly participated in an important series of works assessing and reassessing the use of groundwater reserves for urban water supply (Shestopalov, 2018–2020; Koliabina et al., 2021 et al.; Rudenko et al., 2021). The works include an assessment of the anthropogenic impact within the Kyiv groundwater deposit, the creation of a new modern hydrogeological model, and the reassessment of the operational reserves of drinking groundwater in Kyiv.

Between 2018 and 2020, investigations were carried out into the potential for supplying Mariupol with drinking water from groundwater sources in the event of the loss of its primary source of fresh water, the Siverskyi Donets River, due to possible aggressive actions by Donetsk separatists (Shestopalov, 2020). Additionally, the feasibility of supplying Mykolaiv with water

водоносного горизонту в разі виникнення надзвичайних ситуацій. Створено гідрогеологічну модель Миколаївського родовища підземних вод, на якій вивчено структуру водообміну і джерела формування експлуатаційних запасів підземних вод верхньосарматського водоносного горизонту – основного горизонту питних підземних вод у районі Миколаєва. Вивчено можливість форсованої експлуатації підземних вод цього горизонту в залежності від тривалості надзвичайного періоду (Шестопапов, 2019).

В.М. Шестопапов наполегливо обґрунтовував розширення залучення підземних вод у питне водопостачання населення. За його оцінками, нині частка підземних вод у господарсько-питному водопостачанні населення України становить менше 30 %, тоді як у сусідній Угорщині – 96 %, Німеччині – 72 %. В Україні є значний потенціал для нарощування обсягів видобування підземних вод, адже розвіданість їхніх прогнозних ресурсів становить лише 26 %, а експлуатаційні запаси використовують тільки на 12 %.

Війна значно загострила проблему забезпеченості населення питною водою. Це питання у перші місяці війни продуктивно обговорювалося на засіданні Президії НАН України. Після доповіді академіка НАН України В.М. Шестопапова було сформульовано і подано до РНБО України та Кабінету Міністрів України пропозиції щодо забезпечення населення резервними альтернативними джерелами водопостачання з підземних водоносних горизонтів. Відсутність такого водопостачання вже призвела до трагічних наслідків на південному сході та у південних регіонах (Маріуполь, Херсон). В'ячеслав Шестопапов наголосив, що Київ має водозабір з поверхневих вод, які вразливі до забруднення, особливо у воєнний час. За його підтримки науковці ІГН НАН України брали участь у діяльності робочих груп Національної ради з відновлення України, просували свої пропозиції, і в розроблених заходах було передбачено створення для міст альтернативних джерел питного водопостачання з підземних вод (Шехунова, 2023). Проте, як зазначав В.М. Шестопапов під час обговорення цієї проблеми на засіданні Відділення наук про Землю НАН України у квітні 2023 р., заспокоюватися ще зарано. Він закликав звертатися до органів місцевої влади, щоб реально створити автономні джерела альтернативного питного водопостачання з підземних горизонтів хоча б у містах зі значною щільністю населення.

from the Upper Sarmatian aquifer in emergency situations was demonstrated. A hydrogeological model was created to study the structure of water exchange and sources of formation of operational groundwater reserves of the Upper Sarmatian aquifer, which is the main horizon of drinking groundwater in the Mykolaiv area. The study also examined the possibility of forced exploitation of groundwater in this horizon, depending on the duration of the emergency period (Shestopalov, 2019).

Vyacheslav Shestopalov argued for expanding the use of groundwater in potable water supply in Ukraine, citing the low current usage of less than 30% compared to neighbouring countries such as Hungary (96%) and Germany (72%). He highlighted that Ukraine has the potential to increase groundwater production, with only 26% of forecasted resources explored and 12% of operational reserves utilized.

