УДК 550.36, 528.8.04

<https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.25-31>

А. А. ЛОКТЕВ, канд. геол. наук, т. в. о. директора (Український державний геологорозвідувальний інститут), ukrdgri@ukrdgri.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3640-8473>

A. LOKTIEV, Candidate of Geologic Sciences, Acting Director (Ukrainian State Geological Research Institute), ukrdgri@ukrdgri.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3640-8473>

ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ЗАКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

HEAT REGIME OF TRANSCARPATHIAN DEPRESSION

Побудовано математичну модель температурного поля й розраховано значення температури для гіпсометричних рівнів 1000, 2000 та 3000 м. На основі термокаротажних діаграм промислово-геофізичних досліджень опорних, параметричних, пошукових і розвідувальних геотермальних свердловин за допомогою спеціального програмного пакета Surfer (Golden Software) створено карти розподілу температур для зазначених гіпсометричних рівнів, а також карту ізотермічної поверхні +50 °C. Підтверджено, що закономірності розподілу природного теплового поля у верхній частині земної кори зумовлені низкою причин, головними з яких є літологічний склад порід, особливості тектонічної будови й характер руху підземних вод. Унаслідок аналізу графічних побудов засвідчено різке зменшення прогрітості надр у сторону Карпатської складчастої споруди. Науково доведено, що прогрітість надр у межах Мукачівської западини набагато вища, ніж у межах Солотвинської. Математично й експериментально підтверджено приуроченість геотермічних аномалій до зон інтенсивного розвитку глибинних розломів. На підставі цієї особливості можна стверджувати, що наявність додатних геотермічних аномалій є критерієм газонасності для прогнозування покладів у межах локальних об'єктів прогину.

Ключові слова: математична модель, геотермальне поле, гіпсометричні рівні, геотермічні аномалії.

A mathematical model of the temperature field was constructed and the temperature values for hypsometric levels of 1000, 2000 and 3000 m were calculated. For these hypsometric levels, as well as a map of the isothermal surface +50 °C.

Working with this program involves the construction of digital models of the surface, ancillary operations with them and visualization of surfaces. The digital model of the surface has the form of values in the nodes of a rectangular regular grid, the dimension of which depends on the specific problem to be solved. The efficiency of the program of interpolation of two-dimensional functions is determined by the following aspects: a set of various interpolation methods; the ability of the researcher to control the various parameters of these methods; availability of means of an estimation of accuracy and reliability of the constructed surface; the opportunity to clarify the result based on the personal experience of the expert in view of various additional factors that could not be depicted as source data.

It is confirmed that the patterns of distribution of the natural thermal field in the upper part of the earth's crust are due to a number of reasons, the main of which are the lithological composition of rocks, features of tectonic structure and the nature of groundwater movement. As a result of the analysis of graphic constructions, a sharp decrease in the subsoil warming towards the Carpathian folded structure was witnessed. It has been scientifically proven that the subsoil warming within the Mukachevo basin is much higher than within the Solotvyno basin. The confinement of geothermal anomalies to zones of intensive development of deep faults has been confirmed mathematically and experimentally. Based on this feature, it can be argued that the presence of positive geothermal anomalies is a criterion of gas bearing capacity for predicting deposits within local deflection objects.

Keywords: mathematical model, geothermal field, hypsometric levels, geothermal anomalies.

Вступ. Вивчення геотермічного режиму Складчастих Карпат і Закарпатського прогину дає змогу розв'язувати теоретичні проблеми геології й геофізики [11]. Визначення його особливостей у межах Закарпатського прогину в контексті газонасності території є першочерговим завданням, адже встановлення закономірностей просторового поширення теплового поля допоможе з'ясувати умови формування території, газонасності, прогнозувати зони провідних глибинних розломів і наявність інтрузивних утворень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Уперше результати досліджень геотермічних умов у межах Закарпатського прогину опублікували в 1956 році геофізики О. О. Потушанський і Г. О. Гандзюк [8]. Важливі питання геотермальних досліджень Закарпатського прогину висвітлено в праці С. Г. Думанського [3]. Також вагомий внесок у вивчення геотермічних умов у межах Закарпатського прогину зробив доктор геолого-мінералогічних наук, професор Р. І. Кутас [5–7]. Саме завдяки дослідженням цього автора вперше створено карту теплових потоків зазначеного регіону. Тематичні дослідження УкрНДІгаз (м. Харків) у 1960–1970 роки охоплювали питання пошуків, розвідки та використання термальних вод Закарпатського прогину. Величезний обсяг роботи з вивчення теплового поля, зокрема термальних вод Закар-

