

Р. Д. Непесов

Р. А. Мамедов

О свей истории толков
Аух. 3/т 1948г. с геолог.
страницей р-на

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ТУРКМЕНСКОЙ ССР

СЕРИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ
И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

4

1968

СОДЕРЖАНИЕ

Мередов М. — О существовании решений краевых задач для уравнения смешанного типа	3
Баум В. А., Байрамов Р., Рыбакова Л. Е. — Тепло- и массообмен между параллельными плоскостями при испарении и конденсации	11
Кулиев Я. — Эквивалентная схема датчика Холла произвольной формы	18
Аннаев Р. Г., Киренский Л. В., Суханова Р. В., Ахмедова Г. Ш., Заякин П. Н., Пержановская З. М. — Исследование эффекта Холла и магнетосопротивления на тонких монокристаллических пленках никеля	26
Сергиенко С. Р., Эрнепесов Х. Н. — Влияние температуры и объемной скорости на направление превращения высокомолекулярных углеводородов нефти	32
Карпенко Г. М., Сергиенко С. Р., Симеонов А. А., Зимина К. И. — О химической природе высокомолекулярных парафино-циклопарафиновых углеводородов битковской и гнединцевской нефтей	39
<u>Седельников Г. С.,</u> Пустыльников А. М., Байлиева Г. Г. — Минералого-петрографические исследования осадков зоны смещения Кара-Богаз-Гола	46
<u>Седельников Г. С.,</u> Андриясова Г. М. — Фтор, бром, йод в рассолах Кара-Богаз-Гола	51
Гуцалюк В. Г., Яценко Э. А., Сдобнов Е. И., Холина Е. В., Невский В. М., Салтыбаев Д. К. — Разделение асфальтенов селективной экстракцией	57
Алехин С. Н., Жданов Б. П. — Опыт гидрогеохимических исследований, проведенных в районе западного склона хребта Кугитанг-Тау.	63
К Непесов Р. Д., Маилян Р. А. — О связи повторных толчков Ашхабадского землетрясения 1948 г. с геологическим строением района	69
Гендлер С. Л. — Минералогический состав и корреляционные признаки верхнемеловых отложений Центральных Кара-Кумов	73
Келембет Г. Р. — Строение четвертичных отложений конусов выноса рек Арчиньян-Су и Лаин-Су	82
Байков А. А., Седлецкий В. И., Худайкулиев Х. — О взаимоотношении гаурдакской свиты с подстилающими и покрывающими отложениями мезозоя в Юго-Западном Гиссаре	87
Борисенко А. А. — О Черкезлинском поднятии на западе Низменных Кара-Кумов	93
Туранов В. А., Самсонов Ю. В., Акмурадов К. — О корреляции юрских отложений Каракумского свода	97
Калугин П. И. — Верхнемеловые отложения Западной Туркмении	102

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Мосанов О., Исмаилов О. — К увеличению эффективности преобразователей Нернста-Эттингсгаузена.	117
Астахов О. П., Бергер Л. И., Довлетов К. — Термоэлектрические свойства полупроводниковых сплавов Ag_2GeTe_3 и Ag_3SnTe_3 в твердом и жидком состояниях	121
Байрамов Р., Тойлиев К. — Сравнение результатов натурного испытания глубоководного опреснителя с расчетными данными	119
Курбанов М., Воронцова Э. С. — О некоторых связях сейсмичности с космическими явлениями	122
Лепешков И. Н., Сергиенко С. Р. — <u>Седельников Георгий Степанович</u> (некролог)	126

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Отв. редактор — академик Академии наук Туркменской ССР С. Р. Сергиенко.
 Зам. отв. редактора — член-корреспондент Академии наук Туркменской ССР А. А. Бердыев. Отв. секретарь — кандидат физико-математических наук А. А. Аширов. Академики Академии наук Туркменской ССР Р. Г. Аннаев, В. А. Баум, П. И. Калугин, К. К. Машрыков, Г. С. Седельников;
 член-корреспондент Академии наук Туркменской ССР А. Н. Ниязов; кандидаты физико-математических наук Я. Агаев, Г. Джемилев, А. Нарчаев, А. Ханбердыев; кандидаты технических наук Р. Непесов, М. Курбанов; кандидаты геолого-минералогических наук Ж. Н. Иомудский, О. Одеков,

ТУРКМЕНИСТАН ССР
ЫЛЫМЛАР АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
ХАБАРЛАРЫ

