

Геологія, розвідка та геофізика нафтових і газових родовищ

УДК 553.982/981(477.8)

DOI: 10.31471/1993-9868-2019-1(31)-7-17

КОМПЛЕКСНІ ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ НАФТИ І ГАЗУ

М. В. Штогрин*, С. Г. Анікеєв, О. О. Синицька

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727125,
e-mail: shtohrynukola@gmail.com, anikeyevsergiy@gmail.com, lenasynycka@gmail.com

Представлено результати високоточних комплексних геофізичних досліджень території Івано-Франківського національного університету методами електророзвідки та гравімагніторозвідки. За результатами геодезичних вимірів та польових геофізичних спостережень побудовано карти висот території, регіональних складових та детальні карти локальних аномалій гравітаційного і магнітного полів. За даними вертикального електричного зондування уздовж інтерпретаційних профілів побудовано геоелектричні розрізи з урахуванням відомостей про геолого-тектонічну будову розрізу до глибин у перші сотні метрів та геофізичних матеріалів, отриманих у попередні роки по території міста Івано-Франківськ. Подано аналіз загальної поведінки регіональних складових гравімагнітних полів, морфології геофізичних аномалій та надано геологічне тлумачення виявлених окремих локальних гравітаційних і магнітних аномалій. Регіональне поле сили тяжіння має тенденцію до зростання у напрямку збільшення висоти на території досліджень, а регіональне магнітне поле має хоч і слабку, але обернену залежність. Виявлено низку додатних невеликої інтенсивності локальних аномалій поля сили тяжіння, зумовлену, ймовірно, наявністю ущільнених порід косівської і тираської світ (наприклад, ущільненими карбонатами або ангідритами). Локальні магнітні аномалії відносно невеликої інтенсивності (у межах від -100 нТл до 500 нТл) зумовлені переважно університетськими спорудами та комунікаціями. За результатами аналізу інтенсивності геофізичних полів надано загальну прогностичну оцінку екологічного стану території досліджень. Одержані значення інтенсивності полів набагато нижчі санітарних норм.

Ключові слова: гравірозвідка, магніторозвідка, електророзвідка, локальні гравітаційні і магнітні аномалії, геологічний та геоелектричний розрізи.

Представлены результаты высокоточных комплексных геофизических исследований территории Ивано-Франковского национального университета методами электроразведки и гравимагниторазведки. По результатам геодезических измерений и полевых геофизических наблюдений построены карты высот территории, региональных составляющих и детальные карты локальных аномалий гравитационного и магнитного полей. По данным вертикального электрического зондирования по интерпретационным профилям построены геоэлектрические разрезы с учетом информации о геолого-тектоническом строении разреза до глубин в первые сотни метров, а также геофизических материалов, полученных за предыдущие годы, по территории города Ивано-Франковск. Выполнен анализ общего поведения региональных составляющих гравимагнитных полей, морфологии геофизических аномалий и представлено геологическое толкование выявленных отдельных локальных гравитационных и магнитных аномалий. Региональное поле силы тяжести имеет тенденцию к возрастанию по направлению увеличения высоты на территории исследований, а региональное магнитное поле имеет хотя и незначительную, но обратную зависимость. Выявлен ряд

положительных небольшой интенсивности локальных аномалий поля силы тяжести, обусловленных, вероятно, породами косовской и тираской свитами (например, уплотненными карбонатами или ангидритами). Локальные магнитные аномалии имеют относительно небольшую интенсивность (в пределах от -100 нТл до 500 нТл) и обусловлены преимущественно университетскими сооружениями и коммуникациями. По результатам анализа интенсивности геофизических полей представлено общую прогнозную оценку экологического состояния территории исследований. Полученные значения интенсивности полей намного ниже санитарных норм.

Ключевые слова: гравиразведка, магниторазведка, электроразведка, локальные гравитационные и магнитные аномалии, геологический и геоэлектрический разрезы.

The results of high-precision integrated geophysical studies of the Ivano-Frankivsk National University territory are presented. Research methods used are electrical prospecting and gravity and magnetic prospecting. According to the results of geodetic measurements and field geophysical observations, heights maps of the territory, regional components and detailed maps of local anomalies of the gravitational and magnetic fields, and also, according to the data of vertical electrical sounding, geoelectric sections along interpretation profiles were constructed. For the construction data on the geological and tectonic structure of the section to the depths of the first hundred meters were used, as well as geophysical materials obtained in previous years through of the Ivano-Frankivsk city territory. The analysis of the general behavior of the regional components of the gravimagnetic fields and morphology of geophysical anomalies was performed. The geological interpretation of the identified individual local gravitational and magnetic anomalies is presented. A regional field of gravity tends to increase in the direction of increasing heights in the study area and the regional magnetic field has an insignificant, but inverse relationship. A series of positive small intensity local anomalies of the field of gravity is probably due to the rocks of the Kosovska and Tyraska suite, for example, compacted carbonates or anhydrites. Local magnetic anomalies have a relatively small intensity ranging from -100 nTl to 500 nTl and due mainly to university facilities and communications. According to the results of the analysis of the intensity of geophysical fields, a general forecast estimate of the ecological state of the research area is presented. The obtained field intensity values are much lower than the sanitary norms.

Key words: gravity prospecting, magnetic prospecting, electrical prospecting, local gravitational and magnetic anomalies, geological and geoelectric sections.

Вступ. У межах території Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу на ділянці площею 500х400 м (рис. 1, 2) у 2017÷2018 рр. виконано профільну електророзвідку методом вертикального електричного зондування (відстань між точками зондування - від 100 м до 200 м), а також гравіметричні та магнітометричні спостереження масштабу 1:5000 з метою детального вивчення морфології геофізичних полів, розмірів та інтенсивності їхніх локальних аномалій та уточнення будови верхньої частини (перші сотні метрів) геологічного розрізу.