патського прогину, виконав колектив Берегівської геолого-розвідувальної експедиції. Зусиллями ГРЕ пробурено понад 30 термальних свердловин завглибшки до 1500 м, переважна більшість яких виявила низку родовищ і проявів термальних вод. Крім того, фахівці цієї організації підготували велику кількість дослідно-тематичних та узагальнювальних досліджень. З початку 60-х і до початку 90-х років XX століття в межах Закарпатського прогину Самбірська й Стрийська нафтогазорозвідувальні експедиції, а з кінця 90-х років і до сьогодні Стрийське відділення бурових робіт, що є структурним підрозділом АТ “Укргазвидобування”, з метою пошуків вуглеводнів пробурили низку свердловин завглибшки від 1000 до понад 4000 м. З-поміж інших досліджень у свердловинах проводили стовбурні вимірювання температури, зокрема й для визначення геотермічного градієнта. Закарпатський прогин характеризується дуже високими значеннями геотермічного градієнта [9]. Температурні умови в Закарпатському прогині ймовірно пов'язані з проявами в недавньому геологічному минулому магматичних і вулканічних процесів. У надрах Закарпатського прогину відбулося застигання магматичних інтрузивних тіл порід, яке спостережено в неоген-палеогенових відкладах розрізу Русько-Комаківського родовища [10]. Вони досить мінливі як у межах локальних ділянок, так і в межах різних частин Закарпатського прогину загалом.

Матеріали та методи дослідження. Перенесення тепла відбувається трьома основними процесами: кондуктивною теплопровідністю, тобто передаванням тепла безпосередньо від частинки до частинки; конвекцією, тобто механічним переміщенням нагрітих частинок речовини чи газу; електромагнітним випромінюванням (променевий теплообмін) [2]. Мінливість теплового поля в межах прогину зумовлена низкою чинників: історією геологічного розвитку території, комплексом складних геологічних процесів, що протікали в надрах прогину, блоковою будовою донеогенового фундаменту, мінливістю загальної товщини осадового чохла, кутами нахилу пластів, літофаціальними неоднорідностями, різною теплопровідністю гірських порід, динамікою руху підземних флюїдів, а також тектонічною активністю, проявами якої є тектонічні розломи різних порядків, інтрузивні та ефузивні утворення тощо. Високі теплові потоки, велика диференціація теплового поля в Панонській западині, Закарпатському прогину та інших структурах Панонського басейну пов'язані з активними геодинамічними процесами в цьому регіоні в кайнозой.

Загальний високий рівень теплових потоків міг утворитися тільки внаслідок розтягання літосфери й підняття глибинних нагрітих мас, які забезпечували підвищення температури до солідусних значень уже на глибинах 40–50 км [6]. Висновки стосовно регіональних особливостей теплового поля можна зробити тільки на основі статистичного оброблення

даних у межах однорідних тектонічних елементів. Унаслідок такого оброблення висновуємо, що похибка визначення теплового потоку в глибоких свердловинах становить 5–10 %. У свердловинах заглибшки понад 1000 м істотно зменшується вплив поверхневих чинників — рельєфу, змін клімату, інфільтрації вод, ерозії тощо. [6].

На основі термокаротажних діаграм промислово-геофізичних досліджень 68 опорних, параметричних, пошукових, розвідувальних і геотермальних свердловин створено карти розподілу температур на гіпсометричних рівнях -1000 (рис. 1), -2000 (рис. 2) та -3000 м (рис. 3), а також карту ізотермічної поверхні +50 °C (рис. 4). Карти ґрунтовано на даних стовбурних вимірювань температури у свердловинах, вистояних не менше ніж 20 діб, для встановлення теплових рівноваги й дотримання коректності побудов. Для побудови карт застосовано спеціальний програмний пакет Surfer (Golden Software), призначений для оброблення й візуалізації двовірних наборів даних, що описуються функцією типу:

$$z=f(x, y).$$

Робота із цією програмою передбачає побудову цифрових моделей поверхні, допоміжні операції з ними та візуалізацію поверхонь. Цифрова модель поверхні має вигляд значень у вузлах прямокутної регулярної сітки, розмірність якої залежить від конкретного розв'язуваного завдання [13]. Для зберігання таких даних Surfer використовує власні файли типу GRD (двоїчного або текстового формату). Ефек-

