

## Ролята на тектонските фактори за формирането на хидрогеоложките условия в Симитлийския артезиански басейн

А. Тодоров, Б. Маринов, Л. Кузманов, Е. Колев,  
Б. Цацев, П. Недялков

Министерство на металургията, 1000 София

*A. Todorov, B. Marinov, L. Kuzmanov, E. Kolev, B. Tsatsev, P. Nedjalkov — The role of tectonic factors in the formation of hydrogeological conditions in Simitli artesian basin. The paper is a summary of hydrogeological studies in Simitli artesian basin carried out in a period of six years. The hydrodynamic and hydrogeochemical conditions of the Miocene aquifer at a depth of 400 m are characterized in detail. It is shown that the tectonic structures identified in the basin play a two-fold part. On the one hand, they offer paths for penetration of surface waters to a considerable depth (up to 300-350 m) which is witnessed by the high oxygen-reduction potential. On the other hand, these structures are sources of discharge of deep waters with high pH, enriched in helium, fluorine, tungsten and other valuable microcomponents. It was established that the content of sulphate ions, helium, fluorine and tungsten increase in depth.*

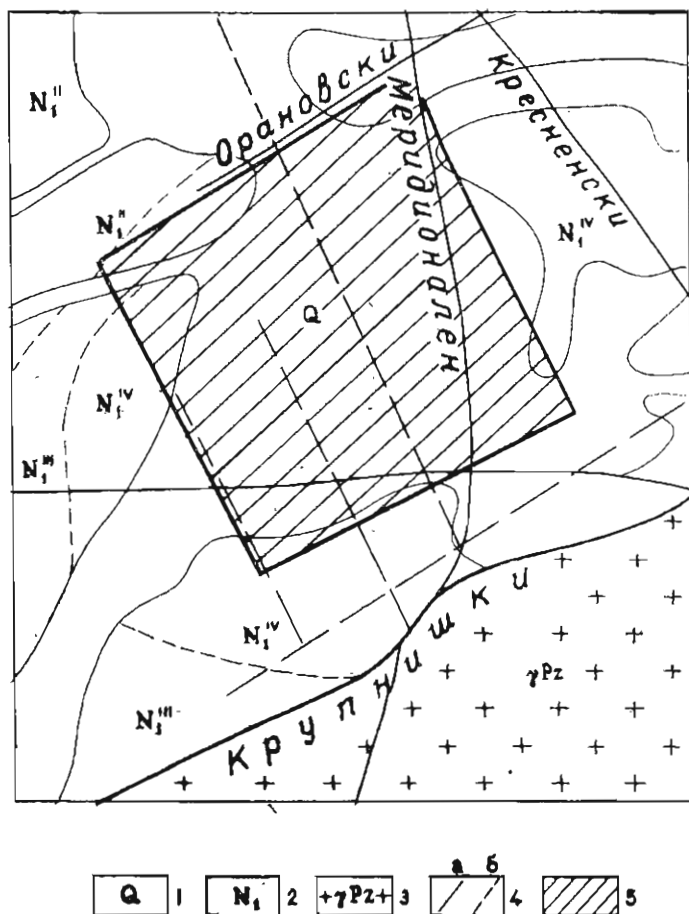
Симитлийският артезиански басейн се намира в Югозападна България на 20 km южно от Благоевград. Той представлява наложена структура от втори порядък, чиято дълга ос е изтеглена в североизточно направление. Хидрогеоложките условия на басейна са изучени чрез прокарането на повече от 60 броя хидрогеоложки сондажи, на които са проведени единични или групови водочерпания, режимни наблюдения и специални работи. Те позволиха да се установи сложната хидрогеоложка картина. Огромно влияние на подземните води и на формирането на химичния им състав оказва тектонският строеж на басейна. Хидрогеоложките работи се провеждаха в продължение на шест години, като в обобщен вид получените резултати се публикуват за първи път.

### Кратки сведения за геоложкия строеж на басейна

Неогенските отложения на Симитлийския басейн са обект на изучаване от редица изследователи. По-подробно стратиграфията и литологията им са описвани от Каменов и др. (1965) и Қоюмджиева и др. (1983),

а тектониката се разглежда от Московски (1971), Връблянски (1974) и Загорчев (1975).

Изпълващите грабена неогенски седименти в западната и източната му част залягат върху протерозойски метаморфити, а в средната част — върху



Фиг. 1. Схематична геоложка карта на района  
 1 — кватернерни отложения; 2 — отложения на миоцена (II, III и IV хоризонт); 3 — гранити; 4 — тектонски структура: а) установени, б) предполагаеми; 5 — участък на проучване

Орановската въгленосна задруга. Освен тези скали по ръба на басейна се разкриват гранитите на Крупнишкия плутон при с. Крупник, червените палеогенски конгломерати сухострелски тип западно от с. Черниче и въгленосните олигоценски седименти северно от с. Брежани (К о ю м д ж и е - в а и др., 1983). Кватернерните отложения се разполагат в централната част на басейна.

Обект на изследване са миоценските седименти (К о ю м д ж и е в а и др., 1983), които заемат по-голямата част от басейна и са проучени на дълбочина до 400 м. Те залягат трансгресивно и дискордантно върху скали на фундамента и палеогена и условно са поделени от нас на четири хоризонта. Първият и третият хоризонт на миоцена (Черничевска свита, К о ю м -

дж и е в а и др., 1983) са образувани в период на тектонска активизация, а вторият и четвъртият (Симитлийска свита) — в период на тектонска стабилизация на района. Това определя литолого-фациалните особености на хоризонтите: I и III са изградени предимно от пролувиални отложения, а II и IV — предимно от алувиални отложения. Седиментните скали от всички хоризонти залягат моноклинално на югоизток с наклон 10—15°.

Най-добре са изучени III и IV хоризонт в централната част на басейна. Третият хоризонт източно от жп линията (Градевски клин на Черничевската свита, К о ю м д ж и е в а и др., 1983) е изграден предимно от пролувиални отложения, а западно от нея тези отложения се явяват типични представители на планинския алувий — преобладават конгломератите и пясъчниците, а алевролитите имат незначително развитие. Особеност на хоризонта се явява честото редуване на различни прослойки по вертикала и тяхната площна неиздържаност. Общата мощност на III хоризонт достига до 220—250 m.