During the war, the issue of drinking water supply was significantly worsened. In the initial months of the conflict, the Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine held a productive meeting to discuss this problem. After a report by NAS academician V.M. Shestopalov, proposals were formulated and submitted to the National Security and Defence Council and the Cabinet of Ministers of Ukraine to provide the population with alternative sources of water from underground aquifers. The absence of a reliable water supply has resulted in tragic consequences in the southern regions (Mariupol, Kherson, etc.). Vyacheslav Shestopalov emphasised that Kyiv relies on surface water, which is susceptible to pollution, particularly during times of conflict. With their support, the scientists from the Institute of Geological Sciences participated in the working groups of the National Council for the Restoration of Ukraine (Shekhunova, 2023). They promoted their proposals, and the measures they developed provided for the creation of alternative sources of drinking water supply from groundwater for cities.

However, during a discussion of this problem at a meeting of the Division of Earth Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine in April 2023, Vyacheslav Mykhailovych noted that it is premature to be complacent. He recommended contacting local authorities to establish autonomous sources of alternative drinking water supply from underground horizons, particularly in densely populated cities. In Kyiv, autonomous

За його пропозиціями у Києві автономні джерела альтернативного питного водопостачання з підземних горизонтів можна було б організувати на базі свердловин, які свого часу пробурили після Чорнобильської катастрофи та які наразі законсервовані.

В'ячеслав Шестопалов багато зробив для розбудови української гідрогеологічної школи. Він підготував дев'ять докторів та 26 кандидатів наук. Під його головуванням в ІГН НАН України декілька десятиліть діяла спеціалізована вчена рада із захисту докторських дисертацій в галузі гідрогеології та інженерної геології. А про висоту планки, яку треба було подолати здобувачам наукових ступенів у цій спецраді, в колах науковців ходили легенди.

Як академік-секретар Відділення наук про Землю НАН України вчений активно займався науково-організаційною роботою, розробкою та вдосконаленням програм наукових досліджень, їх координацією та перевіркою виконання, організацією міждисциплінарних досліджень тощо.

Академік В.М. Шестопалов залишив великий науковий спадок – понад 600 наукових праць, в тому числі 32 монографії, 22 геологічних та гідрогеологічних карти, включаючи три міжнародні і декілька карт у Національному атласі України. За найбільш значні монографії – чотиритомне видання «Водообмен в гидрогеологических структурах Украины» і «Методика оценки естественных ресурсов подземных вод» – дослідник відзначений Державною премією України в галузі науки і техніки 2004 р.

В.М. Шестопалов був також нагороджений Почесною грамотою Президії Верховної Ради УРСР за активну участь у ліквідації наслідків Чорнобильської аварії (1987), відзначений почесним званням «Заслужений діяч науки і техніки України» (1998). Він – кавалер ордена «За заслуги» I, II та III ступенів (2016, 2008, 2002).

Основними результатами фундаментальних досліджень вченого є такі (Академік..., 2016; 85-річний..., 2021 та ін.):

- розробка теоретичних засад та методологічних принципів дослідження закономірностей водообміну в гідрогеологічних структурах України;
- створення нових та вдосконалення відомих методів та методик гідрогеологічних досліджень;
- виявлення та всебічне вивчення регіональних та локальних закономірностей формування

sources of alternative drinking water supply from underground horizons could be organized based on wells drilled after the Chernobyl disaster, which are currently unused, according to his proposals.

Vyacheslav Shestopalov did a lot to develop the Ukrainian scientific hydrogeological school. He trained nine DScs and 26 PhD students; under his chairmanship, a Special Council for Hydrogeology and Engineering Geology operated at the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. There were legends in scientific circles about the high bar that had to be overcome by those who obtained scientific degrees in this special scientific council.

As an Academician-Secretary of the Division of Earth Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, he was actively engaged in scientific and organizational work, development and improvement of scientific research programs, their coordination and implementation, organization of interdisciplinary research, etc.