ФИЗИКА-ТЕХНИКИ, ХИМИКИ ВЕ ГЕОЛОГИК
ЫЛЫМЛАРЫҢ СЕРИЯСЫ

4

1968

Ашгабат

ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК ТУРКМЕНСКОЙ ССР

СЕРИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ
И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

4

1968

Ашхабад

УДК 917.946

М. МЕРЕДОВ

О СУЩЕСТВОВАНИИ РЕШЕНИЙ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ СМЕШАННОГО ТИПА

Дано уравнение

$$\frac{\partial^4 U}{\partial x^4} + 2 \operatorname{sgn} y \frac{\partial^4 U}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 U}{\partial y^4} = 0 \quad (1)$$

и дана односвязная область D , ограниченная гладкой линией Жордана σ с концами $A(0,0)$, $B(1,0)$ и отрезками характеристик уравнения (1) AC : $y = -x$, BC : $y = x - 1$, где $C\left(\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\right)$ — точка пересечения характеристик.

Постановка краевых задач

Требуется определить функцию $U(x, y)$ со следующими свойствами:

- 1) $U(x, y)$ является решением уравнения (1) в области D при $y \neq 0$;
- 2) $U(x, y)$ и ее частные производные первого порядка непрерывны в замкнутой области $\bar{D}$;
- 3) Частные производные второго и третьего порядков непрерывны всюду в области D , кроме, быть может, точек A и B , вблизи которых частные производные второго порядка могут обращаться в бесконечность порядка ниже единицы, частные производные третьего порядка — в бесконечность порядка ниже двух;
- 4) На линии σ и на характеристиках AC и BC принимают соответствующие значения:

$$\text{Задача I. } U|_{\tau+AC+BC} = \varphi_1(s), \quad \frac{\partial U}{\partial n}|_{\sigma} = \varphi_2(s). \quad (2)$$

$$\text{Задача II. } U|_{\tau+AC} = \varphi_1(s), \quad \frac{\partial U}{\partial n}|_{\tau+BC} = \varphi_2(s). \quad (3)$$

$$\text{Задача III. } U|_{\tau+BC} = \varphi_1(s), \quad \frac{\partial U}{\partial n}|_{\tau+AC} = \varphi_2(s). \quad (4)$$

где φ_1 — трижды, а φ_2 — дважды непрерывно дифференцируемые функции.

Теорема единственности задач I и II была доказана в [3], а теорема единственности задачи III — в [5].

Переходим к доказательству существования решений задачи I.

В гиперболической части области D (при $y < 0$) уравнение (1) примет вид

$$\frac{\partial^4 U}{\partial x^4} - 2 \frac{\partial^4 U}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 U}{\partial y^4} = 0. \quad (5)$$

Общее решение уравнения (5) может быть выражено

$$U(x, y) = f_1(x-y) + F_1(x+y) + (x+y)f_2(x-y) + (x-y)F_2(x+y), \quad (6)$$

где f_1, f_2, F_1, F_2 — произвольные четырежды дифференцируемые функции в $(0, 1)$, причем сами функции и их первые производные непрерывны на сегменте $[0, 1]$.

Используя условия (2) и для простоты полагая

$$\varphi_1(s) = \psi_1(x) \text{ на } AC \text{ и } \varphi_1(s) = \psi_2(x) \text{ на } BC,$$

из (6) получим

$$U(x, y) = \psi_1\left(\frac{x-y}{2}\right) + \psi_2\left(\frac{x+y+1}{2}\right) + (x-y-1)F(x+y) + \\ + (x+y)f(x-y) - \psi_1\left(\frac{1}{2}\right), \quad (7)$$

где

$$F(x+y) = F_2(x+y) - F_2(0), \quad f(x-y) = f_2(x-y) - f_2. \quad (1)$$

Так как рассматривается существование решения и задача имеет единственное решение, то, не нарушая общности, можно положить

$$F(1) = f(0) = 0.$$

В эллиптической части области D ($y > 0$) уравнение (1) примет вид

$$\frac{\partial^4 U}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 U}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 U}{\partial y^4} = 0. \quad (8)$$

Пусть $\bar{\sigma}$ зеркальное отображение линии σ относительно оси Ox . Рассмотрим функцию Грина бигармонического уравнения для области, ограниченной линиями σ и $\bar{\sigma}$ с полюсом в точке $(x, 0)$ ($0 < x < 1$) [2]:

$$G(x, 0; \xi, \eta) = g(x, 0; \xi, \eta) - r^2 \lg r,$$

где

$$r^2 = (\xi - x)^2 + \eta^2.$$

Выделим из эллиптической части области D общие части кругов радиуса $\varepsilon > 0$ с центрами в точках $A(0, 0)$, $M(x, 0)$ и $B(1, 0)$ и оставшуюся часть области обозначим через D_1^ε .

