

**Волинський національний університет імені Лесі Українки
Бібліотека**

**МЕЛЬНИК
ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ**

Біобібліографічний покажчик

Луцьк – 2011

**Волинський національний університет
імені Лесі Українки**

УДК 016 : 52

ББК 91.9 : 26д

М 48

Володимир Миколайович Мельник : біобібліогр. покажч. / Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки ; уклад. В. Ф. Радзій, І. П. Сидорук. – Луцьк : ВНУ ім. Лесі Українки, 2011. – 96 с.

Подано дати життя, наукової, педагогічної і громадської діяльності, а також бібліографічний опис наукових публікацій українського вченого, інженера-аерофотогеодезиста, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру Волинського національного університету імені Лесі Українки – Володимира Миколайовича Мельника. Вміщено основні наукові праці за напрямками, які він започаткував щодо методів вивчення мікроструктури ґрунтів Волині за допомогою РЕМ-мікроскопії, методів оцінки геометричних параметрів деструктивних змін кісткової тканини, проблем обробки даних дистанційного зондування Землі, інженерно-геодезичне забезпечення експлуатації греблі водосховища Хмельницької АЕС.

Бібліографічний опис видань оформлено згідно з ДСТУ ГОСТу 7.1:2006 “Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання”.

Для наукових працівників, викладачів, аспірантів, студентів.

ЗМІСТ

Від упорядників

Основні дати життя і діяльності В. М. Мельника

I. З нагоди 70-річчя професора

Радзій В. Ф. Професор Володимир Мельник

Буриштинська Х. Володимирові Мельникові – 70!

Лажник В. Й. Враження про наставника

Тарасюк Ф. Володимир Мельник: людина і професор

II. Публікації за основними науковими напрямками започаткованими професором Володимиром Мельником

Методи кількісної характеристики мікроструктури ґрунту

Оцінка деструктивних змін кісткової тканини методами структурної функції та фрактального аналізу

On a problem of automatic analysis of aerospace photos, made at different times

До теорії РЕМ- фотограмметрії

Електронно-мікроскопічні та рентгено-дифрактометричні дослідження ґрунтової греблі водосховища ХАЕС

III. Бібліографія праць професора В. М. Мельника

Наукові публікації

Окремі наукові видання

Статті у продовжуваних виданнях

Доповіді на наукових конференціях та симпозіумах

Навчально-методичні видання

Депоновані праці

Дисертаційні роботи, захищені під науковим керівництвом В. М. Мельника

Алфавітний покажчик назв праць

Іменний покажчик співавторів

Ілюстрації

Від упорядників

Даний біобібліографічний покажчик “Володимир Миколайович Мельник” присвячено життю та творчості українського вченого, інженера-аерофотогеодезиста, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру Волинського національного університету імені Лесі Українки – Володимира Миколайовича Мельника.

Покажчик складається з біографічного нарису, основних дат життя і діяльності, спогадів учнів та колег. Представлено бібліографічний опис монографій, навчально-методичних посібників, статей, опублікованих в наукових збірниках, матеріалів наукових конференцій та інших публікації, які розкривають аспекти діяльності вченого з 1973 до 2010 року.

Вміщено основні наукові праці за напрямками, які В. М. Мельник започаткував щодо методів вивчення мікроструктури ґрунтів Волині за допомогою РЕМ-мікроскопії, методів оцінки геометричних параметрів деструктивних змін кісткової тканини, проблем обробки даних дистанційного зондування Землі, інженерно-геодезичне забезпечення експлуатації греблі водосховища Хмельницької АЕС.

Матеріал бібліографічного покажчика систематизовано в чотирьох розділах. Перший “Наукові публікації В. М. Мельника” починається з опису кандидатської та докторської дисертацій і продовжується за хронологією друкованих праць: монографій, статей у продовжуваних виданнях, доповідей на наукових конференціях та симпозіумах. Другий висвітлює навчально-методичні видання В. М. Мельника у співавторстві з колегами. Третій розділ розкриває депоновані праці професора. Четвертий містить дисертаційні роботи, захищені під науковим керівництвом В. М. Мельника.

У межах розділів бібліографічні описи розташовані в хронологічному порядку, в межах року – за алфавітом назв.

Матеріали, зібрані у покажчику, здебільшого звірені *de visu*. Ті, які не вдалося переглянути, – позначені астериском (*), в деяких випадках не вказані сторінки.

Видання забезпечено допоміжними покажчиками: іменним співавторів та алфавітним назв праць.



***Дуже важливо не перестати задавати питання.
Цікавість не випадково дана людині.***

Альберт Ейнштейн

Основні дати життя і діяльності В. М. Мельника

- 18 травня 1941 народився с. Жизномир Бучацького району Тернопільської області
- 1948-1955 навчання у Жизномирській семирічній школі
- 1955-1958 навчання у Бучацькій середній школі
- 1959-1964 студент Львівського політехнічного інституту де навчався за спеціальністю “Аерофотогеодезія”
- 1964-1966 робота в тресті “Східнафтопровідбуд” будівельне управління № 4 на посадах майстра-геодезиста та прораба-геодезиста
- 1966-1969 асистент кафедри газо нафтопромислової геодезії
- 1969-1971 старший інженер-вишукувач Івано-Франківського проектного інституту “Облколгосспроєкт”
- 1969-1973 аспірант Львівського ордена Леніна політехнічного інституту за спеціальністю “Аерофототопографія” (науковий керівник професор В. Я. Фінковський)
- 1973-1976 старший інженер НДС-22 Львівського ордена Леніна політехнічного інституту
- 1976 робота у Луцькому педінституті імені Лесі Українки
- 1976-1982 старший викладач кафедри геодезії Луцького педінституту імені Лесі Українки
- 1981 захист кандидатської дисертації “Фотограмметрична обробка РЕМ-знімків” в Московському інституті інженерів геодезії, аерофотозйомки та картографії
- 1982-1991 доцент кафедри економічної географії Луцького педінституту імені Лесі Українки
- 1989 за патентну діяльність нагороджений срібною медаллю ВДНГ СРСР
- 1991-1992 доцент кафедри екології і картографії Луцького педінституту імені Лесі Українки
- 1992 нагороджений знаком “Заслужений працівник народної освіти України”
- 1992-1994 обраний на посаду в. о. професора кафедри екології і картографії Луцького педінституту імені Лесі Українки
- 1994-1997 професор, завідувач кафедри раціонального природокористування і охорони природи Волинського державного університету імені Лесі Українки
- 1995 захист докторської дисертації у спецраді державного університету “Львівська політехніка” “Теорія і практика фотограмметричних методів в електро-мікроскопічних дослідженнях”
- 1995 обраний дійсним членом Нью-Йоркської академії наук та членом національного географічного товариства США
- 1997 присвоєне вчене звання професора кафедри раціонального

	природокористування і охорони природи Волинського державного університету імені Лесі Українки
1997-2002	професор, завідувач кафедри геоecології і картографії Волинського державного університету імені Лесі Українки
1999	член-кореспондент інженерної академії наук України
1999-2005	декан географічного факультету Волинського державного університету імені Лесі Українки
2005	заслужений професор Волинського державного університету імені Лесі Українки
2002-2004	професор, завідувач кафедри екології, землевпорядкування і кадастру Волинського державного університету імені Лесі Українки
З 2004 і донині	професор, завідувач кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру Волинського національного університету імені Лесі Українки

І. 3 НАГОДИ 70-РІЧЧЯ ПРОФЕСОРА

Професор Володимир Мельник

Мельник Володимир Миколайович народився 18 травня 1941 року в с. Жизномир Буцацького району Тернопільської області у селянській родині Миколи Івановича та Анни Гаврилівни Мельник. У травні 1941 року батько був репресований та розстріляний у перші дні війни, тільки згодом, через 60 років, зусиллями Володимира Миколайовича, батько був реабілітований. Роки лихоліття підкосило здоров'я матері, яка померла у 1953 році, з того часу він ріс у сім'ї рідної сестри Витягловської Ольги Миколаївни. У 1948 році розпочав навчання у Жизномирській семирічній школі, а у 1958 році закінчив Буцацьку середню школу. Після закінчення школи у 1959-1964 рр. навчався у Львівському політехнічному інституті за спеціальністю “Аерофотогеодезія”, який закінчив з відзнакою. У 1964 році за державним розподілом направлений на роботу в БУ-4 тресту “Східнафтопроводбуд” де працював на посаді головного спеціаліста тресту при прокладанні газопроводу “Бухара Урал” (м. Ургенч, Узбецької РСР). З 1966 р. – асистент Івано-Франківського інституту нафти і газу. У 1969 році перейшов на роботу в Івано-Франківську філію “Укрколгосспроєкту”. 1969-1973 рр. – аспірант кафедри аерофотогеодезії Львівського політехнічного інституту (науковий керівник професор В.Я. Фінковський). З 1976 р. працює на природничо-географічному факультеті Луцького педагогічного інституту імені Лесі Українки. У 1981 р. захистив кандидатську дисертацію “Фотограмметрична обробка РЕМ-знімків” в Московському інституті інженерів геодезії, аерофотозйомки та картографії. З 1985 р. – присвоєно вчене звання доцента. У 1993 р. обраний на посаду професора та завідувача кафедри раціонального природокористування та охорони природи Волинського державного університету імені Лесі Українки (ВДУ імені Лесі Українки). 1995 р. захистив докторську дисертацію у спецраді державного університету “Львівська політехніка” “Теорія і практика фотограмметричних методів в електронно-мікроскопічних дослідженнях”, а в 1997 р. присвоєно вчене звання професора.

З 1999 по 2005 р. обіймав посаду декана географічного факультету ВДУ імені Лесі Українки. З 2004 року доктор технічних наук, професор Мельник В. М. – завідувач кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру ВДУ імені Лесі Українки. Слід відмітити, що Володимир Миколайович є “Заслуженим працівником народної освіти України” (1992), член-кореспондентом інженерної академії наук України (1999), дійсним членом Нью-Йоркської академії наук, член національного географічного товариства США (1995), Заслужений професор Волинського державного університету імені Лесі Українки (2005). За патентну діяльність у 1989 р. нагороджений срібною медаллю ВДНГ СРСР. Біографічна довідка про професора Мельника В. М. опублікована у міжнародному каталозі “Who’s Who in the World” (1999).

Наукову діяльність Мельника В.М. присвячена питанням розробки теорії та практики фотограмметричних методів в РЕМ- та ПЕМ-мікроскопії, автоматизованого аналізу РЕМ зображень з метою вивчення мікроструктури

твердих тіл, інженерно-геодезичного забезпечення та прогнозування експлуатаційного режиму відповідальних інженерних об'єктів, що відображено більш як у 150 наукових публікаціях та 3 монографіях, володіє 4 патентами.

На кафедрі геодезії, землевпорядкування та кадастру Володимир Миколайович започаткував ряд науково-прикладних напрямів за якими проводять дослідження викладачі, аспіранти та працівники кафедри:

- розробка теорії і практики цифрової фотограмметрії - мікрофотограмметрія, растрова електронна мікроскопія, тривимірна реконструкція мікрооб'єктів (проф. Мельник В. М., доц. Шостак А. В., доц. Волошин В. У.);

- моделювання та картографування деградаційних процесів та структурна організація ґрунтового покриву Волині (проф. Мельник В. М., доц. Бліндер Ю. С., доц. Радзій В. Ф., ас. Вакулюк Л. А.);

- інженерно-геодезичне забезпечення відповідальних інженерних споруд (проф. Мельник В. М., доц. Бліндер Ю. С., доц. Волошин В. У., ст. викл. Рудик О. В., ас. Мельник О. В., ас. Тарасенко В. Ф.);

- математико-картографічне моделювання засобами ГІС (проф. Мельник В. М., доц. Бліндер Ю. С., доц. Волошин В. У., доц. Король П. П.)

У розрізі цих напрямів на кафедрі під його керівництвом виконувались та продовжують реалізовуватись ряд міжнародних, держбюджетних та госпдоговірних тем: “Динаміка ерозійних процесів та міграція радіонуклідів в умовах Волині”; “Геодезичні спостереження за осадками та деформаціями промислових споруд (ДПЗ-28)”; “Обґрунтування точності та періодичності інженерно-геодезичних спостережень деформацій промислових споруд”; “Математико-картографічне моделювання динаміки ерозійних процесів та площинного змиву гумусного шару в ґрунтозахисній системі землеробства”; “Інженерно-геодезичне забезпечення експлуатаційного режиму промислових споруд Луцького КХП-2”; “Інженерно-геодезичне забезпечення експлуатаційного режиму греблі водосховища ХАЕС”. Особливої уваги заслуговують виконані під керівництвом професора Мельника В. М. госпдоговірні теми з Липецьким “Центролітом” та науково-дослідним інститутом “Молот” міністерства оборонної промисловості СРСР (1987). Впродовж 1995-2000 рр. виконувалась держбюджетна тема “Розробка растрово-електронно-мікроскопічних стереолого-стереометричних методів мікро-морфоструктурних досліджень вікових особливостей будови кістки під впливом екоантропогенних факторів”. У 1997 році виконувався міжнародний проект “Fundamentals of backscattered electrons 3-D reconstruction of surface topography and “in-depth” micro-tomography in SEM” №21247/93 в рамках програми INTAS 97-31864. З 2011 року на кафедрі виконується прикладна держбюджетна тема “Дослідження сучасного стану та розробка засобами ГІС-технологій і РЕМ-мікроскопії засад раціонального землекористування ерозійно-деградованих земель Волинської височини”.

Наукова обізнаність, ерудованість та компетентність вченого Володимира Мельника вивела його на чільне місце в галузі геодезії, фотограмметрії та картографії в Україні, насамперед він відомий фахівцям численними працями із

застосування фотограмметрії в растровій електронній мікроскопії, застосування фотограмметричних методів обробки РЕМ-зображень у металознавстві, геології, ґрунтознавстві, медицині, біології тощо. За словами професора Московського державного університету імені М. В. Ломоносова – Мельник В. М. – патріарх застосування фотограмметрії у РЕМ-мікроскопії. Фактично він є творцем наукової школи в Україні у цій царині науки.

Широке коло наукового спілкування сприяло тому, що Володимира Миколайовича неодноразово запрошують бути членом спеціалізованих вчених рад, зокрема спецради у Волинському національному університеті імені Лесі Українки Д 32.051.01 із здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків (голова ради доктор фізико-математичних наук професор Г. Є. Давидюк), спецради у Національному університеті “Львівська політехніка” Д 35.052.13 з правом прийняття до розгляду та проведення захистів дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальностями: 05.24.01 - геодезія та картографія, 05.24.04 - кадастр та моніторинг земель (голова ради доктор технічних наук професор К. Р. Третяк), спецради в Луцькому національному технічному університеті К 32.075.02 з правом прийняття до розгляду та проведення захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності — 05.02.01. – матеріалознавство (голова ради доктор технічних наук професор В. Д. Рудь).

Важливе місце в науковій діяльності Мельника В. М. посідає міжнародне співробітництво з питань розробки РЕМ методів мікроструктурних досліджень з вченими Московського державного університету ім. М. В. Ломоносова.

У Луцьку сформувалась наукова фотограмметрична школа, пов’язана із науковою діяльністю професора Мельника В. М., представниками якої є канд. геогр. наук, доцент Нетробчук І. М., канд. техн. наук, доцент Іванчук І. М., канд. техн. наук, доцент Шостак А. В., канд. техн. наук, доцент Волошин В. У., канд. техн. наук, доцент Бліндер Ю. С., ст. викл. Рудик О. В., ас. Верешко В. М. та ін.

І сьогодні в переддень 70 річного ювілею та з нагоди 45 річчя науково-педагогічної діяльності доктора технічних наук, професора Мельника Володимира Миколайовича колектив кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру географічного факультету Волинського національного університету імені Лесі Українки вітає ювіляра, зичить міцного здоров’я та наснаги на педагогічній та науковій ниві.

В. Ф. Радзій
канд. географ. наук., доцент кафедри
геодезії, землевпорядкування та кадастру
Волинського національного університету
імені Лесі Українки

ВОЛОДИМИРОВІ МЕЛЬНИКОВІ - 70!

В науковому світі України, до якого належать і геодезія, фотограмметрія, растрова електронна мікроскопія та споріднені з ними науки, добре знають доктора технічних наук професора, Заслуженого працівника народної освіти Володимира Миколайовича Мельника.

Володимир Мельник вже більше 35 років працює у Волинському національному університеті імені Лесі Українки, а працівники кафедри фотограмметрії та геоінформатики (колишня назва - аерофотогеодезії) до цього часу вважають його "своїм". Бо й справді наукове зростання ювіляра від аспіранта до кандидата технічних наук відбувалось власне на кафедрі аерофотогеодезії. А згодом тісна співпраця кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру, якою у Волинському національному університеті керує В. Мельник, з кафедрою фотограмметрії і геоінформатики, зростання якої пов'язане з іменем професора О. Дорожинського, стала корисною для двох цих інституцій.

Наше знайомство з В. Мельником, не рахуючи студентських літ, відбулося у 1971 р., коли ж то він після трудової інженерно-геодезичної діяльності вступив в аспірантуру до Львівської політехніки. Тоді кафедрою завідував відомий в СРСР фахівець, професор Фінковський В. Я., людина, наділена непересічними організаційними та педагогічними здібностями. Власне він виступив ініціатором нового напрямку досліджень, пов'язаного з отриманням та опрацюванням РЕМ-зображень. Фактично цей напрямок став науковою долею талановитого аспіранта. У 1981 він успішно захистив кандидатську дисертацію. Десять років з 1974 р. до 1985 р. В. Мельник працював у науково-дослідній лабораторії НДЛ-18, де виконували потужні госпдоговірні роботи, пов'язані з проектуванням меліоративних систем за аерознімками, спеціальними дослідженнями наземного фототеодолітного знімання, фотограмметричним моніторингом геологічних процесів, методикою просторової триангуляції, автоматизацією фотограмметричних вимірювань, вибором трас для проведення трубопроводів тощо. Веду перелік цих основних тем, бо, навіть якщо він не працював за

конкретною темою, з ним радились, до нього прислухались, на його слово зважали.

Коло наукових працівників, які були ядром НДЛ-18, в яке входили О. В. Тумська, І. М. Любімов, Є. І. Смірнов, Н. М. Москаль та інші, як і взагалі науково-дискусійна атмосфера кафедри аерофотогеодезії сприяли постійному творчому пошуку, розвиткові ініціативи, утвердженню високих наукових принципів.

З 1976 р. діяльність В. Мельника пов'язана з Волинським національним університетом. У 1995 р. він блискуче на спеціалізованій Вченій раді захистив докторську дисертацію “Теорія і практика фотограмметричних методів в електронно-мікроскопічних дослідженнях”.

Зв'язку з Львівською політехнікою ніколи не поривав. Як знаний в Україні фахівець з фотограмметрії, растрової електронної мікроскопії, увійшов у склад спеціалізованої Вченої ради, його активність просто вражає. Як людина всебічно обізнана та ерудована, завжди виступає на захистах дисертацій вагомо, влучно, зберігаючи в голові сотні праць із спеціальної літератури, вміло послуговуючись математичними методами. Водночас є доброзичливим і виrozumілим.

Володимир Мельник вміє і любить працювати з молоддю. Під його керівництвом захистили кандидатські дисертації І. Нетробук, В. Волошин, Ю. Бліндер та інші. Вважає себе його учнем і доцент нашої кафедри О. Іванчук, адже професор Мельник - фахівець номер один в галузі РЕМ-мікроскопії в Україні.

В. Мельник - вельми цікавий співбесідник і на загальні теми. Не можу не зауважити його знань і роздумів стосовно історії, літератури, мистецтва.

Христина Буришинська

професор кафедри фотограмметрії та геоінформатики

Національного університету “Львівська політехніка”

Враження про наставника

Швидкоплинно і непомітно лине час. Часто в житті складається так, що доля зводить з людиною, яка може змінити життєвий шлях, надихнути на певні звершення, спрямувати на вірний шлях, допомогти у чомусь. Я вдячний долі, що на моєму життєвому шляху трапилася така людина, яка багато в чому допомогла мені стати науковцем і педагогом, викладачем вузу. Доля розпорядилася так, що вона звела мене з відомим науковцем, доктором технічних наук, професором Волинського університету Володимиром Миколайовичем Мельником.

Наша перша зустріч із вельмишановним Володимиром Миколайовичем відбулася у далекому 1979 році. І я наберуся сміливості віднести себе і до друзів, і до учнів, і до соратників шановного ювіляра. Вже понад тридцять років пройшло з того часу, коли Володимир Миколайович Мельник порекомендував мене колишньому завідувачому кафедри географії природничо-географічного факультету Луцького педінституту доценту Фалюшу Віталію Васильовичу як фахівця з картографії і геодезії, який має кваліфікацію географа-картографа. На той час я працював керівником геодезичної групи технічного бюро Управління головного архітектора міста Луцька. За рекомендацією Володимира Миколайовича я почав працювати на кафедрі географії з 1980 р. викладачем за сумісництвом, проводячи практичні заняття з топографії з основами картографії, фізичної географії СРСР, економічної географії СРСР, географії ґрунтів з основами ґрунтознавства, а влітку допомагав Володимирі Миколайовичу й асистенту Максимюку Юрію Йосиповичу проводити топографічні практики зі студентами природничо-географічного факультету. Так продовжувалося до 1985 р., коли Володимир Миколайович переконав мене і запропонував повністю перейти на роботу в педінститут. Він домігся того, що в червні 1985 р. мене прийняли на посаду молодшого наукового співробітника в Науково-дослідному секторі Луцького педінституту. Так я став відповідальним виконавцем госпдоговірних науково-дослідних робіт, які проводилися на Луцькому підшипниковому заводі і Луцькому комбінаті хлібопродуктів № 2. Ці науково-дослідні роботи стосувалися

геодезичних спостережень за висотними зміщеннями промислових споруд на цих двох промислових об'єктах. Із цього часу моя доля надалі була пов'язана з вузом і почався мій науковий шлях. Протягом наступних років відбувся мій професійний ріст, оскільки через рік завдяки Володимиру Миколайовичу я був переведений на посаду старшого наукового співробітника НДС педінституту. Одночасно я також викладав за сумісництвом деякі географічні дисципліни і топографію для студентів природничо-географічного факультету. З 1989 р. почав працювати на посаді асистента кафедри економічної і соціальної географії, чому сприяв також Володимир Миколайович, переконавши тодішнього завідувача кафедри Скаршевську О. О. перевести мене на цю викладацьку посаду. За сумісництвом я також був відповідальним виконавцем до 1992 р. з виконання госпдоговірних науково-дослідницьких тем на Луцькому комбінаті хлібопродуктів № 2 і Хмельницькій атомній електростанції, де виконувалися спостереження за планово-висотними зміщеннями греблі водосховища ХАЕС.

За час спільної роботи з Володимиром Миколайовичем я сформувався як науковець, оскільки завдяки його цінним порадам, настановам і судженням, його здатності акумулювати наукові ідеї і добиватися наукових результатів я набув певного життєвого і наукового досвіду, багато чому навчився, особливо в опрацюванні результатів наукових досліджень і спостережень. Це значно посилило рівень моєї математичної підготовки. Варто згадати нашу спільну роботу по науково-дослідних темах, особливо на Хмельницькій АЕС, де доводилося прийняти нестандартні рішення з виконання планових і висотних спостережень за греблею водосховища, наші спільні поїздки до Нетішина, Львова, Києва і Вишгорода з приводу вирішення наукових та організаційних питань, а також спільну викладацьку роботу на кафедрі, де мені доводилося під його керівництвом проводити топографічні практики зі студентами факультету, практичні заняття з топографії з основами топографії чи спільну роботу під час відпусток із виконання договірних топографо-геодезичних робіт у Закарпатті, на Вінниччині чи Волині або роботу над спільним написанням методичних розробок із курсу "Топографія з

основами картографії”. Саме постійне спілкування з Володимиром Миколайовичем дало мені змогу його пізнати, багато чого навчитися, перейняти методику його викладання.