Academician V.M. Shestopalov left a great scientific heritage – more than 600 scientific works, including 32 monographs, 22 geological and hydrogeological maps, including three international maps and several maps in the National Atlas of Ukraine. For the most significant monographs – the four-volume edition “Water Exchange in Hydrogeological Structures of Ukraine” and “Methodology of Assessment of Natural Groundwater Resources” – he was awarded the State Prize of Ukraine in the Field of Science and Technology in 2004.

V.M. Shestopalov was awarded the Certificate of Honour of the Presidium of the Verkhovna Rada of the Ukrainian SSR for his active participation in resolving the consequences of the Chernobyl accident (1987), was a Laureate of the USSR Council of Ministers Award (1991), held a title of an Honoured Worker of Science and Technology of Ukraine (1998), was awarded the Order of Merit I, II and III degrees (2016, 2008, 2002).

The main results of V.M. Shestopalov's fundamental research are as follows (Academician..., 2016; 85th anniversary..., 2021 et al.):

- development of theoretical foundations and methodological principles of the study of patterns of groundwater-surface water exchange in the hydrogeological structures of Ukraine;
- proposal of new and refinement of existing methods and techniques of hydrogeological research;
- identification and comprehensive study of regional and local patterns of the formation

- водообміну та ресурсів підземних вод в основних гідрогеологічних структурах України;
- дослідження процесів формування якісних та кількісних характеристик підземних вод України під впливом техногенних факторів, пов'язаних з водозаборами підземних вод, Чорнобильською катастрофою тощо;
- виявлення та оцінка ролі швидких шляхів фільтрації та міграції у формуванні підземних вод;
- вивчення автореабілітаційних властивостей геологічного середовища забруднених територій;
- дослідження закономірностей формування деяких типів мінеральних вод, їх класифікаційних відмінностей;
- встановлення впливу дегазації Землі, зокрема водневої, на глибинні та приповерхневі геологічні процеси.

Результати проведених комплексних фундаментальних, методичних та регіональних досліджень слугують науковим підґрунтям для вирішення практичних задач з водопостачання населення та раціонального водокористування, а також з поліпшення екологічного стану в країні.

Основні прикладні результати наукової діяльності В.М. Шестопалова полягають у (Академік..., 2016; 85-річний..., 2021 та ін.):

- регіональному вивченні гідрогеологічних умов України, створенні різномасштабних гідрогеологічних карт як основи для пошукових та екологічних досліджень;
- впровадженні в практику нових уявлень про закономірності формування та територіальний розподіл природних ресурсів підземних вод, придатних для водопостачання, а також обґрунтуванні перспективних можливостей забезпечення потреб населення України якісними підземними водами;
- виконанні оцінки прогнозних експлуатаційних ресурсів та експлуатаційних запасів підземних вод;
- проведенні якісної та кількісної оцінки умов та характеристик регіонального та локального забруднення (в тому числі радіоактивного) підземних вод та геологічного середовища;
- впровадженні сучасних методів та технологій з метою надійного прогнозування стану якості та ступеня виснаження підземних вод, розробці контрзаходів з ефективного їх захисту;
- обґрунтуванні напрямів робіт з екологічної реабілітації гірничодобувних регіонів;
- оцінці впливу на довкілля об'єктів атомної енергетики;

of groundwater-surface water exchange and groundwater resources in the main hydrogeological structures of Ukraine;

- study of processes of formation of qualitative and quantitative characteristics of underground waters of Ukraine under the influence of man-made factors related to groundwater withdrawals, the Chernobyl disaster, etc.;
- identification and assessment of the role of fast infiltration and migration pathways in groundwater recharge;
- study of self-rehabilitation properties of the geological environment of contaminated areas;
- study of patterns of formation of some brands of mineral waters, and their classification;
- study of hydrogen as a gas causing many processes and reactions in the geological environment.

The results of comprehensive fundamental, methodical and regional research serve as a scientific basis for solving practical problems of water supply to the population and effective water use, as well as providing sustainable environment.

