

Топлинно поле и геотермичен режим в България

П. Петров¹, Кл. Бояджиева², Ст. Гашиаров¹, Т. Велинов²

¹Геологически институт, БАН, 1113 София

²Предприятие за геофизични проучвания и геолошко картиране, 1505 София

P. Petrov, K. Boyadgieva, St. Gasharov, T. Velinov — *Thermal field and geothermal regime in Bulgaria*. The geothermal field and the thermal regime in Bulgaria are characterized by the temperature distribution maps at 500, 1000, 2000, 3000 and 5000 m. Average temperature versus depth curves are calculated for the major geostructural zones. The technique of determining heat flow is briefly discussed. The surface pattern of the geothermal activity is presented in the form of a heat flow map based on 148 points. It shows that heat flow results are well correlated with major geological structures.

За изследване на естественото топлинно поле на територията на България са обобщени данните от термометричните измервания в сондажи, извършени през последните 30 години. Топлинното поле и геотермичният режим на страната са характеризирани с картите на разпределение на температурата на дълбочина 500, 1000, 2000, 3000 и 5000 m и с картата на топлинния поток. Отчетени са морфоструктурните особености на главните тектонски зони, хидрогеоложките условия и хидротермалната активност в страната.

Методика на изследване

Сондажите с термометрични изследвания са неравномерно площно разпределени в отделните области и тектонски структури. Най-голям е техният брой в Северна България. Значително по-малобройни са данните за планинските дялове на страната. В Северна България термометричните изследвания обхващат интервала до 5000 m, докато в Южна България дълбочините на изследване най-често са до 1000 m. Максималната дълбочина, на която е измерена температурата в Северна България, е 5200 m — 164°C в сондаж Р-2 Ъглен, и 3000 m — 84°C в сондаж Р-1 Поморие, Южна България.

При съставянето на температурните карти освен данните от дълбоките сондажи са използвани и термограми от плитки проучвателни сондажи. Без да са въведени корекции за влиянието на контрастния релеф на страната, прокарването на изотермите е съобразено с морфоложките и геоложките структури, с наложените междупланински басейни и с разположението на многобройните съвременни хидротермални зони.

За определянето на топлинния поток (ТП) са използвани данните за коефициента на топлопроводност (КТ) на различни скални разновидности, получени от авторите в Лабораторията по хидрогеотермия на Геологическия институт при БАН и в Предприятието за геофизични проучвания и геолошко картиране при КГ. Използвани са апаратури, осъществяващи нестационарния метод на Веск (Веск and Araju, 1974) и абсолютния стабилизиран метод на Reiter-Hartman (Reiter and Hartman, 1971), както и топлинен компаратор (Калинин, 1976) със съдействието на

сътрудниците от Института по геология и геофизика при АН СССР А. Дучков и Л. Соколова. Коефициентът на топлопроводност е определян най-често за сухи скални образци и по-рядко за водонаситени. Стойностите на КТ за сухите скали впоследствие са коригирани с отчитане на естествената им влажност. Голяма част от стойностите на ТП са изчислени, като са използвани данните за топлопроводността на съответните скални видове от съседни сондажи. За повечето магматични и метаморфни скали са взети литературни данни (Смышлов и др., 1979).

Картата на топлинния поток на страната е съставена на базата на 148 точки, от които в Северна България — 63, и в Южна България — 85. За съпоставимост на резултатите на топлинния поток е използван по възможност един и същи геоструктурен план на дълбочинните интервали. В повечето сондажи ТП е изчислен за няколко интервала, респ. структурни етажа или литостратиграфски формации — например за терциерните комплекси, за мезозойските формации, за палеозойския и протерозойския фундамент.

Геоложки строеж и характеристика на топлинното поле

Границите на геоструктурните зони за територията на страната са показани на картата на топлинния поток (фиг. 1). За характеризиране на дълбочинния температурен режим в тях са изчислени обобщените термограми (фиг. 2 и фиг. 3):

Северна България

Топлинният поток и разпределението на температурите по хоризонти се определят както от мощните мезозойски и неозойски седименти на Мизийската платформа, явяващи се акумулатори на топлина, така и от силно разломения и денивелиран палеозойски фундамент. В Ломската депресия, където дебелината на седиментите достига 8 km, са измерени най-високите температури (фиг. 2) и стойности на ТП — над 80 mW/m^2 (фиг. 1). В централната ѝ част на дълбочина 3 km са измерени температури от 115 до 120°C , докато на изток в Мизийската плоча температурите повсеместно намаляват и на същото ниво във Варненската падина те са средно от 70 до 80°C . Подобна тенденция на изменения се наблюдава и за топлинния поток, който намалява до 50 mW/m^2 във Варненската падина. Областта на високи стойности на ТП (изолиния 70 mW/m^2) в Ломската падина продължава на северозапад и се затваря на румънска територия (Hurtig et al., под печат) (фиг. 1). Освен влиянието на литоложкия строеж и структурата на фундамента съществен фактор, формиращ геометричното поле, са хидрогеоложките условия. Най-мощен и водообилен е малм-валанжинският карбонатен хоризонт.