Слід відмітити його принциповість, наполегливість у подоланні наукових вершин, особливу енергетику у пропагуванні наукових знань і проведенні навчальних занять, високий рівень ерудованості і начитаності, блискуче володіння дисциплінами, які він викладає, широку обізнаність у багатьох сферах людської діяльності, цілеспрямованість у досягненні задуманого. Також професор В. М. Мельник має великий організаційний таланти, який яскраво проявився у період виконання гопдоговірних науково-дослідних робіт і створення науково-дослідної лабораторії, розгортання роботи з підготовки фахівців із землевпорядкування, за період коли він був деканом географічного факультету і після того як він створив і очолив кафедру геодезії, землевпорядкування та кадастру.

Зокрема, мені завжди імпонувало те, що Володимир Миколайович, маючи добру математичну підготовку, радив як найширше використовувати математичні і картографічні методи в наукових дослідженнях, що пізніше мені пригодилося під час написання моєї кандидатської дисертації з методики кількісної оцінки економіко-географічного положення географічних об’єктів. До речі, саме Володимир Миколайович узимку 1987 р. мене познайомив із професором Чернівецького університету Ярославом Івановичем Жупанським, який пізніше став науковим керівником моєї кандидатської дисертації. Незважаючи на те, що на початку 1990-х років після розділення кафедри економічної і соціальної географії та мого переходу до викладання економіко-географічних дисциплін, наші життєві шляхи дещо розійшлися і мені більше не довелося працювати під безпосереднім керівництвом Володимира Миколайовича, все ж таки ми підтримуємо дружні відносини, спілкуємося, обговорюємо різні наукові теми. Я часто прислухаюся до його цінних думок і порад.

Володимир Миколайович є чуйною, толерантною, інтелігентною і порядною людиною. Він є й видатним ученим. Усім відомо, що він є засновником української

наукової школи з растрової електронної мікрофотограмметрії. Його ім'я відоме далеко за межами України. Володимир Миколайович для мене є зразком невтомного генератора наукових ідей і великого організатора наукових досліджень на прикладну тематику. Йому притаманні риси ерудованого науковця і викладача, для нього характерним є нестандартність постановки наукових проблем і яскравість мислення, вміння чітко сформулювати наукову ідею, тонкий гумор і доброзичливість. Він для мене є наставником і вчителем. Дай Боже шановному ювіляру і великому Науковцю міцного здоров'я і многая літа, нових творчих здобутків, хороших учнів і послідовників, щастя, радості, всіх життєвих благ. Нехай щастить Вам і в майбутньому. Тож із роси і води Вам, шановний Володимире Миколайовичу!

*Лажнік В. Й.,
кандидат географічних наук, доцент
кафедри країнознавства і міжнародних відносин
Волинського національного університету
імені Лесі Українки*

Володимир Мельник: людина і професор.

(Спогади про вчителя і колегу)

Життя, наукова та педагогічна діяльність Володимира Миколайовича Мельника – визначна подія в історії Луцького педагогічного інституту, а згодом і Волинського університету. Наше знайомство відбулося, на мій погляд, не так уже і давно, в кінці 1976 року. Молодий і амбіційний викладач читав для студентів-географів курс “Картографія”, постійно наголошуючи, що він швидше інженер, ніж викладач, звертаючи увагу на диплом випускника геодезичного факультету “Львівської політехніки” і роботу в науково-дослідному секторі та викладачем в технічному вузі. Проте, як потім виявилось, Володимир Миколайович отримав диплом з відзнакою, успішно завершив навчання в аспірантурі і є автором ряду наукових праць, в тому числі на іноземній мові. Після кількох лекцій в студентських кулуарах дали належну оцінку знанням викладача, його строгому і чіткому викладу матеріалу та незмінному почуттю гумору, що далеко немаловажно для студентської аудиторії.

Окремо хотів би сказати про Володимира Миколайовича як керівника. Отримавши в 1995 році кафедру екології, отримав і серйозні проблеми. На той час в Україні суттєво скорочувалось фінансування вузів і кафедра отримала 3,5 ставки на 10 штатних працівників. Почалися пошуки виходу з критичної ситуації, покладаючись найперше на власні сили. Пошуки, консультації, перемовини охоплювали чи не всю Україну. Роз’їзджали (за образним висловом В. М. – мотались) в Рівне, Львів, Івано-Франківськ, Харків, Київ і т.д. Завершилися вони успішно відкриттям у Волинському університеті нових і перспективних спеціальностей “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування” (1996 р.) і “Землепорядкування і кадастр” (2000 р.). На даний час за цими спеціальностями навчається понад 500 студентів. В цей же час після захисту Володимиром Миколайовичем докторської дисертації була відкрита аспірантура спочатку по спеціальності “Екологія”, а згодом і по спеціальності “Землепорядкування і кадастр”, що стало початком формування наукової школи

В. М. Мельника у Волинському університеті.

Науково-дослідні роботи наукового (держбюджетні теми) і науково-прикладного (госпдоговірні теми) характеру були і є обов'язковим атрибутом діяльності Володимира Миколайовича. Я не пригадую періоду коли б на кафедрі не виконувались наукові теми. Спектр і географія цих робіт досить широкі. Це і високоточні спостереження за інженерними спорудами та інженерно-геодезичні вишукування (з Луцьким КХП-2, "Волиньавтодором" та ін.). Окрему сторінку наукових досліджень становить вивчення мікроструктури металічних поверхонь з провідними науковими установами Росії. Чи не найтриваліший період наукових досліджень пов'язує кафедру на чолі з Володимиром Миколайовичем з Хмельницькою АЕС. Понад 15 років (починаючи з 1988 р.) за різних погодних умов велись польові спостереження. Примітно, що на перших етапах такі спостереження тривали 2 тижні і залучали 14 чоловік, а після набуття досвіду саме таких високоточних досліджень тривалість і чисельність скоротились вдвічі. І зараз приємно згадати та усвідомити (думаю цю думку поділяють всі співробітники теми), що у розвиток і безпеку ядерної енергетики в Україні внесена і твоя часточка.

Не можна не згадати і наукового співробітництва з Володимиром Миколайовичем. Результатом такого співробітництва стало більше 20 наукових публікацій, в основному за матеріалами теми №№ 5-90 і 7-94, які були присвячені вивченню водно-ерозійних процесів і площинного змиву в умовах ґрунтозахисної системи землеробства і керував ними Володимир Миколайович, а мені пощастило бути відповідальним виконавцем. Спочатку обговорювались ідея майбутньої роботи, матеріал, структура, і на протязі кількох днів народжувалась стаття. Маючи досвід спільної роботи з багатьма колегами, потрібно відмітити, що швидкість втілення ідеї в життя у Володимира Миколайовича є найвищою.

Польові геодезичні дослідження є особливою складовою життя Володимиром Миколайовичем. З початком літньої відпустки погляди звертались не в сторону теплих морів чи дачного масиву, а віддавались експедиційним

дослідженням. Проводились вони на Волині, на Хмельниччині, у Вінницькій області, Закарпаття взагалі стало рідним літнім домом. Специфіка польових спостережень полягає в максимальному використанні погожих днів і денного світла. То ж перша кава уже була о 6-й ранку, а завершувався робочий день із заходом Сонця. Далі була математична обробка польових матеріалів, вечерея і розмови, дискусії, суперечки з різноманітних питань. Тут професор-інженер (як він себе називав, вказуючи на певну відстороненість від гуманітарних питань) проявляв глибоку обізнаність в галузі політики, літератури, історії, приводячи посилання на джерела маловідомі або ж закриті. Такі приємні дискусії часто тривали далеко за північ, а зранку як завжди, о 6.

Починаючи з кінця 70-х, а особливо у 80-90-ті роки і до теперішнього часу через школу наукових тем і польових досліджень пройшла більша половина викладацького складу і велика кількість студентів географічного факультету. На даний час це успішні вчені, кандидати і доктори наук, завідувачі кафедр, відомі спеціалісти різних галузей господарства України.

Володимир Миколайович не тільки створив кафедру, надав їй нового дихання, відкрив нові спеціальності, сформував свою наукову школу, він створив свою систему координат в рамках якої постійно продукуються нові наукові ідеї, постійно через дискусії і суперечки народжується НАУКА. Наука була, є і, надіюсь, дасть бог, ще довго буде основним змістом життя вченого і педагога Володимира Мельника.

*Федір Тарасюк
доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища
Волинського національного університету
імені Лесі Українки*

II. ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ОСНОВНИМИ НАУКОВИМИ НАПРЯМАМИ ЗАПОЧАТКОВАНИМИ ПРОФЕСОРОМ ВОЛОДИМИРОМ МЕЛЬНИКОМ

Методи кількісної характеристики мікроструктури ґрунту

ВСТУП. Кількісний мікроструктурний аналіз є важливим методом сучасного ґрунтознавства [1]. В цьому аспекті особливе місце займають дослідження ґрунтів за допомогою растрових електронних мікроскопів (РЕМ) в різних режимах та при різних збільшеннях. Проте отримання кількісної інформації з питань мікробудови, структури та порового простору ґрунту є слабо вивченим. Відповідно до цього нами пропонуються три методи: стереолого-планіметричний, стереометричний та метод фрактальної геометрії.

1. СТЕРЕОЛОГІЧНА ОЦІНКА МІКРОСТРУКТУРИ ҐРУНТУ

Стереологічний аналіз проводиться з допомогою оригінальних пакетів програм STIMAN [2] і RAMIR. Вихідною інформацією є РЕМ-зображення, які можна ввести в комп'ютер безпосередньо під час роботи в режимі on-line, або з інших пристроїв чи телекамери, сканера або з файлів зображень, попередньо записаних на магнітних носіях, тобто в режимі off-line.

Розрахунок кількісних показників морфометричних ознак мікроструктури досліджуваних зразків здійснюється за цифровими зображеннями, які адекватні аналоговим РЕМ-зображенням (рис. 1). Для їх формування РЕМ-зображення, отримане в звичайному режимі роботи, повинно розкладатися на елементи (піксели). Число пікселів задається програмно, і в залежності від необхідної точності складає 128×128 , 256×256 або 1024×1024 . В середині кожного пікселя визначається і кодується його значення, що відповідає цифровій інтенсивності сигналу.

Пакет Стіман дозволяє отримати наступні характеристики (табл. 1): загальна (сумарна) площа структурних елементів; загальний (сумарний) периметр структурних елементів; середня площа; середній периметр; середній діаметр; відносна площа структурних елементів.

Таблиця 1.

Результати стереолого-планіметричного аналізу мікроструктури зразків ґрунту.

Зразок	Кількість пор, N	Характерні діаметри			Площа пор, мкм^2		Периметр, мкм		Пористість, %	Коефіцієнт фільтрації, mD	K_f
		D_{mid}	D_{max}	D_{min}	S_{cp}	S_{zag}	P_{cp}	P_{zag}			
1	18017	1,18	57,80	0,54	5,759	103765	1,145	200811	35,80	0,151	0,559
2	43174	0,29	63,14	0,14	0,728	31428	3,039	131189	39,68	0,111	0,520
3	96739	0,28	54,83	0,13	0,331	32031	2,267	219380	42,93	0,069	0,529

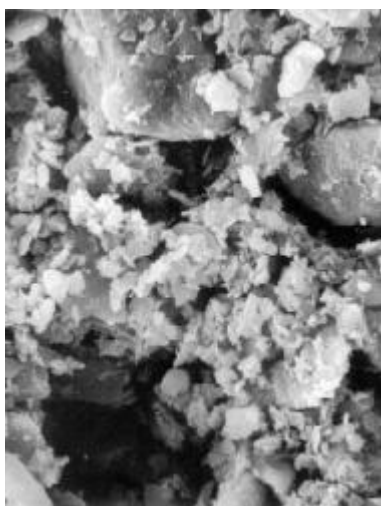


Рис. 1. РЕМ-фотографія зразка ґрунту, отриманого в режимі вторинних електронів. Збільшення $1000\times$.

Крім цього, передбачена можливість побудови гістограм розподілу структурних елементів РЕМ-зображення за наступними параметрами: 1) площею, 2) сумарною площею, 3) периметром, 4) еквівалентним діаметром, 5) фактором форми, а також побудови графіка залежності фактора форми від площі.

Модифікований варіант пакета Стіман дозволяє розраховувати додаткові фактори, якими всебічно характеризується форма

часток: 1) *круглий фактор форми* – відношення периметру круга, рівновеликого площі досліджуваної фігури, до периметру цієї фігури : $F_s = 2\sqrt{\pi S} / P$, де S – площа частки, P – периметр; 2) *фактор компактності* – відношення площі пори до площі

описаного навколо неї круга: $F_c = \frac{4S}{\pi F_{avr}^2}$, де F_{avr} – середній діаметр Фере частки.

Чим більше значення цього фактора, тим частка компактніша; 3) *фактор стиснутості* – відношення розмірів максимального до ортогонального максимальному: $F_l = F_{orto} / F_{max}$, де F_{orto} – діаметр Фере частки, ортогональний до максимального; F_{max} – максимальний діаметр Фере частки. Чим більше числове значення фактора, тим частка має більш подовжену форму.

2. СТЕРЕОМЕТРИЧНА ОЦІНКА ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ МІКРОСТРУКТУРИ ҐРУНТУ

Для стереометричної характеристики мікроструктури ґрунту, зокрема морфології скелету ґрунту, розмірів його окремих елементів, стійкості зв'язків між ними та ін., необхідно здійснювати, крім стереологічного, аналіз мікрорельєфу поверхонь шліфів відібраних зразків, оскільки мікрорельєф обумовлюється розмірами, формою і стійкістю мікроагрегатних частинок та їх розподілом в плані і по висоті.

На основі параметрів про мікрогеометрію поверхонь можна оцінювати розміри мікроагрегатних часток, характер взаємодії, їх роль в організації просторової структури та стійкості елементів структури. Отримати таку кількісну оцінку можна за допомогою цифрових моделей мікрорельєфу (ЦММР), отримуваних з допомогою РЕМ-стереовимірювань. Нами розроблена методика морфоспектрального аналізу ЦММР, яка передбачає використання методів стереоскопічної зйомки мікрооб'єктів в растровій електронній мікроскопії, аналітичну фотограмметричну обробку РЕМ-зображень та їх спектральний та ентропійний аналіз.

Для цього здійснюється побудова ЦММР, їх профілювання вздовж довільно вибраних напрямків. Оскільки профільні січення ЦММР можна розглядати як реалізацію певного дискретного випадкового процесу, то подальша обробка отриманої інформації ґрунтується на застосуванні методів спектрального аналізу стаціонарних випадкових процесів. З іншого боку, аналіз структури профілів ЦММР слід проводити в частотній області, оскільки статистичні властивості і характеристики випадкових процесів в переважній більшості визначаються їх спектром потужності. Розрахунок цієї характеристики проводиться, як правило, за відомим в інформатиці алгоритмом Блекмона-Тьюкі. Отриманий таким чином спектр відображає розподіл середньоквадратичної потужності процесу як функції частоти, характеризуючи, таким чином, вклад різних елементів мікрорельєфу в його потужність. Частота, в даному випадку, однозначно відповідає довжині

елемента профілю. Сумуючи спектр за частотами, можна оцінити загальну дисперсію відміток мікрорельєфу ЦММР, а також долю тієї дисперсії, яка належить окремим інтервалам частот, тобто розмірам елементів.

Запропонований підхід дозволяє кількісно описати інтенсивність мікрорельєфу поверхні шліфів зразків ґрунту (дисперсію його висотних відміток - σ_i^2) і встановити, за рахунок яких елементів вона формується. Використання кількох збільшень (найчастіше це 50, 100, 250 та 500 крат) дозволяє отримати параметри грубого рельєфу (першого порядку) з розмірами елементів в плані 40-400 мкм, середнього (другого порядку) з розмірами елементів 20-200 мкм, дрібного (третього порядку) з розмірами елементів 10-80 мкм. Програмна реалізація морфоспектрального аналізу ЦММР здійснена нами програмним пакетом "РАМІР".

3. ФРАКТАЛЬНА ОЦІНКА МІКРОСТРУКТУРИ ҐРУНТУ

Фрактальна геометрія якісно враховує хаотичність і випадковість, що дозволяє характеризувати просторові особливості мікроструктури ґрунту, використовуючи принципи самоподібності, зокрема визначення властивостей планіметричних і просторових структур, які мають ознаки неупорядкованості.

З цією метою нами розроблено метод оцінки просторової впорядкованості мікроструктури ґрунту на основі фрактальної геометрії.

Суть цього підходу наступна. Класифікацію форм пор (часток) пропонується здійснювати шляхом визначення їх фрактальних розмірностей.

Обчислення фрактальної розмірності здійснюється покриттям контуру досліджуваних часток (пор) множиною відрізків певної довжини (ε) і підрахуванням їх кількості. Такий процес ітеративний і передбачає змінність ε . За відомим у фрактальній геометрії співвідношенням пропорційності $N \sim f(\varepsilon)$ визначається, як показано на рис. 2, а, б, фрактальна розмірність ($D_f=1.29$).

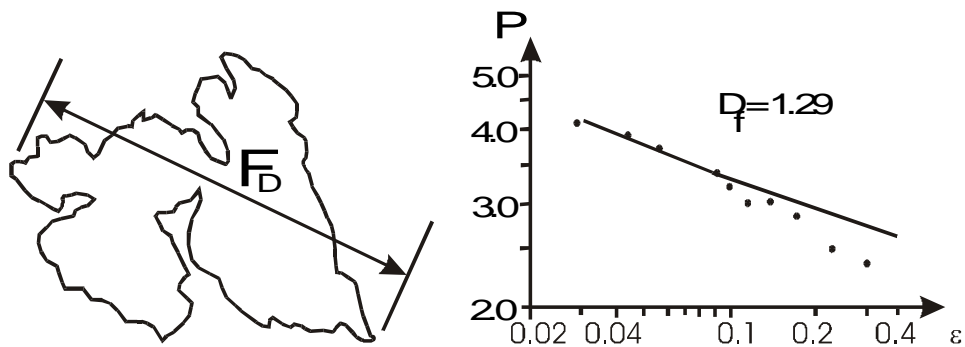


Рис. 2. Контур частки і графік визначення її фрактальної розмірності як функції периметру (P).

Для аналізу просторових фрактальних поверхонь нами розроблено алгоритм, який називається комірчатим, і суть його полягає в наступному: проводиться покрокове “заповнення” або покриття поверхні множиною кубів ($N(\varepsilon)$), довжина ребер яких дорівнює $8\varepsilon, 4\varepsilon, 2\varepsilon, \varepsilon, \varepsilon/2$. Підрахувавши кількість таких кубів можна визначити фрактальну розмірність за формулою: $N(\varepsilon) = K\varepsilon^{1-D_f}$,

де D_f – фрактальна розмірність, K – деяка константа. Маючи набір довжин ребер кубів та відповідну їм кількість цих кубів, у двічі логарифмічному масштабі відкладаються точки: по одній осі $\ln N(\varepsilon)$, а по другій – $\ln(\varepsilon)$. Через точки проводиться пряма найкращого наближення за методом найменших квадратів. Величина кутового коефіцієнту цієї прямої є фрактальною розмірністю поверхні.

Практична реалізація розроблених методів показала їх високу ефективність, взаємодоповнюваність і можливість отримання інтегративної характеристики ґрунту.

1. Турсіна Т.В., Скворцова Е.Б., Куллинская Е.В., Грачева М.П. Основы микроморфометрического анализа пористости пор // Почвоведенье. –1985. –№ 4. –С.60-69.

2. Sergeev Y.M., Osipov V.I., Sokolov V.N. Quantitative morphological analysis of complex SEM-image // J. of Microscopy. –1984. –V.135. –P. 13-24.

Оцінка деструктивних змін кісткової тканини методами структурної функції та фрактального аналізу*

В даній статті розглянуто питання оцінки деструктивних змін кісткової тканини методами структурної функції та фрактального аналізу. Охарактеризовано алгоритми обчислення фрактальної розмірності на основі структурної функції та методу заповнення поверхні кубами. Розраховано фрактальну розмірність для декількох зразків кісткової тканини і подано порівняльну характеристику обох алгоритмів. На основі фрактальної розмірності представлено метод оцінки геометричних параметрів деструктивної структури кісткової тканини.

Ключові слова: фрактальна розмірність, структурна функція, кісткова тканина, параметри деструктивної структури.

In this paper, from common items, the problems of an evaluation of destructive modifications of bone of a tissue by methods of structural function and fractal analysis are considered. The algorithms of an evaluation of fractal dimensionality on a basis of structural function and method of filling a surface by cubes are characterized. The fractal dimensionality for several bone originals of a tissue is calculated and comparative performance of both algorithms is given. On a basis of methods of fractal dimensionality an evaluation of geometric parameters destruction of a structure bone of a tissue is submitted.

Key words: fractal dimensionality, structural function, bone of a tissue, parameters destruction of a structure bone.

Вступ. Серед багатьох методів, які застосовуються в дослідженнях мікроструктури кісткової тканини, особливе значення мають кількісні оцінки деструктивних змін. Актуальність таких досліджень визначається також і тим фактором, що на даний період відмічається значний ріст захворювань опорно-рухового апарату усіх вікових категорій населення в регіонах з різним ступенем радіоактивного забруднення. Вплив антропогенного навантаження, особливо

* Друкується за статтею: Мельник В.М., Волошин В.У. Оцінка деструктивних змін кісткової тканини методами структурної функції та фрактального аналізу // Науковий вісник ВДУ. – №3, – 2002. – С. 166-171.

підвищеної радіації і хімічних факторів, на живий організм – одна з найбільш важливих задач сучасності. Особливо вказане стосується районів, уражених внаслідок Чорнобильської аварії, екологічна екстремальність якої привела до різкого зростання динаміки захворюваності. Проведений нами аналіз літературних джерел [1,2,3,4] вказує на те, що застосування теорії фракталів до реконструкції умов та механізмів формування деструктивних змін кісткової тканини є принципово новим і продуктивним підходом у цій галузі.

Однією з переваг фрактального аналізу над іншими математичними методами кількісної оцінки неправильних геометричних фігур є відносна простота числових операцій та можливість візуального моделювання складних за своєю природою феноменів, процесів та явищ.

1. Загальні положення теорії фракталів. Слово фрактал (від лат. – “*fractus*” – дробовий, частина цілого) стало досить поширеним у науковій літературі останніх років, внаслідок встановлення нелінійної поведінки широкого кола природних феноменів та розробки теорії їх опису використовуючи принципи фрактальної геометрії. Кількісною характеристикою такого роду об'єктів виступає розмірність Хаусдорфа-Безиковича [5], яку називають фрактальною розмірністю і позначають символом D . Фрактали трактуються як структури, складені з частин, до певної міри подібних цілому [6].

З математичної точки зору фрактали та їх розмірність пов'язані не з топологією, а метрикою простору, а саме з способом побудови та статистичними закономірностями розподілу елементів системи.

При цілих значеннях D збігається з топологічною розмірністю об'єкту і простору, в якому він знаходиться. Коли ж розмірність об'єкту відмінна від топологічної розмірності простору (неціла), то об'єкт називають фрактальним. Таким чином, фрактальна розмірність D об'єктів двовимірного простору задовольняє умову $1 < D < 2$, а об'єктів тривимірного простору – $2 < D < 3$. Такі об'єкти масштабно-інваріантні самі до себе, тобто їх частки меншого масштабу подібні до утворень вищих порядків.

2.Застосування фрактальної геометрії в оцінці деструктивних змін кісткової тканини. Практичний зміст фрактального аналізу може розглядатися в додатку до деяких аспектів механіки руйнування кісткової тканини.

Відомо [7], що дефектні структури в твердих тілах (кластер мікротріщин і початкових дефектів, мережа перевантажених структурних елементів середовища, поверхня тріщини, зона передруйнування і т.п.) володіють помітною властивістю самоподібності структури [8] і підпорядковуються фрактальним законам розподілу і росту, тобто дефектна множина (структура руйнування) розвивається в тілі як самоподібний фрактальний кластер розмірності D_f ($0 \leq D_f \leq 3$).

Можна прийняти, що зруйнована структура являє собою фрактальний кластер розмірності D_f , який в основному співпадає з дефектною структурою. Якщо для руйнування одного елементу структури характерного масштабу δ необхідно витратити енергію ε_p , то загальна енергія U_p , що затрачена на руйнування всієї фрактальної структури, може оцінюватися таким чином [8]:

$$U_p = \varepsilon_p L / \delta^{-D_f}, \quad (4)$$

де L – характерний розмір тіла.