Аналіз сучасних досліджень. На території м. Івано-Франківська у 1993 році було виконано роботи з дослідження розподілу природних блукаючих струмів та їх інтенсивності біля поверхні землі. Визначено, що виміряні значення потенціалів екологічно безпечні, тобто не є загрозою для життя і здоров'я людей. Тоді ж виконано магнітну зйомку території. У межах міста Івано-Франківська інтенсивність магнітного поля змінюється від 43000 до 53000 нТл (станом на 2005 р.). Низка високоінтенсивних аномалій (від 1000 до 2000 нТл) зумовлена технічними причинами. Також виконано електромагнітні дослідження для з'ясування впливу ліній

електромереж на електромагнітне поле. Одержані значення інтенсивності полів набагато нижчі санітарних норм [1].

Для прикладу, у 2010 оприлюднені результати геолого-геофізичних досліджень на Рівненській атомній електростанції та у межах міста Київ, які було проведено з метою оцінювання ефективності моніторингу стану геологічного середовища урбанізованих територій з потенційно небезпечними об'єктами [2].

Під час дослідження природно-техногенного стану шахтних полів у районі міста Калуш застосовано комплекс геофізичних методів: гравіметрія, ПЕМПЗ (природне імпульсне електромагнітне поле Землі), ВЕЗ (вертикальне електричне зондування), ЗС (зондування становленням поля) для визначення і оконтурення нестійких зон, де можливе провалювання денної поверхні та існує ризик інтенсифікації процесу карстоутворення [3].

Позитивні результати геофізичних досліджень одержані на території будівництва центру ділових зустрічей в місті Нетішин методами зондування електромагнітними імпульсами приповерхневої частини геологічного розрізу [4].



Рисунок 1 – Територія Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

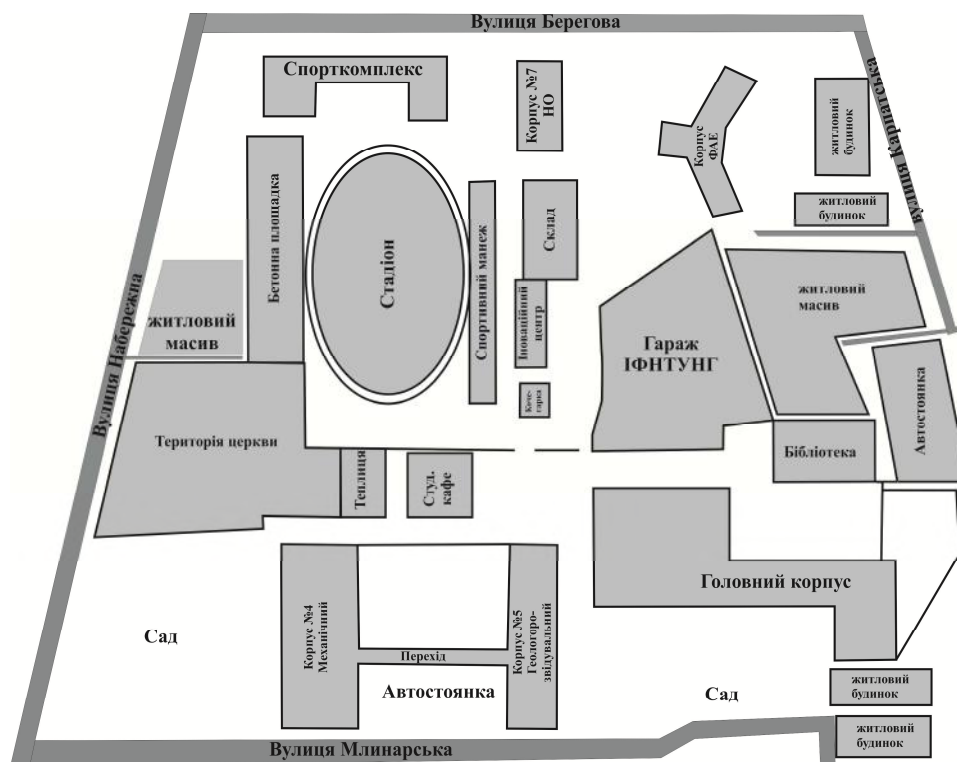


Рисунок 2 – Схема ділянки досліджень території Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