В отделните части на Мизийската платформа той „подгръва“ закритите структури (централната част на платформата) (фиг. 4, 5) и охлажда откритите области с интензивна филтрация, като причинява ниските температури на всички изследвани нива в областта на Севернобългарската подутина (фиг. 4, 5, 6, 7). Тя се очертава като дълбоко охладена структура (и под водоносния хоризонт) поради активните хидродинамични процеси през геоложкото ѝ развитие. На дълбочина 1 km температурите са два пъти по-ниски (под 25°C) от тези в Ломската падина (фиг. 5) и намаляват от запад на изток на всички изследвани нива в Мизийската плоча (фиг. 2).

Геотермичното поле на Предбалкана като цяло е по-еднородно в сравнение с платформата. Това се обуславя от по-еднородния му строеж (смяна на фациеса и дебелината на долнокредните формации) и от отсъствието на водоносен хоризонт с активна циркулация на подземните води. Контрастността в температурата на централната част на платформата и Предбалкана се откроява на дълбочина под 2000 m

(фиг. 2). Понижените температури в платформата са свързани с регионалния ефект на охлаждане от малм-валанджинския хоризонт.

За съпоставимост на стойностите на ТП в Северна България, последните са изчислени за интервала над малм-валанджина поради неговото повсеместно разпространение и липсата на достатъчно достоверни измервания в по-дълбоките хоризонти. В зоните, където топлинното поле е силно смутено от филтрационен топлопренос, стойностите на ТП над малм-валанджина не са използвани. При съществуващия геотермичен режим в мезозойските и неозойските формации за най-представителни следва да се приемат стойностите на топлинния поток в палеозойската подложка. Измерванията в достигнатия (пермски, карбонски и девонски) комплекс в Североизточна България показват понижени стойности на геотермичния градиент (22—25) mC/m и стойности на ТП около $55 mW/m^2$. Нисък поток ($55 mW/m^2$) е получен и за карбонската възлезна задруга в Добруджанския възлищен басейн (Г а ш а р о в и П е т р о в, 1984). В издигнатия палеозойски блок в Източния Предбалкан стойността на ТП е по-висока — $80 mW/m^2$. В частта на Южните Карпати и на Балкана, също в издигнатия палеозойски фундамент ТП е по-нисък от $60 mW/m^2$, а температурите на 1 km повсеместно надвишават $35^{\circ}C$ с изключение на термалната зона около Вършец (фиг. 1, 5).

Картите на температурата на дълбочина 2000, 3000 и 5000 m от земната повърхност, построени за района на Северна България, потвърждават зоната с най-високи температури в северозападната част (фиг. 6, 7, и 8). Изолиниите запазват характера на разпространението си в северозападна посока и на територията на Румъния (Н и т и г е t al., под печат). Картата на температурата на дълбочина 5000 m е построена чрез екстраполация на данни от температурните криви, записани в сондажи, по-дълбоки от 3000 m.

Южна България

В структурите на Южна България геотермичният режим е обусловен от широкото разпространение на най-древния (протерозойския) кристалинен фундамент от магмени и метаморфни скали, от интензивната и продължителната магмена дейност, съпътствувана от изнасяне на топлина от земните недра. Значителен фактор за контрастните геотермични условия са високо издигнатите планински хорстове и дълбоко потъналите междупланински грабени, заети от многобройни палеогенски и неогенски седиментационни басейни. Високите планински масиви със силно разчленен релеф представляват открити хидрогеоложки системи с ниски стойности на ТП поради активния водо- и топлин обмен. Съществена особеност тук са и широко разпространените хидротермални системи с техните дренажни зони от термални извори. Възходящите напорни термални води са създали обширни положителни аномалии (куполи) с високи стойности на температурата и геотермичния градиент.

В Средногорската структурна зона стойностите на ТП се определят от ниска топлопроводност на скалите в наложените терциерни грабенови басейни, както и от топлинния режим в тяхната подложка. С аномално ниски температури и стойности на ТП, ненадвишаващи $(30—40) mW/m^2$, се отличава Горнотракийският терциер-кватернерен басейн, както и Карловската и Казанлъшката котловина (фиг. 1). С най-голям топлинен потенциал и активен геотермичен режим от седиментните басейни в тази зона се отделя Софийската котловина. Тук на дълбочина 0,5 km в района на с. Казиче са измерени температури $60^{\circ}C$ и топлинен поток $140 mW/m^2$. В Източното Средногорие (от Сливен до Слънчев бряг) ТП също е повишен — $(70—80) mW/m^2$, а температурите в Бургаския синклинорий на 1 km са над $40^{\circ}C$. С повишени топлинни потоци се отделят и рудното находище в Челопеч и Росенската вулканско-плутонична структура. По-голямата част от Средногорската структурна зона се характеризира с топлинен поток около $60 mW/m^2$, което не отговаря на младата и тектонска активизация. Вероятната причина са поглъщането на топлина в процеса на активната седиментация и терциерните скали и тяхната ниска топлопроводност. От фиг. 9 се вижда, че стойно-

стите на ТП за Средногорската зона силно зависят от коефициента на топлопроводност при високи стойности на градиента.