В отложенията на IV хоризонт с мощност 250—300 m се наблюдава ритмично редуване на алувиални конгломерати, пясъчници и алевролити, като преобладава финнозърнестата фракция.

Главна роля за формирането на Симитлийския грабен са играли тектонските структури със североизточно направление — Крупнишкият, Орановският и Градевският разлом (фиг. 1). Крупнишкият и Градевският разлом служат съответно като ЮИ и СЗ граница на басейна и са проявени много добре на повърхността. Орановският разлом е установен в резултат от проведените геоморфоложки и сондажни работи. Той се изтегля приблизително по р. Градевска и е представен от тектонска брекча с крупнокристалинен калцит. Мощността му е 5—10 m. Пропаднало е югоизточното крило с амплитуда 100—200 m.

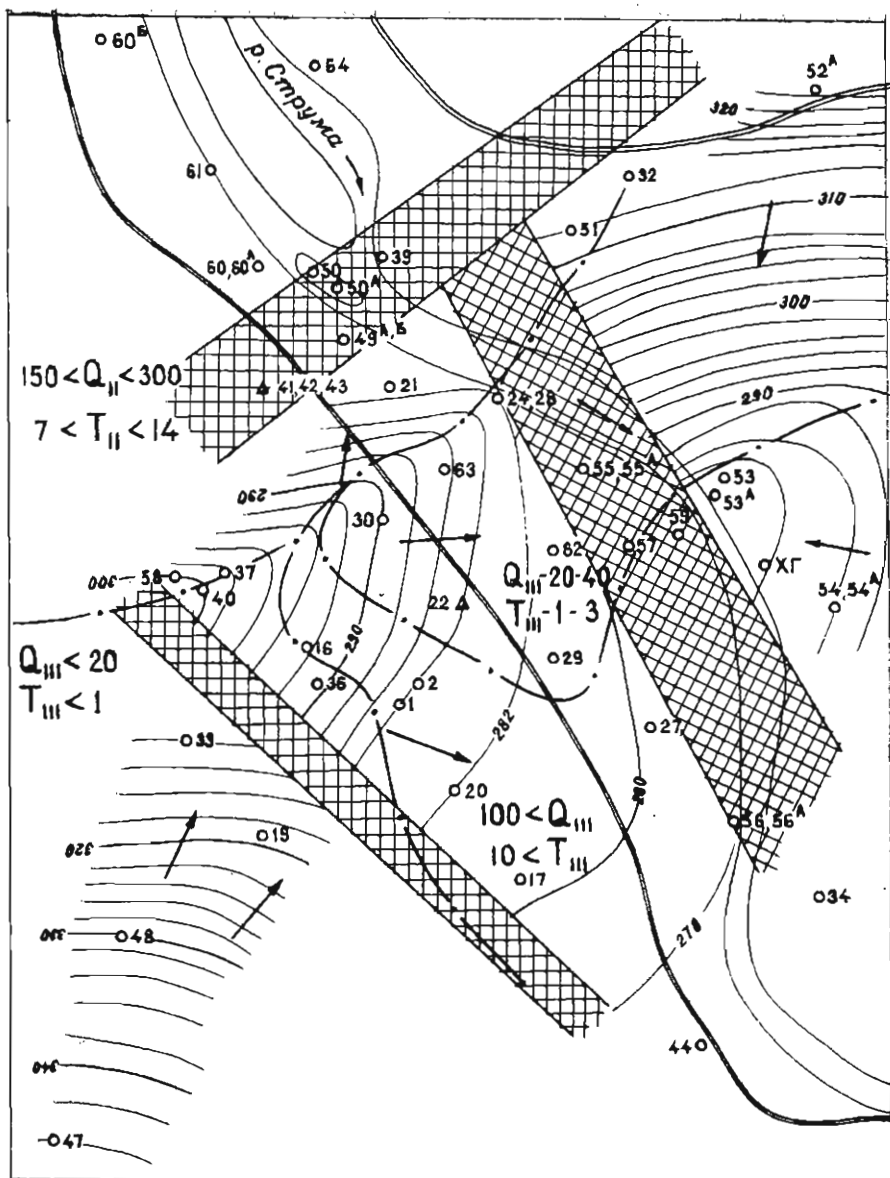
Много добре проявени в басейна и обкръжаващите го метаморфни и магмени скали са меридионалните и субмеридионалните разломи от Краищидната система. Най-добре изявена тектонска структура от тази система е Кресненският разлом. Той има СЗ простирание и затъва на ЮЗ под ъгъл 75—80°. Мощността му е 70—80 m, а амплитудата на пропадане на западния блок е около 100 m.

С проведените сондажни работи са установени и тектонски нарушения от по-висок порядък с различна ориентация. В обсега на тези нарушения седиментните скали са интензивно напукани, понякога се наблюдава тектонска глина и сулфидна минерализация.

За тектонската активност на района свидетелствува и силното земетресение през 1904 г.

## Хидрогеоложки особености на басейна

В съответствие с геоложкия строеж на басейна логично е да предположим, че в рамките на разглеждания разрез можем да отделим три водоносни хоризонта, съответстващи на литоложките — II, III, IV. От друга страна, отсъствието на издържани водоупори, маломощните водоносни колектори и интензивната разломна тектоника дават основание за разглеждане на миоценските отложения като слоест водоносен комплекс. Извършените специализирани хидродинамични и хидрогеохимични изследвания потвърдиха това предположение.



Фиг. 2. Хидродинамична схема на басейна

1 — опробвани единични сондажи и участъци; 2 — хидроизоплези и посока на движение на подземните води; 3 — предполагаеми зони на дренране на подземните води от басейна; 4 — контур, отделящ участъци с различна водообилност; 5 — показатели за водообилност: дебит от сондаж ( $Q$ ,  $m^3/24 h$ ) и проводимост на пласта ( $T$ ,  $m^2/24 h$ )

При анализа на хидроизоплезите се установи, че в пределите на изучената част от басейна се обособяват три участъка — западен, централен и североизточен, характеризиращи се като самостоятелни хидродинамични блокове (фиг. 2). Последните се разделят от зони, в които стават резки измене-

ния на хидравличния градиент и на посоката на движение на подземните води. Тези зони ние третираме като тектонски зони, изпълняващи определена хидрогеоложка роля.