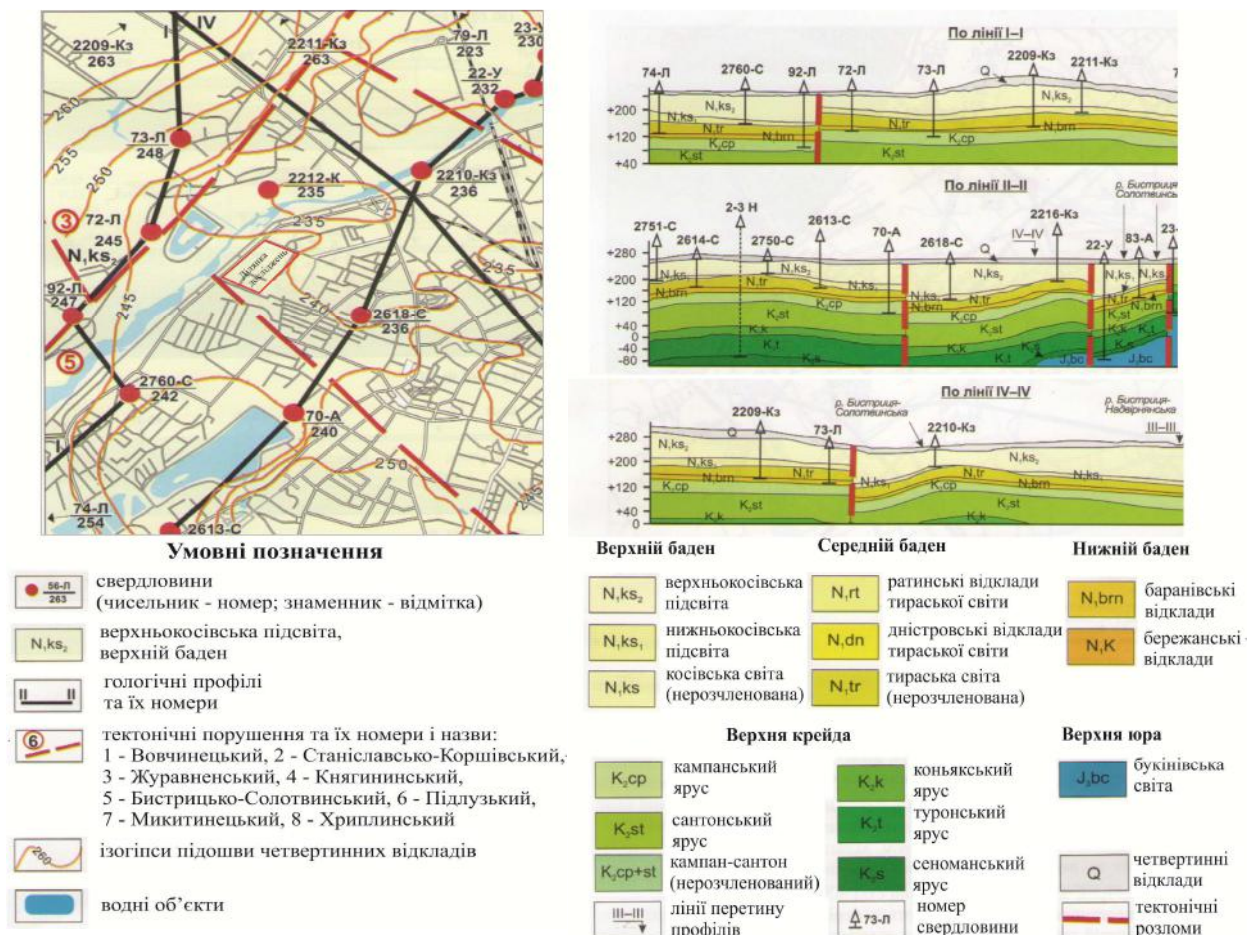


Рисунок 3 – Геологічна карта та геологічні розрізи території м. Івано-Франківська

Мета і завдання роботи. У межах міста Івано-Франківська методи вертикального електричного зондування та гравіметрії не застосовувались, а детальні комплексні геофізичні дослідження стану геологічного розрізу на локальних ділянках, зокрема на території університету, виконано уперше.

У тектонічному відношенні територія м. Івано-Франківська розташована у межах стикування Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину та південно-західної окраїни Волино-Подільської плити Східноєвропейської платформи. Поверхнева межа стикування вказаних структур є нечіткою, бо проходить через систему повздовжніх Карпатського простягання розломів переважно невеликої амплітуди [5, 6].

Геологічний розріз Більче-Волицької зони, за даними свердловини №1-Івано-Франківськ, пробуреної в районі с. Загвіздя до глибини 4502 м, розкрито неогенові, мезозойські (верхня крейда, верхня юра), девонські, силурійські, ордовіцькі та кембрійські породи. На геологічну карту (рис. 3) за даними численних пробурених інженерно-пошукових свердловин нанесено ізолінії залягання покрівлі дочетвертинних відкладів [5].



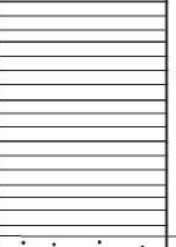
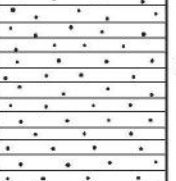
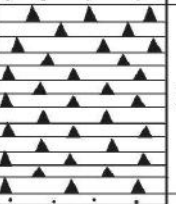
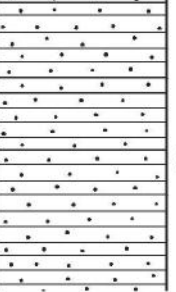
Під четвертинними відкладами залягають породи верхнього бадену, які представлені косівською світою. Це, здебільшого, сірі глини, карбонатні з прожилками алевролітів і пісковиків. Нижче залягають породи тираської світи, які представлені дністровськими верствами, масивними гіпсами та ангідритами з прошарками мергелів, глин та алевролітів.

У межиріччі Бистриць Солотвинської й Надвірнянської та на правобережжі останньої спостерігається загальне зростання абсолютних позначок покрівлі залягання дочетвертинних відкладів від місця злиття двох річок (220 м над рівнем моря) у бік південно-західного району досліджень (265 м над рівнем моря). На такому загальному тлі монокліналі отримали поширення окремі підняття або заглибини кільцевої форми розмірами від 0,3х0,5 до 1,0х1,1 км заввишки від 3 до 10 м. Одна з найбільших за площею таких заглибин простежується в районі міського озера.

На лівобережжі Бистриці-Солотвинської поверхня дочетвертинних відкладів зазнає досить різкого підняття – приблизно 20 м угору (від абсолютної відмітки 240 м до 260 м).

Виклад основного матеріалу. На території університету біля навчального корпусу №5 пробурена свердловина глибиною 200 м. Породи, розкриті бурінням, наведено у табл. 1. Четвертинні відклади представлені суглинками та гравійно-гальковими відкладами з піском. Товщина порід сягає 12 м. В інтервалі глибин 12-68 м глина аргілітоподібна, 68-105 м – глина з пісковиком, в інтервалі 105-140 м – гіпс, 140-200 м – глина з пісковиком.

Таблиця 1 – Літолого-стратиграфічна колонка для свердловини неподалік навчального корпусу ІФНТУНГ № 5

вік	породи	літологічний розріз	потужність пласта, м	глибина підстави пласта, м
1	суглинки		2	2
2	гравійно-галькові відклади з піском		10	12
3	глина аргілітоподібна		56	68
4	глина з пісковиком		37	105
5	гіпс		35	140
6	глина з пісковиком		60	200

За результатами топографо-геодезичних замірів побудовано карту висот території ІФНТУНГ. На дану карту винесено й пікети гравімагнітометричних спостережень (рис. 4).

Гравіметричні спостереження виконано двократною зйомкою двома гравіметрами ГНУ-КВ. Перед початком гравіметричних досліджень визначено ціну поділки гравіметрів способом різних висот. Всі виміри виконано відносно опорного пункту (ОП) – пікету № 1, що знаходиться на перехресті вулиць Набережна та Млинарська. Виміри гравіметрами виконувались короткими рейсами: не пізніше ніж через одну годину проведення вимірів оператор повертався на ОП. Загальна кількість пікетів спостережень – 75. На карту висот (рис. 4) винесено пікети гравімагнітних спостережень та електророзвідувальні профілі.