Странджанската област се характеризира с ниски температури (под 40°C на 1 km) и ТП под 60 mW/m^2 . Сакарската област има по-голямо сходство с топлинния режим на Източните Родопи (фиг. 1, 5). Сакар-Странджанската зона се отделя като най-охладената на територията на страната (фиг. 9).

Родопският кристалинен масив е изграден от разнообразните по състав серии на докамбрийския метаморфен комплекс с обща дебелина над 15 km. Най-често стойностите на ТП са определяни в докамбрийския фундамент. Специфична особеност на цялата Рило-Родопска област са обширните хидротермални басейни, в които се намират много топли и горещи извори с температури до 100°C . В Струмската и Чепинската долина и в Северните Родопи съществуват няколко топлинни аномалии, вероятно свързани с неогенския вулканизъм и хидротермалната дейност, с ТП, надвишаващ 100 mW/m^2 . От тях най-голяма е Ерма река, разположена в южния край на Средните Родопи. В централната част на Ерменския гнайсов комплекс стойностите на ТП са по-високи от 200 mW/m^2 , а на дълбочина 1300 m е измерена температура 128°C (Петров и др., 1970). За по-голямата част от Средните и Източните Родопи стойността на ТП е по-висока от $60\text{--}70\text{ mW/m}^2$, а температурите на дълбочина 1 km са над 50°C . За същата дълбочина с температури над 50°C се характеризират грабените на Струмската и Чепинската долина, Маданският руден басейн и районът на Сърница. Различен е топлинният режим във високо издигнатите планински масиви. Там на дълбочина 1 km температурите са по-ниски от $35\text{--}40^{\circ}\text{C}$. Като цяло територията на Централните и Източните Родопи се отделя от изолиния 60 mW/m^2 , която продължава на юг на територията на Турция и Гърция, като отделя една обширна област със стойности на ТП, достигащи 80 mW/m^2 (фиг. 1) (Нуртигет ал., под печат). Непосредствено до границата ни с Гърция продължава и аномалията със стойности на ТП над 60 mW/m^2 , оформена по долината на р. Струма. В отделни точки в нея са изчислени стойности на топлинния поток над 100 mW/m^2 , свързани с хидротермални куполи (фиг. 1).

В югозападната част на България, където е обособена зоната на Краището, са характерни разломен терен и разкрития на палеозойски седименти и диоритни плутони. Стойности на ТП около 60 mW/m^2 преобладават за по-голямата част от този район.

Изменението на температурите в дълбочина за основните структурни единици в Южна България е показано чрез обобщени температурни криви (фиг. 3). Въпреки различията в геоложката им възраст и строеж не се забелязва голяма температурна диференциация вероятно поради малката дълбочина на изследване (до 1 km) и влиянието на контрастния релеф.