Така например в западния блок движението на напорните води се извършва в североизточна посока при сравнително висок градиент. На североизток този блок се ограничава от тектонска зона, която вероятно играе ролята на хидравлична завеса и създава подпор на подземните води от западния блок. В централния блок се фиксира разходящо движение на водите — от северозападната част на блока на североизток, изток и югоизток. На север от Орановския разлом и в източните граници на този блок се наблюдава изравняване на нивата на напорните и грунтови води (от терасата на р. Струма), което свидетелствува за разтоварването на първите в тази част на басейна. В източния блок движението на водите се извършва от север и североизток в южна и западна посока. Тук се установява тектонско нарушение, което разделя централния от източния блок и изпълнява ролята на основна дренараща зона на напорните води от басейна.

Водообилността на слоестия комплекс е показана чрез параметрите дебит ( $Q$ ) на сондажите и проводимост ( $T$ ) на пласта от II и III литоложки хоризонт (фиг. 2). Извършеното райониране на басейна по тези параметри в общи линии съвпада с установените площни изменения в литологията на миоценските седименти.

От проведените многогодишни режимни наблюдения за колебанията на статичните нива на напорните води се установи, че в сондажите, разположени по периферията на басейна, водните нива реагират бързо на атмосферните валежи. В централната част на басейна такава връзка не се фиксира. Тези факти свидетелствуват за интензивно подхранване на слоестия комплекс в периферните части на басейна от атмосферни и повърхностни води. За разтоварването на дълбочинни пукнатинно-жилни води говорят високите стойности на геотермичния градиент и повишената температура на водите в южния фланг на басейна и преди всичко установените хидрогеохимични условия.

## Обща хидрогеохимична характеристика

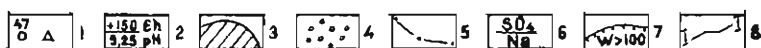
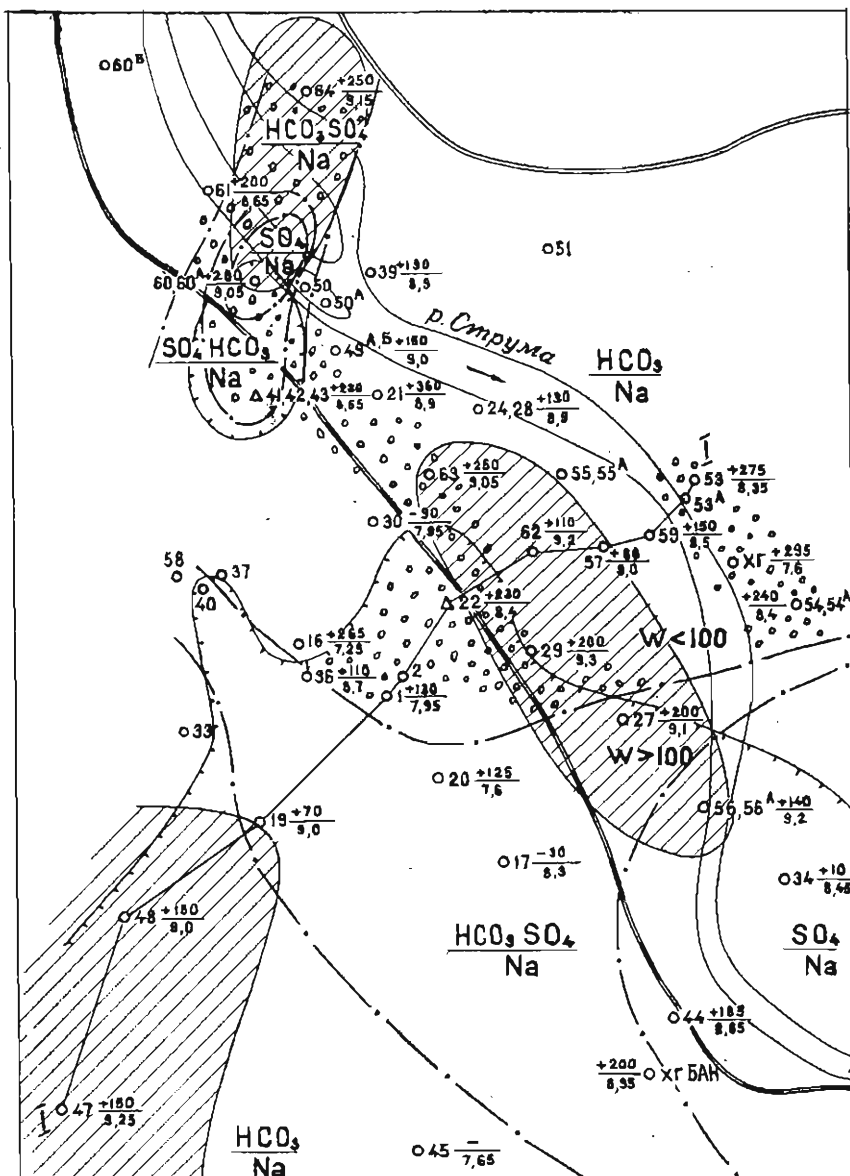
Изучаването на хидрогеохимичните условия на басейна се осъществява чрез опробване на хидрогеоложките сондажи. Сондажите имат различна дълбочина, филтрите са установени на различни интервали, което дава възможност след анализиране на пробите да проследим изменението на хидрогеохимичните условия не само в план, но и в разрез.

В по-голяма част от проучената площ на Симитлийския басейн са разпространени хидрокарбонатни натриеви води и по-рядко сулфатни води (фиг. 3).

Чисто сулфатни натриеви води се срещат на два участъка в басейна: на юг във възела на пресичане на Меридионалния и Крупнишкия разлом (ХГ-34, ХГ-44) и в северната част на басейна (ХГ-64) в близост до Орановския разлом.

От тези два участъка към центъра на басейна съставът на подземните води последователно се изменя на хидрокарбонатно-сулфатен натриев и сулфатно-хидрокарбонатен натриев. На голяма площ в центъра на басейна са разпространени предимно чисти хидрокарбонатни, натриеви води.