Первинну обробку здійснено відповідно до вимог виконання польових досліджень такого масштабу та полягала у введенні інструментальних та геолого-топографічних поправок [7].

Поправку за зміщення нуля-пункту обчислено за формулою

$$\Delta R_i = \frac{S_2^{OP} - S_1^{OP}}{t_2 - t_1} \cdot (t_i - t_1), \quad (1)$$

де S_1^{OP} – показ приладу на ОП на початок рейсу;

S_2^{OP} – показ приладу на ОП на кінець рейсу;

t_1, t_2 – відповідно час на ОП на початок та кінець рейсу;

t_i – час спостережень на проміжних точках рейсу i .

Приріст сили тяжіння відносно першого ОП з урахуванням ціни поділки приладу (C):

$$g_i = (S_i - S_1^{OP}) \cdot C. \quad (2)$$

Значення сили тяжіння з поправкою за зміщення нуля-пункту:

$$\Delta g_i = g_i - \Delta R_i. \quad (3)$$

Поправка Буге:

$$\Delta g_{Bi} = (0,3086 - 0,0418 \cdot \sigma) \cdot H_i, \quad (4)$$

де σ – густина проміжного шару (для розрахунків прийнято $\sigma = 2,30 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$);

H_i – висоти точок спостережень у межах ділянки досліджень, м.

Аномальні значення поля сили тяжіння відносно місцевого рівня геоїду:

$$\Delta g_i^a = \Delta g_i + \Delta g_{Bi}. \quad (5)$$

Похибка визначення аномального поля сили тяжіння, яка враховує точність спостережень та обробки, склала 0,05 мгл.

За даними обробки побудовано карту спостереженого поля сили тяжіння (рис. 5).

За регіональну складову прийнято осереднення поля сили тяжіння з радіусом 100 м. Як