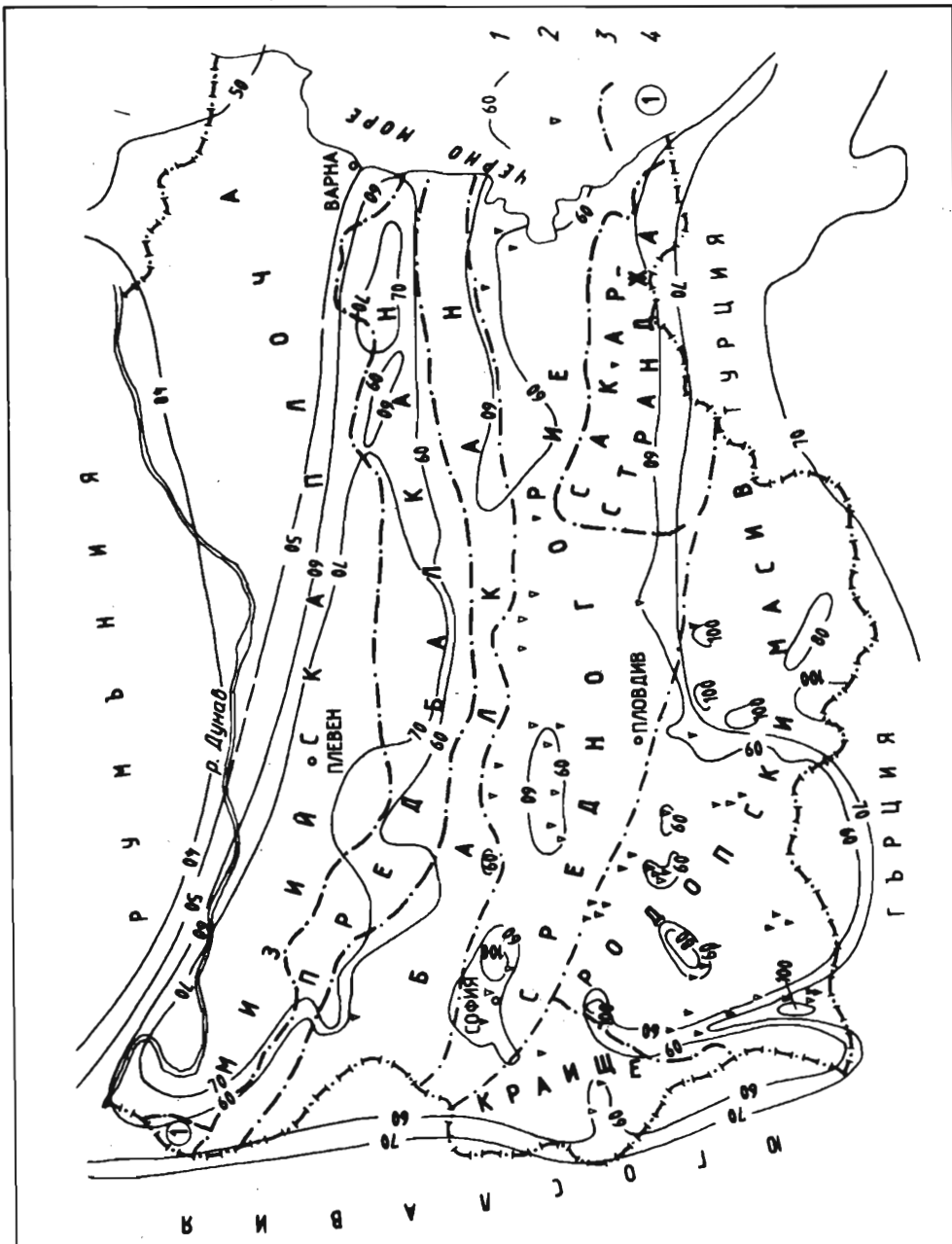
Изграждането на обоснован модел на литосферата по данни от скоростния дълбочинен разрез за територията на страната, както и предстоящото прокарване на дълбоки проучвателни сондажи в Южна България ще позволят по-пълно да се изследват топлинните процеси в земните недра.

Литература

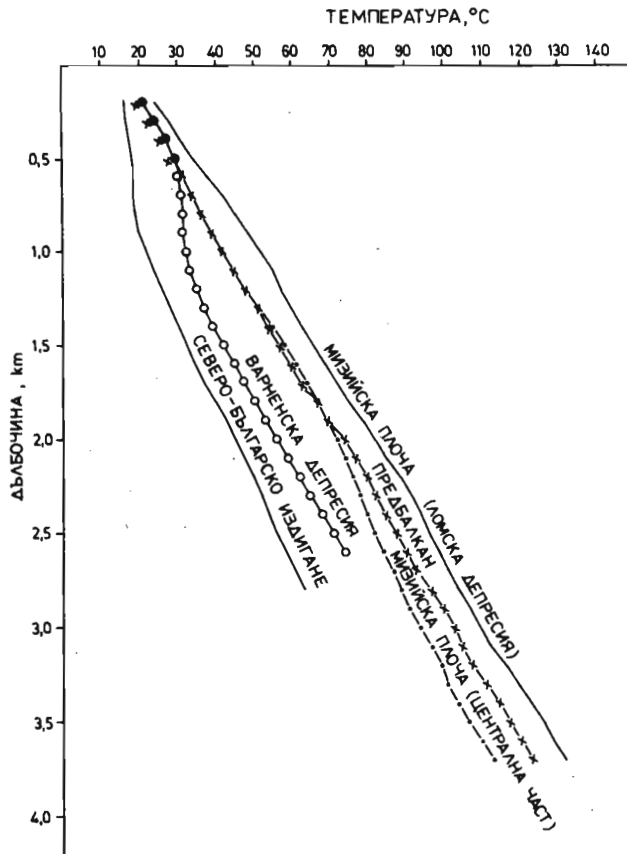
- Велинов, Т., К. Бояджиева. 1981 *Геотермични изследвания в България*. С., Техника. 154 с.
- Велинов, Т. 1986. Геотермичното поле в България. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 47, 1, 1—8.
- Йовчев, Й. 1971. *Тектонски строеж на България*. С., Техника. 558 с.
- Калинин, А. Н. 1976. Об определения коефициента теплопроводности двухточечным тепловым зондированием поверхности образца. — *Инж. физ. журнал*, 4, 693—699.
- Петров, П., С. Маринов, К. Лимонадов, Ю. Страка. 1970. *Хидрогеоложки проучвания на минералните води в България*. С., Техника. 170 с.
- Смирнов, А. А., И. Ю. Мойсеенко, Т. З. Чадович. 1979. *Тепловой режим и радиоактивность Земли*. Л., Недра. 191 с.