Рис. 1. Карта розподілу температур на гіпсометричному рівні -1000 м з накладеною структурною картою поверхні донеогенової основи 1 – ізогіпси донеогенової поверхні, м; 2 – палеовулкани; 3 – лінії насувів; 4 – газові родовища; 5 – повздовжні розломи; 6 – поперечні розломи; 7 – меридіональні розломи; 8 – глибокі свердловини; 9 – лінія державного кордону; 10 – границі Вигорлат-Путинської гряди та вулканічного пасма Шолес; 11 – у чисельнику: номер та назва свердловини, у знаменнику: температура °C на абсолютній позначці -1000 м; 12 – міста

Рис. 2. Карта розподілу температур на гіпсометричному рівні -2000 м з накладеною структурною картою поверхні донеогенової основи
1 – ізогіпси донеогенової поверхні, м; 2 – палеовулкани; 3 – лінії насувів; 4 – газові родовища; 5 – повздовжні розломи; 6 – поперечні розломи; 7 – меридіональні розломи; 8 – глибокі свердловини; 9 – лінія державного кордону; 10 – границі Вигорлат-Гутинської гряди та вулканічного пасма Шолес; 11 – у чисельнику: номер та назва свердловини, у знаменнику: температура °С на абсолютній позначці -2000 м; 12 – міста

Рис. 3. Карта розподілу температур на гіпсометричному рівні -3000 м з накладеною структурною картою поверхні донеогенової основи
1 – ізогіпси донеогенової поверхні, м; 2 – палеовулкани; 3 – лінії насувів; 4 – газові родовища; 5 – повздовжні розломи; 6 – поперечні розломи; 7 – меридіональні розломи; 8 – глибокі свердловини; 9 – лінія державного кордону; 10 – границі Вигорлат-Гутинської гряди та вулканічного пасма Шолес; 11 – у чисельнику: номер та назва свердловини, у знаменнику: температура °С на абсолютній позначці -3000 м; 12 – міста

Рис. 4. Карта глибин залягання ізотермічної поверхні +50 °С Закарпатського прогину з накладеною структурною картою покрівлі донеогенової основи

1 – ізогіпси донеогенової поверхні, м; 2 – палеовулкани; 3 – лінії насувів; 4 – газові родовища; 5 – повздовжні розломи; 6 – поперечні розломи; 7 – меридіональні розломи; 8 – глибокі свердловини; 9 – лінія державного кордону; 10 – границі Вигорлат-Гутинської гряди та вулканічного пасма Шолес; 11 – у чисельнику: номер та назва свердловини, у знаменнику: абсолютна позначка глибини залягання ізотермічної поверхні + 50 °С; 12 – міста

тивність програми інтерполяції двовірних функцій визначається такими аспектами: набором різноманітних методів інтерполяції; можливістю дослідника керувати різними параметрами цих методів; наявністю засобів оцінки точності й достовірності побудованої поверхні; можливістю уточнити отриманий результат на основі особистого досвіду експерта з огляду на різноманітні додаткові чинники, які не можна було зобразити як вихідні дані. Розрахунок регулярної сітки можна виконувати для файлів наборів даних x, y, z будь-якого розміру [1]. У нашому випадку йдеться про нерегулярну сітку даних вимірювання температури в стовбурах 68 свердловин на трьох гіпсометричних рівнях: -1000, -2000 та -3000 м. Для врахування середньоквадратичної похибки вимірювань уздовж стовбура кожної свердловини в програмі Excel (виробник — компанія Microsoft) побудовано лінію тренду, яка максимально описує фактичні дані формулою поліноміальної регресії другого порядку, що має вигляд

$$y = ax^2 + bx + c.$$

За цією формулою розраховано значення температури для трьох гіпсометричних рівнів. У разі коли свердловина не діставалася певного рівня, дані екстраполювали за вище описаною формулою. Перерахунок даних на регулярну сітку здійснювано за допомогою методу універсального кригінгу. Кригінг — це різновид узагальненої лінійної регресії, який використовує статистичні параметри для знаходження оптимальної оцінки в сенсі мінімального середнього відхилення під час побудови поверхонь. Універсальний кригінг передбачає, що є домінуючий тренд у даних і його можна моделювати детермінованою функцією або поліномом. Цей поліном отримується з вихідних вимірюваних точок, і автокорре-

ляція моделюється з довільних похибок. Після встановлення моделі на довільні похибки поліном додається назад до прогнозувань, щоб отримати значущі результати [4].

