

## Съобщения

### Основни резултати от българо-съветската експедиция на НИК „Професор Колесников“ — XVIII рейс

Алексей А. Безбородов\*, Атанас Д. Василев\*\*

Спартак Д. Чочов\*\*\*, Александр С. Романов,

Станислав Б. Крамаренко\*\*\*\*

\* Морской институт гидрофизический институт АН УССР (Севастополь)

\*\* Институт по океанология, БАН (Варна)

\*\*\* Геологически институт, БАН (София)

\*\*\*\* Институт геологических наук АН УССР (Киев)

Научната програма на проведената от 21 до 29 април 1988 г. българо-съветска експедиция на НИК „Професор Колесников“ обединяваше интересите на няколко независимо действащи отряда: геофизичен, геоложки и хидроложки. Едновременно с това беше работено по два проекта, финансирани от Министерството на културата, науката и образованието (договор № 647/87 „Еволюция на западната част на Черноморската котловина в неоген-кватернерно време“ и договор № 867/88 „Веществен състав на суспендираното вещество от Дунав и динамика на разпределението му в българския сектор на акваторията на Черно море“).

**Основни цели на експедицията.** 1. Изследване на възможностите на нестационарните методи на морската геотермия за търсене на залежи от нефт и газ на шелфа и за инженерно-геолошко проучване на

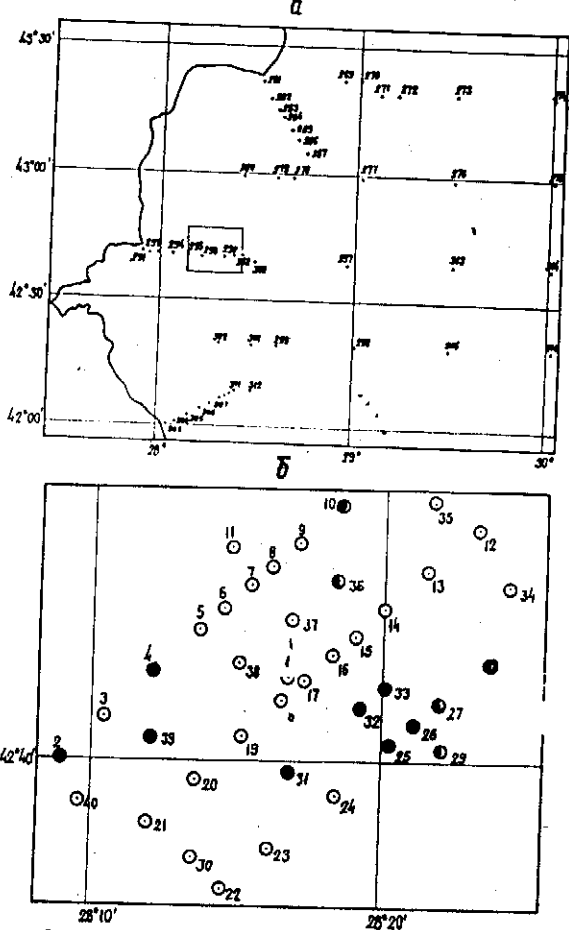
площадките, определени за работа на морски сондажни платформи. 2. Изследване разпределението на физико-химичните параметри във водите на шелфа на НРБ и прилежащия дълбоководен район. 3. Изследване разпределението и състава на наносите и закономерностите на техния пренос и отлагане.

**Решавани задачи.** 1. Средно детайлна геотермична и литолого-стратиграфска снимка с оценка на физико-механичните свойства на дънните седименти над антиклиналната структура „Юрий Годин“ и на част от морското продължение на Предбалканския разлом в полигон с размери 10 x 10 km, включваща разрез по абсолютни температури на 7 дълбочини, литолого-стратиграфско описание, определяне на влажност, плътност и коефициент на структурна якост. 2. Измерване и определяне на температурата, солеността и съ-

държанието на  $O_2$ ,  $H_2S$ ,  $P-PO_4$ ,  $N-NO_3$ ,  $N-NO_2$ ,  $S_2O_3$ ,  $C_{org}$  на водната среда. 3. Определяне на количеството и състава на наносите по три профила на шелфа на България.

Геолого-геофизичният полигон и едромасщабната мрежа на хидроложките станции са показани на фиг. 1.