- Beck, I. U., All Arjy. 1974. Investigation of a new simple transient method of thermal property measurement. — *J. Heat Transfer*, 96, Ser. C, I, 60-66.
- Gasharov, St., P. Petrov. 1984. A transient method and thermophysical parameters of rocks from Dobrudja, North Bulgaria. — *Tectonophysics*, E.S.P. Amsterdam, 103.
- Hurtig, E., V. Cermak, R. Haenel, V. Zui. 1990. *Geothermal Atlas of Europe*.—VEB Hermann Haack Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha. GDR (под печат).
- Reiter, M., Hartman. 1971. A new steady-state method for determining thermal conductivity. — *J. Geoph. Res.*, 76, 10, 1962-1967.

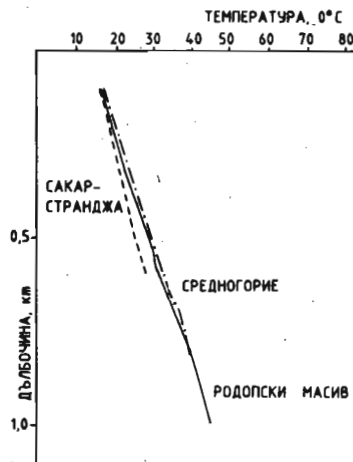
(Постъпила на 30. XI. 1989 г.)



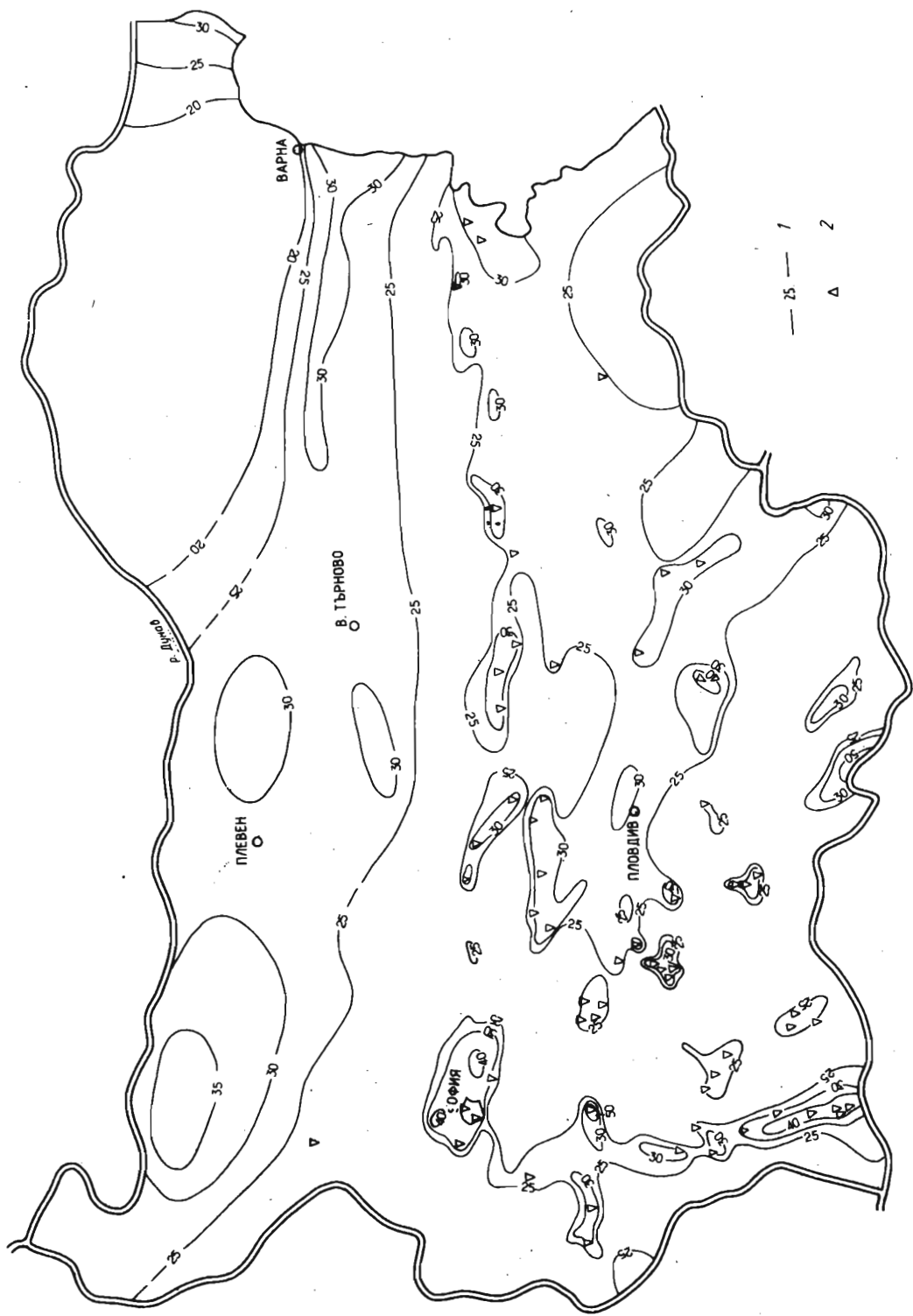
Фиг. 1. Карта на разпределение на повърхнинната плътност на топлинния поток (ТП) на територията на България (1:2 500 000); 1 — изолинии на ТП, mW/m^2 ; 2 — термални извори; 3 — граница на геоструктурна област; 4 — Южни Карпати