Применяя формулу Грина в области D_1^ε к двум бигармоническим функциям $U(\xi, \eta)$, $G(x, 0; \xi, \eta)$ и используя свойства функции Грина, в силу условий (3) после несложных выкладок будем иметь уравнение [4].

$$\tau(x) - \frac{1}{4\pi} \int_0^1 \left[\Delta G \cdot \nu(\xi) + G \cdot \frac{\partial \Delta U}{\partial \eta} \right] d\xi = \psi(x), \quad (9)$$

где

$$\tau(x) = U(x, 0), \quad \nu(x) = \left. \frac{\partial U(x, y)}{\partial y} \right|_{y=0};$$

$$\psi(x) = \frac{1}{4\pi} \int_{\sigma} \varphi_2(s) \Delta G ds - \frac{1}{4\pi} \int_{\sigma} \varphi_1(s) \frac{\partial \Delta G}{\partial n} ds.$$

В качестве полюса функции Грина, выбирая точку (x, y) по формуле Грина при $y = 0$, получим [4]

$$\begin{aligned} \nu(x) - \frac{1}{8\pi} \int_0^1 \left[\frac{\partial^2 \Delta G_1}{\partial y^2} \tau(\xi) - \frac{\partial \Delta G_1}{\partial y} \nu(\xi) - \frac{\partial G_1}{\partial y} \cdot \frac{\partial \Delta U(\xi)}{\partial y} + \right. \\ \left. + \frac{\partial^2 G_1}{\partial y^2} \Delta U(\xi) \right] d\xi = \Theta(x), \end{aligned} \quad (10)$$

где

$$2\Theta(x) = \left. \frac{\partial \psi(x, y)}{\partial y} \right|_{y=0},$$

$$\psi(x, y) = \frac{1}{4\pi} \int_{\sigma} \left[\varphi_2(s) \Delta G_1 - \varphi_1(s) \frac{\partial \Delta G_1}{\partial n} \right] ds;$$

$$G_1(x, y; \xi, \eta) = g_1(x, y; \xi, \eta) - r^2 \lg r;$$

$$r^2 = (\xi - x)^2 + (\eta - y)^2.$$

Из равенства (7) находим значение $\tau(x)$, $\nu(x)$, $\Delta U|_{y=0}$ и $\left. \frac{\partial \Delta U}{\partial y} \right|_{y=0}$:

$$\left. \begin{aligned} \tau(x) &= (x-1)F(x) + xf(x) + \psi_1\left(\frac{x}{2}\right) + \psi_2\left(\frac{x+1}{2}\right) - \psi_1\left(\frac{1}{2}\right); \\ \nu(x) &= (x-1)F'(x) - F(x) - xf'(x) + f(x) - \frac{1}{2}\psi_1'\left(\frac{x}{2}\right) + \frac{1}{2}\psi_2'\left(\frac{x+1}{2}\right); \\ \Delta U(x) &= 2(x-1)F''(x) + 2xf''(x) + \frac{1}{2}\psi_1''\left(\frac{x}{2}\right) + \frac{1}{2}\psi_2''\left(\frac{x+1}{2}\right); \\ \frac{\partial \Delta U(x)}{\partial y} &= 2(x-1)F'''(x) - 2F''(x) - 2xf'''(x) + 2f''(x) - \frac{1}{4}\psi_1'''\left(\frac{x}{2}\right) + \\ &\quad + \frac{1}{4}\psi_2'''\left(\frac{x+1}{2}\right). \end{aligned} \right\}$$

Подставляя найденное значение $\tau(x)$, $\nu(x)$, $\frac{\partial \Delta U(x)}{\partial y}$ в равенство (9), имеем

$$(x-1)F(x) + xf(x) - \frac{1}{4\pi} \int_0^1 \left\{ \Delta G [(\xi-1)F'(\xi) - F(\xi) - \xi f'(\xi) + f(\xi)] + \right. \\ \left. + 2G [(\xi-1)F'''(\xi) - F'''(\xi) - \xi f'''(\xi) + f''(\xi)] \right\} d\xi = \Phi_1(x), \quad (12)$$