**Апаратура и методика.** Измерванията на геолого-геофизичния полигон бяха навигационно обезпечени с РЛС „Миус“ и приеминдикатор „Шхуна“ на спътниковата навигационна система „Цикада“. В центъра на полигона беше поставен буй с отражател. Точността на определяне на координатите на буй по спътниковата система „Цикада“ е 0,2 мили. Абсолютната точност, с която бяха определени координатите на станциите при отчитане на стандартното отклонение, не е по-малка от 400 m.



Фиг. 1. Схеми на хидроложките (а) и геолого-геофизичните (б) станции

Апаратурата за набордна геотермия обезпечаваше измерване на абсолютни температури в 9 точки с период на комутация 0,2 s и точност  $0,003^\circ C$ . Използвана беше геоложка тръба от стъклоролинг с дължина 3,5 m, вътрешен диаметър 115 mm и тегло 150 kg, снабдена със сменяеми полнетиленови „ръкави“. Приложена беше методиката „набордна геотермия“ (В а с и л е в, 1984).

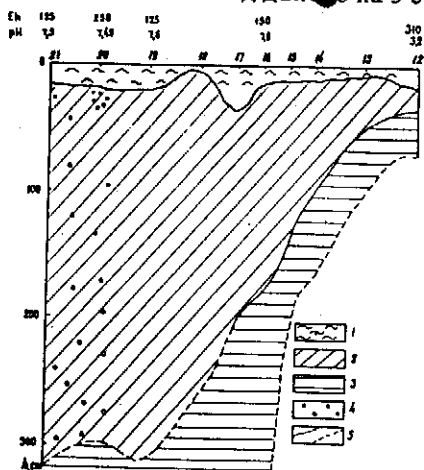
За определяне на физико-механичните свойства на дънните отложения бяха използвани разработените и тарираните в ИГН АН Украйна усъвършенстван микропенетрометър МВ-2У и ръчна микрокрилчатка МК-1.

Използваният рН/Еh-метър-йономер И-102 най-пълно отговаря на изискванията на корабните лаборатории.

Стандартно е описан целият материал, вдигнат на борда. Температурата и солеността на хидрофизичните станции бяха измервани с помощта на сондата МГИ-4102 „Исток“, производство на СКБ МГИ АН Украйна. Фосфатите и нитратите в анаеробни води бяха определени след отделяне на сероводорода чрез продухване на пробата с аргон.

Пробите за суспензирано вещество бяха взети от повърхността, от 25 или 50 m дълбочина и от придънния слой вода. Пробоотборът беше извършен с помощта на 16 съветски еднолитрови батометри. В лабораторни условия ултрафилтрите с отложения върху тях суспендиран материал бяха промивани с по 3 l дестилирана вода за отстраняване на изкривляваща сол, след което изсушените филтри бяха притегляни с точност до четвъртия знак.

**Геотермични и геоложки изследвания.** От 40 станции измервания бяха проведени на дълбочина: до 1 m под дъно на 5 стан-



Фиг. 2. Стратиграфски разрез по профил от геолого-геофизичния полигон (станции 21 - 12) и стойности на Eh и рН в придънния слой вода

1 - съвременни утайки; 2 - древночерноморски; 3 - новоевксински; 4 - газонасищане; 5 - стратиграфски граници

цки; до 2 m — на 8; до 3 m — на 23; над 3 m — на 4 станции. На първите 36 станции работиха 7 датчика, а на останалите — 6.

Отделени бяха следните литостратиграфски слоеве: съвременни, древночерноморски и новоевксински. Схема на техните мощности е представена на фиг. 2. Пробите от 33 станции бяха обработени с експресна методика за определяне на физико-механични свойства. Първичната обработка показва способността на методиката да картира разновъзрастни седименти.

**Съвременни черноморски седименти.** В района на полигона те заемат най-горната (20 — 30 cm) част от разреза, с изключение на най-източната му част. Те са представени от пелитови тини с черен цвят, в някои места с мирис на сероводород. Те имат висока влажност (130 — 160 %), ниска плътност ( $1,23 — 1,45 \text{ g/cm}^3$ ), а също ниски стойности на якостните параметри ( $10 — 40 \text{ g/cm}^2$ ). Нарушенията са незначително изменят якостта си ( $K_{сп} = 1,29 — 1,33$ ), което изглежда е свързано с нисоката скорост на седиментация и формирането на структурни връзки на далечна коагулация. Възможно е слабо структурно образование в повърхностния слой седименти, свързано с монтонилонитовия състав на тините, като най-чувствителни на физико-химичните условия на средата.