Результати і їхній аналіз. Нижче наведено приклад розрахунку температури на основі фактичних замірювань у сверд. № 6-Сваліява (рис. 5). У колонці “А” вказано назву свердловини та її номер, у “В” — альтитуду свердловини, у “С” — фактичну глибину свердловини. У колонки “Н” та “J” відповідно занесено результати фактичних вимірювань температури на різних глибинах за даними термокаротажних діаграм, які водночас було перераховано в абсолютні позначки (колонка “I”). Отримані результати для гіпсометричних рівнів -1000, -2000 та -3000 м наведено відповідно в колонках “D”; “E” та “F” (візуалізацію розрахунків подано на графіку знизу ліворуч). У колонці G розміщено результат розрахунку температури ізотермічної поверхні +50 °С щодо рівня моря, візуалізацію якого подано на графіку в нижньому куті праворуч.

На картах розподілу температур на гіпсометричних рівнях -1000, -2000 та -3000 м у межах Мукачівської западини простежується контрастна регіональна додатна температурна аномалія в районі її південного борту з центром розміщення сверд. № 6-Виноградово. Аномалія чітко корелюється з Берегівським міоценовим магматичним комплексом (рис. 6, 7), який здебільшого перекошений осадовою товщею міоцену. У межах цієї аномалії розміщується Мартівське родовище вуглекислого газу, приурочене до інтрузивного тіла. По покрівлі донеогенової гетерогенної основи простежується густа мережа пересічень регіональних повздовжніх, поперечних і меридіональних глибинних тектонічних розломів. На графічних побудовах також позначено локальну контрастну

Рис. 5. Розрахунок температури на різних гіпсометричних рівнях, а також глибини залягання ізотермічної поверхні +50 °С на основі фактичного замірювання температури у стовбурі свердловини (на прикладі сверд. № 6-Свалява)

Рис. 6. Геологічна карта поверхні та структурна карта покрівлі донеогенових відкладів Закарпатського прогину

Склали: О. С. Щерба, Н. Я. Радковець, А. А. Локтєв (карта поверхні побудована за матеріалами колективу підприємств НАК «Нафтогаз України») 1 – ізопіси донеогенової поверхні, м; 2 – палеовулкани; 3 – лінії насувів; 4 – зона Пенінських скель; 5 – повздовжні розломи; 6 – поперечні розломи; 7 – меридіональні розломи; 8 – свердловини глибокого буріння; 9 – свердловини структурного буріння; 10 – лінія державного кордону; 11 – магматичні тіла

Рис. 7. Поширення кайнозойських магматичних порід і вулканічних центрів у Закарпатському прогині [13]

1 – автохтонний Закарпатський моласовий прогин; 2 – алохтонні зони Карпат; 3 – межі Карпатських зон; 4, 5, 6 – міоценові магматичні комплекси; 7 – межі поширення магматичних комплексів (а – на поверхні, б – поховані); 8 – інтрузії (а – кислі, б – основні); 9 – вулканічні центри; 10 – поховані вулканічні центри; 11 – місця розміщення Закарпатського мезозойського вулканічного комплексу з нумерацією свердловин