Енергію, що накопичена в тілі до руйнування, можна подати як:

$$U_e \approx \frac{\sigma}{2} \frac{2}{E} \delta^3 \left(\frac{L}{\delta} \right)^3, \quad (5)$$

де σ – характерна напруга; E – модуль пружності. Далі, якщо рахувати, що вся накопичена енергія витрачається на руйнування, то легко отримати

$$\sigma_p \approx \sigma_0 L / \delta^{(3-D_f)/2}, \quad (6)$$

де $\sigma_0 = \sqrt{E\varepsilon_p} / \delta^{3/2}$. Вплив розмірів тіла на міцність звичайно вдається описати степеневою залежністю $\sigma_p \approx V^{-1/m}$, де V – характерний об'єм руйнування.

Із співставлення показників (4.16) та $\sigma_p \approx (L/3)^{-1/m}$ одержуємо

$$m = 6/(D_f - 3). \quad (7)$$

Величина m безпосередньо зв'язана з геометричними характеристиками дефектної множини, зокрема з розмірністю дефектної структури. Коли значення D_f

змінюються від нуля (точечні дефекти, що рідко зустрічаються) до трьох (весь об'єм має дефекти) m змінюється від двох до ∞ , що цілком узгоджується з експериментальними значеннями m . Границя $m \rightarrow \infty$ відповідає випадку $D_f \rightarrow 3$ в тому разі, коли дефекти рівномірно розподілені по всьому тривимірному об'ємі тіла.

З розглянутого випливає, що розрахунком фрактальної розмірності поверхні руйнування можна оцінювати масштабний ефект, з допомогою якого характеризуються геометричні параметри дефектної структури в твердих тілах, отже, і їх властивості міцності.

3. Методи обчислення фрактальної розмірності за даними РЕМ-стереовимірювань. Аналіз літературних джерел і наші власні дослідження показали, що до цього часу в механіці руйнування кісткової тканин не має математично строгих і ефективних способів фрактальної оцінки конкретних мікрооб'єктів і тому потрібні методичні доповнення. З цією метою нами розроблено два методи оцінки фрактальних розмірностей поверхонь: на основі цифрових моделей мікрорельєфу і на основі структурної функції поверхні мікрорельєфу.

3.1. Розрахунок фрактальної розмірності методом покриття поверхні кубами. За своїм характером фрактальна розмірність пов'язана не з топологією, а з метрикою, тобто способом побудови множини. Неформальне пояснення полягає в тому, що для кожного цілого числа γ D -мірний куб можна заповнити $N = \gamma^D$ кубами, подібному даному з коефіцієнтом самоподібності $\chi(W) = 1 / \gamma$.

Для розрахунку фрактальної розмірності довільних ЦММР пропонується наступний алгоритм [9]. Нехай досліджувана поверхня може бути покрита деякою множиною, яка залежить від r (для спрощення алгоритму за множину взято куб зі стороною r). Розрахунок фрактальної розмірності проводиться в такій послідовності. Поміряна на стереокомпараторі поверхня задається масивом (файлом) аплікат z у вузлах регулярної сітки, які заносяться в двохвимірний масив. Потім проводиться відбір базових покриттів мікрорельєфу поверхні. Базове покриття

складається із кубів, довжина сторін яких рівна $8r, 4r, 2r, r$ і $r/2$. Далі проводиться послідовний підрахунок площі поверхні даної ЦММР за допомогою базового покриття. Маючи набір довжин ребер покриття та відповідно їм кількість цих покриттів, будується графік залежності $\ln N(\varepsilon) - \ln(\varepsilon)$. Визначивши лінію регресії отримаємо D_f як коефіцієнт нахилу лінії регресії [10].

3.2. Розрахунок фрактальної розмірності методом структурної функції мікрорельєфу. Двовимірна структурна функція визначається виразом [11]:

$$S(\tau) = S(k, m) = \frac{1}{N-k} \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^{N-k} \sum_{j=1}^{N-m} \left(z(i, j) - z(i+k, j+m) \right)^2 \quad (8)$$

$$k, m = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

де N – кількість точок в кожному напрямку регулярної сітки; τ – евклідова відстань між точками (i, j) та $(i+k, j+m)$ на площині.

Структурна функція допускає апроксимацію на мові фрактальної геометрії у виді масштабного співвідношення:

$$S(\tau) \sim \tau^{2(3-D_f)}. \quad (9)$$

Для розрахунку фрактальної розмірності довільних ЦММР пропонується наступний алгоритм. Для кожної точки ЦММР визначаємо значення структурної функції за формулою (8) та визначаємо поточне значення τ . Маючи набір пар значень $(\tau, S(\tau))$, будуємо графік залежності $\ln S(\tau) - \ln \tau$. Визначивши лінію регресії отримаємо D_f як коефіцієнт нахилу лінії регресії.

4. Практичні результати. Результати практичного підрахунку фрактальної розмірності нами проведені на модельній функції (рис.1,2), а також на зразках кісткової тканини різного ступеня деструктивних змін. Стереозйомка зразків виконувалась на РЕМ “Хітаччі S-800” (МДУ) при збільшеннях 500 та 2000 крат з кутами конвергенції 6° та 8° . Результати наведені в табл. 1.

Висновки. Проведені нами дослідження визначення фрактальної розмірності зразків кісткової тканини запропонованими способами дали майже однакові результати (див. табл.1), що свідчить про дієздатність запропонованих алгоритмів.

На основі отриманих фрактальних розмірностей можна визначити масштабний коефіцієнт m , який тісно пов'язаний з геометричними характеристиками дефектної структури.

Таблиця 1.

Порівняльна таблиця визначення фрактальних розмірностей досліджуваних зразків.

№ пп	Зразок	D_f першого алгоритму	D_f другого алгоритму	$\Delta = D_{1f} - D_{2f} $
1	Тестова функція	2,017	2,25515	0,23815
2	248609	2,156	2,32280	0,16680
3	85823	2,326	2,49165	0,16565

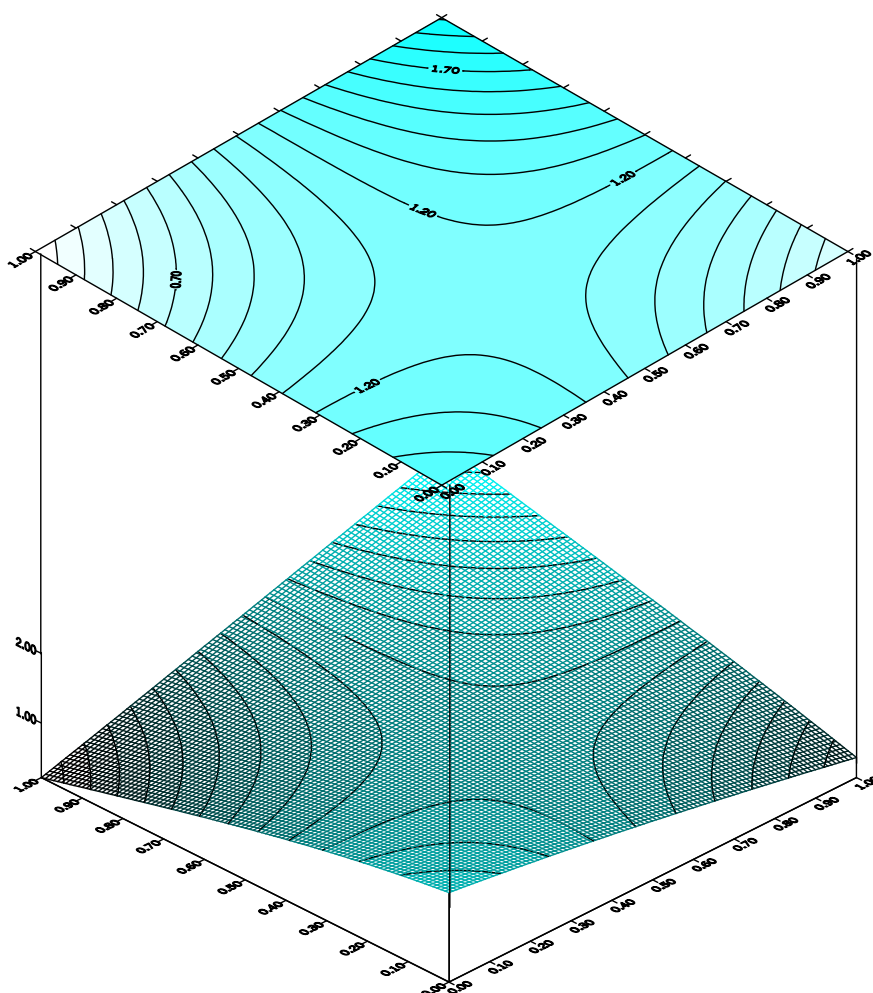


Рис. 1. Модельна функція мікрорельєфу

$$z(x, y) = 0.75 \left[e^{-\frac{x^2+7y^2}{9}} + e^{-\frac{4x^2+3y^2}{16}} - x \cos y - y \cos x + \sin x \sin y + 2xy \right].$$

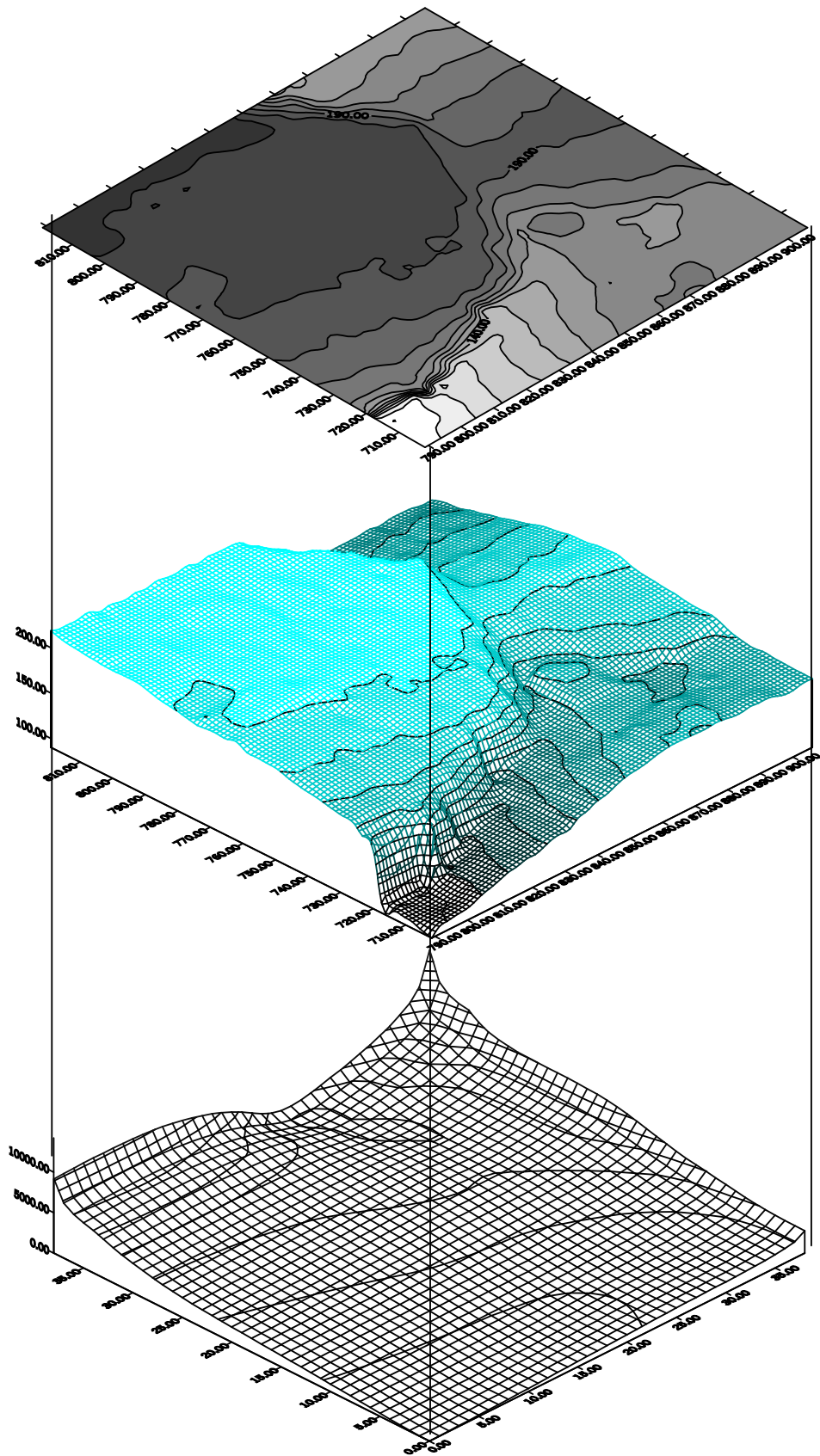


Рис. 3. Приклад ЦММР кісткової тканини та 3D поверхні структурної функції зразка № 248609.

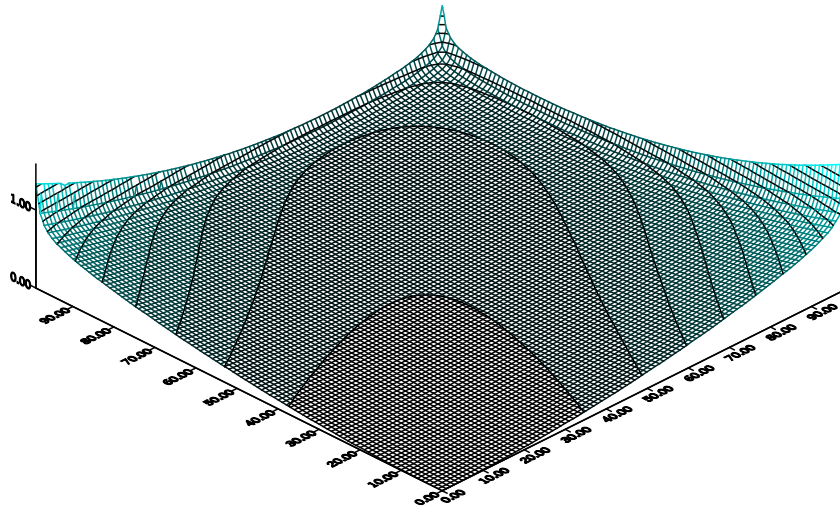


Рис. 2. Структурна функція модельної ЦММР.

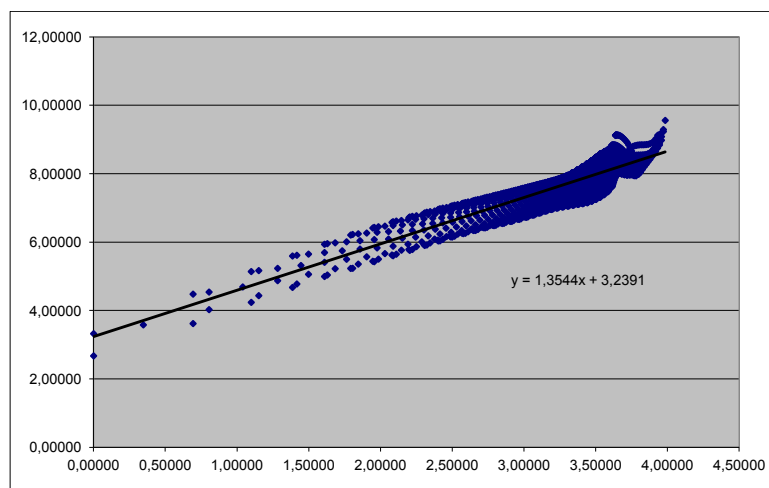


Рис. 4. Графік регресійної залежності $\ln S(\tau) - \ln \tau$ для визначення фрактальної розмірності разка №. 248609, $D_f = 2.3228$.

Література

1. Зайковский В.И., Рудина Н.А., Кунцевский Н.Э. и др. Определение фрактальности по данным РЭМ и способ стандартизации качества поверхностей // VII Всесоюз. симпоз. по РЕМ и аналитическим методам исследования твердых тел. –М. –1991. –С.73.
2. Зайцев О.И., Ушаков Н.Г. Вычисление фрактальной размерности шероховатых поверхностей по среднему значению сигнала РЭМ // VII

- симпоз. по растровой электронной микроскопии и аналитическим методам исследования твердых тел. –Черноголовка. –1993. –С.36.
3. Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature. –N.Y.: Freeman. –1978.
 4. Федер Е. Фракталы. –М.: Мир. –1991. –258с.
 5. Falconer K.J. The geometry of fractal sets. Cambridge: Cambridge University Press. –1985.
 6. Mandelbrot B.B. Self-affine fractal sets. –In: Fractals in physics (eds. L.Pietronero & E. Tosatti) Amsterdam: Nort-Holland. –1986. –P.3–28.
 7. Гольдштейн Р.В. Мосолов А.В. Мультифрактальная геометрия и масштабный эффект // ДАН. –1983. –Т. 329. –№4. –С.429.
 8. Баренблатт Г.И., Ботвина Л.Р. Принципы подобия в механике и физике разрушения // Физ.-хим. механика материалов.–1986.–№1.–С.57.
 9. Бобро Ю.Г., Мельник В.Н., Волошин В.У., Шостак А.В. Определение фрактальности поверхностей разрушения по данным РЭМ-стереоизмерений.//Изв. РАН. Металлы, –№ 2. –1997. –С. 109-113.
 - 10.Бобро Ю.Г., Мельник В.Н., Волошин В.У., Шостак А.В. Принципы фрактальности в механике разрушений металлов. //Изв. РАН. Металлы, –№ 2. –1998. –С. 119-122.
 - 11.Артюнов П.А., Толстихина А.Л., Демидов В.Н., Гайнутинов Р.В. Исследование шероховатости поверхности материалов методом структурной функции в АСМ // Труды XIV Российского симпозиума по РЭМ и аналитическим методам исследования твердых тел. Июль. -2001. -С. 168.

ON A PROBLEM OF AUTOMATIC ANALYSIS OF AEROSPACE PHOTOS, MADE AT DIFFERENT TIMES*

Annotation

In this thesis is submitted the automatic method of analysis of aerospace photos, made at different times, which is based on the identification of the limits and their peculiarities. Evaluation of the similarity of the form is carried out with the use of Walsh descriptors and used as the key information during the recognition of the conjugate areas. Frequency presentation of the limits allows to determine the parameters of optimum transformation of peculiarities of one photos into peculiarities of another. The procedure of identification, besides the factor of form similarity, takes into account orientational co-ordination of the conjugate areas. The results of the model experiment confirm the effectiveness of application of the method.

1. Introduction. While solving the tasks in thematic map-making, there is a necessity of analysis of the aerospace photos, which are made at different times and are non-uniformly scaled. The identification of the corresponding elements of photos of such snapshot without hand-operated identification is one of the main tasks of automation of photogrammetric processes (Shenk, 1987 and Yi-Hsing Tseng et. al. 1997).

Here the method of automatic analysis with the use of Walsh descriptors, which provides for longitudinal and cross-cut overlapping of conjugate photos is offered, and is based on the identification of the outline limits of their object. The optimum selection of the optical-frequency parameters allows to make the grouping of separate snapshots into a photo plan and to identify the photos, made at different times, on the principle of form similarity and orientational co-ordination of the compared areas. The results of the model experiment confirm the effectiveness of application of the method.

* Друкується за статтею: Melnyk V.M., Voloshyn V.U., Rudik O.V. On a problem of automatic analysis of aerospace photos, made at different times // Symposium na temat GIS I GPS w praktyce (kwiecień 2006). – Chelm, 2006. –P. 234-243.

2. Segmentation of the photos. The preparatory stage of the processing of the aerospace photos consists in digital processing, which presupposes their digitization and presentation in the form of the discrete function of the level of a grey. After that, the segmentation of the photos into the areas, which correspond to texture peculiarities, is carried out. Within the limits of such areas, the function of the level of a grey varies weakly, and to their limits correspond spasmodic modifications of this function or its derivatives.

For this, it offered to apply the method of singling out the limits of texture peculiarities, using Marr operator (Shenk, 1987). The limits of the outlines are zero intersection of a discrete bilateral convolution of the function of the level of a grey $I(x,y)$ with an operator

$$\nabla^2 G(x,y) = \left[\frac{x^2 + y^2}{\sigma^2} - 2 \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}}. \quad (1)$$

As the result of this method will be closed graphs in the flatness of the photo, which are assigned by the equality.

$$C(x,y) = \nabla^2 G(x,y) * I(x,y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n I(x-j, y-j) \nabla^2 G(x-i, y-j) = 0, \quad x = \overline{1,n}, \quad y = \overline{1,n}. \quad (2)$$

The parameter $w = 2\sqrt{2}\sigma$ characterizes a degree of smoothing of the photos and is determined empirically for supplying optimum for further identification a number, sizes and reciprocal allocation of the curves.

As $C(x,y)$ is a function with discrete values, the integral values of x, y , which suffice the equality $C(x,y)=0$, may not exist. Then on adjacent pixels the function $C(x,y)$ will possess the value of different characters. Let's consider, that pixel (x,y) belongs to zero intersection, if $C(x,y) \leq 0$ and for this adjacent pixel (x',y') the inequality $C(x,y) > 0$ is carried out. Evolved in such a way boundaries limit the areas of segmentation, which are used later on for the identification on the overlapped of the photo, for determination of the parameters of reciprocal orientation and for the quantitative assessment of the residue uninterfacings.

3. Walsh descriptors. For finding the conjugate areas of the segmentation it is

offered to use on the photos, as the individual features of the form, so called Walsh descriptors of the limits of the evolved areas.

For a segment $[0, T]$ let's examine the succession of the Walsh piecewise continuous functions

$\{WAL_n(t) | n \in \mathbf{N}, 0 \leq t \leq T\}$, possessing just two values: 1 and -1, which form the orthogonal system (Gaiskij et. al.). It is known, that any integrated function on the segment $[0, T]$ may be represented as the Walsh series:

$$f(t) = a_0 WAL_0(t) + \sum_{n \geq 1} a_n WAL_n(t),$$

where expansion factors $a_i, i \geq 0$ are called Walsh descriptors and is evaluate according the formula:

$$a_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) WAL_n(t) dt, \quad n \geq 0. \quad (4)$$

In case of the discrete function $f(t)$, determined on the segment $[0, T]$, which is spited into $N = 2^k$ equal parts, for evaluating the descriptors one may use the following formula:

$$\vec{a} = \frac{1}{N} \text{Wal}_{i,j=1}^N \vec{f}, \quad (5)$$

or in its extended variant

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_{N-1} \end{bmatrix} = \frac{1}{N} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & \dots & \dots & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & \dots & 1 & -1 & -1 & -1 & \dots & \dots & -1 \\ 1 & \dots & 1 & -1 & -1 & \dots & \dots & -1 & -1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & \dots & 1 & -1 & \dots & -1 & 1 & \dots & 1 & -1 & \dots & -1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & \dots & \dots & \dots & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f(0) \\ f(T/N) \\ f(2T/N) \\ f(3T/N) \\ \vdots \\ f((N-1)T/N) \end{bmatrix}, \quad (6)$$

where $\vec{a} = (a_0, a_1, \dots, a_{N-1})^T$ – column vector of the factors of the function expansion into the Walsh series, $\vec{f} = (f(0), f(T/N), f(2T/N), \dots, f((N-1)T/N))^T$ – column vector of the values of the function $f(t)$ at the points of division of the segment $[0, T]$, and $\text{Wal}_{i,j=1}^N$ – matrix, which corresponds to the set of the first $N=2^k$ Walsh functions.

Walsh descriptors have the following properties:

1. Inasmuch as the Walsh functions are mutually orthogonal, the results of the comparison of the factors of expansion into the Walsh series are independent.

2. Evaluation of the factors is simple and includes just the addition and subtraction operations.

3. Most of the typical features, which describe the limit of the function, are displayed in the first factors of the Walsh function.

Taking into account (6),

$$a_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} f(iT/N), \quad (7)$$

that is, the factor a_0 – is the average value of the function $f(t)$ on the segment $[0, T]$. In the same way, it is possible show that the factor a_1 – is the summarizing of the first derivative of the function $f(t)$, and a_2 – is the summarizing of the second its derivative. Next factors do not have simple interpretation, but they can be examined as the numerical features of the function $f(t)$ on the segment $[0, T]$.