**Древночерноморски седименти.** Открити са практически във всички вдигнати проби, но най-голяма мощност (300 — 310 cm) имат в западната част на полигона. В източно направлението мощността им закономерно намалява до 40 — 60 cm. Седиментите са представени от алевритово-пелитови тини със зелено-сив цвят с прослойки от мидени черупки и мирис на сероводород. С дълбочината физико-механичните им свойства закономерно се изменят. На опробваните дълбочини влажността им превишава 100 % при плътност  $1,42 — 1,50 \text{ g/cm}^3$ . С увеличаване на дълбочината на залагане протичат уплътняване и дехидратация, увеличаващи якостта на структурните връзки, за което свидетелстват високите стойности на  $K_{сп}$  (2,05 — 4,03). Стойностите на якостта се колебаят от 30 до  $100 \text{ g/cm}^2$  и практически

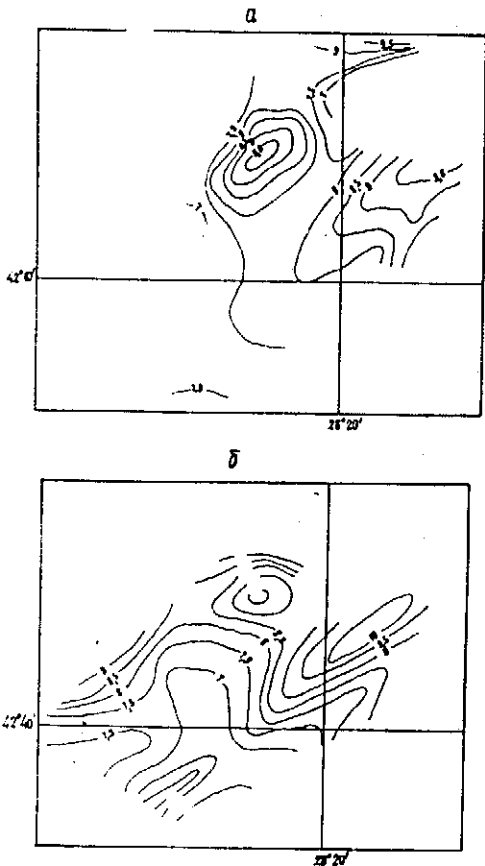
характеризират сцеплението между частиците на грунта, тъй като ъгълът на вътрешно триене в тях е равен на нула. За този тип е характерно наличието на водонаситени прослойки от слабо циментиран измит детрит (влажност 150 — 180 %) с мощност 20 — 30 cm, които се разтичат при нарушаване на структурата им. Водата в тях се задържа вследствие на нееднаквата пропъщаемост на различните слоеве.

**Новоевксински седименти.** На приръбния вал те са най-плитко разположени в района на станции 15, 16, 25, 26, 27, 32 и 33. Там съвременни черноморски седименти практически отсъстват, а мощността на древночерноморските рязко намалява. По състав и свойства те се отличават от другите седименти. За тях са характерни високи стойности на плътността ( $1,60 — 1,91 \text{ g/cm}^3$ ) при влажност 39 — 80 %, наличие на преходен слой от силно загазовани тини с многочислени прояви на хидротроилит. Якостта на слоя съществено нараства и достига стойности 100 — 260  $\text{g/cm}^2$ . Ролята на структурната съставка на якостта остава достатъчно висока ( $K_{сп} = 2,63 — 3,11$ ), но в някои пунктове е висока остатъчната якост, което може да е вследствие от преобладаване процесите на уплътняване на определени етапи от диagenеза.

Минималната и максималната температура, измерена със системата за набордна геотермия, е съответно 7,34 и 10,34°C при температура на въздуха и повърхностните води около 9°C. Повечето построени температурни разрези по станции имат характерен синусоиден вид или се явяват негова част. Изключение са кривите, получени на станции 7, 14, 19, 37 и 38, които в план ограничават структурата. Станциите, разположени в близост до дълбочинния Предбалкански разлом и във от Долнокамчийското понижение, се отличават с по-ярко изразен минимум на температурата на дълбочина 150 m. Лабораторното изследване на пробите от профил през разлома показва, че непосредствено в областта му те се отличават с наличие на сероводород в повърхностния слой, понижеми стойности на Eh и pH и силна загазованост със сероводород на цялата ядка.