От направения анализ за изменение съдържанията на сулфатните и хидрокарбонатните йони в дълбочина (фиг. 4) се вижда, че количеството на



Фиг. 3. Хидрогеохимична схема на басейна

1 — опробвани единични хидрогеоложки сондажи и участъци; 2 — стойности на окислително-възстановителния потенциал в mV и pH; 3 — участъци, в които подземните води на мясцата имат  $\text{pH} > 9,0$ ; 4 — участъци, в които подземните води на мясцата са с  $\text{Eh} > +200 \text{ mV}$ ; 5 — контур, отделящ различните по тип вода (по Курлов); 6 — преобладаващ тип на водите; 7 — контур, отделящ подземните води със съдържание на  $W > 100 \mu\text{g/l}$  и  $< 100 \mu\text{g/l}$ ; 8 — разрезна линия

Таблица 1

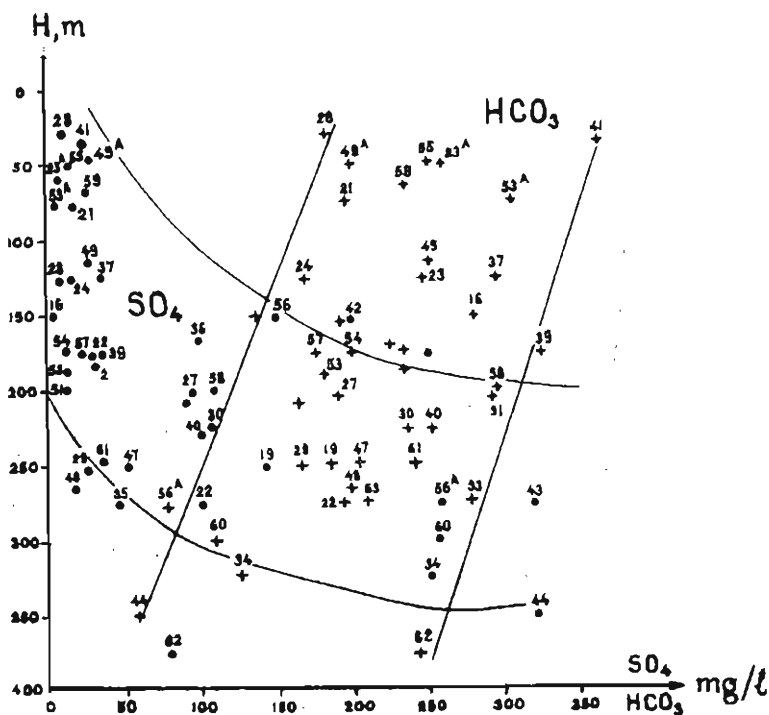
Изменение на минерализацията и състава на водите в дълбочина

Интервал на опробване, м	Минерализация, g/l	Тип на водите по Курлов
0—75	0,32—0,6	HCO <sub>3</sub> /NaCa
75—175	0,35—0,67	HCO <sub>3</sub> /Na
175—275	0,37—0,69	HCO <sub>3</sub> SO <sub>4</sub> (SO <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> )/Na
275—375	0,50—0,85	SO <sub>4</sub> /Na

сулфатните йони расте в дълбочина по параболична зависимост, докато в същото време количеството на хидрокарбонатния йон не се увеличава в дълбочина.

Преобладаващото увеличение на количеството на сулфатния йон в дълбочина обуславя изменението на типа на водата по целия разрез на водоносния комплекс (табл. 1).

Както се вижда от таблицата, едновременно с изменението на състава на водата в дълбочина се увеличава с 50% и общата минерализация. Характерно е, че в интервала до 75 м в състава на водата почти повсеместно се



Фиг. 4. Изменение концентрацията на сулфатните и хидрокарбонатните йони в дълбочина

срещат йони на калция, т. е. повърхностните води съществено влияят на макрокомпонентния състав на подземните води до тази дълбочина.

Най-контрастно взаимовлиянието на повърхностните и дълбочинните фактори оказва на формирането на геохимичната обстановка. Тук е необхо-

димо да напомним, че типични представители на дълбочинните пукнатинно-жилни води в района се явяват водите от термалния източник „Симитли“, разположен в северния край на басейна. Характерна особеност на тези води са сулфатният натриев състав с минерализация 0,6 g/l, високо рН — 9,5, и флуоронатеност до 12 mg/l, а също така и високото съдържание на някои микрокомпоненти — волфрам, германий, литий (Петров и др., 1970). Съпоставяйки тези данни с данните за подземните води на басейна, може да се отделят участъци, където въздействието на дълбочинните фактори за формиране типа на водите е съществено.

Така например стойността на рН на напорните води в басейна се изменя от 7,25 до 9,3. За нас най-голям интерес представляват високите стойности на рН (>9,0). Те са установени на три места в басейна: на югозапад, в центъра и на север (фиг. 3).

Участък с алкална вода в центъра на басейна се оформя във вид на ивица, заключена между ХГ-27, ХГ-57, ХГ-63, с дължина 1500 m и ширина 500 m.

В северния край на басейна контурът с високо значение на рН обхваща сондажите ХГ-60, ХГ-64, а пространствено съвпада със зоната на разтоварване на напорните води в района на Орановския разлом и с аномалния участък на сулфатни натриеви води. На югозапад подземни води с високо рН са привързани към Крупнишкия разлом.

Определен геоложки интерес представлява разпространението на окислително-възстановителния потенциал (Eh) в пределите на басейна. Установи се, че дълбочината на опробване не оказва съществено влияние на стойността на Eh. Например в сондаж ХГ-50<sup>a</sup> с дълбочина 50 m е измерено Eh = +140 mV, а в ХГ-63 с дълбочина 300 m — Eh = +250 mV. Затова ние обърнахме внимание на площното разпространение в басейна на окислително-възстановителния потенциал. При това бе установено, че в пределите на изучената площ могат да се установят два участъка с окислително-възстановителен потенциал на подземните води, по-голям от +200 mV, т. е. с типична окислителна обстановка. Един от тях във вид на изтеглена ивица преминава през централната част на басейна, пространствено съвпада с участък, имащ аномален състав на водите и рН, по-голямо от 9, който се изтегля в непосредствена близост до жп линията със субмеридионално направление. Следователно в тази зона се наблюдава смесване на повърхностни води с високо Eh и дълбочинни води с високо рН.