4. Comparison of the area limits of the segmentation with the help of Walsh descriptors. Area limits of the original photo are transferred into the limits of the comparable photo with the help of the linear transformation, which is the superposition of the parallel transfer, rotation and scaling. For characterization of this transformation let's display the limits of the comparable areas as the function of

distance from center of gravity of the curve

$$r(t) = \sqrt{(x(t) - x_0)^2 + (y(t) - y_0)^2}, \quad t \in [0, T] \quad (8)$$

where x_0, y_0 – are the position data of the center of gravity of the curve, T – is the length of the curve, t – natural parameter, and $x(t), y(t)$ – are the corresponding position data. As the initial point of each curve let's consider the point, whose abscissa is equal to x_0 , and the ordinate is minimum. At the same time, the radius-vector of such a point with the origin at the center of gravity of the curve is the oppositely directed to the axis of ordinates. The round let's make anticlockwise. The function $r(t)$ can be periodically continued with the period T , assuming that $r(t + nT) = r(t)$, $t \in [0, T], n$ – is the integer.

Let's examine the fluctuating of the function $r(t)$ during the elementary linear manipulations. It is obvious, that during the parallel mapping of the curve,

desired by the vector $\overrightarrow{(\Delta x, \Delta y)}$, the function $\tilde{r}_{nep}(t)$ of the transformed curve does not changed, so

$$\tilde{r}_{nep}(t) = r(t), \quad t \in \mathbb{I}, T_{-}^{-}. \quad (9)$$

To the θ -angle turn of the curve will correspond the shift along the curve t_0 , so

$$\tilde{r}_{nos}(t) = r(t - t_0) = \begin{cases} r(t + (T - t_0)), & 0 \leq t \leq t_0 \\ r(t - t_0), & t_0 < t \leq T \end{cases}, \quad (10)$$

where θ and t_0 are connected by a proportion $\cos \theta = \frac{(y(0) - y_0) \cdot (y(t_0) - y_0)}{r(0) \cdot r(t_0)}$.

$$(11)$$

While scaling, it is obvious, that the equality will be carried out

$$\tilde{r}_m(t) = \alpha r(t), \quad t \in \mathbb{I}, T_{-}^{-}, \quad (12)$$

where α – the relation of transformed and primary photo.

So, to the resulting transformation of the curve with parameters $\overrightarrow{(\Delta x, \Delta y)}$, θ and α will correspond the function $\tilde{r}(t) = \alpha r(t - t_0)$.

Let $r_1(t)$ and $r_2(t)$ be the function of distance from center of gravity of the comparable curves, received by formula (8). Let's define the parameters θ and α of transformation, converting the first curve into the second, presuming, that

$$r_2(t) = \alpha r_1(t - t_0). \quad (13)$$

For this, let's evaluate first $N=2^k$ Walsh descriptors of the functions $r_1(t)$ and $r_2(t)$ by formula (6). Taking into account (12) and the periodicity of the functions $r_1(t)$ and $r_2(t)$, it is possible to determine α by formula

$$\alpha = \frac{a_0^2}{a_0^1}, \quad (14)$$

where a_0^1, a_0^2 – are zero Walsh descriptors of the functions $r_1(t)$ and $r_2(t)$ correspondingly. Taking the values from the segment $[0, T)$, let's define the value

$$C_{12} = \min_{t_0 \in \mathbb{I}, T_{-}^{-}} \sum_{i=0}^{N-1} (\alpha a_i^1 - a_i^2(t_0))^2, \quad (15)$$

where $a_i^1, a_i^2(t_0)$ – are the i -Walsh descriptors of the functions $r_1(t)$ and $r_2(t+t_0)$

correspondingly. This value is the identity measure between the pair of comparable closed graphs. It characterizes different forms between optimally transformed curve of the first photo and comparable curve of the second photo. The value t_o , when the maximum and minimum of the sum $\sum_{i=0}^{N-1} (\alpha a_i^1 - a_i^2(t_o))^2$ is reached, corresponds to the peak value of the parameter θ , which is determined by the formula (11).

So, for the pair (i,j) of the comparable areas we get the measure of identity C_{ij} , and the parameters of the optimal transformation θ_{ij} and α_{ij} i -area into j -area.

5. Efficiency function of identification. If there are several segmented areas of similar form in the common part of the overlapping photos, then identification of their boundaries, which is based just on the criteria of the similarity of the form, is unreliable. For the enhancement of the accuracy of the identification it is offered to use the restrictions on joint orientation of the pairs of the comparable areas. Let's proceed from the assumption, that the boundaries of the conjugate areas are not similar just in form, but the parameters of the mutual orientation of the conjugate pairs are close.

Taking into account these facts, let's make the efficiency function of identification, which would serve as a value of the quantity of the identification of the segmented areas of two photos and would reach the minimum on the optimal state of identification. Let there are m indexed segmented areas on the first photo and n – on the second. The state of the identification may be presented in the form of matrix $V = \left\|_{ij} \overset{m,n}{v_{ij}} \right\|_{i,j=1}$, the size of which is $m \times n$, its elements are ones and zeros. Let us assume, that $v_{ij} = 1$ if and only if i -area of the first photo is identified with the j -area of the second photo. The first item of the efficiency function will display the likeness of the form of the boundaries of the conjugate areas:

$$f_1(V) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij} C_{ij} . \quad (16)$$

The second item is responsible for the coordination of the orientational parameters of all conjugate pairs of the areas among each other:

$$f_2(V) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n v_{ij} \cdot W_{(ij,kl)} \cdot v_{kl}, \quad (17)$$

where $W_{(ij,kl)} = \sqrt{(\alpha_{ij} - \alpha_{kl})^2 + (\theta_{ij} - \theta_{kl})^2}$ – is the value characterizing the coordination of the orientational parameters of conjugate pairs (i,j) and (k,l) . The efficiency function of identification can be put down like this:

$$F(V) = c_1 f_1(V) + c_2 f_2(V), \quad (18)$$

where c_1, c_2 – are the weighting coefficient, which are selected for optimal solution of the problem. Minimizing of the efficiency function may be carried out with the help of the neural network (Yi-Hsing Tseng et. al., 1997), or, in case of little quantity of segmented areas, with the help of simple permutation of all possible matrixes V of identification state. As the result, we get the optimal identification of the segmented areas.

“Sewing together” of the photos is made doing the parallel mapping of the second photo relative to the first, given by a vector $\overrightarrow{(x'_0 - x''_0, y'_0 - y''_0)}$, where (x'_0, y'_0) , (x''_0, y''_0) – are the centers of gravity of the pair (i,j) identified curves of the first and second photos correspondingly, the value C_{ij} , which is minimum for the majority of all identified pairs. Then we make θ_{ij} -angle turn of the second photo clockwise, relative to the shifted center of the gravity at the point (x'_0, y'_0) and, finally, carry out the scaling of the photo with parameter α_{ij} .

The quality of “sewing together” of the photos may be analyzed by means of the values of the mean-square deviation of rotate angle σ_θ and scaling parameter σ_α on all identified pairs of areas of photos.

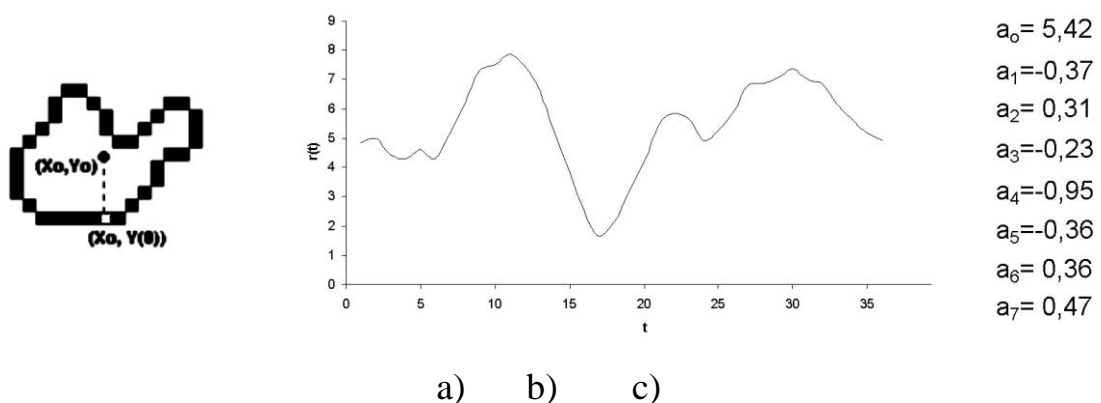
As the approbation, we carry out the automatic comparison of four aero snapshots of a scale 1:12000, received with the help of the camera AFA-140. Selected with the help of Marra operator (Shenk, 1987) boundaries of peculiarities of this photos are given on the picture 2.

6. Conclusions. The automatic method of analysis of aerospace photos, made at different times, which assumes the identification of the boundaries of the texture

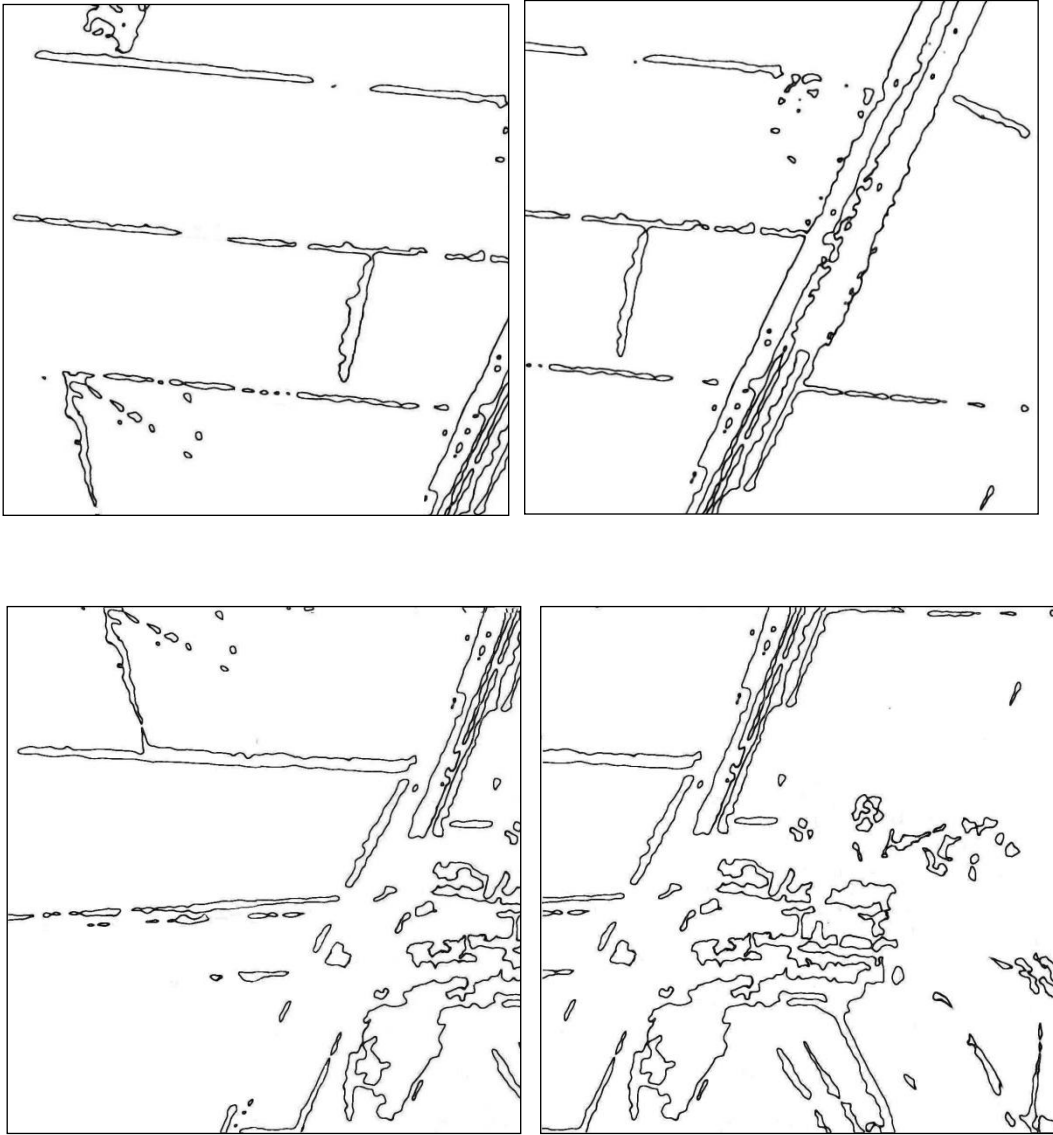
peculiarities, which are represented in the frequency form by means of Walsh descriptors. Such presentation lets define the parameters of the optimal transformation of the peculiarities of one photo into the peculiarities of another. The procedure of identification, besides the factor of form similarity, takes into account orientational co-ordination of the conjugate areas, and this enhances the exactness of the “sewing together”. The algorithm of the method is simple for realization in the form of the software. The results of the model experiment confirm the effectiveness of application of the method.

LITERATURE

1. Shenk A. Eine Methode zur Bestimmung von Signaländerungen und Anwendungsbeispiele //Z.f.v. 1987. 4. –S.172-178.
2. Gaiskij V.A., Ugupov N.D., Koriuschkin Yu.P. Using a Walsh in the automatization systems of science researches. – K.: Naukova dumka, 1993. – 212p. (by russian)
3. Yi-Hsing Tseng, Jin-John Tzen, Kei-Pay Tang, Shin-Hung Lin. Image-to-Image Registration by Matching Area Features Using Fourier Descriptors and Neural Networks // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.- 1997. - 63, No.8, - pp.975-983.



Pic.1. Serial representation of the limits with the help of Walsh descriptors.
a) finding the center of gravity and the initial point of the closed discrete graph;
b) defining the function $r(t)$ of distance of the curve points from the center of gravity;
c) evaluation of the Walsh descriptors of the function $r(t)$.



Pic.2. Selected boundaries of photos' peculiarities



Pic.3. The result of “sewing together” of aerospace photos

ДО ТЕОРІЇ РЕМ-ФОТОГРАМЕТРІЇ*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими завданнями. Використання сучасних растрових електронних мікроскопів (РЕМ) у таких прикладних галузях науки, як матеріалознавство, геологія, медицина та інших, все частіше спрямовується на одержання точних кількісних характеристик досліджуваної мікроструктури мікрооб'єктів. У зв'язку з цим інтерес багатьох дослідників [3, 7, 15] з початку нового тисячоліття сконцентрований не тільки на вдосконаленні технічної бази електронної мікроскопії, а й на продукуванні сучасних методів аналізу мікроструктури. Сьогодні найдоступнішим методом кількісного вивчення мікроструктури є аналіз РЕМ-зображень, який дозволяє отримати ряд важливих кількісних характеристик.

Проте, незважаючи на тривалий період досліджень у цій сфері, більшість наявних систем аналізу РЕМ-зображень не повністю реалізують технічні можливості сучасних РЕМ і комп'ютерної техніки, а також не дають змоги розв'язувати рутинні прикладні задачі, пов'язані з вивченням мікроструктури. Саме тому автори даної публікації упродовж останніх декількох років займаються проблемою вдосконалення способу фотограмметричної обробки РЕМ-зображень для кількісного аналізу мікроструктури. Такий підхід відповідає рішенням п'ятої комісії XX конгресу Міжнародного товариства фотограмметрії та дистанційного зондування, в яких акцентується увага на важливості мікрофотограмметричних досліджень, і зокрема в електронній мікроскопії [10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення цієї проблеми. Розвиваючи започатковані у статтях [8, 12] дослідження та аналізуючи джерела [9, 12, 13], можна зробити висновок по їх

* Друкується за статтею: Мельник В.М., Волошин В.У. До питання РЕМ-фотограмметрії // Вісник геодезії та картографії. – 2006. - № 5. – С.26-29.

актуальність та перспективність.

Постановка завдання. Комп'ютерний аналіз РЕМ-зображень на сучасному етапі є одним з найбільш актуальних розділів мікрофотограмметрії [5, 7, 14]. Всезростаючий інтерес до цих проблем пояснюється передусім загальною тенденцією прискорення процесу повсюдного впровадження засобів обчислювальної техніки. Можливості, що при цьому відкриваються, є додатковим стимулом якнайшвидшого переведення технологій на новий якісний рівень.

Проте тут маємо низку нерозв'язаних проблем, серед яких у першу чергу потрібно виділити задачу ефективної тривимірної реконструкції поверхні за плоским РЕМ-зображенням.

Відомо, що на відміну від традиційних метричних зображень, електронно-мікроскопічні знімки мають суттєві спотворення різної природи, основними з яких є електронна дисторсія, нестандартна геометрія проектування тощо. Окрім цього, відсутність координатних міток на РЕМ-знімках, а також відомостей про елементи внутрішнього і зовнішнього орієнтування суттєво ускладнюють фотограмметричну обробку таких знімків.

У цій статті розглянуто принципово новий спосіб обробки РЕМ-знімків, що базується на розв'язку прямої фотограмметричної засічки як алгебраїчної задачі [16] знаходження власних значень. Це дозволяє включити цю задачу фотограмметрії в перелік задач, які розв'язуються з позицій аналітичної мікроскопії.

Виклад основного матеріалу. 1. Пряма фотограмметрична засічка як алгебраїчна задача на власні значення. Запишемо умову компланарності у матричному вигляді:

$$S_1 m_1 \cdot B \cdot R_2 \cdot S_2 m_2 = 0, \quad (1)$$

де $S_1 m_1 = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 \end{bmatrix}$; $S_2 m_2 = \begin{bmatrix} x_2 & y_2 & 1 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} b_x & b_y & b_z \end{bmatrix}^T$; $R_2 \cdot S_2 m_2 = \begin{bmatrix} x'_2 & y'_2 & z'_2 \end{bmatrix}^T$.

Представимо базисні компоненти як скісно симетричну матрицю:

$$B = \begin{bmatrix} 0 & -b_z & b_y \\ b_z & 0 & -b_x \\ -b_y & b_x & 0 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Тоді з позначенням $B \cdot R_2 = T$ рівняння взаємного орієнтування (по відношенню до 1-го знімка) матиме вигляд:

$$\mathbf{1}m_1^T \cdot T \cdot \mathbf{1}m_2^T = 0, \quad (3)$$

що є рівнянням відносно невідомих елементів матриці T . Позначимо її рядки векторами $\bar{x}_1^T, \bar{x}_2^T, \bar{x}_3^T$, а складений із них вектор розмірності 9 – вектором \bar{x} .

Виміряні координати однойменних точок РЕМ-стереопари запишемо також у матричній формі:

$$\begin{bmatrix} x_1 & 0 & 0 \\ y_1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_2 & y_2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1x_2 & x_1y_2 & x_1 \\ y_1x_2 & y_1y_2 & y_1 \\ x_2 & y_2 & 1 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Позначивши її рядки як a_1^T, a_2^T, a_3^T , отримаємо з виразу (3) матричне рівняння $a^T \cdot X = 0$, де $\bar{a} = \mathbf{1}x_2, x_1y_2, x_1, y_1x_2, y_1y_2, y_1, x_2, y_2, \mathbf{1}^T$.

Очевидно, для n пар відповідних точок можна утворити систему із n лінійних рівнянь:

$$A_n \cdot X = 0, \quad (5)$$

де A_n – матриця розмірності $n \times 9$.

Виходячи з особливостей аналітичної РЕМ-фотограмметрії, доцільно отримати розв'язок системи (5) як алгебраїчної задачі на власні значення.

Нехай компоненти векторів s_1m_1 і s_2m_2 (у своїх системах координат) нормовані так, що виконується умова $\|b\|^2 = 1$.

Матриця R – ортогональна і симетрична, тобто $R \cdot R^T = 1$, і $\|b\|^2 = 1$. Тому після нескладних перетворень матимемо:

$$\begin{aligned} T \cdot T^T &= BR \cdot R^T \cdot B^T = -B^2 = \\ &= \begin{bmatrix} b_y^2 + b_z^2 & -b_y b_x & -b_z b_x \\ -b_y b_x & b_z^2 + b_x^2 & -b_y b_x \\ -b_z b_x & -b_y b_z & b_y^2 + b_x^2 \end{bmatrix}. \quad (6) \end{aligned}$$

Із визначення норми і побудови вектора \bar{x} справедливі такі співвідношення:

$$\|X\|^2 = \|T\|^2 = \text{Sp}(T \cdot T^T) = 2\|b\|^2 = 2. \quad (7)$$

З урахуванням отриманих співвідношень умову мінімізації (1) трансформуємо як

$$\min_X \|A_n X\|^2. \quad (8)$$

Згідно з МНК (параметричний спосіб врівноваження):

$$A_n \cdot X = V \text{ і } (A_n^T \cdot A_n) X = A_n^T \cdot V = 0, \quad (9)$$

тобто умова мінімізації (8) відповідає знаходженню власного вектора матриці $(A_n^T A_n)$. Отримавши розв'язок для x , можна обчислити матриці R і B .

2. Визначення трансляції. Визначення оцінки для x рівносильне визначенню матриці $T \cdot T^T$, тому можна мінімізувати наступну умову, яка очевидна із співвідношень (6), як $\min_B \|T \cdot T^T + B^2\|^2$, коли $\|b\|^2 = 1$. З врахуванням такої умови мінімуму справедливе наступне співвідношення: $-B^2 = 1 - b \cdot b^T$.

Для спрощення викладок позначимо $(T \cdot T^T - 1)$ через H і виконаємо очевидні перетворення:

$$\begin{aligned} \|T \cdot T^T + B^2\|^2 &= \text{Sp}(T \cdot T^T - 1 + b \cdot b^T)^2 = \\ &= \text{Sp}(H^2) + \text{Sp}(b^T b b^T) + 2\text{Sp}(H b b^T) = \\ &= \text{Sp}(H^2) + \|b\|^4 + 2b^T \cdot H \cdot b. \end{aligned} \quad (10)$$

Оскільки $\text{Sp}(H^2)$ не залежить від вектора \bar{b} і $\|\bar{b}\|^2 = 1$, то очевидно мінімум (8) досягається, коли власний вектор матриці $H = (T \cdot T^T - 1)$, або матриці $T \cdot T^T$ відповідає її найменше власне значення.

3. Визначення матриці повороту. Оскільки тепер відомі матриці T і B , можна виконати очевидну умову мінімізації:

$$\min_R \|T - BR\|. \quad (11)$$

У результаті визначається матриця повороту R у вигляді власного вектора, що відповідає найменшому власному значенню симетричної і позитивно визначеної матриці, суть якої така.

Нехай в ортонормованому базисі $\bar{e}_x, \bar{e}_y, \bar{e}_z$ задане ортогональне

перетворення

$$\bar{R}^0 = R\bar{r}^0, \quad (12)$$

де $\bar{r}^0 = \mathbf{e}_{m,n}$ – одиничний вектор у старій системі координат; $\bar{R}^0 = \mathbf{e}_{M,N}$ – одиничний вектор у новій системі координат; R – ортогональна матриця:

$$R = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}, \quad (13)$$

елементи якої a_{ik} у найбільш поширеному випадку – функції трьох ейлерових кутів α, ω, χ .