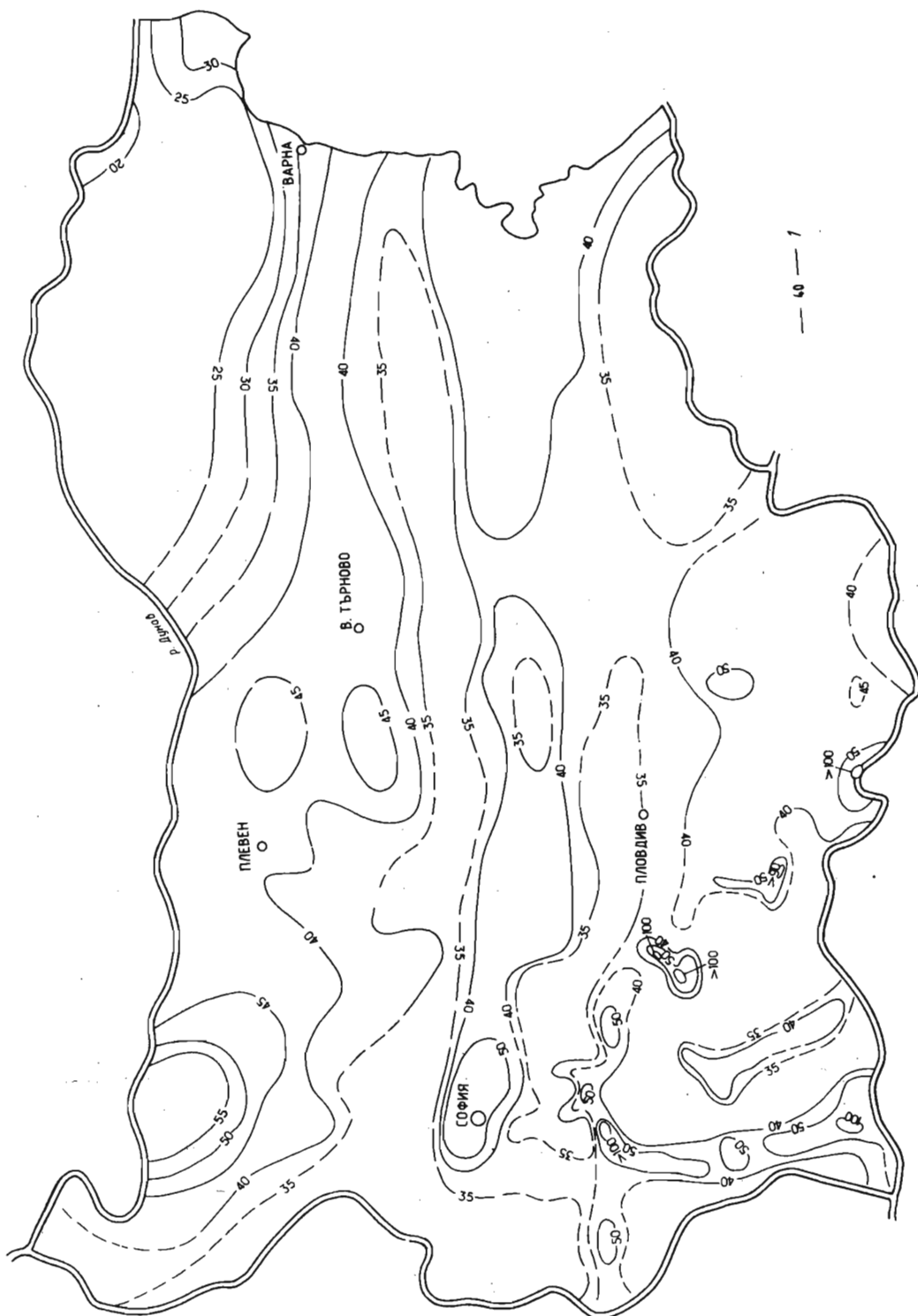
Фиг. 2. Обобщени температурни криви — Северна България