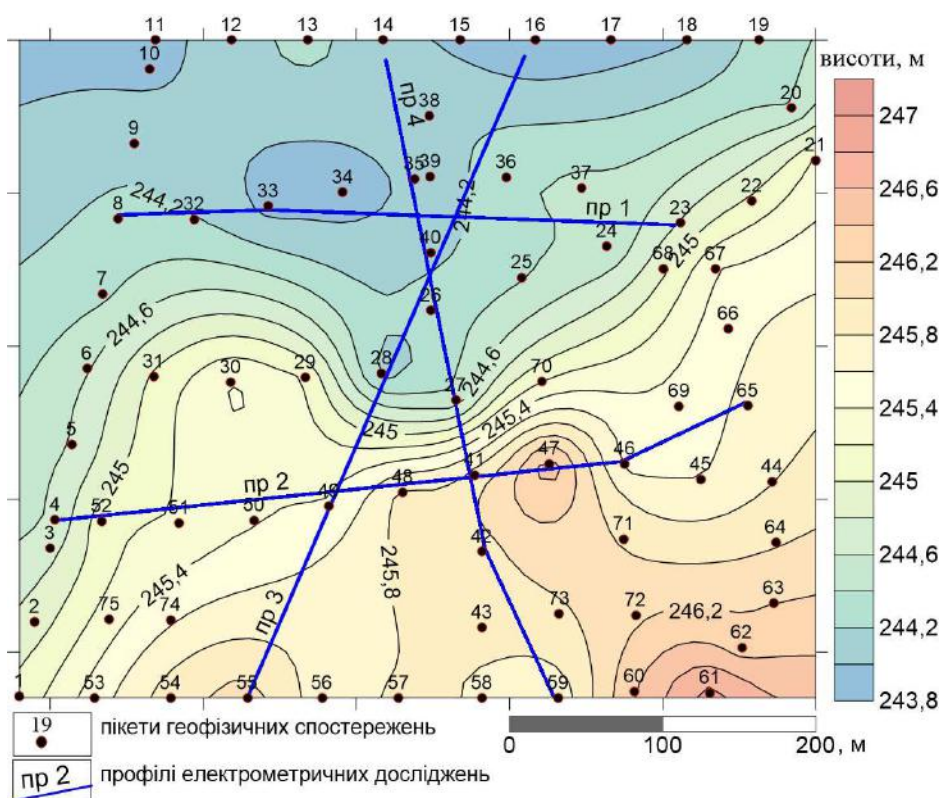


Рисунок 4 – Карта висот території досліджень

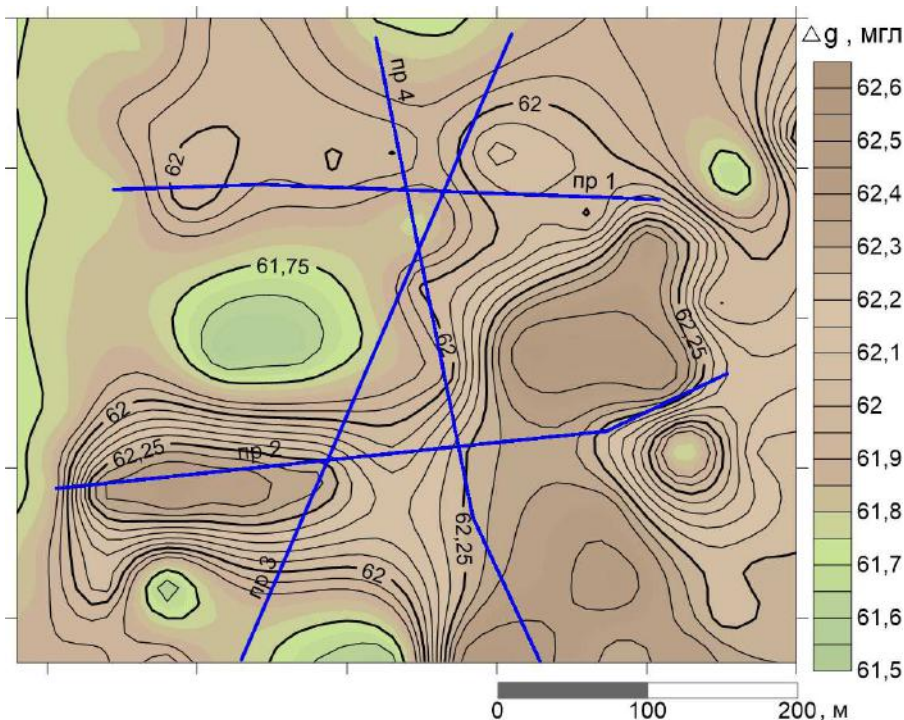


Рисунок 5 – Карта спостереженого гравітаційного поля

свідчить міжнародна практика досліджень трансформованих полів (наприклад, [8]), за таким радіусом регіональний поле відображає вплив джерел, які залягають на глибинах $h > 100$ м (для джерел формою, близькою до ізометричної). Різниця між спостереженим полем та осередненим за визначенням є локальною складовою поля сили тяжіння, яка є суперпозицією впливів

(аномалій) гірських порід неоднорідних за густиною, які залягають у розрізі до глибини 100 м. Локальні аномалії поля сили тяжіння:

$$\Delta g_{\text{л}}(x, y) = \Delta g^a(x, y) - \Delta g_p(x, y), \quad (6)$$

де $\Delta g^a(x, y)$ – спостережене поле;

$\Delta g_p(x, y)$ – регіональне поле.

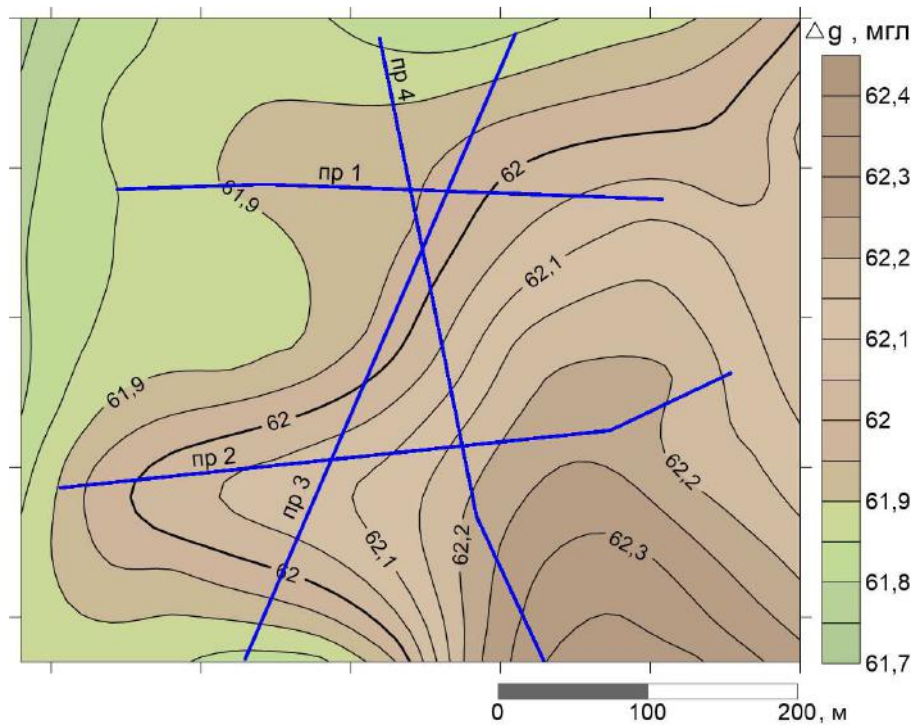


Рисунок 6 – Карта регіонального гравітаційного поля

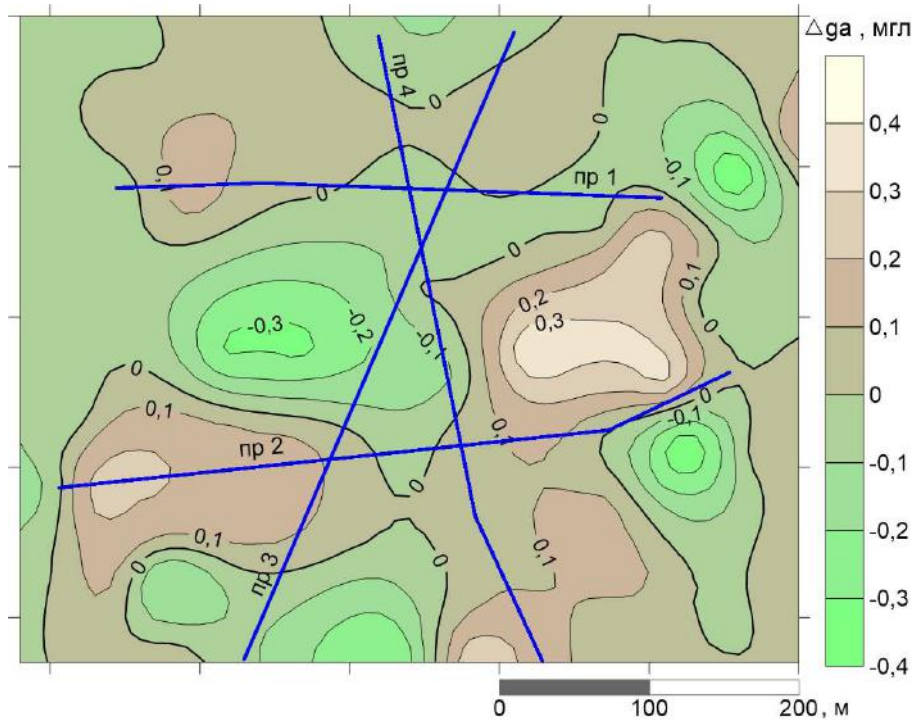


Рисунок 7 – Карта локального гравітаційного поля

У південно-східній частині ділянки у регіональному полі (рис. 6) виділяється зона з підвищеними значеннями сили тяжіння (62,4 мгл), яка може бути зумовлена наявністю ущільнених порід у глибинній частині розрізу. Менші значення (до 61,5 мгл) у західній частині ділянки свідчать про зону розповсюдження менш щільних порід, яка може бути пов'язана з наближенням до русла річки Бистриця Солотвинська.