На основата на температурните разлики са съставени карти на разпределението

на температурата на дълбочини 50 и 100 cm под дъното — фиг.3. Ясно се открояват две температурни аномалии с амплитуди 2 — 2,5°C. Фоновата температура е около 7,5°C. Регистрираните темпера-



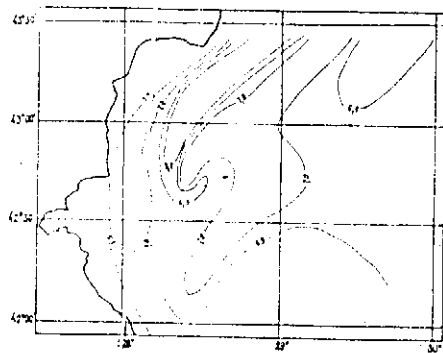
Фиг.3. Карти на температурното поле в седиментите на дълбочини 50 (а) и 100 (б) cm

турни аномалии са от вида „топлинна депресия“, установени над доказани залежи на нефт и газ (Mc Gee, Meyer, Pringle, 1989).

**Хидроложки изследвания.** Експедиционните работи са проведени по време на престрояването на полето на хидроложките параметри към летен тип. Температурата на повърхността на водата в изследвания район се изменя от 8,3 до 9,4°C, солеността от 16,5 до 18,4‰ (фиг.4, 5). Мощността на горния квазиодороден слой е 10 — 30 m, като намалява при движение от

открито море към брега. На дълбочини до 50 m термоклин отсъства.

Мощността на хладния промеждутъчен слой (ХПС), ограничен от изотерми 8°C е 30 — 90 m, като се увеличава от центъра на западната малистазна област към континенталния склон. На шелфа ХПС се раз-

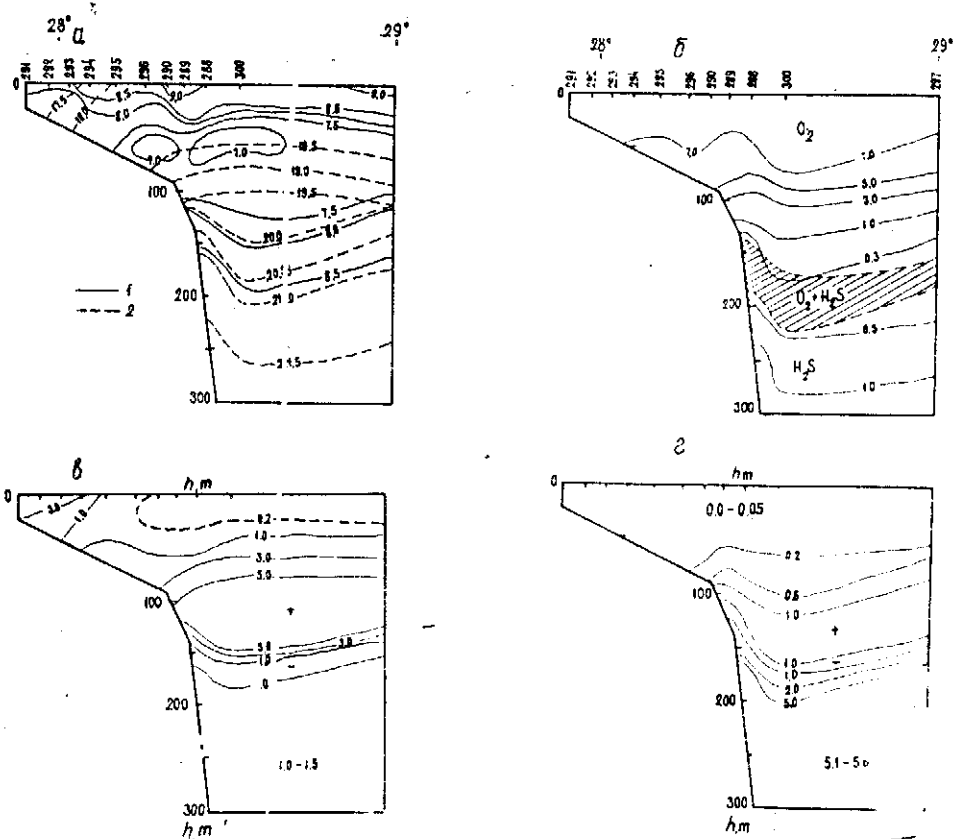


Фиг.4. Карта на температурното поле в слоя на минимални температури

полага на дълбочини 5 — 20 m от дъното. Минималните температури в ХПС са 6,6 — 6,9°C (фиг.4). Разпределението на температурите в слоя на минимума свидетелстват за възможното проникване на тези води на шелфа на България от северозападния шелф на Черно море.