The main applied results of the scientific activity of V.M. Shestopalov consist of (Academician..., 2016; 85th anniversary..., 2021 et al.):

- regional study of the hydrogeological conditions of Ukraine, creation of hydrogeological maps at various scales as a basis for exploratory and environmental studies;
- the introduction and practice of new ideas about the patterns of formation and spatial distribution of underground water resources suitable for water supply, as well as the substantiation of promising opportunities for providing the needs of the population of Ukraine with high-quality underground water;
- an assessment of forecast operational resources and operational underground water reserves;
- a qualitative and quantitative assessment of the conditions and characteristics of regional and local pollution (including radioactive) of groundwater and the geological environment;
- implementation of modern methods and technologies for the purpose of reliable forecasting of the quality and degree of depletion of groundwater supply, and development of countermeasures for its effective protection;
- directing work flows on ecological rehabilitation of mining regions;
- environmental impact assessment of nuclear power facilities;



Відділ гідрогеологічних проблем ІГН НАН України, 2018 р.
Department of Hydrogeological Problems of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2018

- розробці та впровадженні методик з пошуку, розвідки та обґрунтування ділянок, перспективних для ізоляції радіоактивних відходів у надрах.

У перші місяці широкомасштабної збройної агресії рф В'ячеслав Шестопалов розробив та запропонував для впровадження систему децентралізації питного водопостачання населення в умовах надзвичайних ситуацій/воєнних загроз із захищених підземних водозаборів з автономним енергетичним забезпеченням.

До останніх днів свого життя В.М. Шестопалов працював, обговорював з колегами, аспірантами результати робіт, актуальні проблеми, перспективи, щедро ділився ідеями, надихав на нові проекти...

Його вражаюча життєва незламність та оптимізм, наполегливість у наукових дослідженнях, системність та ефективність будуть взірцем для молодших колег та учнів.

Світла пам'ять про В'ячеслава Михайловича Шестопалова – видатного вченого, мужню людину, відданого патріота України – назавжди залишиться в серцях та спогадах усіх, хто його знав і мав честь працювати з ним.

Зі щирими словами співчуття до колег, друзів, рідних і близьких В'ячеслава Михайловича Шестопалова звернувся науковець Борис Файбишенко з Національної лабораторії Лоуренса Берклі (Каліфорнія, США), з яким В'ячеслав Михайлович підтримував дружні стосунки та професійну співпрацю понад півстоліття з 1970-х років.

- development and implementation of methods for search, exploration, and management of areas suitable for subsurface isolation of radioactive waste.

In the first months of the large-scale armed invasion by the Russian Federation, Vyacheslav Shestopalov developed and proposed for implementation a system for a decentralized drinking water intake from protected subsurface aquifers with an autonomous energy supply, to provide for the population in emergency or war situations.

Until the last days of his life, Vyacheslav Mykhailovych worked, discussed the results of his work, current problems, prospects with colleagues and graduate students, sincerely shared his ideas, and inspired new projects...

His impressive resilience, optimism, perseverance, systematic approach, and efficiency are exemplary and will serve as a model for younger colleagues and students.

The bright memory of Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov, an outstanding scientist, man of courage, and devoted patriot of Ukraine, will remain forever in the hearts and memories of all those who knew him and had the honour of working with him.

Scientist Borys Faibysenko from Lawrence Berkeley National Laboratory (California, USA), with whom Vyacheslav Mykhailovych had maintained friendly relations and professional cooperation for more than half a century since the 1970s, sent sincere words of condolence to his colleagues, friends, family and friends.

I was deeply saddened to hear about the passing of Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov. I have known him since the beginning of the 1970s while working at Kyiv National University. Vyacheslav Mykhailovych was an outstanding scientist and a very kind and pleasant person. I've collaborated directly with Vyacheslav Mykhailovych since 1986 as part of the National Academy of Sciences Committee on Chernobyl. He and I were involved in the prediction of the radioactive contamination of groundwater following the Chernobyl accident.