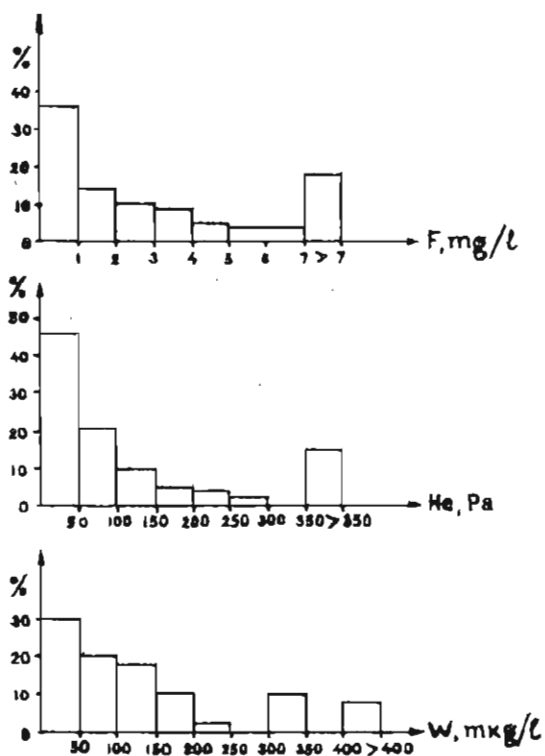
## Допълнителни признаци за разтоварване на дълбочинни води

По-горе споменахме, че допълнителните признаци за разтоварване на дълбочинни пукнатинно-жилни води в басейна могат да бъдат повишените съдържания на флуор и волфрам. Трети подобен признак се явява хелият. Като не обсъждаме и не анализираме тук всички публикуван материал по този въпрос, ще цитираме Б о р о д з и ч и др. (1983), които отбелязват, че „хелиевите аномални фиксират структурни възли, т. е. участъци, където се пресичат няколко разлома“. И по-нататък: „потокът от хелий по проницаеми разломи идва заедно с фазоносител, т. е. с вода, която обикновено е минерализирана и газонаситена“. Проведеното проучване за хелийноста на подземните води на басейна показва широк диапазон на изменение на концентрацията на хелия: от 0 до 1403 Pa.



Вариационните криви за разпределение на концентрациите на флуор, волфрам и хелий в подземните води на басейна показват удивително съвпадение по форма (фиг. 5).

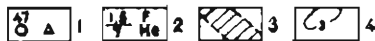
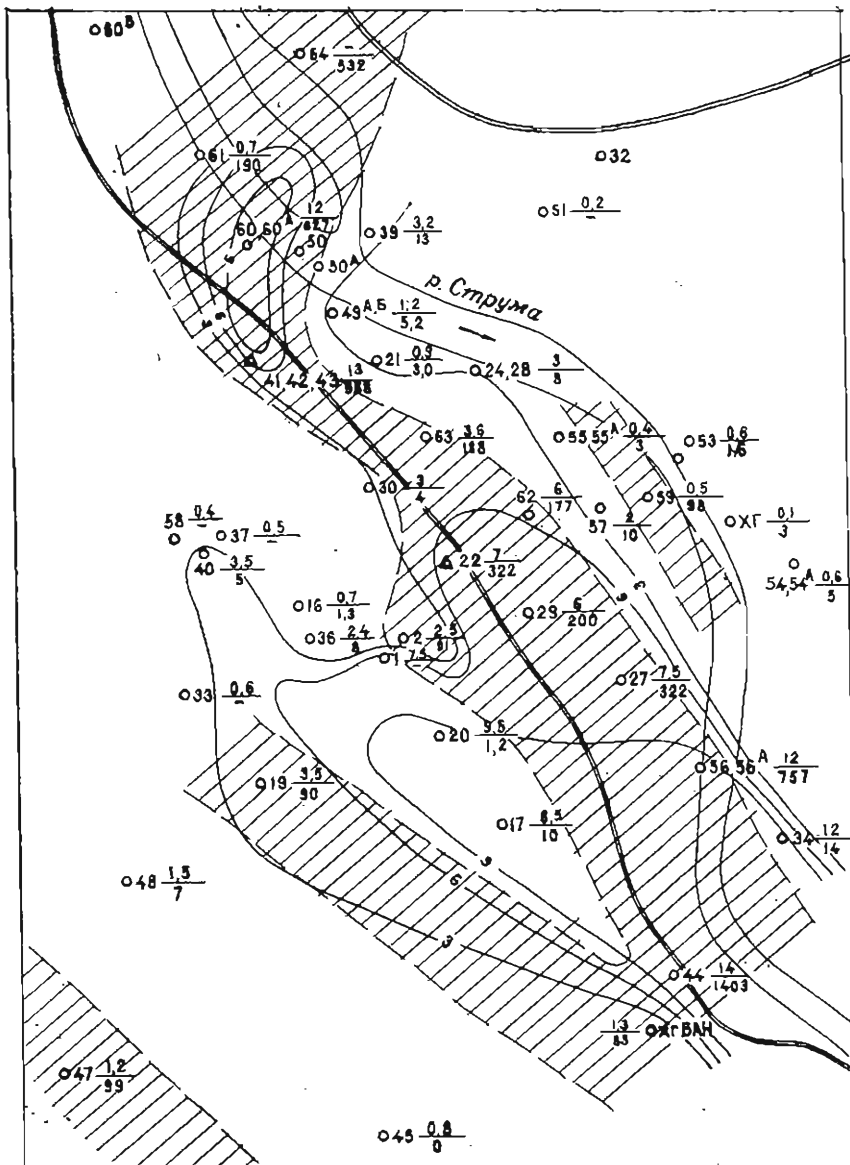
Действително всички криви имат форма, подчиняваща се на логнормалния закон за разпределение, с пресечена лява част, т. е. модалните зна-



Фиг. 5. Хистограми за разпределението на флуора, хелия и волфрама в подземните води на басейна

чения на съдържанията са привързани към първия интервал на вариацията на разпределение. Очевидно е, че тези модални значения можем да приемем за фонове на района, а десния клон на вариационната крива — за влияние на местните условия в басейна. При това интересно е да отбележим, че аномалните съдържания на флуора, волфрама и хелия, които превишават модалността, са зафиксирани в 16—18% от случаите независимо от това, че количеството на пробите в отделните криви е различно — съответно 92, 98 и 55 бр. Във връзка с това можем да предположим, че аномалните съдържания на тези компоненти са обусловени от едни и същи причини, а именно от разтоварване на дълбочинните води в определени зони. Съвпадението на участъците с аномални концентрации на F, W и He по площта на басейна потвърждава изказаното предположение (фиг. 3).