На карті локального гравітаційного поля (рис. 7) виділяються чотири додатні аномалії інтенсивністю $0,1 \pm 0,3$ мгл, які мають ізометричну форму розмірами від 50 до 200 м та три від'ємні аномалії близької інтенсивності приблизно тих самих розмірів. Вони можуть бути зумовлені структурними формами ущільнених порід антиклінального і синклінального типів на глибинах до 100 м. Можливе наближення до донної поверхні порід, які проходили стадію

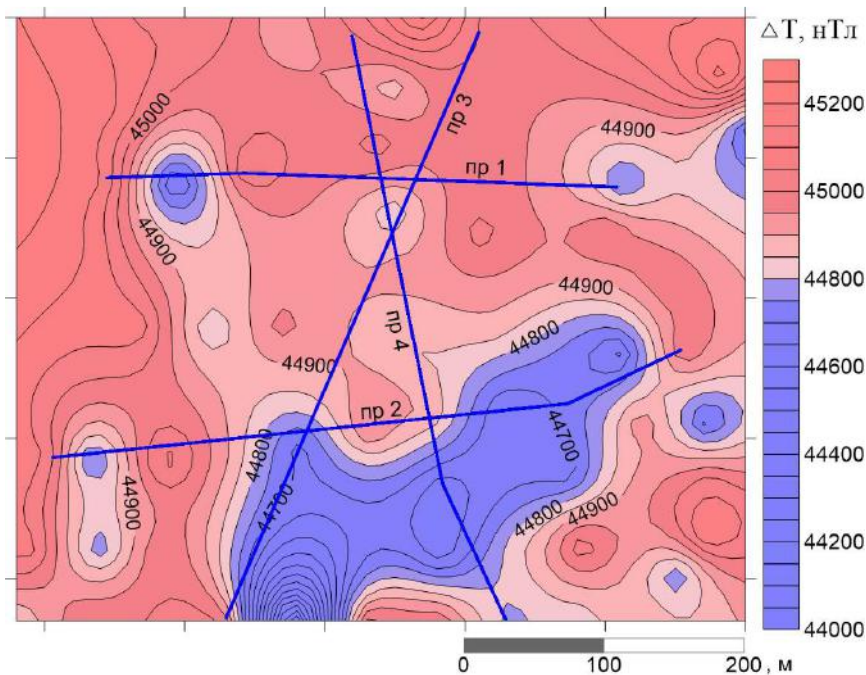


Рисунок 8 – Карта спостереженого магнітного поля

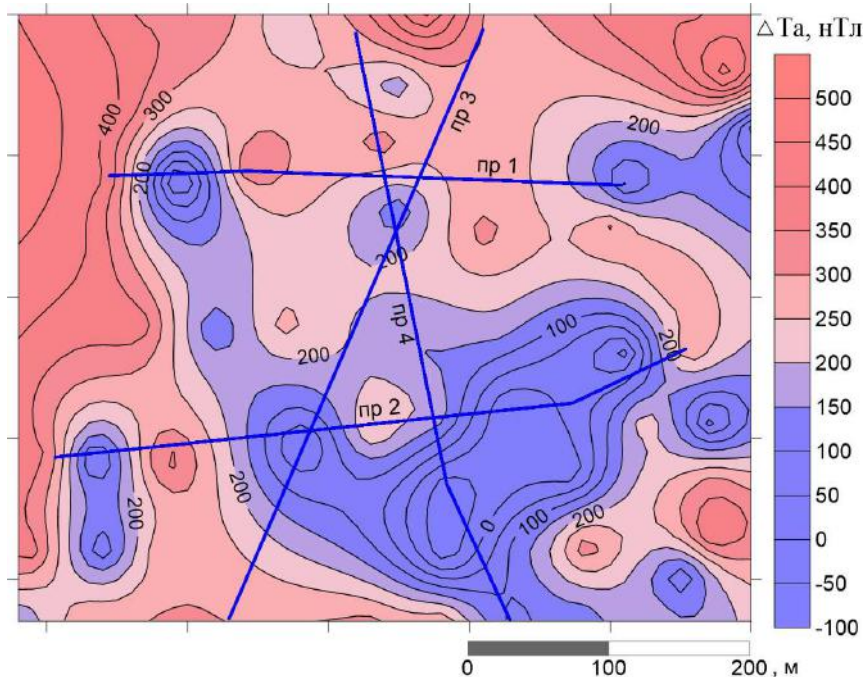


Рисунок 9 – Карта локальних магнітних аномалій

ущільнення та метаморфізму (карбонатів або ангідритів косівської та тираської світ).

Магнітометричні спостереження виконано квантовим магнітометром ММ-60 за тими ж пікетами. Середньозважена похибка визначення аномалій модуля повного вектору магнітного поля ΔT склала $\pm 5,0$ нТл. Вимірювання проводили двома операторами; магніточутливий блок на всіх пікетах встановлювався в одному напрямку (на північ).

За результатами магнітометричних вимірів побудовано карту спостереженого магнітного поля (рис. 8). Значення магнітного поля зміню-

ються у межах від 44500 до 45200 нТл. Загалом характер поля мозаїчний. Найменші значення поля спостерігаються уздовж лінії «корпус № 5 – головний корпус – автостоянка» (44500÷44800 нТл). Для візуального виокремлення локальних аномалій на загальному тлі виконано розрахунок регіонального (осередненого) магнітного поля [9].

Локальні аномалії магнітного поля (рис. 9) визначено як і для поля сили тяжіння (рис. 7).