Разпределението на солеността на повърхността се характеризира с наличието на явно изразена фронтална зона в прибрежната част на шелфа. Градиентът на солеността във фронталната зона достига 0,5 ‰/km и явно е обусловен от влиянието на опреснените от стока на Дунав води на северозападния шелф.

Разпределението на кислорода на повърхността е много еднообразно (7,4 — 7,6 ml/l). Повърхностният, квазиодороден по кислород слой има мощност от 30 до 60 m с разширяване от морските станции към прибрежните. Съдържанието на фосфати и нитрати в този слой се приближава до аналитичната нула (фиг.5). На шелфа, на дълбочини по-малки от 50 m, съдържанието на кислорода е еднакво от повърхността до дъното. На дълбочини от 50 до 100 m съдържанието (5 — 20 m от дъното) намалява до 6,1 — 6,5 ml/l. Фосфати в шелфовите води практически отсъстват от повърхността до дъното, а концентрация-



Фиг. 5. Хидроложки разреди по паралел  $42^{\circ}40'$  с.ш.

a: 1 — T, °C; 2 — S, ‰; б: O<sub>2</sub>, ml/l; H<sub>2</sub>S, ml/l; в: N-NO<sub>3</sub>, μM/l; г: P-PO<sub>4</sub>, μM/l

фа на нитрати съставлява 1 — 4 μM/l и на нитрити 0,2 — 0,4 μM/l. Възможно е отсъствието на фосфати да е обусловено от „изяждането“ им от планктона в периода на пролетния „цъфтеж“. Опреснените от Дунав води носят на българския шелф значително повече нитрати, отколкото фосфати и техният запас напълно не се изчерпва даже в периоди на „цъфтеж“. По такъв начин развитието на планктона на шелфа на България по време на изследванията е лимитирано от фосфатите. Постъпването на нитрати на шелфа е свързано с Южното течение, а не е вследствие от нитрификацията на дъното, което се потвърждава от намаляването на концентрацията на нитратите от повърхността към дъното.

В дълбочинната част на изследвания ра-

йон, непосредствено под еднородния слой, се намира слой на рязко изменение на хидрохимичните параметри (фиг.5). Съдържанието на кислорода намалява от 7,5 ml/l на 40 — 60 m до нула на 120 — 200 m. При концентрация на кислорода 0,3 ml/l като правило се появява сероводород. Пълното изчезване на кислорода е свързано с концентрации 0,4 — 0,5 ml/l на сероводорода. Слой на съвместно съществуване на кислорода и сероводорода е с мощност от 20 до 60 m. Горната граница на сероводородната зона в централната част на западната халистаза се намира на дълбочина около 90 m, а на периферията (около склона) се спуска до 150 — 160 m. Непосредствено над склона горната граница на сероводородната зона отново се из-

дига до дълбочина 110 — 130 m, което съответства на общото издигане на води по склона (фиг. 5). Не е отбелязан изход на сероводород на шелфа.

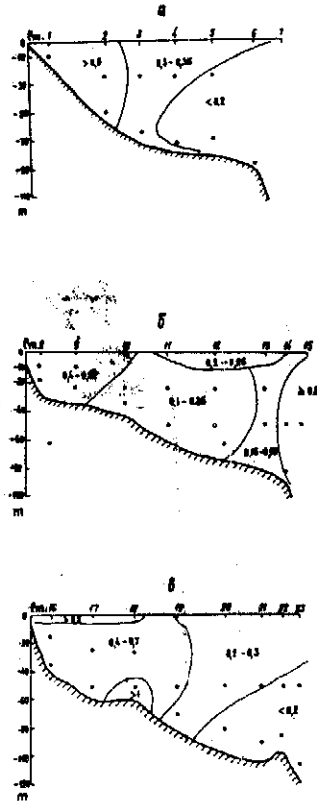
Едновременно с намаляването на кислорода под еднородния слой се наблюдава нарастване концентрацията на фосфати и нитрати. На дълбочини, примерно 40 — 50 m над границата на сероводорода се наблюдават максимални стойности на тези параметри ( $\text{NO}_3 > 6 \mu\text{M/l}$ ,  $\text{PO}_4 > 1,2 \mu\text{M/l}$ ), а с увеличаване на дълбочината те рязко намаляват. Минимумът на фосфатите, съвпадащ с най-резкия градиент на намаляване на нитратите, се намира на 10 — 20 m над границата на сероводорода, а минимумът на нитратите — на 10 m под минимума на фосфатите (т.е. непосредствено на горната граница на сероводородната зона). Концентрацията на фосфати в минимума се изменя от нула в дълбоководната част на района до  $0,8 \mu\text{M/l}$  в областта над континенталния склон. Мощността на слоя на минимума е 5 — 15 m. Концентрацията на нитрати в минимума е  $0,0 - 0,5 \mu\text{M/l}$ , а мощността на този слой е 10 — 25 m. Под горната граница на сероводородната зона концентрацията на фосфатите рязко се увеличава до  $5,0 - 5,5 \mu\text{M/l}$  след 30 m и повече практически не се изменя до дълбочина 400 m. Трябва да се отбележи, че в областта на разполагане на нитратния и фосфатния минимум (около горната граница на сероводорода), като правило се появяват нитритите ( $0,1 - 0,3 \mu\text{M/l}$ ). Редуването на слоеве с максимално и минимално съдържание на биогенни елементи е обусловено от процесите на минерализация на органичното вещество и от потреблението на биогени от хемосинтезиращи бактерии. Възможен е също процесът на редукция на нитрати.