додатну аномалію, яка простежується на різних гіпсометричних рівнях у північно-східній частині Мукачівської западини й корелюється із Залузьким субрегіональним підняттям. У центральній частині цієї аномалії розміщуються сверд. № 1, 3-Залуж та № 1, 2, 3-Яблунів. У межах Залузької брахіантикліналі відкрито Станівське газове родовище, приурочене до групи повздовжніх розломів, що розбивають Станівську структуру на окремі блоки. Інші локальні додатні аномалії, що чітко простежуються до позначки -3000 м, відповідно приурочені до Чопського підняття в зоні перетину регіональних повздовжніх і поперечних розломів, у місці розміщення сверд. № 3 та 41-Чоп. Ще одна аномалія приурочена до Русько-Комарівської антиклінальної структури. Аномалія ускладнена інтрузивом, який є структуроформувальним чинником Русько-Комарівського газового родовища. Треба зазначити, що центр аномалії зіставляється з густою мережею повздовжніх глибинних розломів, які пересікаються з повздовжніми розломами вищого порядку. На гіпсометричних рівнях -2000 та -3000 м чітко фіксується локальна додатна аномалія в південно-східній частині Мукачівської западини із центром розміщення сверд. № 1 та 2-Королево, що межує з південно-західною частиною вулканічного пасма Шолес. У центрі цієї геотермічної аномалії розміщується Королівське газове родовище, на яке в структурному плані донеогенової поверхні накладаються два повздовжні регіональні розломи. На карті глибини залягання ізотермічної поверхні $+50^{\circ}\text{C}$ чітко вираховується додатна аномалія в крайній північно-західній частині Мукачівської западини. В її центрі розміщено сверд. № 1-Ужгород. Також ця аномалія вже меншого радіуса простежується на гіпсометричному рівні -1000 м. На рівнях -2000 й -3000 м її не виявлено. Показово, що в цій зоні абсолютні позначки покрівлі донеогенового фундаменту коливаються від -700 до -1700 м, що є одними із найвищих місць залягання донеогенового фундаменту щодо рівня моря. Розсіювання аномалії на гіпсометричних рівнях -2000 та -3000 м може бути спричинене незначною товщею неогенового чохла в цій зоні. Оскільки породи фундаменту консолідованіші, по-

рівнюючи з молодшими відкладами неогену, що залягають зверху, й унаслідок меншого ущільнення та більшого міжпорового простору відіграють роль теплового екрана, то їхня мінімальна товщина в межах цієї ділянки могла позначитися на збереженні тепла в надрах. Загалом у структурному плані додатних геотермічних аномалій, що простежуються на всіх досліджуваних гіпсометричних рівнях, відносні позначки залягання підосви товщі неогенових молас становлять від -1500 до -3600 м, що відповідає товщині неогенового чохла в межах 1700–3800 м. Від'ємні геотермічні аномалії простежуються в межах Мукачівської западини вздовж усієї південно-західної й західної частин прогину в районі м. Ужгород, у районі розміщення стратовулканів поблизу м. Чоп і стратовулкану в районі розміщення сверд. № 1-Велика Добронь. Також від'ємну геотермічну аномалію зафіксовано південніше Королівського газового родовища, у центрі якої розміщена сверд. № 4-Виноградів. Спільною ознакою всіх від'ємних геотермічних аномалій є те, що в їхньому структурному плані трапляються лише поодинокі глибинні розломи, а товщина неогенових молас сягає від 700 до 1700 м. У межах Солотвинської западини додатну температурну аномалію за картою глибини залягання ізотермічної поверхні $+50^{\circ}\text{C}$ й усіма досліджуваними гіпсометричними рівнями зафіксовано в районі Солотвинського й Дібровського газових родовищ. Також ця аномалія простежується й на гіпсометричних рівнях -1000 та -2000 м, а на гіпсометричному рівні -3000 м аномалія зміщується в сторону Грушівської структури, у межах якої пробурено сверд. № 4-Грушівська. Варто зауважити, що в межах Грушівської площі було отримано припливи газу 0,3–1,6 тис. м³/добу. У структурному плані цієї аномалії простежується густа мережа повздовжніх глибинних розломів, що контролюються поперечними регіональними розломами. Від'ємна регіональна аномалія зафіксована в центральній частині Солотвинської западини, збільшення її поширення за площею простежується в бік Карпатської складчастої споруди. Зазначимо, що в її структурному плані мережа глибинних тектонічних розломів досить рідка. Товщина неогенового структурно-тектонічного поверху загалом витримана по Солотвинській западині в межах 1800–2700 м. Вигорлат-Гутинська гряда, як і вулканічне пасмо Шолес, чітко корелюється з регіональною від'ємною геотермічною аномалією. Магматичні утворення, що слугують одним з основних агентів перенесення тепла з глибин, виверглися на денну поверхню й вистигли. Оскільки ці відклади утворені в одну фазу вулканізму й загалом мінералогічно представлені однорідно (на 90 % андезитобазальтами й андезитами) [12], то однорідність мінералогічного складу могла сприяти ліпшій теплопровідності і як наслідок — швидшому вистиганню. У межах залягання інтрузивних тіл надінтрузивні осадові товщі завдяки літологічній мінливості, а отже й різній теплопровідності, могли відігравати екранувальну роль для теплових потоків.