Локальні аномалії мають відносно невелику інтенсивність – у межах від -100 нТл до 500 нТл. Додатні та від’ємні магнітні аномалії

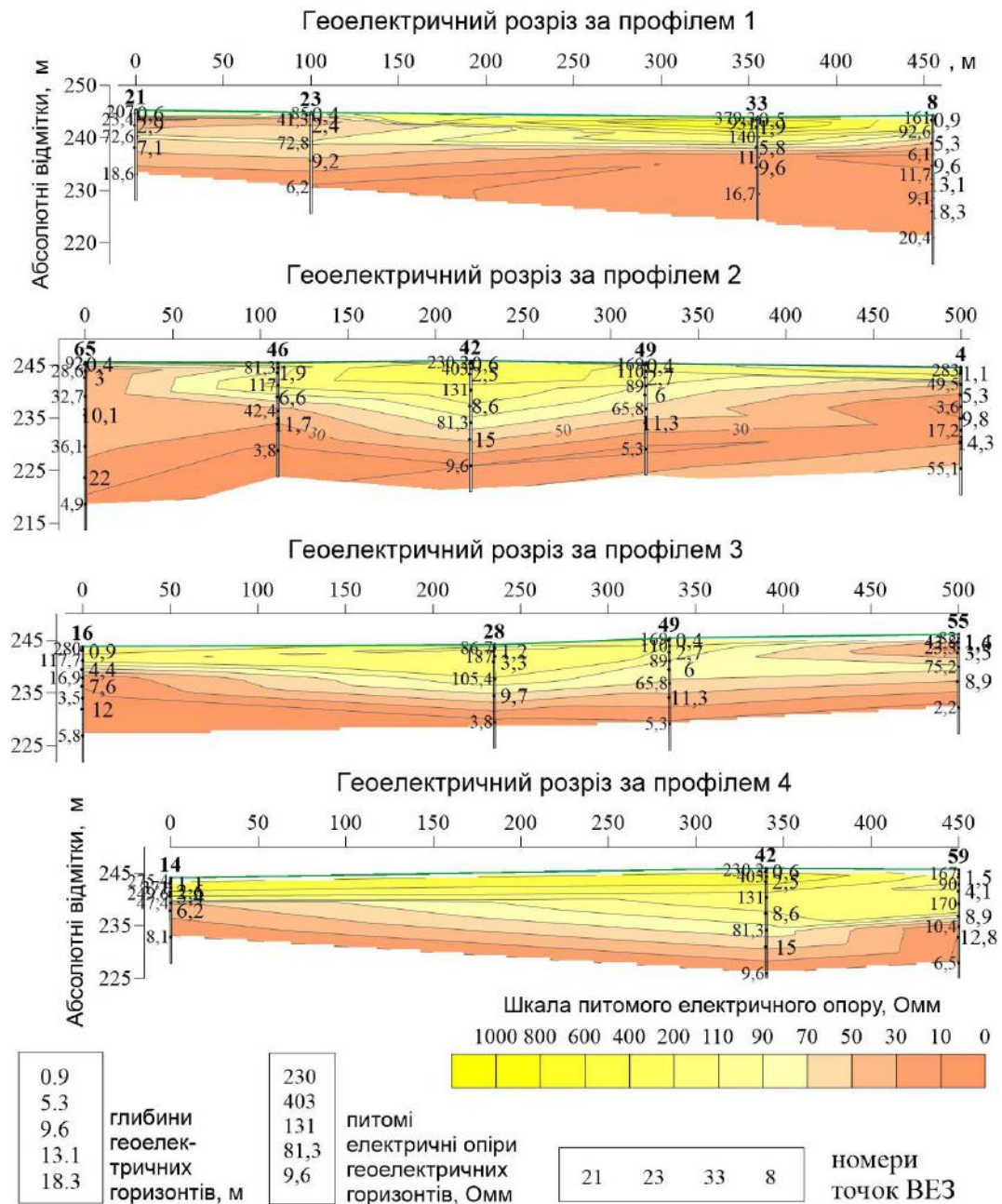


Рисунок 10 – Результати інтерпретації кривих ВЕЗ

здебільшого пов'язані з наявністю бетонних (металевих) конструкцій та впливом електромереж і підземних комунікацій біля профілів спостережень (навчальні корпуси, університетський гараж тощо). У південній частині території відносно велика від'ємна аномалія північно-східного простягання та інтенсивністю до -100 нТл покриває площу перед головним корпусом та бібліотекою. Її відгалуження простягається поміж корпусами у напрямку до спортивного комплексу.

Зауважимо, що по площі досліджень регіональне поле сили тяжіння має тенденцію до зростання у південно-східному напрямку (у напрямку зростання висот пунктів спостережень),

а регіональне магнітне поле має хоч і слабку, але обернену залежність.

Дослідження методом вертикального електричного зондування (ВЕЗ) виконано чотирьохелектродною прямолінійною симетричною установкою АМНВ (установка Шлюмберже) [10]. Обробку кривих ВЕЗ виконано за програмою VEZ, яку розроблено на кафедрі нафтогазової геофізики. За результатами інтерпретації даних кривих побудовано чотири геоелектричні розрізи (рис. 10).

При довжині лінії живлення АВ = 300 м досягнуто максимальної глибини зондування – 23 м, мінімальна глибина становить 6,2 м. За кількістю пластів криві ВЕЗ поділяються на

4, 5 і 6-и шарові. Профіль І проходить від майданчика перед навчальним корпусом ФАЕ, далі проходить через територію спортивного стадіону і закінчується на вул. Набережна. Другий профіль проходить від університетської бібліотеки, поруч з головним корпусом, між навчальним корпусом № 5 і студентською їдальнею, біля навчального корпусу № 4 і закінчується на вул. Набережна. Третій профіль – від вул. Берегова, біля спортивного манежу, студентської їдальні, навчального корпусу № 4 і на вул. Млинарська. Четвертий – від вул. Берегова, біля спортивного манежу, навчального корпусу № 5 і на вул. Млинарська.

Перший пласт з питомим електричним опором $168 \div 230$ Ом·м відповідає четвертинним відкладам. Другий пласт з опором $20 \div 100$ Ом·м – гравійно-гальковим відкладам. Третій пласт опором $6 \div 18$ Ом·м – пісок з вкрапленнями гравію та глини. 4 і 5-й пласти – глини. Для 6-го пласта характерний вміст аргілітів. Третій пласт характеризується найменшим питомим електричним опором. Це означає, що даний пласт є водонасиченим. Глибина залягання водоносного пласта коливається в межах від 10 м до 15 м (рис. 10).