Най-контрастно по площта на басейна се разпространява хелият. По направление от югозапад на североизток се отделят четири ивици със североизточно и субмеридионално направление, в пределите на които съдържанието на хелия превишава средното значение (5 Pa) от 10 до 280 пъти. Зо-

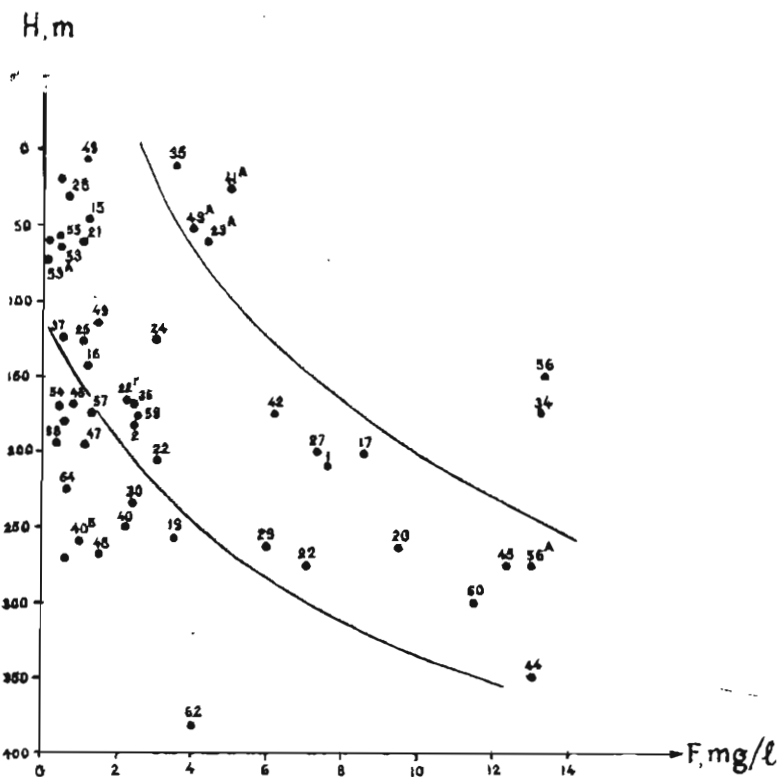


Фиг. 6. Схема на хелио- и флуоронаситеността на подземните води на басейна

1 — опробвани единични хидрогеоложки сондажи и участъци; 2 — съдържание на F в  $\mu\text{g/l}$  и на хелия Pa в определени точки; 3 — ивица, в която концентрацията на хелия в подземните води е повече от 50 Pa; 4 — изоконцентрация на флуора в  $\text{mg/l}$

ната с най-високо съдържание на хелий се явява в близост и по направление на жп линията, започваща на юг от ХГ-44 и достигаща на север до ХГ-64. Тази зона е с дължина 5 km и ширина 700 m.

Разпределението на хелия почти напълно съвпада с това на флуора, чието аномално съдържание е установено на възела, където се пресичат Крупнишкият и Кресненският разлом (до 18 mg/l). Контурът с високите съдържания на флуор се простира в субмеридионално и северозападно на-



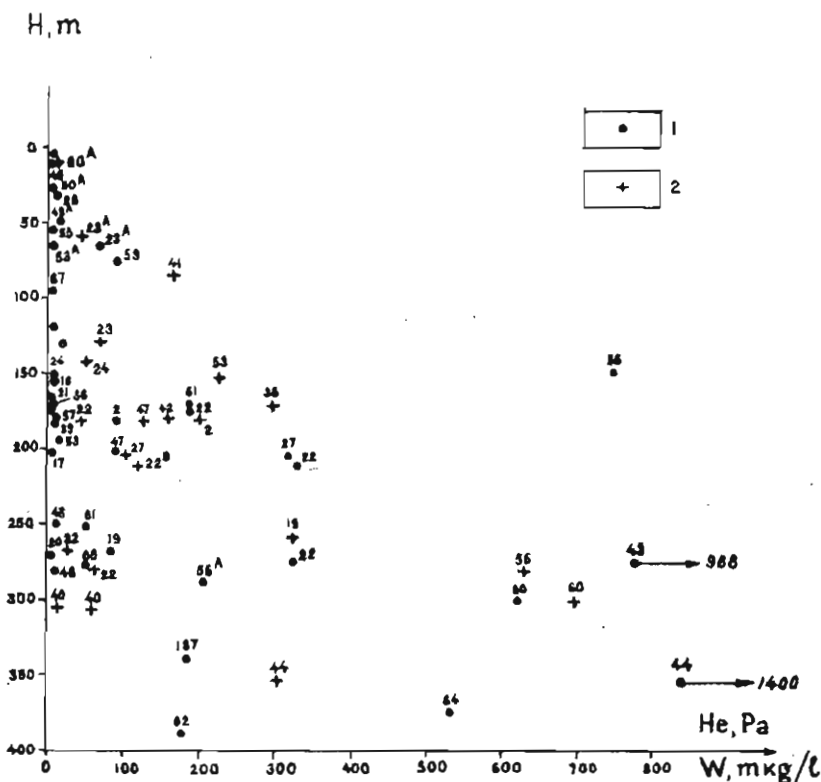
Фиг. 7. Зависимост за изменение съдържанието на флуора в подземните води от дълбочината

правление. Северозападният клон съвпада със следните зони с високи стойности: на хелионосност, на окислително-възстановителен потенциал и на повишена водообилност (фиг. 2 и 6). Друг аномален участък по съдържание на флуор е отбелязан на северната граница на басейна (ХГ-43 и ХГ-60), където той съвпада с хидродинамичната аномалия, рН-аномалията и аномалията на общия химичен състав на водата.

Високи концентрации на волфрам се фиксират също по югозападните части на басейна (в ХГ-36 до 0,62 mg/l) на площ около 8 km<sup>2</sup> и на северната граница на басейна (ХГ-60). Повечето фиксирани съдържания на волфрама превишават 1000 пъти фона на подземните води по Шарцев (1978).