Since 1991, I've worked at the University of California at Berkeley and Lawrence Berkeley National Laboratory in Berkeley, California, USA. Despite being separated geographically, we continued our friendly relationship and professional collaboration until his last days.

In 1992 and 1993, I organized visits of American delegations to Kyiv, led by one of the best hydrogeologists of all time, Paul Witherspoon (1919-2012). Paul Witherspoon was elected a Foreign Member of the National Academy of Sciences of Ukraine. The photographs below depict the event at the High-level Nuclear Waste Disposal Conference in 1993 in Las Vegas, Nevada, when Shestopalov presented the Diploma of a Foreign Member of the National Academy of Sciences of Ukraine to Paul Witherspoon.

During his visits to the USA, I met with Shestopalov in 1993 (Washington, D.C., and Las Vegas, Nevada) and 1999 (San Francisco and Berkeley, CA), and in Kyiv in 2001, 2009, 2011, and 2017.

Interestingly, when Shestopalov visited the Berkeley Lab in 1999, he presented a new concept of high-level nuclear waste disposal in deep boreholes. Still, it was not accepted at that time. However, in recent years, this concept has been widely investigated worldwide.

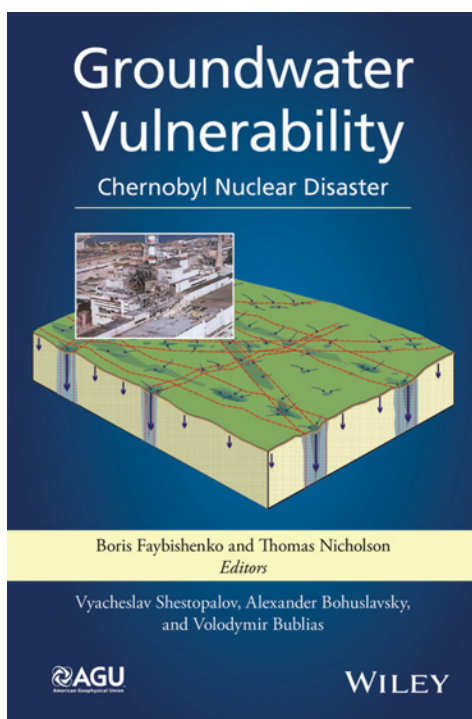
In 2003, when I was editing a Special Issue on Chernobyl of the International Journal of Environmental Sciences and Pollution Research, I invited Shestopalov to publish his paper in this Journal. The photograph of the first page of the paper is below.

In 2011, during our meeting in his office at the Institute of Geological Sciences, Shestopalov asked me to help publish a book on groundwater vulnerability at Chernobyl. I wrote a book proposal entitled "Groundwater Vulnerability: Chernobyl Nuclear Disaster", to the American Geophysical Union and its publisher, Wiley, Inc. The proposal was approved. Shestopalov, his co-author Bohuslavsky, and I worked on the contents and edited the book. It was published in 2014 in a series of AGU's Geophysical Monographs. Below is the photograph of the cover page, and the URL is <https://www.wiley.com/en-us/Groundwater+Vulnerability%3A+Chernobyl+Nuclear+Disaster-p-9781118962220>

Over the years, we have had many telephone conversations about different problems in Ukraine. After the beginning of the Russian invasion of Ukraine, I initiated a project to assess groundwater vulnerability in Ukraine. Shestopalov helped me tremendously by presenting several maps used in this project. He co-authored the report and several presentations that I gave on the topic of groundwater vulnerability in Ukraine.

The last time I spoke on the phone with Vyacheslav Mykhailovych was mid-November. He was very enthusiastic about his work, especially about the thermodynamic methods of studying contaminant transport in groundwater and the decentralized water supply in Ukrainian cities.

I want to express my deep and sincere condolences to his relatives, friends, and colleagues at the Institute of Geological Sciences and the Scientific and Engineering Center of Radio-Hydrogeological Research. Vyacheslav Mykhailovych's memory will always be with us.