Ненульовий вектор $\bar{c}^0 = \mathbf{e}_{c_1, c_2, c_3}$ називається *власним вектором* матриці R , якщо ця матриця переводить вектор $R\bar{c}^0$ у вектор $\lambda\bar{c}^0$:

$$R\bar{c}^0 = \lambda\bar{c}^0 \quad (14)$$

де λ — власні значення матриці R , а сума власних значень дорівнює сліду матриці R , тобто

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = SpR = a_{11} + a_{22} + a_{33}. \quad (15)$$

4. Визначення початкових значень. Запишемо умову компланарності (1) через напрямні косинуси у вигляді:

$$L^T R_2^T B \cdot L' = 0, \quad (16)$$

де $L' = \begin{pmatrix} l \\ m \\ n \end{pmatrix}$; і $L'' = \begin{pmatrix} l' \\ m' \\ n' \end{pmatrix}$ – напрямні косинуси; $R_1 = E$,

а стереобазис представимо як:

$$B = \begin{bmatrix} 0 & -b_z & b_y \\ b_z & 0 & -1 \\ b_y & 1 & 0 \end{bmatrix}, \text{ тобто } b_x = 1.$$

Тоді з врахуванням того, що серед невідомих параметрів є члени 2-го та 3-го порядків, якими можна нехтувати, представимо матрицю повороту R_2 у вигляді матриці Родрига–Гамільтона [11]:

$$R_2 = \mathbf{E} - S \mathbf{J} + S \mathbf{J}^{-1}, \quad (17)$$

$$\text{де } S = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & \nu & -\mu \\ -\nu & 0 & \lambda \\ \mu & -\lambda & 0 \end{bmatrix}; \quad E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Коли $\lambda = \mu = \nu \cong 0$, то

$$R_2 = \begin{bmatrix} 1 & -\nu & \mu \\ \nu & 1 & -\lambda \\ -\mu & \lambda & 1 \end{bmatrix}. \quad (18)$$

Для малих значень $b_y, b_z, \lambda, \mu, \nu$ можна записати:

$$R_2^T \cdot B = \begin{bmatrix} 1 & \nu & -\mu \\ -\nu & 1 & \lambda \\ \mu & -\lambda & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -b_z & b_y \\ b_z & 0 & -1 \\ b_y & 1 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \langle b_z \nu - b_y \mu \rangle & \langle b_z - \mu \rangle & \langle b_y - \nu \rangle \\ \langle b_z + b_y \lambda \rangle & \langle b_z \nu + \lambda \rangle & \langle b_y \nu - 1 \rangle \\ \langle b_z \lambda + b_y \rangle & \langle b_z \mu + 1 \rangle & \langle b_y \mu + \lambda \rangle \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 & \langle b_z - \mu \rangle & \langle b_y - \nu \rangle \\ b_z & \lambda & -1 \\ b_y & 1 & \lambda \end{bmatrix} \quad (19)$$

Після підстановки виразу (19) у рівняння (16) та виконання нескладних перетворень отримаємо рівняння взаємного орієнтування у такому вигляді:

$$F = \langle m_2 - m_1 l_2 \rangle \vec{b}_z + \langle n_2 + n_1 l_2 \rangle \vec{b}_y + \langle m_1 m_2 + n_1 n_2 \rangle \vec{\lambda} -$$

$$- m_1 l_2 \mu - n_1 l_2 \nu = n_1 m_2 - m_1 n_2, \quad (20)$$

яке може бути основою для встановлення початкових значень елементів взаємного орієнтування $(b_y, b_z, \lambda, \mu, \nu)$. Після встановлення цих значень шляхом послідовних n ітерацій отримується кінцева матриця повороту R_k , яка із використанням відомої з методу кватерніонів формули [4] має вигляд:

$$R_k = \frac{1}{\Delta} \begin{pmatrix} \Delta' & -\nu & \mu \\ \nu & \Delta' & -\lambda \\ -\mu & \lambda & \Delta' \end{pmatrix} + \frac{1}{2\Delta} \begin{pmatrix} \lambda \\ \mu \\ \nu \end{pmatrix} \langle \mu \ \nu \rangle, \quad (21)$$

де

$$\Delta = 1 + 0,25 \langle \mu^2 + \nu^2 \rangle;$$

$$\Delta' = 1 - 0,25 \langle \mu^2 + \nu^2 \rangle.$$

Ітеративний процес виконується за схемою $R_2 \rightarrow E$, тобто ітерація починається з $R_1 = E$. В результаті одержуємо:

$$R_k = R_n \cdot R_{n-1} \dots R_i \dots R_1 \cdot E. \quad (22)$$

5. Просторові координати прямої багаторазової фотограмметричної засічки. Особливості формування зображення в РЕМ можуть спричинити значні помилки у ході стереовимірювань мікрооб'єктів (чи його окремих

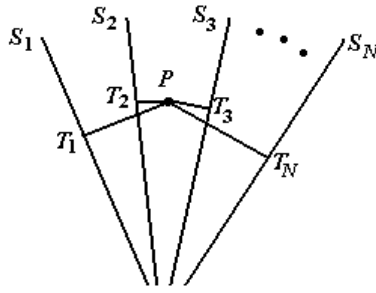
ділянок), що не мають чітко обкреслених деталей, тобто у разі плавної зміни рівня сигналу. Наприклад, РЕМ-зображення сферичного об'єкта, що не має на поверхні текстурних деталей, сигнал не змінюється при нахилі, тому обидві мікрофотографії стереопари будуть ідентичними. Стереовимірювання покажуть у цьому випадку наявність площини, а не сфери. Те саме спостерігається при визначенні перевищень на поверхні синусоїдальної форми, профіль якої описується рівнянням $z = a \sin bx$, де a і b – константи. Якщо потрібно виміряти перевищення точки N щодо точки M , то рівень сигналу в РЕМ залежить від кута падіння електронного зонда на поверхню й у даному випадку відповідає нормальному падінню. Після нахилу об'єкта для одержання другого знімка стереопари даному рівню сигналу будуть відповідати інші точки (N^* і M^*), що визначаються співвідношенням $dz/dx = \operatorname{tg}\alpha$. Тому при формуванні стереоефекту з точками N, M будуть суміщатися точки N^* і M^* , що приведе до спотворення мікрорельєфу, а визначені перевищення будуть помилковими [2]:

$$z^* = \left[\frac{2}{b} \arccos\left(\frac{1}{ab} \operatorname{tg}\alpha\right) - \frac{\pi}{b} \right] \operatorname{ctg}\alpha + 2a \sin \arccos\left(\frac{1}{ab} \operatorname{tg}\alpha\right). \quad (23)$$

Аналіз цього виразу показує, що при виконанні нерівності $ab < 1$ величина z^* буде від'ємною при будь-яких кутах нахилу, тоді як справжнє перевищення $z = 2a$ – додатне. Помилка при цьому настільки велика, що неправильно визначається навіть знак вимірюваної величини. У практичних дослідженнях мікрооб'єкти подібної ідеальної форми не зустрічаються, а втім окремі локальні ділянки далеко непоодинокі [2].

Уникнути цих помилок можна застосуванням множинних проекцій і визначенням просторових координат точок методом прямої багаторазової фотограмметричної засічки. Розглянемо можливий варіант вирішення цього завдання.

Основою пропонованого розв'язку є мінімізація відстаней від оптимальної точки P (див. мал. 1) до відповідних відображувальних променів.



Мал. 1. До питання мінімізації відстаней.

Виходячи з ситуації, відображеної на малюнку, запишемо скалярний добуток :

$$\overrightarrow{P} \cdot \overrightarrow{S_i T_i} = 0 \quad \text{і} \quad \overrightarrow{T_i P} = \overrightarrow{S_i P} - \overrightarrow{S_i T_i}, \quad i=1,2,\dots,N \quad (24)$$

або

$$\overrightarrow{P} \cdot \overrightarrow{S_i T_i} = 0 \quad \text{і} \quad \overrightarrow{S_i P} \cdot \overrightarrow{S_i T_i} = \overrightarrow{S_i T_i}^2.$$

Якщо l_i, m_i, n_i – напрямні косинуси напрямку $\overrightarrow{S_i T_i}$, а λ – масштаб, то отримуємо:

$$\langle -X_i, Y-Y_i, Z-Z_i \rangle \langle l_i, m_i, n_i \rangle = \lambda_i^2. \quad (25)$$

Звідси $\lambda_i = \langle -X_i \rangle l_i + \langle -Y_i \rangle m_i + \langle -Z_i \rangle n_i$.

Знаходимо

$$U_i^2 = \overrightarrow{S_i P}^2 - \lambda_i^2 \quad (26)$$

або

$$U_i^2 = \langle -X_i \rangle^2 + \langle -Y_i \rangle^2 + \langle -Z_i \rangle^2 - \langle -X_i \rangle^2 l_i^2 - \langle -Y_i \rangle^2 m_i^2 - \langle -Z_i \rangle^2 n_i^2 - \\ - 2 \langle -X_i \rangle \langle -Y_i \rangle l_i m_i - 2 \langle -X_i \rangle \langle -Z_i \rangle l_i n_i - 2 \langle -Y_i \rangle \langle -Z_i \rangle m_i n_i. \quad (27)$$

Візьмемо за критерій мінімуму величину

$$\sigma = \sum_{i=1}^N U_i^2. \quad (28)$$

Необхідною умовою мінімуму функції σ є виконання рівностей:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial x} = \frac{\partial \sigma}{\partial y} = \frac{\partial \sigma}{\partial z} = 0. \quad (29)$$

Просторові координати оптимальної точки P отримуються за МНК:

$$\begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{pmatrix}, \quad (30)$$

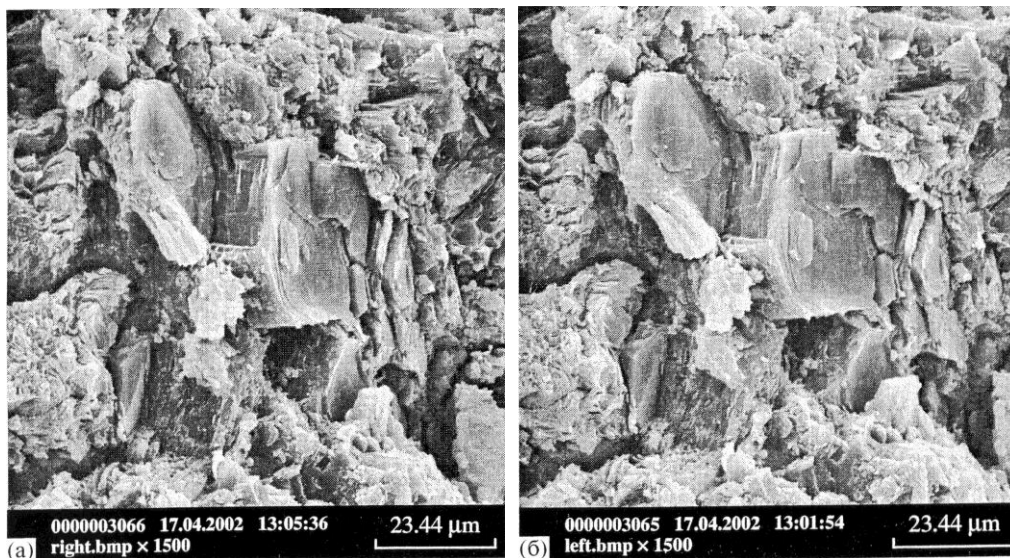
де $a_1 = \sum_{i=1}^N \langle -l_i \rangle^2$; $a_2 = \sum_{i=1}^N l_i m_i$; $a_3 = \sum_{i=1}^N l_i n_i$; $b_1 = \sum_{i=1}^N \langle -Y_i \rangle m_i$;

$$b_2 = \sum_{i=1}^N (-m_i^2 \tilde{z}_i); b_3 = \sum_{i=1}^N (-n_i^2 \tilde{z}_i); b_1 = \sum_{i=1}^N (-l_i^2 \tilde{x}_i - l_i m_i Y_i - l_i n_i Z_i);$$

$$b_3 = \sum_{i=1}^N (l_i n_i X_i - m_i n_i Y_i - (-n_i^2 \tilde{z}_i)).$$

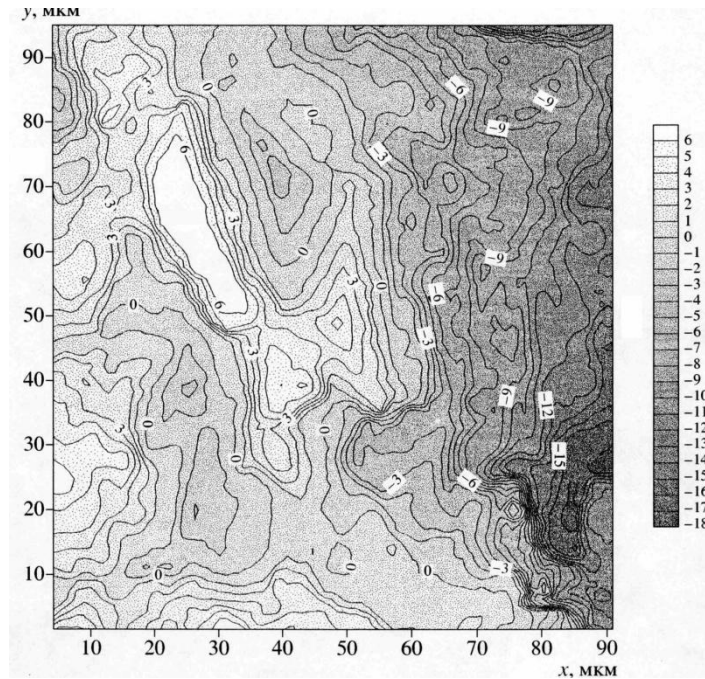
Напрямні косинуси, що використовуються у рівняннях (25–30), отримують за відомим у фотограмметрії методом [1].

Запропонований алгоритм було покладено в основу програмного модуля комплексного програмного пакету обробки та аналізу зображень “STIMAN 3D”, розробленого спільно з авторами [6]. На мал. 2 представлена стереопара РЕМ-зображень зразка гірської породи – кімберліту. Результат 3-D інтерпретації представлений в графічному вигляді на мал. 3.



Мал. 2. РЕМ-стереопара зразка кімберліту (збільшення x1500, стерео кут 8°, РЕМ Hitachi S-800, МДУ ім. М. В. Ломоносова).

Практичне використання методу показало, що він дозволяє оперативнo отримувати інформацію про висоти мікрорельєфу, що особливо важливо у багатьох галузях: для промислового контролю чистоти поверхні металів, кераміки, полімерних матеріалів, в мікроелектроніці, оптиці, медицині, геології тощо.



Мал. 3. Карта ізоліній мікрорельєфу досліджуваного зразка кімберліту.

Висновки. 1. Запропонований алгебраїчний підхід уможливорює ефективну інтеграцію РЕМ-фотограмметрії з морфологічним, рентгенівським та іншими аналізами аналітичної мікроскопії, зокрема в оптичній та просвітлювальній. 2. Реалізація такого методу фотограмметричної обробки РЕМ-зображень у системі аналітичної електронної мікроскопії дозволяє здійснювати строго коректний 3-D кількісний аналіз для різних режимів роботи РЕМ, що особливо важливо у наступних галузях: для промислового контролю чистоти поверхні металів, кераміки, полімерних матеріалів, в мікроелектроніці, оптиці, медицині, геології тощо.

Література

1. Дорожинський О. Аналітична та цифрова фотограмметрія. – Л. : Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2002. – 163 с.
2. Дусевич В. О стереоизмерениях в растровой электронной микроскопии // Заводск. лаб. – 1989. – № 5. – С. 38-42.
3. Календик В., Новиков Ю., Раков А. Растровая электронная микроскопия. Дальнейшие развития // XX Рос. конф. по электрон. микроскопии. – Черногловка, 2004. – С. 96-97.

4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1970. – 720 с.
5. Могильний С. Г. Проблеми побудови мереж аналітичної фототріангуляції // Вісн. Геодез. та картогр. – 2000. – №1. – С. 23-27.
6. Соколов В. Н., Юрковец Д. И., Разгулина О. В., Мельник В. Н. Экспресс-метод измерения высот микрообъектов в РЭМ // Поверхность. Рентгеновские, синхронные и нейтронные исследования. – 2003. – №3. – С. 27-31.
7. Соколов В., Юрковец Д., Разгулина О., Мельник В. Изучение характеристик микроструктуры твердых тел с помощью компьютерного анализа РЕМ-изображений // Изв. РАН, сер. физич. – 2004. – Т. 68. – №9. – С. 1332-1337.
8. Финковский В.Я., Мельник В.Н., Иванчук О.М. К теории фотограмметрической обработки РЭМ-снимков // Геодез. и картогр. – 1984. – №2. – С. 29-33.
9. Юрченко В. Способ аналитической обработки неметрических снимков // Геодез. и картогр. – 2000. – № 11. – С. 23-30.
10. Alhanlan S., Mills J., Walker A. The influence of ground control points in the triangulation of Leica // The International archives of the remote sensing and Spatial information sciences. XX th Congress ISPRS. – Istanbul. – 2004. – P. 495-500.
11. Buchholtz A., Ruger W. Photogrammetrie. – Berlin, 1974. – 416 s.
12. Cappellini V., Alparone L., Galli G. Digital processing of stereo images and 3D-reconstruction techniques // Int. J. Remote Sensing. – 1991. – V.12. – № 3. – P. 477-490.
13. Marr D., Poggio T. A computational theory of human stereo vision // Proc. Royal Soc. – London. – 1979. – P. 301-328.
14. Ramapriyan H.K., Strong J.P., Murray Ch.W. Automated matching of pairs of SIR-B images for elevation mapping // IEEE Trans. Geosci Remote Sensing. – 1986. – V. 24. – P. 462-472.
15. Sokolov V., Yurkovets D., Melnik V., Boyde A., Howell P. 3D reconstruction of surface and Subsurface structures of Solids by SEM Stereo Images // Inst. Phys.

Conf.– 2001.– № 168.– Section 4.– P. 119-122.

16. *Thompson E.H.* A rational algebraic formulation of the problem of relative orientation // *Photogrammetrie Record.* – 1959. – V.14. – № 3. – P. 152-159.

УДК 528.482.624.131

**ЕЛЕКТРОННО-МІКРОСКОПІЧНІ ТА РЕНТГЕНО-
ДИФРАКТОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГРУНТОВОЇ ГРЕБЛІ
ВОДОСХОВИЩА ХАЕС***

Постановка проблеми.

Для надійної оцінки стану ґрунтових гребель потрібно виконувати, крім геодезичних, моніторингові дослідження в комплексі, використовуючи сучасні методи та техніку на різних рівнях. Такий підхід особливо важливий для об'єктів атомної енергетики.

У статті розглядаються питання нетрадиційних досліджень властивостей земляної греблі Хмельницької АЕС.

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. На замовлення дирекції ХАЕС Волинським національним університетом імені Лесі Українки були виконані електронно-мікроскопічні і рентгено-дифрактометричні дослідження типових зразків, відібраних з різної глибини тіла греблі водосховища ХАЕС (довжина греблі 7200м, висота – 14,7м, намивно-насипна, піщана).

Невирішені частини загальної проблеми. За останні роки значно зросла кількість публікацій, присвячених дослідженню напруженого стану

* Друкується за статтею: Мельник В.М., Рудик О.В., Мельник О.В. Електронно-мікроскопічний та рентгено-дифрактометричні дослідження ґрунтової греблі ХАЕС // Штучні водойми Україні: сучасний стан і антропогенні зміни: Матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф., 22-24 травня 2008 р. - Луцьк: РВВ "Вежа" Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. -С.91-97.

гідротехнічних споруд.

Мета досліджень – РЕМ-мікроскопічні та рентгено-дифрактометричні дослідження властивостей ґрунтової греблі водосховища ХАЕС.

Виклад основного матеріалу.

1. Мінеральний склад земляних гребель. Мінеральний склад вивчався за допомогою автоматизованого рентгенівського дифрактометра, зокрема досліджувався мінеральний склад відібраних зразків, а також відмученої глинистої фракції. Результати досліджень наведені в таблиці 1 і 2. З наведених даних випливає, що мінеральний склад зразків приблизно однаковий: це переважно кварц (97.6-98.3%) з невеликою кількістю польових шпатів (1.4-2.3%) і дуже малим вмістом глинистих мінералів (0.1-0.2 %), причому останні представлені переважно смектитами (56-65 %) (набухаючі мінерали типу монтморилоніта), гідрослюдою (20-21%) та каолініт-хлоридами (14-25 %).

Таблиця 1

Мінеральний склад

Зразок	Гідрослюда, %	Смектит, %	Мікроклін, %	Кварц,
Гл.9м	0.1	0.1	1.4	98.3
Гл.15м	0.2	—	1.9	97.9
Гл.18м	0.1	—	2.3	97.6

Таблиця 2

Мінеральний склад глинистої фракції, виділеної відмучуванням (<0,001мм)

Зразок	Гідрослюда, %	Смектит, %	Каолініт-хлорид,
Гл. 9 м	20	56	25
Гл. 15 м	20	58	22
Гл.18м	21	65	14

В табл.3 приведено результати подібних досліджень для наступних станцій: Загорська ГАЕС; II - Курська АЕС; III - Нововоронезька АЕС; IV - Чеб ГЕС; V - Приморська ГРЕС; VI - ГЕС Хоабіль.

Таблиця 3

№ п/п	Назва пункту і об'єкта	Індекс інж-геол. р-ну	Геол.інд. кар'єрн ґрунт	Вміст в %, фракцій у мм						Показн. гранул.-метрич. неоднор.		л	Гранична щільність		W _н , %
				>2.0	2.0-1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	<0.1	C _v	П _М		Г/см ³ , ρ _d ^{мін}	Г/см ³ , ρ _d ^{макс}	
1	Загорська ГАЕС	I ₅	aQ _{IV}	3,1	2,7	4,3	36,1	48,4	5,4	2,33	2,3	0,32	1,46	1,83	7
2	Курська ГЕС	I ₈	aQ _{IV}	7,9	16,4	19,9	44	10,2	1,6	2,73	8,89	0,45	1,38	1,74	3,2
3	Нововоронезька АЕС	I ₈	aQ _{IV}	0,6	2,3	7,3	56,4	31,4	2	2,64	2,32	0,44	1,46	1,84	3,9
4	Чеб ГЕС	I ₁₀	aQ _{IV}	0,1	1,6	2,5	28,5	57,9	9,4	2,2	1,75	0,31	1,38	1,78	5,6
5	Приморська ГЕС	XI	aQ _{III}	7,2	3	4,5	43,2	34,6	7,5	3,09	9,45	0,34	1,26	1,58	7
5	ГЕС Хоабінь	-	aQ _{IV}	-	0,1	0,02	22,2	48,2	29,3	3,17	1,5	0,27	1,3	1,68	10,5

Вивчалися намиті піски, які за мінеральним складом є кварцово-полевошпатними і кварцовими. Вихідними ґрунтами для наміву були природні піски різного генезису і віку: алювіальні верхньочетвертинні і сучасні, флювіогляціальні середньочетвертинні, еолові сучасні. Різне походження, утворення, неоднакові інженерно-геологічні умови, різноманітна специфіка застосовуваних технологій наміву – все це обумовило широкий діапазон структурних характеристик цих гребель, зокрема: вміст фракцій 0,25 - 0,1 мм і менше 0,1 мм змінювався від 10,2 до 57,9%; від 1,6 до 29,3% відповідно; показники гранулометричної неоднорідності ($S_p = d_{57.92}/d_{10.2}$) 2,3 до 20,0, узагальнені-показники морфології (λ) від 0,27. Вивчалися характеристики, які є важливими для формування властивостей намівних пісків: максимальна молекулярна вологоємність (від 3,2 до 10,5%); гранична щільність компонування сухого піску (мінімальна від 1,26 до 1,58 г/см³, максимальна - від 1,58 до 1,83 г/см); показник ущільнення $F = \left[\frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\min}} \right]$ від 0,58 до 0,88 та ін.

Таким чином, спектр оцінок ґрунтових характеристик, що безпосередньо впливають на формування властивостей намитих пісків та зміну їх у часі, є значним.

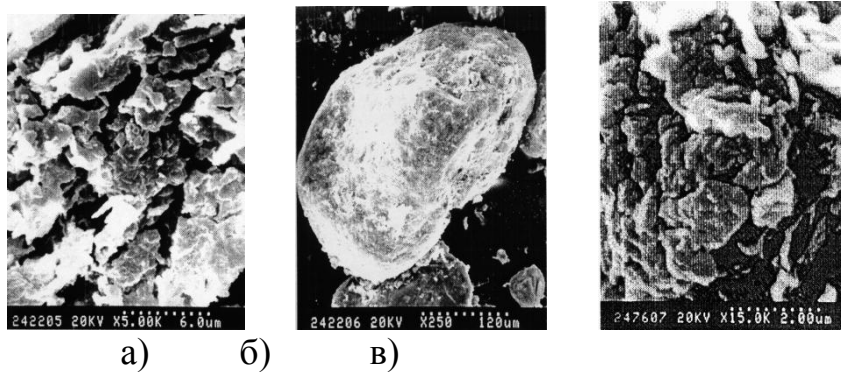
2. РЕМ-дослідження зразків ХАЕС. Для греблі ХАЕС найбільший інтерес мають зразки з глибини 15м, у глинистій фракції якої прослідковуються ефекти, обумовлені присутністю досить великої (до 1%) кількості органічної

речовини (ОР).