З аналізу розрізів по першому та другому профілях можна зробити висновок, що суміш піску з гравієм та глинами простягається від вул. Набережна майже до навчального корпусу № 4, поруч зі спортивним манежем і навчальним корпусом № 7. Підтвердженням даного висновку є геоелектричні розрізи вздовж профілю 3 та 4, що проходять майже паралельно вулиці Набережна.

Згідно з результатами інтерпретації даних електророзвідки русло р. Бистриця Солотвинська в минулому пролягало значно правіше сьогоденішнього розташування.

Висновок

Високоточні комплексні геофізичні дослідження території Івано-Франківського національного університету методами електророзвідки та гравімагніторозвідки, результати яких представлені детальними картами локальних гравітаційних і магнітних аномалій та геоелектричними розрізами, дозволяють дослідити морфологію і інтенсивність аномалій, спрогнозувати їхню геологічну чи техногенну природу, сформулювати уяви про структурну будову приповерхневої частини геологічного розрізу та про фізичні властивості гірських порід у межах території університету.

Література

1. Кузьменко Е. Д., Подолян О. В. Вимірювання електричних, магнітних та електромагнітних полів в місті Івано-Франківську. *Геологія України*. К. : Моноскрипт, 1993. С. 61–67.
2. Асташкіна О. А. Геофізичний моніторинг геологічного середовища на техногенно-навантажених територіях : автореф. дис... канд. геол. наук: 04.00.22 / Київський національний університет ім. Т. Шевченка. Київ, 2010. 146 с.
3. Багрій С. М. Про необхідність комплексування геофізичних методів при дослідженні природно-техногенного карсту (на прикладі соляних родовищ Передкарпаття) *Геодинаміка*. 2011. № 2 (11). С. 24–26.
4. Дем'янов В. О. Геофізичні дослідження території будівництва центру ділових зустрічей ВП ХАЕС та прилеглої території в м. Нетішин. *Волинський центр історичних та геофізичних досліджень "Рівне-Суренж"*. 2007. 20 с. – <http://rivne-surenzh.com.ua/ua/research/arch/15>.
5. Адаменко О. М., Крижанівський Є. І., Нейко Г. Г., Русаков Є. М., Журавель О. М., Міщенко Л. В., Кольцова Н. І. Екологія міста Івано-Франківська. Івано-Франківськ : Сіверсія МВ, 2004. 200 с.
6. Мончак Л.С., Стельмах О.Р., Хомин В.Р. Геологічний путівник по Івано-Франківській області. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2010. 240 с.
7. Гравиразведка. Справочник геофизика / под ред. Мудрецової Е. А., Веселова К. Е. М. : Недра, 1990. 607 с.
8. Michal Stefaniuk, Cezary Ostrowski, Pawel Targosz, Marek Wojdyla Wybrane problemy magnetotellurycznych i grawimetrycznych badan strukturalnych we wschodniej czesci polskich Karpat. *Geologia*. Krakow : Wydawnictwa AGH, 2009. T. 35, Zeszyt 4/1, 7–46.
9. Магниторазведка. Справочник геофизика / под ред. Никитского В. Е., Глебовского Ю. С. М. : Недра, 1990. 470 с.
10. Электроразведка. Справочник геофизика: в двух книгах / под ред. Хмелевского В. К., Бондаренко В. М. Книга первая. М. : Недра, 1989. 438 с.

References

1. Kuzmenko E. D., Podolyan O. V. Vymiryuvannya elektrychnykh, magnitnykh ta elektromagnitnykh poliv v misti Ivano-Frankivsku. *Geologiya Ukrainy*. K. : Monuskrypt, 1993. pp. 61–67.
2. Astashkina O. A. Geofizychnyj monitoryng geologichnogo seredovyscha na tehnogenno-

navantazhenyih terytoriyah : avtoref. dys... kand. geol. nauk: 04.00.22 / Kyivskyj nacionalnyj universytet im. T. Shevchenka. Kyiv, 2010. 146 p.

3. Bagrij S. M. Pro neobhidnist kompleksuvannya geofizychnykh metodiv pry doslidzhenni pryrodno-tehnogennogo karstu (na prykladi solyanyh rodovyshch Peredkarpattya). *Geodynamika*. 2011. No 2 (11). pp. 24-26.

4. Demyanov V. O. Geofizychni doslidzhennya terytorii budivnyctva centru dilovyh zustrichej VP HAES ta prylegloyi terytorii v m. Netishyn. *Volynskyj centr istorychnykh ta geofizychnykh doslidzhen "Rivne-Surenzh"*. 2007. 20 p. – <http://rivne-surenzh.com.ua/ua/research/arch/15>.

5. Adamenko O. M., Kry`zhanivs`ky`j Ye. I., Nejko G. G., Rusakov Ye. M., Zhuravel` O. M., Mishhenko L. V., Kol`czova N. I. *Ekologiya mista Ivano-Frankivs`ka [Ecology of the Ivano-Frankivsk city]*. Ivano-Frankivsk : Siversiya MV, 2004. 200 p.

6. Monchak L.S., Stelmah O.R., Khomyn V.R. *Geologichnyj putivnyk po Ivano-Frankivskij oblasti*. Ivano-Frankivsk : Lileya-NV, 2010. 240 p.

7. Gravyrazvedka. *Spravochnik geofizika* / pod red. Mudreczovoj E. A., Veselova K. E. M. : Nedra, 1990. 607 p.

8. Michal Stefaniuk, Cezary Ostrowski, Pawel Targosz, Marek Wojdyla *Wybrane problemy magnetotellurycznych i grawimetrycznych badan strukturalnych we wschodniej czesci polskich Karpat. Geologia*. Krakow : Wydawnictwa AGH, 2009. T. 35, Zeszyt 4/1, 7–46.

9. Magnitorazvedka. *Spravochnik geofizika* / pod red. Nikitskogo V. E., Glebovskogo Yu. S. M. : Nedra, 1990. 470 p.

10. *Elektrozrazvedka. Spravochnik geofizika : V dvuh knigah* / pod red. Khmelevskogo V. K., Bondarenko V.M. *Kniga pervaya*. M. : Nedra, 1989. 438 p.