Висновки

З'ясовано, що температурні аномалії мають найбільші значення над центром родовища й розсіюються з віддаленням від нього. Зіставлення отриманих результатів з експериментальними даними засвідчує їхню добру відповідність.

Підтверджено, що закономірності розподілу природного теплового поля у верхній частині земної кори зумовлені низкою причин, головними з яких є літологічний склад порід, особливості тектонічної будови й характер руху підземних вод.

Аналіз графічних побудов засвідчує різке зменшення прогрітості надр у бік Карпатської складчастої споруди.

Науково доведено, що прогрітість надр у межах Мукачівської западини набагато вища, ніж у межах Солотвинської.

Математично визначено й експериментально підтверджено, що геотермічні аномалії приурочені до зон інтенсивного розвитку глибинних розломів. Ця особливість дає підстави стверджувати, що наявність додатних геотермічних аномалій можна вважати критерієм газоносності під час прогнозування покладів у межах локальних об'єктів прогину.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондарчук В. Г. Тектоника Карпат. Издательство академии наук Украинской ССР. – К., 1962. – 115 с.
2. Гогель Ж. Геотермия. – М.: Мир, 1978. – С. 11–135.
3. Думанский С. Г. Закономерности температурных аномалий нефтяных и газовых месторождений Прикарпатья и Закарпатья/С. Г. Думанский и др.; под ред.: С. Г. Думанского//Тр. УкрНИГРИ. – М.: Недра, 1965. – Вып 10. – 124 с.
4. Крігінг [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Крігінг> (дата звернення: 27.09.2019).
5. Кутас Р., Майцин Д. Геотермические условия зон неовулканизма Закарпатского прогиба//Вісник КНУ. Геологія. – 2014. – Вип. 3 (66). – С. 39–43.
6. Кутас Р. И. Тепловой поток и геотермические модели Земной коры Украинских Карпат//Геофизический журнал. – 2014. – № 6. – Т. 3. – С. 3–12.
7. Кутас Р. И. Відображення тектоніки Східних Карпат у тепловому полі//Геодинаміка. – 2011. – № 2 (11). – 149 с.
8. Локтев А. А. Тепловое поле, досвід та перспективи використання геотермальних ресурсів Закарпатського прогину//Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування: матеріали конф. – Трускавець, 2019 р. – Т. 2. – 327 с.
9. Макаренко Ф. А. Тепловой режим недр СССР: монография/под. науч. ред.: Ф. А. Макаренко. – М.: Ордена трудового красного знамени институт, труды. – 1970. – Iss. 218. – 99 с.
10. Орлов О. О., Омельченко В. Г. Використання гідротермальної і петротермальної енергії землі//Геологічний журнал. – 2010. – № 4. – 39 с.
11. Осадчий В. Г., Крупський Ю. З., Куровець І. М., Грицик І. І., Приходько О. А. Геотермічні умовини Складчастих Карпат і Закарпатського прогину//Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2008. – № 1 (17). – С. 16–21.
12. Павлюк М. І., Ляшкевич З. М., Медведєв А. П. Українські Карпати в структурі Панкардії//Геодинаміка. – 2013. – Вип. 1 (14). – 53 с.
13. Пояснительная записка к Дипломному Проекту на тему “Визуализация инженерных и научных расчетов” Москва 2002 г. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.docsity.com/ru/vizualizaciya-inzhenernyh-i-nauchnyhraschetov/1451096/> (дата звернення: 24.01.2012).