Остання особливо чітко прослідковується за даними РЕМ-мікроскопії. На РЕМ-мікрофотографіях поверхонь окремих кварцових зерен видно покриття у вигляді плівки або окремих скупчень (рис.1). Для встановлення природи плівкового покриття був виконаний в інженерно-геологічній лабораторії МДУ ім. М.В.Ломоносова (м. Москва) унікальний стереологічний аналіз порового простору відібраних зразків. Здійснювалася цифрова обробка РЕМ-зображень із застосуванням ПП STIMAN [1], за допомогою якого можна отримувати розподіл пор за: еквівалентними діаметрами, площею, сумарною площею, фактором форми, а також графіки залежності фактора форми від площі. Як приклад, результати такого аналізу наведені в табл.4. Аналогічні результати були отримані для всіх відібраних зразків.

Для одержання високоякісних зображень РЕМ-дослідження проводилися в режимі вторинних електронів. У зразках із глибини 18 м кварцовий пісок ізометричної (фактор форми 0.75-0.85 і 0.61-0.70 відповідно) і слабовитягнутої форм (0.56-0.66 і 0.43-0.52}, а в зразках із глибини 15 м переважають головним чином зерна витягнутої форми (фактор форми 0.44-0.53).

Дослідження мікроструктури порового простору були проведені за нестандартною методикою: пісок при природній вологості і щільності поміщався в маленьке металеве кільце діаметром 15мм і за спеціальною методикою заповнювався люмінісцюючим полімером.





г) д) е)

Рис.1 а,б,в,г,д,е. РЕМ-мікрофотографії зовнішнього вигляду органічної речовини (ОР): а, б – характер плівки ОР на поверхні кварцових зерен.

Збільшення: а) 5000, б) 250, в) 15 000, г) 1 000, д) 350, е) 2000 крат відповідно.

Таблиця 4.

Результати структурного аналізу:

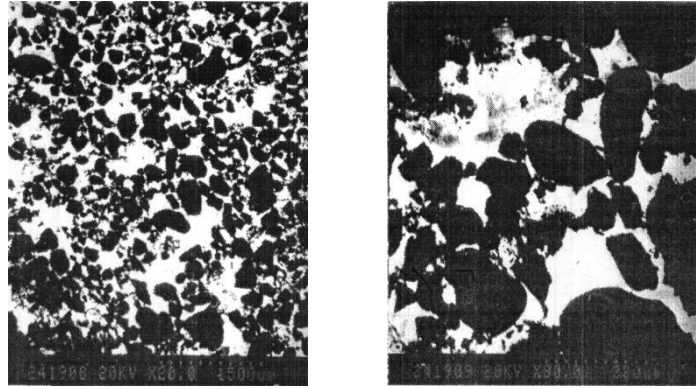
Ім'я зразка - скв.3, гл. 15 м, пори, CL

Збільшення (М), розмір елемента розбиття (L)

М	20	40	80	160
L(мк)	17,19	8,59	4,30	2,15
Кількість пор				773
Відносна площа часток (%)				37,73
Загальна площа часток (кв.мкм)				3,13253e+06
Загальний периметр часток (мкм)				253894
Сер. діаметр (мкм)				41,0982
Сер. площа (кв. мкм)				4052,43
Сер. периметр (мкм)				328,452
Питома поверхня 1 /мкм				0,0131143
Фільтраційний коефіцієнт (мД)				18,1899

В результаті зразки полімеризувалися. Так приготовлені зразки вивчалися у режимі катодолюмінесценції. Як наслідок, пори, заповнені люмінофором, відображалися світлим, (це білі плями на мікрофотографіях, рис.2, а), а мінеральні зерна - чорні (рис.2, б).

Досліджені мікроструктури порового простору усіх зразків добре корелюють з даними їх мінерального та морфологічного аналізів.



а) б)

Рис.2, а, б. Бінарне зображення порового простору. Збільшення 20 і 70 крат.

Інша картина спостерігається для фільтрації. Найбільшу проникність (або фільтраційний коефіцієнт ($K = 18.2$ мілідарсі, мД, має зразок із глибини 15м. Його пористість складає 3.4%. Поровий простір цього зразка представлено порами 3-х категорій, що чітко прослідковується на кривих розподілу пор за еквівалентними діаметрами і площами. Процентне співвідношення цих категорій пор наступне: багаточисельні, але дрібні за розмірами (12-18 мкм) складають пори усього 1.7%, і, навпаки, малочисельні, але великі (427-722 мкм) пори складають 32% від загальної пористості. Середні пори за розмірами 20-374 мкм у діаметрі складають 66% від загальної пористості. Фактор форми цих пор змінюється від 0.155 до 0.90, тобто тут є як ізометричні, так і анізометричні пори. Проте великі пори мають в переважній більшості ізометричну форму ($F: 0.87-0.97$).

Піски з глибини 9м мають на порядок меншу проникність (2.12 мД), а піски з глибини 18м мають проникність у 2 рази меншу (9.5 мД). Однак, як це впливає з мінерального складу пісків, піски з цієї глибини (18м) є більш дисперсними. Тому вони мають велику пористість (35.5%), але в цих пісках розмір пор небагато менший, і відповідно вони мають меншу проникність.

Виникає питання, чим викликана найбільша проникність пісків на глибині 15м? Можна висловити одне припущення. Спочатку після спорудження греблі і заповнення водосховища відбулася гідратація наявної в цих пісках органіки і з якоїсь причини поширилася в тілі греблі велика кількість бактерій.

Сформований органо-мінеральний гель заповнював пори піску і він став менш проникним. У процесі подальшої експлуатації водосховища в ньому змінилися фізико-хімічні умови (РН або концентрація солей). Після цього органіка скоагулювала і осіла у вигляді плівок і невеликих "шматочків" на поверхні піщаних зерен. З'явилися великі вільні пори і, відповідно, збільшилася проникність піску. Безумовно, це дуже небезпечне негативне явище, яке потребує подальших комплексних досліджень, оскільки зміна структури порового простору, складу і властивості його заповнювача призводять до зміни фільтраційних властивостей пісків, насичених органікою. Збільшення проникності ґрунтів тіла греблі з глибиною імовірноше всього пов'язане зі зміною структури порового простору і складу його заповнювача. На контакті шарів з різним коефіцієнтом фільтрації створюються найбільш сприятливі умови для прогресуючої механічної суфозії.

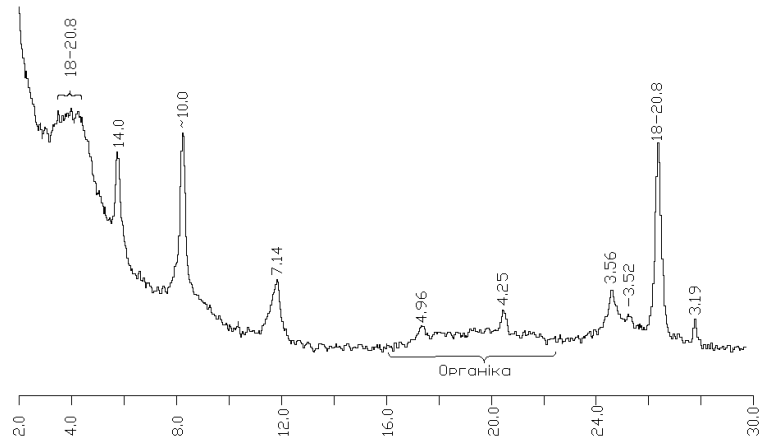
Одним із способів послаблення фільтраційних і суфозійних процесів в горизонті глибиною 15м стало б заповнювання цього горизонту гідроксидом натрію з розрахунку 0.5-1% його концентрації в поровому розчині. Це дозволило б перевести значну частину гумінових кислот у розчин (зібрати органічні "сорочки" з поверхні глинистих часток) і повернути останнім їхні природні властивості набухати і кольматувати поровий простір. Поступове зменшення концентрації гумінових кислот згодом привело б до створення умов для ефективної диспергації глинистої речовини в міжзерновому поровому просторі і "вирівнюванню" фільтраційних властивостей та зменшенню властивостей суфозії.

3. Рентгено-дифрактометричний аналіз дисперсних ґрунтів. Рентгенівська дифрактометрія – необхідний метод дослідження мінерального складу дисперсних ґрунтів, який у більшості випадків є достатнім не тільки для ідентифікації мінералів та встановлення особливостей їх структури, але і для визначення кількісного складу кожного мінералу. Детальне вивчення глинистих мінералів – найбільш енергетично активної і важливої складової дисперсних

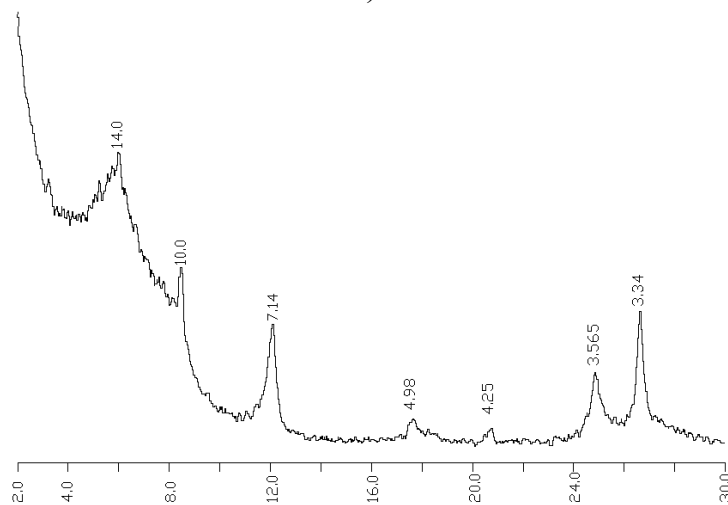
ґрунтів – практично неможливе без використання рентгенографії. Впровадження в практику інженерно-геологічних досліджень рентгенівської дифрактометрії послужило помітним імпульсом у розвитку структурної мінералогії глин, результати досліджень якої використовуються і у ґрунтознавстві. Можливість швидкої та точної ідентифікації мінералів, і в першу чергу глинистих, дозволяє оцінити їх вплив на гідрофільність, пластичність, набухання, сорбційні та інші властивості ґрунтів.

Для визначення складу рентгеноаморфної речовини (РАР) проведений експеримент. Виділені фракції розміром 0,01–0,002мм досліджуваних зразків піддавалися ультразвуковому диспергуванню за частотою 22кГц на протязі 1хв. Така обробка привела до утворення в усіх пробах стійкої щільної суспензії. Після 18 діб(!) відстоювання верхня частина суспензії (4см) була висушена і знята на ІЧ-спектрометрі і дифрактометрі; результати яких через малу кількість проби були об'єднані. Паралельно досліджувалася і тонка фракція валової проби зразка 4 також після 18 діб відстоювання суспензії, обробленої ультразвуком. На дифрактограмах при дуже високій інтенсивності фону виділялися лише рефлекси 101 кварцу та полоси 02 і 20 глинистих мінералів. Судячи по ІЧ-спектрах, склад субколоїдної фракції всіх зразків виявився практично однаковим: явно переважав смектит, зафіксовані також гідратована слюда та карбонат (рис.3, а). Ємність катіонного обміну цієї субколоїдної фракції склала 55мг-екв/100г.

Рентгеноаморфна речовина, мабуть, є основним матеріалом “сорочок”, що покривають зерна кластогенних мінералів, а також агрегатів, бо після видалення 18-добової суспензії її вміст у фракції 0,002-0,01мм зменшився. Відображення на дифрактограмах стали чіткішими та інтенсивнішими (рис.3, б).



а)



б)

Рис. 3 а, б. Дифрактограми зразка №4 (гребля ХАЕС).

Розглядаючи всі зразки під електронним мікроскопом при збільшеннях ≥ 50000 крат чітко видно, що глиниста речовина “сорочок” складається з агрегатів надзвичайно малих ($\leq n \cdot 10^{-2}$ мкм) часток.

У випадку, коли ґрунт служить, наприклад, для насипних споруд, то властивості ґрунту можуть змінюватися в часі в залежності від виду, умов експлуатації цих споруд. Якщо основу греблі було виконано із супіщаного згідно гранулометричного аналізу ґрунту, то не виключено, що через якийсь час в результаті постійного або періодичного обводнення цей супісок поступово “буде ставати” глиною в результаті дезагрегації якоїсь кількості пилюватих або дрібнопіщаних часток, що складаються з глинистого, в основному з рентгеноаморфного, матеріалу з впливаючими для цієї споруди

наслідками. На жаль, такі випадки зустрічаються часто. І звинувачувати в таких випадках немає кого, бо укладений в основі насипу ґрунт за станом на “today” за існуючими класифікаціями і стандартними методиками визначення дійсно був супісок і повинен був призвести до деформації “tomorrow”. За переважно вертикальним напрямком інфільтрації вологи наявний в тілі споруди супісок з часом з тих же причин може стати водоупором і призвести до суфозії шару ґрунту, що лежить над ним, чому також є приклади навіть на дуже відповідальних спорудах. Попередити подібні ситуації могли б результати кількісного аналізу мінерального складу ґрунтів, призначених для зведення насипних споруд, а також зміну фізико-хімічної активності ґрунтів з урахуванням реальних умов експлуатації споруд.

4. Фізико-хімічний механізм зміни гідрофільності земляних гребель.

На основі досліджень наукової школи акад. Є.М.Сергєєва [3] розроблена загальна теорія фізико-хімічної взаємодії амінокислотних сполук (АКС) з мінералами. Цей метод особливо перспективний в умовах нестационарного температурного режиму, як це має місце у випадку ХАЕС.

Для піщаної греблі ХАЕС можливий такий механізм взаємодії АКС. При внесенні АКС в дисперсну зв'язкову породу молекули реагенту притягуються своєю полярною частиною до активних центрів, що мають некомпенсований заряд, а неполярні радикали знижують гідрофільність їх поверхні [3]. Молекули АКС за допомогою одного водню аміногрупи беруть участь у водневому зв'язку з атомами кисню, які знаходяться на поверхні мінералу. Схематично ця взаємодія показана на рис. 4.

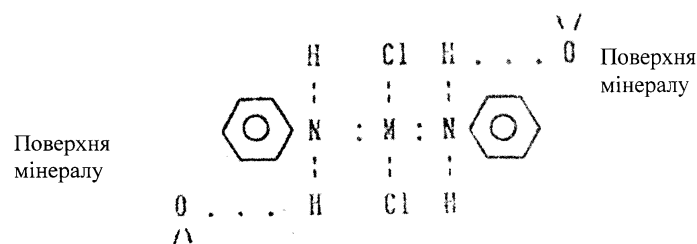


Рис.4. До процесу взаємодії АКС із мінералами.

Полярні групи реагенту зазвичай хімічно активні внаслідок наявності у

азоту неподіленої електронної пари, що дозволяє їм вступати у додаткову хімічну взаємодію. При наявності на поверхні мінералу групи ОН іон водню переміщується до аміногрупи комплексу.. В результаті молекула, що несе цю групу, стає катіоном, який притягується до негативно зарядженого кисню поверхні мінералу за рахунок електростатичних сил.

Молекули АКС, вступаючи у взаємодію з кварцовими частками піску та витісняючи адсорбовані плівки з їх поверхні, утворюють у породі нові структурні зв'язки водневого і донорно-акцепторного типу. Одночасно частина порової води взаємодіє з молекулами АКС, що не взаємодіють з мінеральними частками (рис. 5):

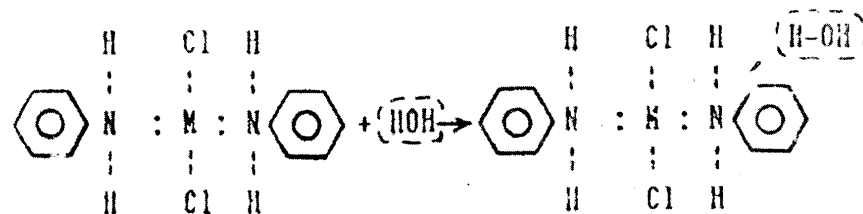


Рис.5. Схема формування структурних зв'язків.

Взаємодія АКС з кварцовими частками за рахунок адсорбційного і хемосорбційного процесів визначає необоротність зміни складу і властивостей відкладів піску при відсутності додаткової хімічної взаємодії на їх алюмосилікатну частину.

Для підтвердження цієї концепції були виконані дифрактометричні дослідження відповідним чином препаративаних зразків ХАЕС. Встановлено, що всі зміни складу, стану і властивостей піску, обробленого АКС, визначаються такими трьома основними процесами:

- 1) агрегування тонко дисперсних фракцій в результаті гідрофобізації поверхні кварцових часток;
- 2) зміною структури і енергетичного стану води при взаємодії з молекулами АКС;
- 3) формування нових структурних зв'язків водневого і донорно-акцепторного типу.

Висновки.

За матеріалами автоматизованого аналізу мікроструктури зразків ХАЕС були виявлені наступні зміни.

1. Зменшення загальної (40-36%) і міжагрегатної (38-24%) пористості.

2. Встановлена домінуюча роль мікроструктури. Ґрунти з однаковим складом кварцових пісків і близькими значеннями агрегованості (11-13%), набухання (5-6%) і водонасичення (0,4) потенційно можуть бути просадочними. Водночас ґрунти з різним складом кварцового піску, різною агрегованістю (9-14%), набуханням (3-8%) і ступенем водонасичення (0,3-0,6) обов'язково є просадочними.

3. Формування нових структурних зв'язків водневого і донорно-акцепторного типу підвищує пластичність, міцність і водостійкість кварцових пісків, проте дія АКС в кількості 1-3% практично не проявляється на їх водопроникності.

4. Оптимальна концентрація АКС залежить від гранулометричного і мінерального складу породи, а також від кількості і складу домішок: присутність у породі природної органіки призводить до підвищення витрат АКС за рахунок активної її взаємодії з молекулами реагенту, а присутність карбонатів, навпаки, знижує активність АКС.

Література.

1. Осипов В. И., Соколов В. Н., Румянцева Н. А. Микроструктура глинистых пород . – М. : Недра, 1989. – 210 с.

2. Шлыков В. Г. Рентгеновский анализ минерального состава дисперсных грунтов. – М. : Геос, 2006. – 175 с.

3. Теоретические основы инженерной геологии. Физико-химические основы (под ред. акад. Е. М. Сергеева) М. : Недра, 1985. – 288с.

III. БІБЛІОГРАФІЯ ПРАЦЬ ПРОФЕСОРА

В. М. МЕЛЬНИКА

Наукові публікації

Окремі наукові видання

1981

1. Фотограмметрическая обработка снимков, полученных на растровом электронном микроскопе : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.24.02 / Моск. ин-т инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. – М., 1981. – 24 с.

1995

2. Теорія і практика фотограмметричних методів в електронно-мікроскопічних дослідженнях : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.24.02 / Держ. ун-т “Львівська політехніка”. – Л., 1995. – 51 с.

2009

3. *Растрово-електронна стереомікрофрактографія : монографія. – Луцьк : РВВ “Вежа” ВНУ ім. Лесі Українки, 2009. – 469 с.

Співавт.: А. В. Шостак

2010

4. *Кількісна стереомікрофрактографія : монографія / М-во освіти і науки України, Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки. – Луцьк : Твердиня, 2010. – 460 с.: ілюстр., табл.

Співавт.: А. В. Шостак

Статті у продовжуваних виданнях

1973

5. *До теорії обробки електронномікроскопічних стереопар // Зб. наук. робіт асп. Львів. політехн. ін-ту / Львів. політехн. ін-т. – Львів, 1973. – № 7. – С. 216–222.

1974

6. *Обзор работ по применению фотограмметрии в электронной

микроскопии // Геодезия, картография и аэрофотосъемка : республик. межвед. науч.-техн. сб. / Львов. политехн. ин-т ; отв. ред. М. К. Мигаль. – Л., 1974. – Вып. 19. – С. 112–117.

7. *Определение увеличения при стереоскопической съемке в электронной микроскопии // Заводская лаб. – 1974. – Т. 40, № 9. – С. 1118–1120.

Соавт.: В. И. Чих

1975

8. *К вопросу фотограмметрической обработки стереопар, полученных на электронном микроскопе // Изв. ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1975. – Вып. 6. – С. 103–109.

1977

9. *Исследование геометрических искажений снимков, полученных на растровом электронном микроскопе // Геодезия и картография. – 1977. – № 6. – С. 38–44.

Соавт.: В. Я. Финковский

10. *Метрические свойства растровых электронных снимков // Заводская лаб. – 1977. – Т. 43, № 3. – С. 288–291.

Соавт.: И. Н. Любимов

1978

11. *Фотограмметрическая обработка снимков, полученных на растровом электронном микроскопе // Геодезия и картография. – 1978. – № 9. – С. 46–52.

Соавт.: В. Я. Финковский

1984

12. *К теории фотограмметрической обработки РЭМ-снимков // Геодезия и картография. – 1984. – № 2. – С. 29–33.

Соавт.: В. Я. Финковский, О. М. Иванчук

1987

13. *Анализ погрешностей стереоизмерений в растровой электронной

микроскопии // Изв. АН СССР. Серия физическая. – 1987. – Т. 57, № 3. – С. 468–474.

Соавт.: В. Н. Соколов, М. П. Шебастинов, О. М. Иванчук

14. *Определение микротопографических параметров шероховатых поверхностей // Технология роботизированного производства : сб. науч. тр. / Риж. техн. ун-т. – Рига, 1987. – С. 79–87.

1988

15. Стереофотограмметрическая оценка микрорельефа поверхности износа металлов // Заводская лаб. – 1988. – Т. 54, № 5. – С. 49–54.

Соавт.: М. П. Шебастинов, Е. И. Болдырев

1990

16. *Калибровка геометрических искажений РЭМ-снимков // Геодезия и фотограмметрия : сб. науч. тр. / Рост. инженер.-строит. ин-т. – Ростов н/Д, 1990. – С. 37–44.

Соавт.: О. М. Иванчук, Ю. Й. Максимюк

17. *Стереофрактографическая обработка РЭМ-снимков // Вопр. оборон. техники. – 1990. – № 3. – С. 37–45.

Соавт.: М. П. Шебастинов, В. И. Крестьянов, В. В. Крутоголовый

18. *Стереофрактографическая обработка снимков, полученных с помощью РЭМ // Передовой произв. опыт. – 1990. – № 1. – С. 50–53.

Соавт.: М. П. Шебастинов, В. И. Крестьянов, В. В. Крутоголовый

1991

19. *Аналитическая РЭМ-стереометрия // Изв. АН СССР. Серия физическая. – 1991. – Т. 55, № 8. – С. 1577–1583.

Соавт.: В. Н. Соколов, В. В. Крутоголовый

20. *Математическое моделирование микрорельефа шероховатых поверхностей // Передовой произв. опыт. – 1991. – № 1. – С. 26–29.

Соавт.: М. П. Шебастинов, В. И. Крестьянов

21. Стереометричний метод онтогенічних особливостей біогенних мінеральних утворень // Мінерал. зб. : зб. наук. пр. / Львів. держ. ун-т ім. І. Франка ; голов. ред. О. І. Матковський. – Л., 1991. – № 45, вип. 1. – С. 55–59.

Соавт.: Т. В. Мелешко, Ю. Й. Максимюк

1992

22. *Геодезическое наблюдение за осадками плотины Хмельницкой АЭС // Геодезия, картография и аэрофотосъемка : республик. межвед. науч.-техн. сб. / Львов. политехн. ин-т ; отв. ред. М. К. Мигаль. – Л., 1992.

23. *Количественный анализ микрорельефа поверхности и структуры микрообъектов // Геодезия и фотограмметрия : сб. науч. тр. / Рост. инженер.-строит. ин-т. – Ростов н/Д, 1992.

Соавт.: В. Н. Соколов

24. *Некоторые вопросы стереофрактографической обработки РЭМ-снимков // Изв. АН СССР. Серия физическая. – 1992. – Т. 56, № 3. – С. 122–126.

Соавт.: В. Н. Соколов

25. *Some problems of stereofractographical processing of SEM-pictures // Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Physical Series. – 1992. – № 56(3). – P. 215–219.

Coauthor: V. N. Sokolov

1993

26. *Аналіз геодезичних спостережень за зміщеннями земляної греблі ХАЕС // Геодезія, картографія і аерофотознімання : міжвід. наук.-техн. зб. / Держ. ун-т “Львівська політехніка” ; відп. ред. М. І. Кравцов. – Л., 1993. – № 55. – С. 67–73.

Співавт.: Т. М. Стовпник, Ю. Й. Максимюк

27. *Некоторые вопросы цифровой обработки РЭМ-изображений // Изв. ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1993. – № 4. – С. 73–82.