За времето на изследване ъпвелингът на дълбочинни води по склона бе много слаб и не се наблюдаваше тяхното разпространение на шелфа.

**Изследване на суспендираното вещество.** За суспендираното вещество са взети и отфилтрувани 69 проби от 23 станции. Изчислените концентрации на суспендираното вещество са нанесени на разрезите на фиг. 6.

Анализът на данните за разпределение-

то на суспендирания материал показва следните закономерности в условията на преобладаващи североизточни ветрове. И в трите галса се оформя крайбрежна зона, характеризираща се с най-високи концент-



Фиг. 6. Разрези по изчислени концентрации (mg/l) на суспендирано вещество

а — Калиакренски галс; б — Емински галс; в — Резовски галс

рации. Тази зона е най-широка в най-южния галс — Резовския. В него се отбелязва и двуслойна конфигурация на разпределението с повърхностен слой максимално набогатен на суспендиран материал ( $> 0,8 \text{ mg/l}$ ) и отдолу лежащ слой, обхващащ целия воден стълб до дъното с концентрации от  $0,4$  до  $0,7 \text{ mg/l}$ . В направление към морето съдържанието на суспендиран материал постепенно намалява. В акваторията над ръба на шелфа и преди него (в Ка-

ята над рѣба на шелфа и преди него (в Калиакренския и Резовския галс) се оформя зона с понижени концентрации (под 0,2 mg/l), а в Еминския галс — зона с повишени концентрации (над 0,3 mg/l).

Изследванията потвърждават домини-

ращата роля на Южното (Дяволското) шелфово течение като основен литодинамичен фактор, транспортиращ суспендиран материал в акваторията на българския черноморски шелф (Чочов, Мандова, 1989).

## Литература

Василев, А. 1981. Методики за геотермично изследване на шелфа. Доклад на I младежка научна сесия „Приносът на младите научни работници в изучаването и усвояването на богатствата на Черно море“, Варна. Чочов, С., Е. Мандова. 1989. Количествено разпределение на суспендираното ве-

щество и на някои елементи в него по два галса пред българския черноморски шелф. — R. C. Acad. Bulg. Science, 2, 4. Mc Gee, H. J. Meyer, T. R. Pringle. 1989. Shallow Geothermal Anomalies Overlying Deeper Oil and Gas Deposits in Rocky Mountain region. — Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., 73, 5.

## Main results of the Joint Soviet — Bulgarian Research voyage with the RV "Prof. Kolesnikov" — voyage No XVIII

*Aleksey A. Bezborodov, Atanas D. Vassilev, Spartak D. Chochov, Alexander S. Romanov, Stanislav B. Kramarenko*

### (Summary)

Results from the geothermal, lithological-stratigraphic, engineering-geological, hydro-physical and hydrochemical investigations have been presented.

Thee physical-mechanical properties of the separate contemporary, ancient Black Sea and New-Euxinian sediments have been determined on a geological site covering the anticline "Yurii Godin" structure. A thermal anomaly of the "thermal depression" type has

been registered.

New data about the distribution of the physical-chemical parameters in the waters of the Bulgarian shelf and in its adjacent deep-water region have been obtained during their restructuring to the summer type.

New data has been presented about the distribution of the suspended substance in the waters of the Bulgarian shelf.

Постъпила на 8.02.1990 г.