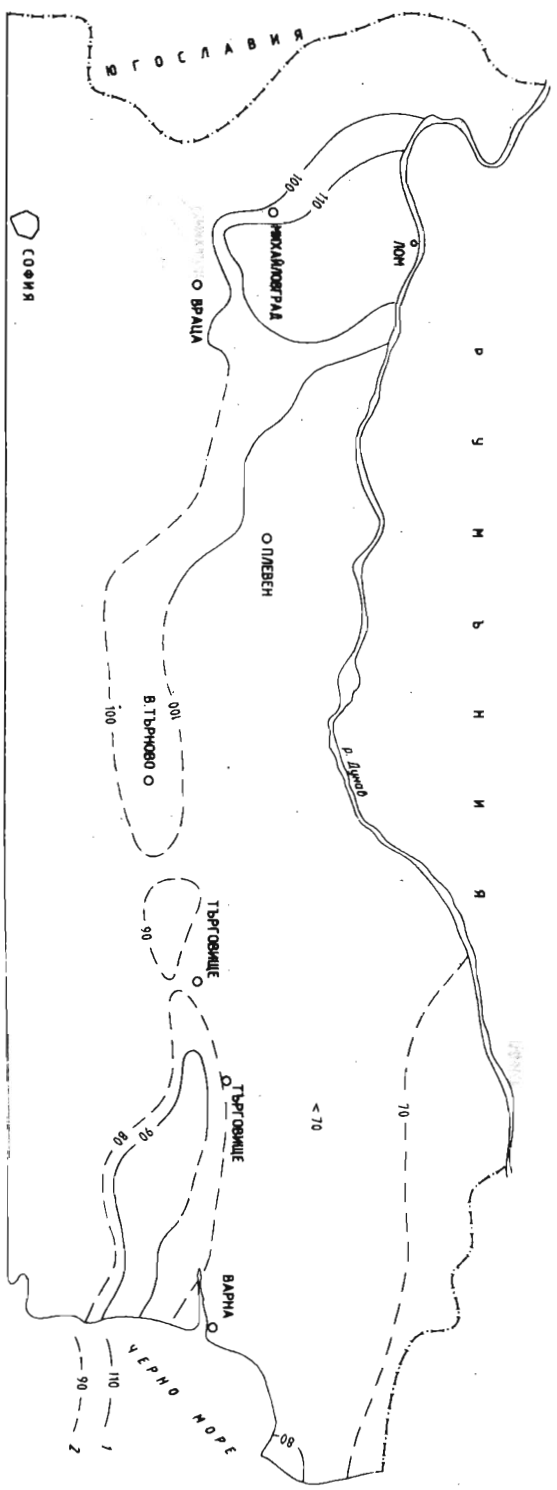
Фиг. 3. Обобщени температурни криви — Южна България



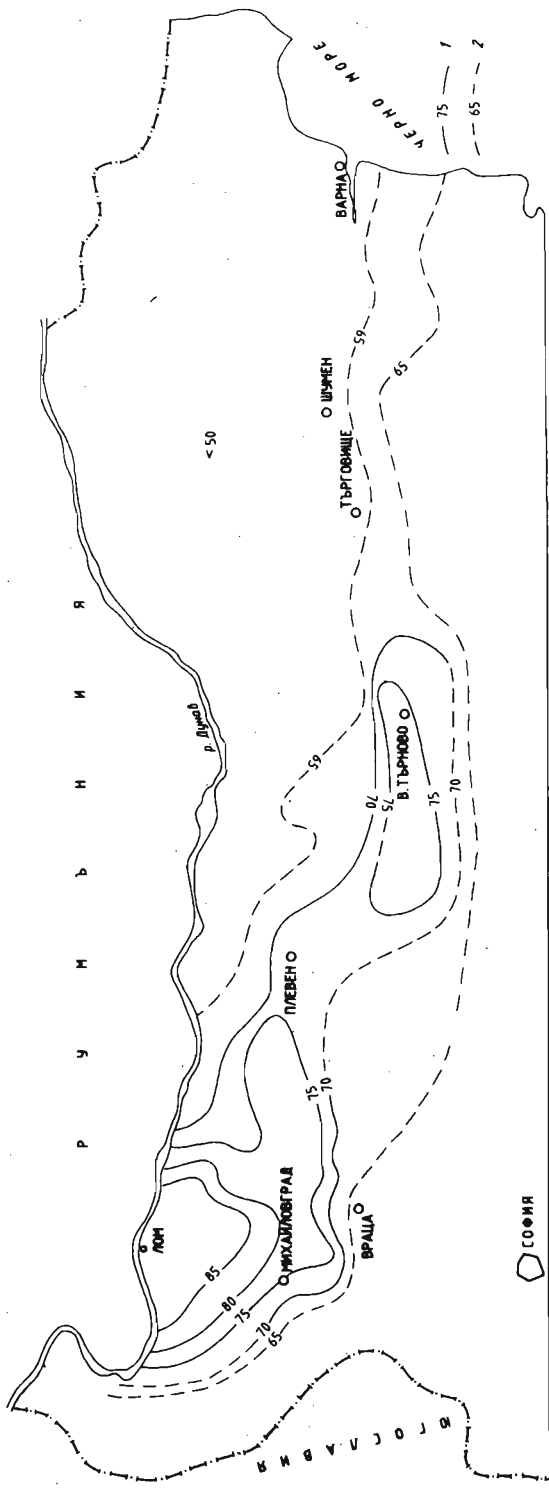
Фиг. 4. Карта на разпределението на температурата на дълбочина 500 m под земната повърхност за територията на България: 1 — изотерми, °С; 2 — термални извори