REFERENCES

1. Bondarchuk V. G. Carpathian tectonics. Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. – Kiev, 1962. – 115 p. (In Russian).
2. Gogel J. Geothermia. – Moskva: Mir, 1978. – P. 11–135. (In Russian).
3. Dumansky S. G. Regularities of temperature anomalies of oil and gas fields of Prykarpattia and Zakarpattia/S. G. Dumansky and others; under the editorship of: S. G. Dumansky//Trudy UkrNIGRI. – Moskva: Nedra, 1965. – Iss. 10. – 124 p. (In Russian).
4. Kringing [Electronic resource]. Access mode: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Крігінг> (access date: 27.09.2019). (In Ukrainian).
5. Kutas R., Majcin D. Geothermal conditions of neovulcanism zones of the Transcarpathian depression//Visnyk KNU. Heolohiia. – 2014. – Iss. 3 (66). – P. 39–43. (In Russian).
6. Kutas R. I. Heat flow and geothermal models of the Earth's crust of the Ukrainian Carpathians//Geofizicheskij zhurnal. – 2014. – № 6. – Vol. 3. – P. 3–12. (In Russian).
7. Kutas R. I. Reflection of tectonics of the Eastern Carpathians in the thermal field//Heodynamika. – 2011. – № 2 (11). – 149 p. (In Ukrainian).
8. Loktev A. A. Thermal field, experience and prospects for the use of geothermal resources of the Transcarpathian Depression//Nadrokorystuvannia v Ukraini. Perspektyvy investuvannia: materialy konf. – Truskavets, 2019. – Vol. 2. 327 p. (In Ukrainian).

9. Makarenko F. A. Thermal regime of the USSR: a monograph./for science. ed.: F. A. Makarenko. – Moskva: Ordena trudovogo krasnogo знамени institut, trudy. – 1970. – Iss. 218. – 99 p. (In Russian).

10. Orlov O. O., Omelchenko V. H. The use of hydrothermal and petrothermal energy of the earth//Heolohichniy zhurnal. – 2010. – № 4. – 39 p. (In Ukrainian).

11. Osadchyi V. H., Krupskiy Yu. Z., Kurovets I. M., Hrytsyk I. I., Prykhodko O. A. Geothermal conditions of the Folded Carpathians and the Transcarpathian Depression//Naukovyi visnyk IFNTUNH. – 2008. – № 1 (17). – P. 16–21 p. (In Ukrainian).

12. Pavliuk M. I., Liashkevych Z. M., Medvediev A. P. Ukrainian Carpathians in the structure of Pankardii//Heodynamika. – 2013. – Vol. 1 (14). – 53 p. (In Ukrainian).

13. Explanatory note to the Diploma Project on the topic “Visualization of engineering and scientific calculations” Moscow 2002. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.docsity.com/ru/vizualizaciya-inzhenernyh-i-nauchnyhraschetov/1451096/> (access date: 24.01.2012). (In Russian).

Рукопис отримано 13.05.2020.

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Редакція приймає оригінальні, раніше не опубліковані статті геологічної, геолого-мінералогічної та технічної тематики.

Статті треба надсилати в друкованому (два примірники) й електронному вигляді, бажано українською мовою.

Обсяг однієї наукової статті – до 25 стор. машинопису через 2 інтервали (разом з табл., фото, рис. та підписами до них, бібліографічним списком, анотацією, оглядовою – 6–7 стор., інформаційного повідомлення – 3–4 стор.

До рукопису потрібно додати акт експертизи й такі відомості про автора/авторів: прізвище, ім'я та по батькові (повністю); учене звання й учений ступінь; посада чи професія; місце роботи (назва установи чи організації); адреса місця роботи, номер телефону; адреса місця проживання, номер телефону, електронна адреса, ORCID.

До кожної статті обов'язково навести: індекс УДК, анотацію (українською та англійською), бібліографічний список за алфавітом (оформлений відповідно до сучасних вимог), рисунки, таблиці та підписи до них (окремі файли).

Комп'ютерні макети рисунків приймаються в разі дотримання таких умов:

Рисунки подаються окремими файлами, їх не потрібно розміщувати у файлі документу MS Word.

Р а с т р о в а графіка: чорно-біле зображення – *.tif чи *.psd (Adobe PhotoShop); повнокольорове зображення – *.tif, *.eps, *.psd-формат, роздільна здатність 300 dpi. Кольорова модель СМΥК, чорний колір в одному каналі.

В е к т о р н а графіка: файли формату *.ai, *.eps (Adobe Illustrator) чи *.cdr (CorelDraw). Використані шрифти мають бути подані окремо або переведені в криві. Растрову графіку до векторного макета не вносити.

• Редколегія може не поділяти думок автора.

• Автори відповідають за точність викладених фактів, даних, цитат, бібліографічних довідок, написання географічних назв, власних імен, геологічних термінів тощо.

Рішення про публікацію статті в журналі приймається на основі незалежної експертизи, яку організовує редакція журналу.