Общото за трите компонента (флуор, волфрам и хелий) се явява нарастването на техните концентрации в дълбочина (фиг. 7 и 8). Интересно е да се отбележи, че на фона на нарастването на концентрацията на компонентите в дълбочина има проби, които не се подчиняват на общата закономерност. Така например високи концентрации на флуор и хелий са зафиксирани в отделни сондажи на дълбочина 150 m (ХГ-34), а ниски концентрации

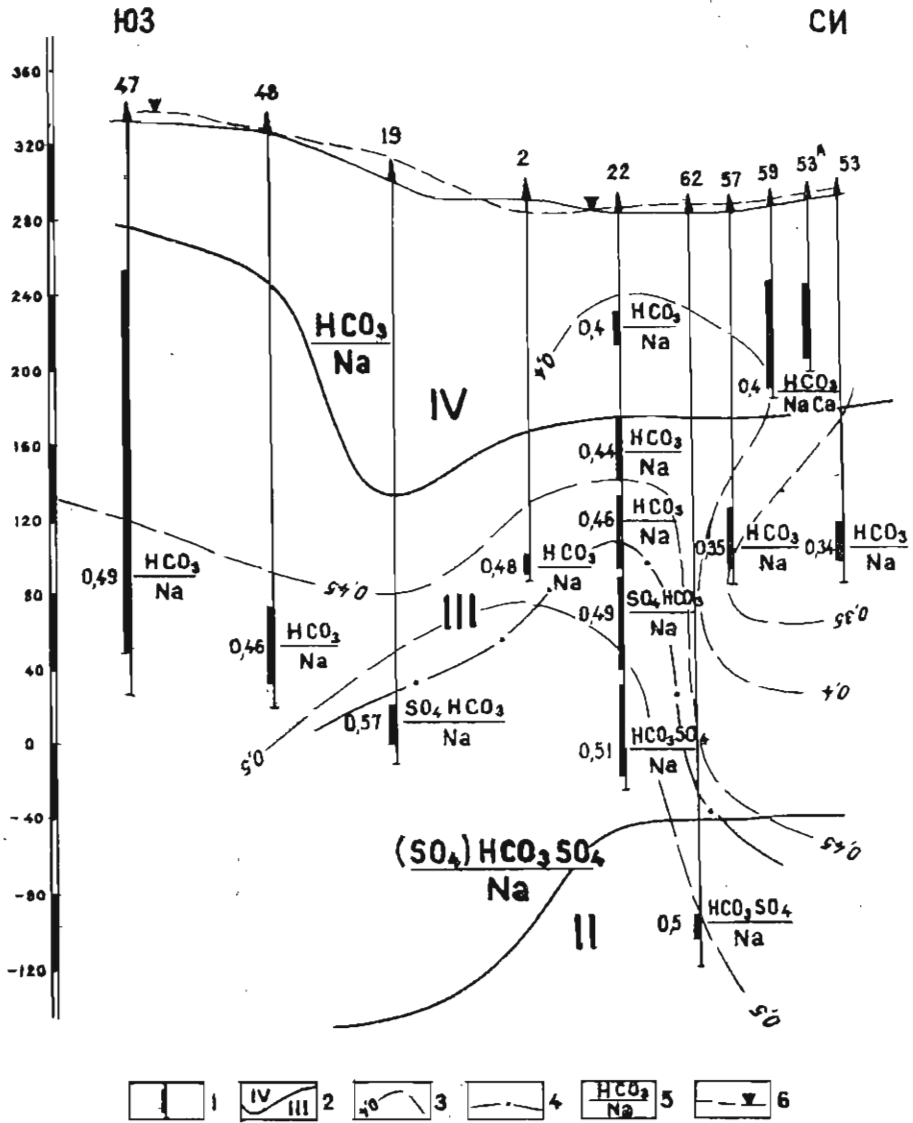
се срещат дори на дълбочина от 300 m (фиг. 7 и 8). Наличието на отклонение от общата закономерност свидетелствува за мозаичния характер на хидрогеоложките условия в басейна — „запечатани“ блокове се редуват с активни в хидродинамично отношение разломи.



Фиг. 8. Зависимост за изменение съдържанието на хелия и волфрама в подземните води от дълбочината  
1 — хелий; 2 — волфрам

Влиянието на блоковата тектоника може нагледно да се проследи при разглеждането на напречния разрез I—I (фиг. 9 и 10). Както се вижда от разреза, тектонските нарушения и свързаните с тях дълбочинни води влияят както за формирането на общия химичен състав на подземните води, така също и за зоналното разпределение на отделните компоненти. Действително това е така, като се има предвид наличието на подземни води с ниска минерализация на сравнително голяма дълбочина (ХГ-53 и ХГ-57 съответно с дълбочина 240 и 290 m), докато на опитния хидрогеоложки участък (ХГ-22), където филтрите са разположени стъпаловидно от 60 до 300 m, се наблюдава относително повишена минерализация на шестдесетия метър. С увеличаване на дълбочината минерализацията се увеличава от 0,4 до 0,51 g/l и едновременно с това се изменя и съставът на водите — на сулфатно-хидрокарбонатен натриев.