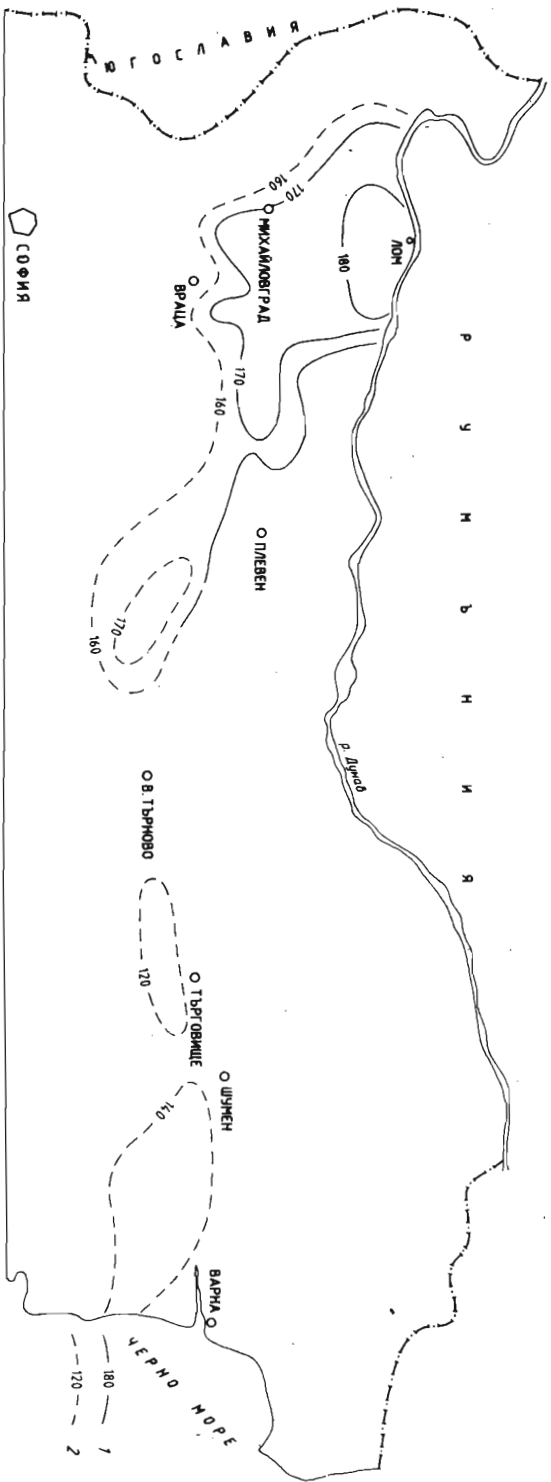
Фиг. 5. Карта на разпределение на температурата на дълбочина 1000 m под земната повърхност за територията на България: / — изотерми, °С



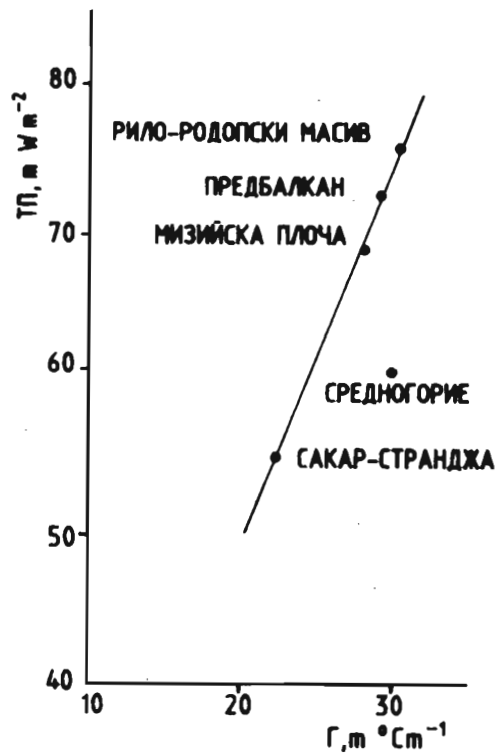
Фиг. 6. Карта на разпределение на температурата на дълбочина 2000 м под земната повърхност за район на Северна България (1:2 500 000): 1 — изотерми, °С (сигурни); 2 — изотерми, °С (предполагамки)



Фиг. 7. Карта на разпределение на температурата на дълбочина 3000 m под земната повърхност за райо-
на на Северна България (1:2 500 000): 1 — изотерми, °С (сигурни); 2 — изотерми, °С (предполагаеми)



Фиг. 8. Карта на разпределение на температурата на дълбочина 5000 м под земната повърхност за района на Северна България (1 : 2 500 000): 1 — изотерми, °С (сигурни); 2 — изотерми, °С (предполагамки).



Фиг. 9. Зависимост на повърхнинната плътност на топлинния поток (ТП) от геотермичния градиент (Γ) изчислени за отделните геоструктурни области в България