Terrestrial, Surface Water and Ground Radioactive Contamination, and Remediation

Radionuclide Migration into the Geological Environment and Biota After the Chernobyl Accident

Y.M. Shestopalov*, N.M. A. Kalyagin¹, and V.M. A. Ivanov²

¹Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, 170 Gushcha St., Kiev, Ukraine

²Scientific Institute for Agricultural Radiology, Melitopol'skyye os., 7, Chuhuiv, Kiev region, Ukraine

*Corresponding author: ysh@igsk.nas.gov.ua

Abstract

In this paper, we consider the principal migration pathways of radionuclides from the Chernobyl accident to and through nearby terrestrial biotopes. Specifically, we study seasonal fluctuations of artificial contamination, taking into account the influence of critical natural conditions on these processes. We show that migration activity of radionuclides is maximal in these biotopes. We demonstrate that the following factors (decreasing order) affect the migration of radionuclides: the presence of critical natural conditions, seasonal fluctuations, and wind contamination. Downward radionuclide migration paths are the main risk in the terrestrial system of water-bearing biotopes. According to balance estimates, about 2.0E11 Bq of ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs have entered the geological environment and biota over the 30-year Chernobyl accident period. We show that the migration of radionuclides is maximal in these biotopes, particularly the medium pH and seasonality.

1 Introduction

The Chernobyl catastrophe brought numerous scientific and social issues to the attention of the entire world. Issues to large groups of people, and led to various complications in the environment, such as well. However, as usually a tragedy is an end in its long-term effects, it is Chernobyl should also be considered something from which we can learn. Such an approach enables us to obtain new, significant knowledge for preventing other future catastrophes.

Here we consider the main forms of Chernobyl radionuclide migration into the terrestrial biotopes and geosphere. Specifically, we study the influence of critical natural conditions on these processes, the presence of radionuclide migration (Fig. 1).

Radionuclide migration is based mostly on the upper 10 cm layer of soil in natural conditions or in the plough layer of agricultural systems. Radionuclide migration is maximal in a plough layer of agricultural soils (Faybishenko, 1992), as well as in the upper 10 cm layer of soil in natural conditions.

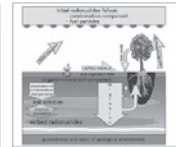


Fig. 1. Schematic diagram of radionuclide migration pathways from the Chernobyl accident to the geological environment and biota.

© 2014, American Geophysical Union. © Special Issue # 2 (2014), pp. 1-17

© 2014, American Geophysical Union. © Special Issue # 2 (2014), pp. 1-17

© 2014, American Geophysical Union. © Special Issue # 2 (2014), pp. 1-17

© 2014, American Geophysical Union. © Special Issue # 2 (2014), pp. 1-17



Vyacheslav Shestopalov presented the Diploma of the Foreign Member of the National Academy of Sciences to Paul Witherspoon



Left: Vyacheslav Shestopalov presented the Diploma of the Foreign Member of the National Academy of Sciences to Paul Witherspoon. Right: Paul Witherspoon, Vyacheslav Shestopalov, Boris Faybishenko



From left to right: Boris Faybishenko, Emlen Sobotovich, Dmitry Khruschev (IGN), Karsten Pruess, Vyacheslav Shestopalov, Larry Mayer, Sally Benson, Peter Persoff, Yvan Tsang, Robert Zimmerman, Paul Witherspoon, Lia Cox, Joe Wang, Bo Bodvarsson.