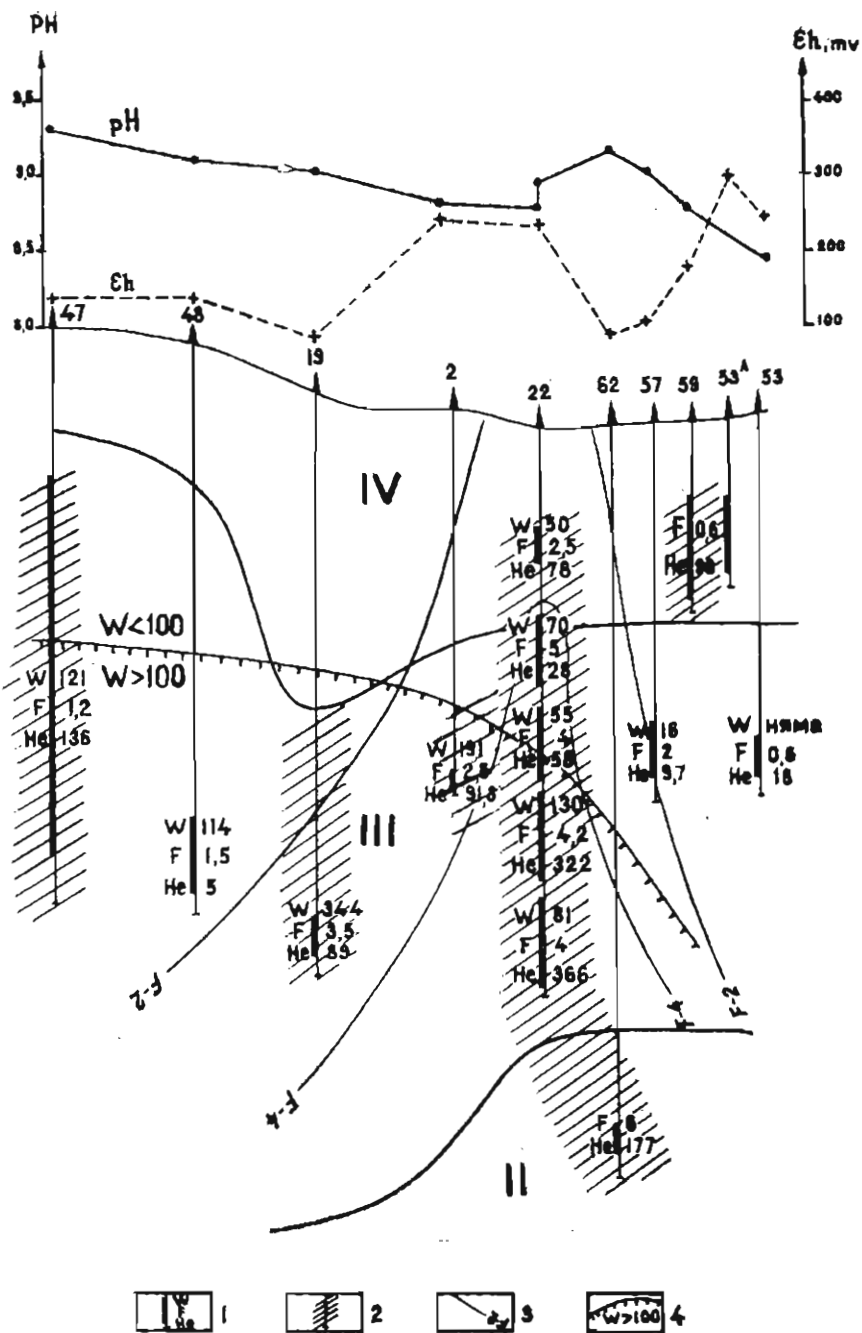
Интересно е, че високи съдържания на флуор, хелий и волфрам също са установени в сондажите от опитния участък ХГ-22, при това високата хелио-



Фиг. 9. Схематичен хидрогеохимичен профил по линия I—I  
 1 — сондаж и интервал на филтъра; 2 — граница между отделните литоложки хоризонти; 3 — изолинии на минерализация, g/l; 4 — граница между различните типове подземни води (по Курлов); 5 — преобладаващ тип подземни води; 6 — статично ниво на подземните води

носност се фиксира по всички филтри независимо от дълбочината им (фиг. 10).

Високите съдържания на хелий се потвърждават и съпътствуват с високи съдържания на флуор. Особено това се вижда много добре в олитния хидрогеоложки участък, където съдържанието на флуора се увеличава от 2,5 mg/l на повърхността до 4—5 mg/l в дълбочина. По време на продължителното водочерпане от ХГ-22 съдържанието на флуора се увеличи до 7—8 mg/l, което се обяснява с развитието на депресионната фуния в субмери-



Фиг. 10. Профил на флуоро- и хелионаситеността  
 1 — сондаж и интервал на филтъра; 2 — участъци със съдържание на хелий в подаемните води повече от 50 Pa; 3 — изолинии за концентрацията на флуора, mg/l; 4 — контур, отделящ разпределението на волфрам със съдържание повече от 100 µg/l

дионално направление и привличането на води от югоизточния фланг на изследваната площ. Контрастното разпределение на хелия и флуора в съчетание със закономерното изменение на общия химичен състав на подземните води ни дава основание да направим извода, че тяхното присъствие във водите на отделните участъци се дължи на разтоварването на дълбочинни води по активни в хидродинамично отношение тектонски нарушения.

## Изводи

Представеният материал показва, че сложният тектонски строеж на Симитлийския басейн оказва съществено влияние върху хидродинамичните и хидрогеохимичните условия. На базата на това можем да направим следните изводи:

1. Миоценските отложения в басейна представляват напорен слоест комплекс.

2. При построяването на картата на хидроизоипезите се установяват участъци, където е невъзможно да се интерпретира хидродинамичното поле, във връзка с което отделяме зони на дрениране, разделящи басейна на отделни блокове.

3. В огнищата на разтоварване на дълбочинни води се установиха сулфатно-хидрокарбонатни натриеви води, явяващи се като типични представители на термалните алкални води с дълбочинна циркулация, намиращи се в района на проучването.

4. През централната част на басейна преминава зона с дължина 5 km и широчина 700 m, в която са фиксирани висок окислително-възстановителен потенциал, високо рН ( $> 9,0$ ), максимални концентрации на флуор, хелий и волфрам. Очевидно в тази зона се извършва смесване на води с различен генезис.

5. Установи се, че в дълбочина се увеличават концентрациите на сулфатните йони, хелия и волфрама.

6. Високите съдържания на някои компоненти, като волфрам, литий, лантан и др., ни дават основание да поставим въпроса за оценка на техните запаси в подземните води и за търсене на рентабилни методи и способности за добиването им.

## Литература

- Борозич, Е. В., А. Н. Еремеев, И. Н. Яницкий. 1983. Газовое дыхание земли. *Природа*, М., 2, 18—27.
- Връблянски, Б. 1974. Неотектонски изследвания в Симитлийския грабен и неговата рамка. — *Изв. Геол. инст. Сър. геотект.*, 23, 195—220.
- Загорчев, Ив. 1975. Върху Струмския разломен сноп и разломноблоковия строеж на Влахинския блок. — *Геотект., тектонофиз. и геодинам.*, 3, 3—16.
- Каменов, Б. Л., В. Константинова, Б. Йорданов. 1965. Геология и въгленосност на Ораново-Симитлийския терциерен басейн. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 26, 1, 1—20.
- Кюмджиев, Е., П. Недялков, Б. Цацев. 1983. Неогенска стратиграфия и развитие на Симитлийския грабен. — В: *Проблеми на геологията на Югозападна България* (под печат).
- Московски, Ст. 1971. Върху последователността на формиране на палеоген-неогеновите ровови структури в Българските Краища. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 32, 1, 21—31.
- Петров, П., С. Мартинов, К. Лимонадов, Ю. Страка. 1970. *Хидрогеоложки проучвания на минералните води в България*. С., Техника. 196 с.
- Шварцев, С. Л. 1978. *Хидрогеохимия зони гипергенеза*. М., Недра. 287 с.

(Постъпила на 14. VI. 1984 г.)