Соавт.: В. А. Михайлюк

28. *Фрактальная и стереометрическая оценки РЭМ-изображении шероховатых поверхностей // Изв. РАН. Серия физическая. – 1993. – № 8. – С. 99–105.

Соавт.: В. Н. Соколов

1995

29. *Анализ РЭМ-стереоизображений // Изв. РАН. Серия физическая. – 1995. – № 8. – С. 54–59.

Соавт.: Д. И. Юрковец

30. *Метод трехмерной реконструкции микрорельефа поверхности твердых тел по их РЭМ-стереоизображениям // Изв. АН СССР. Серия физическая. – 1995. – Т. 59, № 2. – С. 28–34.

Соавт.: В. Н. Соколов, А. А. Лебедев, Д. И. Юрковец, Д. В. Рима

1996

31. *Анализ РЭМ стереоизображений // Изв. РАН. Серия физическая. – 1996. – Т. 60, № 2. – С. 55–64.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец

32. *Определение фрактальности поверхностей разрушения по данным РЭМ-стереоизмерений // Трение и износ. – 1996. – Т. 16, № 6. – С. 38–41.

Соавт.: Ю. Г. Бобро, А. В. Шостак, В. У. Волошин

33. *Analysis of SEM stereoscopic images // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics. – New-York, 1996. – Vol. 60, № 2. – P. 208–215.

Coauthor: V. N. Sokolov, D. I. Yurkovets

1997

34. *Метод количественного анализа микроструктуры твердых тел по РЭМ-изображениям // Заводская лаб. – 1997. – Т. 63, № 9. – С. 31–35.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец

35. *Принципы фрактальности в механике разрушения металлов // Изв. РАН. Металлы. – 1997. – № 2. – С. 119–122.

Соавт.: Ю. Г. Бобро, А. В. Шостак, В. У. Волошин

1998

36. До питання моделювання ерозійного площинного змиву // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки / Волин. держ. ун-т ім. Лесі Українки ; голов. ред. П. В. Луцишин. – 1998. – № 5 : Географічні науки. – С. 41–42.

Співавт.: І. Нетробчук

37. *Использование Фурье-анализа РЭМ-изображений для получения морфологических характеристик микроструктуры // Изв. РАН. Серия физическая. – 1998. – Т. 62, № 3. – С. 450–454.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

38. Кількісний РЕМ-аналіз морфометричних і геометричних характеристик микроструктури ґрунту // Українське Полісся: вчора, сьогодні, завтра : зб. наук. пр. / М-во освіти України [та ін.]. – Луцьк : Надстир'я, 1998. – С. 46–49.

Співавт.: В. У. Волошин, Ф. П. Тарасюк, Ю. С. Бліндер

39. *Определение фрактальности поверхностей разрушения по данным РЭМ-стереоизмерений // Изв. РАН. Металлы. – 1998. – № 5. – С. 45–49.

Соавт.: В. У. Волошин, Ю. Г. Бобро, А. В. Шостак

40. Программно-аппаратный комплекс для исследования микроморфологии поверхности твердых тел по РЭМ-изображениям // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исслед. – 1998. – № 1. – С. 33–41.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

41. *Пространственное моделирование и применение современных методов стереологической и стереометрической оценки в биологии и медицине // Укр. журн. мед. техніки і технології. – 1998. – № 3. – С. 9–20.

Соавт.: Р. Й. Лихотоп

42. *Стереолого-стереометрична оцінка анізотропних структур //

Наукові нотатки : зб. наук. пр. / Луц. держ. техн. ун-т ; відп. ред. В. Д. Рудь. – Луцьк, 1998. – Вип. 4 : Інженерна механіка. – С. 10–19.

Співавт.: Ю. Г. Бобро, А. В. Шостак

43. *Стереометричний аналіз РЕМ-зображень мікроструктури поверхні кістки // Укр. мед. альм. – 1998. – № 3. – С. 14–16.

Співавт.: В. С. Пикалюк

1999

44. *Компьютерный анализ неоднородных полидисперсных пористых структур по РЭМ-изображениям // Изв. АН. СССР. Серия физическая. – 1999. – Т. 63, № 7. – С. 1328–1331.

Соавт.: / В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

45. *Методи кількісної характеристики мікроструктури ґрунту // Вісн. Львів. держ. ун-ту. Серія географічна / Львів. держ. ун-т ім. І. Франка ; голов. ред. С. П. Позняк. – Л., 1999. – № 25. – С. 24–27.

Співавт.: В. У. Волошин, Ф. П. Тарасюк, Ю. С. Бліндер

46. *Про побудову систем класифікації агроекологічних показників на основі теорії нечітких множин // Вісн. Львів. держ. ун-ту. Серія географічна / Львів. держ. ун-т ім. І. Франка ; голов. ред. С. П. Позняк. – Л., 1999. – № 5. – С. 132–135.

Співавт.: П. П. Король

2000

47. Алгоритм побудови карт пластики рельєфу методом дискретного перетворення Фур'є // Україна та глобальні процеси: географічний вимір: зб. наук. пр. : в 3 т. / Волин. держ. ун-т ім. Лесі Українки ; відп. ред. П. Г. Шищенко. – К., Луцьк, 2000. – Т. 2. – С. 398–402.

Співавт.: В. У. Волошин, Ю. С. Бліндер

48. *До теорії цифрової обробки РЕМ-зображень // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. Західного геодез. т-ва УТГК / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; голов. ред. І. С. Тревого. – Л., 2000.–

[Вип. 1.] – С. 243–247.

Співавт.: В. У. Волошин

49. Стереомикротомография – новый способ изучения трехмерных микроструктур в РЭМ // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исслед. – 2000. – № 12. – С. 13–15.

Соавт.: С. А. Дицман, Э. И. Рау, В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец

50. *Back Scattered Electron Stereophotogrammetry Based on the BSE-Microtomography in the SEM // EUREM 12. – 2000. – P. 1393–1395.

Coauthor: E. I. Rau, R. A. Sennov, V. N. Sokolov, D. I. Yrkovets, A. Boyde, P. G. T. Howell

2001

51. Автоматизированная система сшивки РЭМ изображений // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2001. – № 8. – С. 6–9.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

52. *Синтаксичний метод стереоототожнювання // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. Західного геодез. т-ва УТГК / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; голов. ред. І. С. Тревого. – Л., 2001. – [Вип. 1.] – С. 102–109.

Співавт.: В. У. Волошин, Т. І. Волошина

2002

53. Автоматизированная система морфологического анализа скелетного компонента микроструктуры по РЭМ-изображениям // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2002. – № 10. – С. 66–69.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

54. Методи структурного та фрактального аналізу при оцінці деструктивних змін кісткової тканини // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки / Волин. держ. ун-т ім. Лесі Українки ; відп. ред. Г. Є. Давидюк. –

2002. – № 3 – С. 166–171.

Співавт.: В. У. Волошин

2003

55. РЕМ-стереологічний аналіз як чинник інтегративної моделі прогнозування деформацій інженерних споруд // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. Західного геодез. т-ва УТГК / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; голов. ред. І. С. Тревого. – Л., 2003. – [Вип. 1.] – С. 238–245.

Співавт.: Ю. Максимюк

56. *Стереолого-планіметрична обробка РЕМ-зображень методом Кригінга // Геодезія, картографія і аерофотознімання : міжвід. наук.-техн. зб. / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; відп. ред. П. М. Зазуляк. – Л., 2003. – С. 155–162.

Співавт.: В. У. Волошин

57. Экспресс-метод измерения высот микрообъектов в РЭМ // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2003. – № 3. – С. 27–31.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

2004

58. Дослідження кісткової тканини методами РЕМ-мікроскопії // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки / Волин. держ. ун-т ім. Лесі Українки ; голов. ред. І. Д. Олексеюк. – Луцьк, 2004. – № 5 – С. 28–34.

Співавт.: Р. Й. Лихотоп, Я. І. Країло

59. Изучение характеристик микроструктуры твердых тел с помощью компьютерного анализа РЭМ-изображений // Изв. РАН. Серия физическая. – 2004. – Т. 68, № 9. – С. 1332–1337.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

60. *Математико-феноменологічна модель протиерозійної стійкості ґрунту // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр.

Західного геодез. т-ва УТГК / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; голов. ред. І. С. Тревого. – Л., 2004. – [Вип. 2(12).] – С. 322–327.

Співавт.: Ю. С. Бліндер, Д. Я. Франков

2005

61. *Автоматизированная система морфологического анализа скелетного компонента микроструктуры по РЭМ-изображениям // Геодезія, картографія і аерофотознімання : міжвід. наук.-техн. зб. / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; відп. ред. П. М. Зазуляк. – 2005. – Вип. 66. – С. 175–179.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец

62. Метод оценки округлости микрообъектов по РЭМ-изображениям // Изв. РАН. Серия физическая. – 2005. – Т. 69, № 4. – С. 533–537.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

63. Цифровая обработка РЭМ-изображений: стереопланиметрический анализ микроструктуры твердых тел // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. Західного геодез. т-ва УТГК / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; голов. ред. І. С. Тревого. – Л., 2005. – С. 253–262.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

2006

64. Деякі питання системного аналізу геодезичних вимірювань // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. Західного геодез. т-ва УТГК / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; голов. ред. І. С. Тревого. – Л., 2006. – Вип. 1(11). – С. 81–88.

Співавт.: О. І. Малишко

65. До питання РЕМ-фотограмметрії // Вісн. геодезії та картографії. – 2006. – № 5. – С. 26–29.

Співавт.: В. У. Волошин

2007

66. Деякі питання РЕМ-фотограмметрії наведеного струму // Геодезія,

картографія і аерофотознімання : міжвід. наук.-техн. зб. / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; відп. ред. П. М. Зазуляк. – 2007. – № 69. – С.129–135.

Співавт.: А. В. Шостак

67. До теорії дисторсійних спотворень РЕМ-зображень // Геодезія, картографія і аерофотознімання : міжвід. наук.-техн. зб. / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; відп. ред. П. М. Зазуляк. – Л., 2007. – № 68. – С. 261–268.

Співавт.: А. В. Шостак

68. Цифрова обробка РЕМ-зображень // Наукові нотатки : зб. наук. пр. / Луц. держ. техн. ун-т. ; голов. ред В. Д. Рудь. – Луцьк, 2007. – Вип. 20, Т. 1. – С. 299–304.

Співавт.: А. В. Шостак, О. В. Мельник

2008

69. *Моніторинг ґрунтових гребель значної протяжності наземно-супутниковими геодезичними методами // Scientific Bulletin of Chelm : Section of Technical Sciences / red. Józef Zajac. – Chelm : Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie, 2008. – № 1. – Р. 115–125.

Співавт.: О. В. Рудик, О. В. Мельник, В. П. Павлишин

70. Про вплив різнозернистості та неоднорідності порового простору на деформаційно-суфозійні властивості ґрунтових гребель // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. Західного геодез. т-ва УТГК / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; голов. ред. І. С. Тревого. – Л., 2008. – Вип. 1(15). – С. 164–174.

Співавт.: О. В. Мельник, В. П. Павлишин

2009

71. Варіант оперативного геодезичного контролю за експлуатаційним станом греблі ХАЕС // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. Західного геодез. т-ва УТГК / Нац. ун-т “Львівська політехніка” ; голов. ред. І. С. Тревого. – Л., 2009. – Вип. 1(17). – С. 178–186.

Співавт.: О. В. Мельник

2010

72. Моделювання процесів водної ерозії ґрунтів // Вісн. Харк. нац. аграр. ун-ту ім. В. В. Докучаєва : зб. наук. пр. / Харків. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва ; голов. ред. О. В. Олійник. – Х., 2010. – № 6 : Економічні науки. – С. 27–36.

Співавт.: В. Ф. Радзій, В. П. Павлишин

73. РЕМ-аналіз мікроструктури дерново-підзолистих ґрунтів // Вісн. геодезії та картографії. – 2010. – № 5. – С. 29-34.

Співавт.: В. Ф. Радзій, Ю. А. Мельник

Доповіді на наукових конференціях та симпозіумах

1976

74. *Investigation of the raster electronic mikrostereophotogrammetric survey accuracy // XIII th Congress of the International Society for Photogrammetry. – Helsinki, 1976. – P. 1–10.

Coauthor: V. J. Finkovsky

1981

75. *Применение РЭМ для изучения поверхностей трения // Сб. III Всесоюз. симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, Звенигород, (РЭМ-1981). – М., 1981. – С. 44–45.

Соавт.: М. П. Шебашинов, П. П. Сбитнев, Н. О. Маглаперидзе

1982

76. *Аналитическая фотограмметрическая обработка электронно-микроскопических изображений // Тез. докл. XII Всесоюз. симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1982). – М., 1982.

Соавт.: В. Я. Финковский, М. П. Шебашинов

1984

77. *Стереофотограмметрическая обработка РЭМ-изображений // Тез. докл. IV Всесоюз. симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1984). – М., 1984. – С 45.

Соавт.: О. М. Иванчук, В. Н. Соколов

1986

78. *Морфоспектральный анализ микроструктуры мелиорированных торфяных почв // Тез. докл. VII Всесоюз. конф. по мелиоративной географии. – Л., 1986.

Соавт.: В. В. Фалюш, Ю. Й. Максимюк, В. Й. Лажник

79. *Повышение надежности и долговечности деталей из чугуна, работающих в условиях температурных и ударных нагрузок // Новые высокопроизводственно-технологические процессы, высококачественные сплавы и оборудование в литейном производстве : тез. докл. VII конф. – Каунас, 1986.

Соавт.: М. П. Шебашинов, П. П. Сбитнев

1987

80. *Метод фотограмметрии в РЭМ: теория, возможности, ограничения // Тез. докл. XIII Всесоюз. симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1987). – М., 1987. – С. 523–524.

Соавт.: О. М. Иванчук, В. Н. Соколов

81. *Об использовании когнитивных карт в учебном процессе // Тез. докл. семинара, посвященного улучшению содержания, целенаправленности и структуры школьно-краеведческих атласов административных областей в свете реформы общеобразовательной и средней профессиональной школы, 24–26 сент. 1987 г. / Луц. пед. ин-т.- Луцк, 1987

Соавт.: В. В. Крутоголовый, Ю. Й. Максимюк, В. Ф. Тарасенко

1988

82. *Визуальный морфоспектральный анализ карт с использованием ЭВМ // Тематическая картография и науч.-техн. прогрес : тез. докл. Всесоюз. конф. – Харьков, 1988.

Соавт.: Ю. Й. Максимюк, В. Й. Лажник, В. В. Крутоголовый

83. *Применение стереометрических методов при изучении онтогенических особенностей биогенных минеральных образований // Тез. докл. I Республик. конф. по биоминералогии. – Луцк, 1988.

Соавт.: Т. В. Мелешко

1989

84. *Метод фотограмметрии в РЭМ: теория, возможности, ограничения // Тез. докл. VI Всесоюз. симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1989). – М., 1989. – С. 133.

Соавт.: В. Н. Соколов, В. В. Крутоголовый

85. Нові методи в навчальній картографії // Проблеми формування особистості вчителя та шляхи його підготовки до всебічного розвитку учнів : тези доп. наук.-практ. семінару. – Луцьк : Пед. ін-т, 1989. – Ч. 2. – С. 220-221.

Співавт.: В. Й. Лажнік, Ю. Й. Максимюк

86. *О прогнозировании осадок сооружений с учетом стереометрического анализа микростроения грунтов // Совершенствование геодезических, фотограмметрических и астрономических работ : тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. – Ростов н/Д, 1989.

Соавт.: Ю. Й. Максимюк

1990

87. *Аналитическая РЭМ-стереометрия // Тез. докл. XIV Всесоюз. симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1990)/ АН СССР. – М., 1990. – С. 235–236.

Соавт.: В. Н. Соколов, В. В. Крутоголовый

88. *О картографировании долговременных антропогенных изменений природной среды // Растительные ресурсы Западного Полесья : тез. докл. обл. науч. семинара. – Луцк, 1990.

Соавт.: Ф. П. Тарасюк

1991

89. *Аналитическая РЭМ-стереофрактография // Тез. докл. VII Всесоюз. симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1991). – М., 1991. – С. 90.

Соавт.: В. Н. Соколов

90. *О повышении картографической грамотности // Проблемы географического образования населения и пропаганда географических знаний : тез. докл. науч.-практ. конф. – Гомель, 1991.

Соавт.: В. И. Демкович

1993

91. *Изучение эрозии почв методом РЭМ-стереометрии // Восьмое межвуз. координац. совещ. по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Воронеж, 1993. – С. 69–70.

92. *Количественный анализ РЭМ-стереоизображений // Тез. докл. VII симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1993). – Черногоровка, 1993. – С. 57.

Соавт.: В. Н. Соколов, А. А. Лебедев, О. В. Разгулина

93. *Теоретические и прикладные основы РЭМ-фотограмметрии // Тез. докл. VII симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1993). – Черногоровка, 1993. – С. 8.

Соавт.: В. Н. Соколов

1995

94. *Вивчення ерозії ґрунту на основі інтеграції растрової електронної мікроскопії // VII з'їзд Укр. геогр. т-ва : тези доп. – К., 1995. – С. 376–377.

Співавт.: Ф. П. Тарасюк, І. М. Нетробчук

95. *Analysis of SEM stereoimages // Abstracts IX Russian Symp. on Scanning Electron Microscopy and Analytical Methods of Solids Investigations. – Chernogolovska, 1995. – P. 145–146.

Coauthor: V. N. Sokolov, D. I. Yurkovets

1996

96. *Дослідження точності визначення збільшення (масштабу) РЕМ-знімків за допомогою тест-сіток з різною роздільною здатністю // Матеріали наук.-практ. конф. – Л., 1996. – С. 92–94.

Співавт.: О. М. Іванчук

97. Инженерно-экологическое исследование плотины ХАЭС // Екологічна освіта і виховання (стан та перспективи) : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. / Волин. обл. адмін., М-во освіти і науки України ; Ін-т філософії НАН України, ВДУ імені Лесі Українки. – Луцьк, 1996. – С. 188–190.

Соавт.: В. Н. Соколов, В. Ф. Тарасенко

98. *Новый метод компьютерного анализа микроструктуры твердых тел по их РЭМ изображениям // Тез. докл. XVI Рос. конф. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1996). – Черногоровка, 1996. – С. 32.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

99. *О регуляризирующем построении по РЭМ изображениям цифровой модели микрорельефа // Тез. докл. XVI Рос. конф. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1996). – Черногоровка, 1996. – С. 33.

Соавт.: В. Н. Соколов

100. *РЭМ-стереометрическая морфометрия деструктивных изменений костной ткани // Актуальные вопросы биологии опорно-двигательного аппарата : материалы VIII школы стран СНГ / Укр. науч.-исслед. ин-т травматологии и ортопедии, – К., 1996. – С. 63.

Соавт.: В. С. Пикалюк

1997

101. *До питання дешифрування аерофотозображень при тематичному картографуванні // Кадастр, фотограмметрія, геоінформатика – сучасні технології і перспективи розвитку : матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. / Держ. ун-т “Львівська політехніка”. – Л., 1997. – С. 212–214.

Співавт.: Ф. П. Тарасюк, О. М. Іванчук, Ю. С. Бліндер

102. Застосування короткобазисної фотограмметрії в системі агроекологічного моніторингу // Екологія, водне господарство та проблеми водних ресурсів Західного регіону України : матеріали наук.-практ. конф. / Держ. ком. України по водному госп-ву, Волин. облдержадмін. ; [редкол.: Ю. В. Бахмачук, Я. О. Мольчак, М. Й. Шевчук] – Луцьк, 1997. – С. 114–121.

Співавт.: І. М. Нетробчук

103. *Использование Фурье анализа РЭМ изображений для получения морфологических характеристик микроструктуры // Тез. докл. X Рос. симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1997). – Черногоровка, 1997. – С. 38–40.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

104. Кількісний аналіз морфометричних і геометричних властивостей фунту за допомогою РЕМ // Екологія, водне господарство та проблеми водних ресурсів Західного регіону України : матеріали наук.-практ. конф. / Держ. ком. України по водному госп-ву, Волин. облдержадмін. ; [редкол.: Ю. В. Бахмачук, Я. О. Мольчак, М. Й. Шевчук] – Луцьк, 1997. – С. 95–114.

Співавт.: І. М. Нетробчук

105. *Метод короткобазисної фотограмметрії в системі агроекологічного моніторингу // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва в Україні : матеріали наук.-практ. конф. – Л., 1997. – С. 154–161.

Співавт.: І. М. Нетробчук

106. *Некоторые общие принципы трехмерного восстановления РЭМ изображений // Тез. докл. X Рос. симп. по растровой электрон. микроскопии и

аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1997). – Черноголовка, 1997. – С. 36–37.

Соавт.: В. Н. Соколов, В. У. Волошин

107. *Стереометрична оцінка просторової організації мікроструктури ґрунту як чинника площинної ерозії // Кадастр, фотограмметрія, геоінформатика – сучасні технології і перспективи розвитку : матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. / Держ. ун-т “Львівська політехніка”. – Л., 1997. – С. 105–106.

Співавт.: І. М. Нетробчук, В. У. Волошин

108. *Фрактальна просторова структура геосистем землекористування // Кадастр, фотограмметрія, геоінформатика – сучасні технології і перспективи розвитку : матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. / Держ. ун-т “Львівська політехніка”. – Л., 1997. – С. 121–125.

Соавт.: Ф. П. Тарасюк, О. М. Іванчук, В. У. Волошин

1998

109. *Компьютерный анализ неоднородных полидисперсных пористых структур по РЭМ-изображениям // Тез. докл. XVII Рос. конф. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-1998). – Черноголовка, 1998. – С. 22.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

2000

110. *Автоматизированная система сшивки РЭМ изображений // Тез. докл. XVIII Рос. конф. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-2000). – Черноголовка, 2000. – С. 142.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

111. *Анализ геометрической коррекции цифровых РЭМ-изображений // Тез. докл. XVIII Рос. конф. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-2000). – Черноголовка, 2000. – С. 143.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, В. У. Волошин

112. *To the theory of photogrammetric handling of REM-images // 2-nd International Conference on Cadastre, Pphotogrammetry, Geoinformatics-Modern technologies and development perspectives. – Lviv-Cracow, 2000. – P. 208-211.

Coauthor: V. U. Voloshin

2001

113. *Автоматизированная система морфологического анализа скелетного компонента микроструктуры по РЭМ-изображениям // Тез. докл. XII Рос. симп. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-2001). – Черногловка, 2001. – С. 161.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

114. *Automatic “sewing together” of REM-images with use of Walsh descriptors // 3-nd International Conference on Cadastre, Pphotogrammetry, Geoinformatics-Modern technologies and development perspectives. – Cracow, 2001. – P. 5.19–5.26.

Coauthor: V. U. Voloshin, T. I. Voloshyna

115. *Stereologiczno-stereometricne metody oceny ilosciowej mikrostruktury gleby // 3-nd International Conference on Cadastre, Pphotogrammetry, Geoinformatics-Modern technologies and development perspectives. – Cracow, 2001. – P. 5.1–5.10.

Coauthor: V. U. Voloshin, O. L. Doroghynskyu

116. *3D reconstruction of surface and subsurface structures of solids by SEM stereo images // Proc. Of the Institute of Physics Electron Microscopy and Analysis Group Conference, University of Dundee, 5-7 September 2001. Inst. Phys. Conf. Ser. № 168: Section 4. Electron Microscopy and Analysis 2001. – Bristol and Philadelphia : Institute of Physics Publishing, 2001. – P. 119–122.

Coauthor: V. N. Sokolov, D. I. Yrkovets, A. Boyde, P. G. T. Howell

2003

117. *Изучение характеристик микроструктуры твердых тел с помощью комплексного автоматизированного анализа РЭМ-изображений // Тез. докл.

XIII Рос. симп. по растровой микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-2003). – Черногловка, 2003. – С. 33.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

2004

118. *Метод оценки округлости микрообъектов по РЭМ-изображениям // Тез. докл. XX Рос. конф. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-2004). – Черногловка, 2004. – С. 120.

Соавт.: В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина

2006

119. *On a problem of automatic analysis of aerospace photos, made at different times // Symposium na temat GIS i GPS w praktyce (kwiecień 2006). – Chelm, 2006. – P. 234–243.