Список літератури

- Академік Шестопапов В'ячеслав Михайлович (До 80-річчя від дня народження). *Геол. журн.* 2016. № 3 (356). С. 124–126.
- Бабинец А.Е., Шестопапов В.М., Моисеева Н.П., Лютий Г.Г., Ищенко А.П., Сулейманов С.П., Гудзенко В.В., Усов В.Ю., Койнов И.М., Гаврилюк Г.З., Лисиченко Г.В., Ясевич А.П. Лечебные минеральные воды типа «Нафтуса». Киев: Наукова думка, 1986. 192 с.
- Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена: Шестопапов В.М. (ред.). Киев: Наукова думка, 1988. 272 с.
- Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в естественных условиях: Шестопапов В.М. (ред.). Киев: Наукова думка, 1989. 288 с.
- Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа. Ч. 1, 2: Шестопапов В.М. (ред.). Киев: Ин-т геол. наук НАН Украины; НИЦ радиогидрогеокол. полигон. исслед. НАН Украины, 2001. 630 с.
- Классификация минеральных вод Украины: Шестопапов В.М. (ред.). Киев: Макком, 2003. 121 с.
- Колябіна І.Л., Шестопапов В.М., Кастельцева Н.Б. Механізми формування хімічного складу питних підземних вод Київського родовища (на прикладі водозабору «Оболонь»). *Геол. журн.* 2021. № 2 (375). С. 24–46. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.2.230063>
- Руденко Ю.Ф., Шестопапов В.М., Негода Ю.О., Гураль О.В. Щодо питання раціонального використання експлуатаційних запасів питних підземних вод для водопостачання міста Києва. *Геол. журн.* 2021. № 4 (377). С. 29–55. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.4.240101>
- Шестопапов В.М. Динамика и естественные ресурсы подземных вод основных горизонтов Вольнского артезианского бассейна. Киев: Наукова думка, 1974. 132 с.
- Шестопапов В.М. Естественные ресурсы подземных вод платформенных артезианских бассейнов Украины. Киев: Наукова думка, 1981. 195 с.
- Шестопапов В.М. Методы изучения естественных ресурсов подземных вод. Москва: Недра, 1988. 169 с.
- Шестопапов В.М. О гидрогеологической зональности и водообмене в геологических структурах. *Геол. журн.* 2014. № 4 (349). С. 9–26.
- Шестопапов В.М. О возможных геолого-геофизических рисках и перспективах Чернобыльской зоны отчуждения. *Геофиз. журн.* 2016. № 1. С. 3–16.
- Шестопапов В.М. Проблеми збереження та ефективного використання якісних підземних вод у контексті водної безпеки України. *Вісн. НАН України.* 2022. № 9. С. 69–74.
- Шестопапов В.М., Богуславский А.С., Бублясь В.Н. Оценка защищенности и уязвимости подземных вод с учетом зон быстрой миграции. Киев: Альт. Арт, 2007. 118 с.
- Шестопапов В.М., Лютий Г.Г., Руденко Ю.Ф. Гідрогеологічне районування підземних гідросистем України. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання. Чернівці: Букрек, 2011. Т. 1. С.166–231.
- Шестопапов В.М., Моисеева Н.П., Ищенко А.П., Кондратюк Е.И., Усов В.Ю., Моисеев А.Ю., Гудзенко В.В., Лютий Г.Г., Синицин Н.И., Сулейманов С.П., Ясевич А.П., Дружина Н.А., Ковальская В.В., Гела А.А., Родионова Н.К., Кирилюк Н.Д., Рудько Г.И., Митько А.П., Нецкий А.В., Бакаржиева О.О. Лечебные минеральные воды типа «Нафтуса» Украинских Карпат и Подолья. Черновцы: Букрек, 2013. 600 с.
- Шестопапов В.М., Лукин А.Е., Згонник В.А., Макаренко А.Н., Ларин Н.В., Богуславский А.С. Очерки дегазации Земли: Шестопапов В.М. (отв. ред.). Киев: Науч.-инж. центр радиогидрогеокол. полигон. исслед. НАН Украины, Ин-т геол. наук НАН Украины, 2018. 632 с.
- Шестопапов В.М., Стеценко Б.Д., Руденко Ю.Ф. Підземні води тріщинуватих кристалічних порід як резервне джерело питного водозабезпечення Вінниці (Україна). *Геол. журн.* 2018. № 1 (362). С. 5–16. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.1.126414>
- Шестопапов В.М., Климчук А.Б., Онищенко И.П. Развитие гидрогеологии в мире и гидрогеологические исследования в Институте геологических наук НАН Украины. *Геол. журн.* 2018. № 3 (364). С. 5–58. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.3.142261>
- Шестопапов В.М., Стеценко Б.Д., Руденко Ю.Ф. Підземні води верхньосарматського водоносного горизонту як резервне джерело питного водозабезпечення Миколаєва (Україна). *Геол. журн.* 2019. № 2 (367). С. 5–17. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2019.2.169930>
- Шестопапов В.М., Стеценко Б.Д., Руденко Ю.Ф. Проблеми питного водозабезпечення Маріуполя і пропозиції щодо їх вирішення за рахунок підземних вод. *Геол. журн.* 2020. № 1 (370). С. 3–16. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.1.196974>
- Шестопапов В.М., Петренко Л.І. Тріщинуватість і проникність кристалічних порід та їх розломних зон, гідрогеологічний аспект. *Геол. журн.* 2022. № 2 (379). С. 46–70. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.2.254153>
- Шехунова, С. Б. (2023). Критична та стратегічна мінеральна сировина для економічної безпеки та повоєнного розвитку України: Стенограма виступу на сесії Загальних зборів НАН України 27 квітня 2023 р. *Вісник НАН України*, (5), 25–30. <https://doi.org/10.15407/visn2023.05.025>
- 85-річчій ювілей академіка НАН України Шестопапова В'ячеслава Михайловича. *Геол. журн.* 2021. № 3 (376). С. 88–90. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.3.237819>
- Shestopalov V. (Ed.). Chernobyl Disaster and Groundwater. Balkema, Leiden CRC Press, 2002. 289 p.
- Shestopalov V., Bohuslavsky A., Bubljas V. Groundwater Vulnerability. Chernobyl Nuclear Disaster. USA: AGU-Wiley, 2015. 136 p.