Coauthor: V. N. Sokolov, D. I. Yrkovets, O. V. Razgulina

2007

120. *Method of stereoidentification with the use of walsh descriptors // Symposium na temat GIS i GPS w praktyce (kwiecień 2007). – Chelm, 2007. – P. 47–54.

Coauthor: O. V. Rudik, O. V. Melnyk

2008

121. *До питання системного аналізу геодезичних досліджень // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід : зб. наук. пр. міжнар. наук.-практ. конф. / Чернігів. держ. ін-т економіки і упр., Інж.-буд. ф-т :– Чернігів, 2008. – Вип. 4. – С. 90–96.

Співавт.: В. У. Волошин, О. В. Рудик

122. *Електронно-мікроскопічний та рентгено-дифрактометричні дослідження ґрунтової греблі ХАЕС // Штучні водойми України: сучасний стан і антропогенні зміни : матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф., 22–24 трав. 2008 р. – Луцьк, 2008. – С. 91–97.

Співавт.: О. В. Рудик, О. В. Мельник

123. *Сшивка РЭМ-изображений с помощью дескрипторов Уолша // Тез. докл. Рос. конф. по растровой электрон. микроскопии и аналит. методам исслед. твердых тел, (РЭМ-2008). – Черногоровка, 2008. – С. 236–237.

Соавт.: А. В. Шостак

Навчально-методичні видання 1984

124. *Исследование искажений проекции карты : метод. указания для студентов. – Луцк : Пед. ин-т, 1984. – 14 с.

Соавт.: Ю. Й. Максимюк

125. *Равнопромежуточная азимутальная проекция Постеля : метод. указания для студентов. – Луцк : Пед. ин-т, 1984. – 10 с.

Соавт.: Ю. Й. Максимюк

126. *Равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора : метод. указания для студентов. – Луцк : Пед. ин-т, 1984. – 12 с.

Соавт.: Ю. Й. Максимюк

1985

127. *Анализ тематической карты : метод. указания для студентов. – Луцк : Пед. ин-т, 1985. – 22 с.

Соавт.: В. Й. Лажник

128. *Равнопромежуточная азимутальная проекция Птолемея : метод. указания для студентов. – Луцк : Пед. ин-т, 1985. – 12 с.

Соавт.: Ю. Й. Максимюк

129. *Составление тематической карты значковым способом : метод. указания для студентов. – Луцк : Пед. ин-т, 1985. – 35 с.

Соавт.: В. Й. Лажник

1987

130. *Анализ и оценка атласа : метод. указания для студентов. – Луцк : Пед. ин-т, 1987. – 12 с.

Соавт.: В. Й. Лажник

131. *Составление тематической карты способом картограммы : метод. указания для студентов. – Луцк : Пед. ин-т, 1987. – 32 с.

Соавт.: В. Й. Лажник

1988

132. *Методическое пособие по учебной топографической практике. – Луцк : Пед. ин-т, 1988. – 76 с.

Соавт.: В. Н. Лажник, Ю. Й. Максимюк, В. И. Демкович

1989

133. *Основы дешифрирования аэроснимков : метод. указания для студентов. – Луцк : Пед. ин-т, 1989. – 63 с.

Соавт.: В. Н. Лажник, Ю. Й. Максимюк, В. И. Демкович

2008

134. Картографія : лаборатор. практикум для спец. “Землевпорядкування і кадастр” / Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, геогр. ф-т. – Луцьк : РВВ “Вежа” Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. – 76 с. : ілюстр., табл.

135. Фотограмметрія : лаборатор. практикум для спец. “Землевпорядкування і кадастр” / Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, геогр. ф-т. – Луцьк : РВВ “Вежа” Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. – 93 с. : ілюстр., табл.

Депоновані праці

1984

136. *Калибровка геометрических искажений РЭМ-снимков. – К, 1984. – 18 с. – Деп. в УкрНИИНТИ УК-84, № 539.

Соавт.: В. Н. Соколов, О. М. Иванчук, О. В. Тумская, М. П. Шебашинов

1990

137. *Применение статистических методов планирования экспериментов при разработке школьно-краеведческих атласов. – [К.], 1990. – Деп. в ОЦНИ “Школа и педагогика”. УК-90, № 315–90.

Соавт.: М. А. Нагорна, В. Ф. Тарасенко

1993

138. *Геодезические и электронно-микроскопические исследования осадок и деформаций крупных инженерных сооружений : монография. – [К.], 1993. – 271 с. – Деп. в ГНТБ Украины УК-93, № 1927.

139. *Исследование шероховатости шлифованной поверхности методом аналитической РЭМ-стереометрии с применением модели случайного поля. – [К.], 1993. – 6 с. – Деп. в ГНТБ Украины Ук-93, № 1391.

Соавт.: А. В. Шостак, В. А. Кищук

140. *РЭМ-стереометрическая характеристика отображения микронеровностей резца обрабатываемой поверхности. – [К.], 1993. – 6 с. – Деп. в ГНТБ Украины УК-93, № 1231.

Соавт.: А. В. Шостак

141. *Стереолого-стереометрична оцінка мікроструктури ґрунту. – [К.], 1993. – 23 с. – Деп. в ДНТБ України 06.07.93 Ук-93, № 1390.

Співавт.: Ф. П. Тарасюк, І. М. Нетробчук

1996

142. *Вивчення диференціальних параметрів цифрової моделі рельєфу. – [К.], 1996. – 11 с. – Депон. в ДНТБ України УК-96, № 1251.

Співавт.: І. М. Нетробчук

143. *К вопросу автоматизации дешифрирования аэрофотоизображений при тематическом картографировании. – [К.], 1996. – 6 с. – Депон. в ГНТБ Украины Ук-96, № 1729.

Соавт.: Ф. П. Тарасюк, Ю. С. Блиндер

Дисертаційні роботи, захищені під науковим

керівництвом В. М. Мельника

1997

144. Нетробчук І. М. Картографо-фотограмметричне моделювання площинної ерозії (на прикладі Волинської височини) : дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.04 / Ірина Марківна Нетробчук; Волин. держ. ун-т ім. Лесі Українки. –

Луцьк, 1997. – 252 с.

2004

145. Волошин В. У. Розробка методів РЕМ-фотограмметрії та морфолого-фрактального аналізу (на прикладі дослідження деструкції кісткової тканини) : дис. ... канд. техн. наук : 05.24.02 / Володимир Ульянович Волошин; Волин. держ. ун-т ім. Лесі Українки. – Луцьк, 2003. – 172 с. – Бібліогр.: С. 159–172.

2006

146. Бліндер Ю. С. Моделювання і картографічне відтворення площинного змиву ґрунтів : дис. ... канд. техн. наук : 05.24.02 / Юрій Степанович Бліндер; Волин. держ. ун-т ім. Лесі Українки. – Луцьк, 2006. – 191 с. : рис., табл. – Бібліогр.: С. 154–168.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК НАЗВ ПРАЦЬ

Автоматизированная система морфологического анализа скелетного компонента микроструктуры по РЭМ-изображениям	53, 61, 113
Автоматизированная система сшивки РЭМ изображений	51, 110
Алгоритм побудови карт пластики рельєфу методом дискретного перетворення Фур'є	47
Анализ геометрической коррекции цифровых РЭМ-изображений	111
Анализ и оценка атласа : метод. указания для студентов	130
Анализ погрешностей стереоизмерений в растровой электронной микроскопии	13
Анализ РЭМ стереоизображений	29,31
Анализ тематической карты : метод. указания для студентов	127
Аналитическая РЭМ-стереометрия	19, 87
Аналитическая РЭМ-стереофрактография	89
Аналитическая фотограмметрическая обработка электронно-микроскопических изображений	76
Аналіз геодезичних спостережень за зміщеннями земляної греблі ХАЕС	26
Analysis of SEM stereoimages	95
Analysis of SEM stereoscopic images	33
Automatic “sewing together” of REM-images with use of Walsh descriptors	114
Back Scottered Electron Stereophotogrammetry Based on the BSE-Microtomography in the SEM	50
Варіант оперативного геодезичного контролю за експлуатаційним станом греблі ХАЕС	71
Вивчення диференціальних параметрів цифрової моделі рельєфу	142
Вивчення ерозії ґрунту на основі інтеграції растрової електронної мікроскопії	94
Визуальный морфоспектральный анализ карт с использованием ЭВМ	82
Геодезические и электронно-микроскопические исследования осадок и деформаций крупных инженерных сооружений	138
Геодезическое наблюдение за осадками плотины Хмельницкой АЭС	22
Деякі питання РЕМ-фотограмметрії наведеного струму	66
Деякі питання системного аналізу геодезичних вимірювань	64
До питання дешифрування аерофотозображень при тематичному картографуванні	101

До питання моделювання ерозійного площинного змиву	36
До питання РЕМ-фотограмметрії	65
До питання системного аналізу геодезичних досліджень	121
До теорії дисторсійних спотворень РЕМ-зображень	67
До теорії обробки електронномікроскопічних стерео пар	5
До теорії цифрової обробки РЕМ-зображень	48
Дослідження кісткової тканини методами РЕМ-мікроскопії	58
Дослідження точності визначення збільшення (масштабу) РЕМ-знімків за допомогою тест-сіток з різною роздільною здатністю	96
Електронно-мікроскопічний та рентгено-дифрактометричні дослідження ґрунтової греблі ХАЕС	122
Экспресс-метод измерения высот микрообъектов в РЭМ	57
Застосування короткобазисної фотограмметрії в системі агроекологічного моніторингу	102
Изучение характеристик микроструктуры твердых тел с помощью комплексного автоматизированного анализа РЭМ-изображений	117
Изучение характеристик микроструктуры твердых тел с помощью компьютерного анализа РЭМ-изображений	59
Изучение эрозии почв методом РЭМ-стереометрии	91
Инженерно-экологическое исследование плотины ХАЭС	97
Использование Фурье анализа РЭМ изображений для получения морфологических характеристик микроструктуры	37, 103
Исследование геометрических искажений снимков, полученных на растровом электронном микроскопе	9
Исследование искажений проекции карты	124
Исследование шероховатости шлифованной поверхности методом аналитической РЭМ-стереометрии с применением модели случайного поля	139
Investigation of the raster elektronik mikrosteriophotogrammetric survey accuracy	74
К вопросу автоматизации дешифрирования аэрофотоизображений при тематическом картографировании	143
К вопросу фотограмметрической обработки стерео пар, полученных на электронном микроскопе	8
К теории фотограмметрической обработки РЭМ-снимков	12
Калибровка геометрических искажений РЭМ-снимков	16, 136
Картографія	134
Кількісна стереомікрофрактографія	4

Кількісний аналіз морфометричних і геометричних властивостей фунту за допомогою РЕМ	104
Кількісний РЕМ-аналіз морфометричних і геометричних характеристик мікроструктури ґрунту	38
Количественный анализ микрорельефа поверхности и структуры микробъектов	23
Количественный анализ РЭМ-стереоизображений	92
Компьютерный анализ неоднородных полидисперсных пористых структур по РЭМ-изображениям	44, 109
Математико-феноменологічна модель протиерозійної стійкості ґрунту	60
Математическое моделирование микрорельефа шероховатых поверхностей	20
Метод количественного анализа микроструктуры твердых тел по РЭМ-изображениям	34
Метод короткобазисної фотограмметрії в системі агроекологічного моніторингу	105
Метод оценки округлости микрообъектов по РЭМ-изображениям	62, 118
Метод трехмерной реконструкции микрорельефа поверхности твердых тел по их РЭМ-стереоизображениям	30
Метод фотограмметрии в РЭМ: теория, возможности, ограничения	80, 84
Методи кількісної характеристики мікроструктури ґрунту	45
Методи структурної та фрактального аналізу при оцінці деструктивних змін кісткової тканини	54
Методическое пособие по учебной топографической практике	132
Метрические свойства растровых электронных снимков	10
Моделювання процесів водної ерозії ґрунтів	72
Моніторинг ґрунтових гребель значної протяжності наземно-супутниковими геодезичними методами	69
Морфоспектральный анализ микроструктуры мелиорированных торфяных почв	78
Method of stereoidentificatio with the use of walsh descriptonrs	120
Некоторые вопросы стереофрактографической обработки РЭМ-снимков	24
Некоторые вопросы цифровой обработки РЭМ-изображений	27
Некоторые общие принципы трехмерного восстановления РЭМ изображений	106
Нові методи в навчальній картографії	85
Новый метод компьютерного анализа микроструктуры твердых тел по их РЭМ изображениям	98

О картографировании долговременных антропогенных изменений природной среды	88
О повышении картографической грамотности	90
О прогнозировании осадок сооружений с учетом стереометрического анализа микростроения грунтов	86
О регуляризирующем построении по РЭМ изображениям цифровой модели микрорельефа	99
Об использовании когнитивных карт в учебном процессе	81
Обзор работ по применению фотограмметрии в электронной микроскопии	6
Определение микротопографических параметров шероховатых поверхностей	14
Определение увеличения при стереоскопической съемке в электронной микроскопии	7
Определение фрактальности поверхностей разрушения по данным РЭМ-стереоизмерений	32, 39
Основы дешифрирования аэроснимков	133
On a problem of automatic analysis of aerospace photos, made at different times	119
Повышение надежности и долговечности деталей из чугуна, работающих в условиях температурных и ударных нагрузок	79
Применение РЭМ для изучения поверхностей трения	75
Применение статистических методов планирования экспериментов при разработке школьно-краеведческих атласов	137
Применение стереометрических методов при изучении онтогенических особенностей биогенных минеральных образований	83
Принципы фрактальности в механике разрушения металлов	35
Про вплив різнозернистості та неоднорідності порового простору на деформаційно-суфозійні властивості ґрунтових гребель	70
Про побудову систем класифікації агроекологічних показників на основі теорії нечітких множин	46
Программно-аппаратный комплекс для исследования микроморфологии поверхности твердых тел по РЭМ-изображениям	40
Пространственное моделирование и применение современных методов стереологической и стереометрической оценки в биологии и медицине	41
Равнопромежуточная азимутальная проекция Постеля	125
Равнопромежуточная азимутальная проекция Птолемея	128
Равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора	126
Растрово-електронна стереомікрофрактографія	3
РЕМ-аналіз мікроструктури дерново-підзолистих ґрунтів	73
РЕМ-стереологічний аналіз як чинник інтегративної моделі	

прогнозування деформацій інженерних споруд	55
РЭМ-стереометрическая морфометрия деструктивных изменений костной ткани	100
РЭМ-стереометрическая характеристика отображения микронеровностей резца обрабатываемой поверхности	140
Синтаксичний метод стереоототожнювання	52
Составление тематической карты значковым способом	129
Составление тематической карты способом картограммы	131
Стереолого-планіметрична обробка РЕМ-зображень методом Кригінга	56
Стереолого-стереометрична оцінка анізотропних структур	42
Стереолого-стереометрична оцінка мікроструктури ґрунту	141
Стереометрична оцінка просторової організації мікроструктури фунту як чинника площинної ерозії	107
Стереометричний аналіз РЕМ-зображень мікроструктури поверхні кістки	43
Стереометричний метод онтогеничних особливостей біогенних мінеральних утворень	21
Стереомикротомография – новый способ изучения трехмерных микроструктур в РЭМ	49
Стереофотограмметрическая обработка РЭМ-изображений	77
Стереофотограмметрическая оценка микрорельефа поверхности износа металлов	15
Стереофрактографическая обработка РЭМ-снимков	17
Стереофрактографическая обработка снимков, полученных с помощью РЭМ	18
Сшивка РЭМ-изображений с помощью дескрипторов Уолша	123
Some problems of stereofractographical processing of SEM-pictures	25
Stereologiczno-stereometriczne metody oceny ilosciowej mikrostrukturygleby	115
Теоретические и прикладные основы РЭМ-фотограмметрии	93
Теорія і практика фотограмметричних методів в електронно-мікроскопічних дослідженнях	2
To the theory of photogrammetric handling of REM-images	112
Фотограмметрическая обработка снимков, полученных на растровом электронном микроскопе	1, 11
Фотограмметрія	135
Фрактальна просторова структура геосистем землекористування	108
Фрактальная и стереометрическая оценки РЭМ-изображении шероховатых поверхностей	28

Цифровая обработка РЕМ-зображень	68
Цифровая обработка РЭМ-изображений: стереопланиметрический анализ микроструктуры твердых тел	63
3D reconstruction of surface and subsurface structures of solids by SEM stereo images	116

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК СПІВАВТОРІВ

- Бліндер Ю. С. (*Блиндер Ю.С.*) 38, 45, 47, 60, 101, 143
Бобро Ю. Г. 32, 35, 39, 42
Волошин В. У. (*Volochin V.U., Volochyn V.U.*) 32, 35, 38, 39, 45, 47, 48, 52, 54, 56, 65, 106, 107, 108, 111, 112, 114, 115, 121
Волошина Т. І. (*Volochyna T. I.*) 52, 114
Демкович В. И. 90, 132, 133
Дицман С. А. 49
Дорожинський О. (*Doroghynskyy O.L.*) 115
Іванчук О. М. (*Иванчук О.Н.*) 12, 13, 16, 77, 80, 96, 101, 108, 136
Кищук В. А. 139
Король П. П. 46
Країло Я. І. 58
Крестьянов В. И. 17, 18, 20
Крутоголовий В. В. (*Крутоголовый В. В.*) 17, 18, 19, 81, 82, 84, 87,
Лажнік В.Й. (*Лажник В. Й.*) 78, 82, 85, 127, 129, 130, 131, 132, 133
Лебедев А. А. (*Лебедев А. А.*) 30, 92
Лихотоп Р. Й. 41, 58
Любимов І. М. (*Любимов И. Н.*) 10
Маглаперидзе Н. О. 75
Максимюк Ю. Й. 16, 21, 26, 55, 78, 81, 82, 85, 86, 124, 125, 126, 128, 132, 133
Малишко О. І. 64
Мелешко Т. В. 21, 83
Мельник О.В. (*Melnyk O.V.*) 68, 69, 70, 71, 120, 122
Мельник Ю. А. 73
Михайлюк В. А. 27
Нагорна М. А. 137
Нетробчук І. М. 36, 94, 102, 104, 105, 107, 141, 142
Павлишин В.П. 69, 70, 72
Пикалюк В. С. 43, 100
Радзій В. Ф. 72, 73
Разгуліна О. В. (*Разгулина О. В., Razgulina O. V.*) 37, 40, 44, 51, 53, 57, 59, 62, 63, 92, 98, 103, 109, 110, 113, 117, 118, 119
Рау Э.И. (*Rau E.I.*) 49, 50
Ріман Д. В. (*Риман Д. В.*) 30
Рудик О. В. (*Rudik O. V.*) 69, 120, 121, 122
Сбитнев П. П. (*Сбитнев П. П.*) 75, 79
Соколов В. Н. (*Sokolov V. N.*) 13, 19, 23, 24, 25, 28, 30, 31, 33, 34, 37, 40, 44, 49, 50, 51, 53, 57, 59, 61, 62, 63, 77, 80, 84, 87, 89, 92, 93, 95, 97, 98, 99, 103, 106, 109, 110, 111, 113, 116, 117, 118, 119, 136
Стовпник Т. М. 26

Тарасенко В.Ф. 81, 97, 137
Тарасюк Ф. П. 38, 45, 88, 94, 101, 108, 141, 143
Тумская О. В. 136
Фалюш В.В. 78
Фінковський В. Я. (*Финковский В. Я., Finkovsky V. J.*) 9, 11, 12, 74, 76
Франков Д.Я. 60
Чих В. И. 7
Шебастинов М. П. 13, 15, 17, 18, 20, 75, 76, 79, 136
Шостак А. В. 3, 4, 32, 35, 39, 42, 66, 67, 68, 123, 139, 140
Юрковец Д. И. (*Yurkovets D. I.*) 29, 30, 31, 33, 34, 37, 40, 44, 49, 50, 51, 53, 57, 59,
61, 62, 63, 95, 98, 103, 109, 110, 111, 113, 116, 117, 118, 119
Boyd A. 50, 116,
Howell P. G. T. 50, 116
Sennov R. A. 50

ІЛЮСТРАЦІЇ

ДИПЛОМИ ТА ВІДЗНАКИ

ДИПЛОМ

З ВІДЗНАКОЮ
П № 637506

Цей диплом видано Мельнику
Владимиру Николаевичу
в тому, що він в 1959 році вступив в
до Львівської політехнічного
інституту
і в 1964 році закінчив в повний курс
названого інституту по спеціальності
"Аерофотогеодезія"

Рішенням Державної екзаменаційної комісії
від "24" грудня 1964
присвоєна кваліфікація інженера -
аерофотогеодезиста

Григорій
Горбун
Місце: Львів
25 " грудня 1964 року.
Реєстраційний № 1002



ДИПЛОМ

С ОТЛИЧИЕМ
П № 637506

Настоящий диплом выдан Мельнику
Владимиру Николаевичу
в том, что он в 1959 году
поступил по Львовский
политехнический институт
и в 1964 году окончил полный курс
названного института
по специальности "Аерофотогеодезія"

Решением Государственной экзаменационной
комиссии от "24" декабря 1964
Мельнику В.Н.
присвоена квалификация инженера -
аерофотогеодезиста

Григорій
Горбун
Місце: Львів
25 " грудня 1964 г.
Реєстраційний № 1002



Московская типография Гознак. 1960.

ДИПЛОМ

КАНДИДАТА НАУК


ТН № 053660

Москва 19 мая 1982.

Решением
Совета в Московском институте инженеров
геодезии, аэрофотогеодезии и картографии
от 10 декабря 1981 г. (протокол № 9)

Мельнику Владимиру Николаевичу
ПРИСУЖДЕНА УЧЕНАЯ СТЕПЕНЬ
КАНДИДАТА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Председатель совета *Роберт...*
Член секретарь совета *Александр...*





Вища атестаційна комісія України

ДИПЛОМ доктора наук

ДН № 002020 *

РІШЕННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ

Державного університету "Львівська політехніка"
від *20 вересня 1995 р.* протокол № *10*

Мельнику Володимиру Миколайовичу

ПРИСУДЖЕНО НАУКОВИЙ СТУПІНЬ ДОКТОРА

технічних наук



Голова Вищої атестаційної комісії

Учений секретар

УКРАЇНА



Міністерство освіти

АТЕСТАТ професора

ПР АРН0001339

РІШЕННЯМ ВЧЕНОЇ РАДИ

Волинського державного університету
від *29 травня 1997 року* протокол № *6*

Мельнику Володимиру Миколайовичу

ПРИСВОЄНО ВЧЕНЕ ЗВАННЯ ПРОФЕСОРА

кафедри ландшафтного природознавства та охорони природи

Голова атестаційної комісії

Учений секретар



Диплом

№ 265

ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ
УКРАЇНИ

ОБРАЛА

Мелоника
Володимира Миколайовича
членом-корреспондентом

Пр. № 9 від 14.05.99 р.


ПРЕЗИДЕНТ
ГОЛОВНИЙ ЧЛЕННИЙ
СЕКРЕТАРІЙ
УКРАЇНИ
А.М. Васильєв
О.П. Лебедницький

Диплом

№ 265

ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ
УКРАИНЫ

ИЗБРАЛА

Мелоника
Владимира Николаевича
членом-корреспондентом

Пр. № 9 от 14.05.99 г.


ПРЕЗИДЕНТ
ГЛАВНЫЙ ЧЛЕННИЙ
СЕКРЕТАРІЙ
УКРАЇНИ
А.М. Васильєв
О.П. Лебедницький



ПОЧЕСНЕ ЗВАННЯ

„Заслужений працівник народної освіти України“

ПРИСВОЄНО УКАЗОМ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ

Мелоніку
Володимиру Миколайовичу

За визначні досягнення в справі розбудови
національної освіти в Україні



Президент України

Л. М. Кравчук

Л. М. КРАВЧУК

м. Київ

* 221 *

THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES

PRESENTED TO

Dr. V. N. Melnik

AN ACTIVE MEMBER
OF THIS ACADEMY

March 1995

TO REMAIN IN GOOD STANDING
BY FULFILLING THE RESPONSIBILITIES
OF MEMBERSHIP



Johnna Sedberry
PRESIDENT

[Signature]
SECRETARY - TREASURER



МОНОГРАФІЇ, НАУКОВІ ЖУРНАЛИ ТА ЗБІРНИКИ