References

- Academician Shestopalov Vyacheslav Mykhailovych (On the eighty-year-old jubilee). 2016. *Geologičnij žurnal*, 3 (356): 124–126 (in Ukrainian).
- Babinets A.E., Shestopalov V.M., Moiseeva N.P., Lyutyi G.G., Istchenko A.P., Suleymanov S.P., Gudzenko V.V., Yusov V.Yu., Koyunov I.M., Gavrilyuk G.Z., Lisitchenko G.V., Yasevich A.P. 1986. Medicinal mineral waters of the type “Naftusia”. Kyiv: Naukova Dumka, 192 p. (in Russian).
- Classification of mineral waters of Ukraine. (Ed. V.M. Shestopalov). 2003. Kyiv: Makkom, 121 p. (in Russian).
- Essays on Earth degassing. Shestopalov V.M., Lukin A.E., Zgonnik V.A., Makarenko A.N., Larin N.V., Boguslavsky A.S. 2018. Kyiv: Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Radioenvironmental Center, 632 p. (in Russian).
- Koliabina I.L., Shestopalov V.M., Kasteltseva N.B. 2021. The formation mechanisms of composition of drinking groundwater of the Kyiv deposit (on the example of the Obolon water intake structure). *Geologičnij žurnal*, 2 (375): 24–46 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.2.230063>
- Rudenko Yu.F., Shestopalov V.M., Negoda Iu.O., Gural O.V. 2021. On the rational use of exploitable drinking groundwater reserves for water supply to the city of Kyiv. 2021. *Geologičnij žurnal*, 4 (377): 29–55 (in Ukrainian) <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.4.240101>
- Shekhunova, S. B. (2023). Critical and strategic mineral raw materials for economic security and post-war development of Ukraine: Transcript of the speech at the session of the General Meeting of the NAS of Ukraine on 27 April 2023. <https://doi.org/10.15407/visn2023.05.025>