где

$$\Phi_1(x) = \psi(x) - \psi_1\left(\frac{x}{2}\right) - \psi_2\left(\frac{x+1}{2}\right) + \psi_1\left(\frac{1}{2}\right) + \\ + \frac{1}{8\pi} \int_0^1 \left\{ \Delta G \left[\psi_2'\left(\frac{\xi+1}{2}\right) - \psi_1'\left(\frac{\xi}{2}\right) \right] + \frac{1}{2} G \left[\psi_2'''\left(\frac{\xi+1}{2}\right) - \psi_1'''\left(\frac{\xi}{2}\right) \right] \right\} d\xi.$$

Интегрированием по частям преобразуем левую часть уравнения (12)

$$1. \quad \frac{1}{4\pi} \int_0^1 \Delta G [(\xi-1)F'(\xi) - F(\xi) - \xi f'(\xi) + f(\xi)] d\xi = \\ = \frac{1}{4\pi} \left\{ \Delta G [(\xi-1)F(\xi) - \xi f(\xi)] \right\} \Big|_0^1 - \\ - \frac{1}{4\pi} \int_0^1 \left\{ \frac{\partial \Delta G}{\partial \xi} [(\xi-1)F(\xi) - \xi f(\xi)] + 2\Delta G [F(\xi) - f(\xi)] \right\} d\xi; \quad (13) \\ 2. \quad \frac{1}{2\pi} \int_0^1 G [(\xi-1)F'''(\xi) - F'''(\xi) - \xi f'''(\xi) + f''(\xi)] d\xi = \\ = \frac{1}{2\pi} \left\{ G [(\xi-1)F''(\xi) - \xi f''(\xi) - 2F'(\xi) + 2f'(\xi)] \right\} \Big|_0^1 - \\ - \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\partial G}{\partial \xi} [(\xi-1)F'(\xi) - \xi f'(\xi) - 3F(\xi) + 3f(\xi)] \right\} \Big|_0^1 + \\ + \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\partial^2 G}{\partial \xi^2} [(\xi-1)F(\xi) - \xi f(\xi)] \right\} \Big|_0^1 - \frac{1}{2\pi} \int_0^1 \frac{\partial^3 G}{\partial \xi^3} [(\xi-1)F(\xi) - \xi f(\xi)] d\xi - \\ - \frac{2}{\pi} \int_0^1 \frac{\partial^2 G}{\partial \xi^2} [F(\xi) - f(\xi)] d\xi. \quad (14)$$

В равенстве (13) первое слагаемое в правой части равно нулю, так как $F(0) = f(1) = 0$. В равенстве (14) первое и третье слагаемые в правой части равны нулю, так как в первом слагаемом $G(A) = G(B) = 0$, а в третьем слагаемом $F(0) = f(1) = 0$.

Предположим, что σ оканчивается сколь угодно малой длины дужками AA' , BB' полуокружности σ_0 : $\left(\xi - \frac{1}{2}\right)^2 + \eta^2 = \frac{1}{4}$, то легко заметить, что справедливы следующие равенства:

$$\nu(0) = -\varphi'_1(A) \text{ и } \nu(1) = \varphi'_1(B). \quad (15)$$

Используя последние равенства, можно вычислить второе слагаемое в правой части равенства (14).

Таким образом, уравнение (12) примет вид

$$(x-1)F(x) + xf(x) + \frac{1}{4\pi} \int_0^1 \left\{ \left[\frac{\partial \Delta G}{\partial \xi} + 2 \frac{\partial^3 G}{\partial \xi^3} \right] \cdot [(\xi-1)F(\xi) - \xi f(\xi)] + 2 \left[\Delta G + 4 \frac{\partial^2 G}{\partial \xi^2} \right] [F(\xi) - f(\xi)] \right\} d\xi = \tilde{\Phi}_1(x), \quad (16)$$

где

$$\tilde{\Phi}_1(x) = \Phi_1(x) - \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\partial G}{\partial \xi} [(\xi-1)F'(\xi) - \xi f'(\xi) - 3F(\xi) + 3f(\xi)] \right\} \Big|_0^1.$$

Подставляя значение функции Грина, получим

$$(x-1)F(x) + xf(x) - \frac{1}{\pi} \int_0^1 \frac{1}{\xi-x} [(\xi-1)F(\xi) - \xi f(\xi)] d\xi + \\ + \int_0^1 K_1(x, \xi) F(\xi) d\xi + \int_0^1 K_2(x, \xi) f(\xi) d\xi = \tilde{\Phi}_1(x), \quad (17)$$

где

$$K_1(x, \xi) = \frac{1}{4\pi} \left\{ \left[\frac{\partial \Delta g}{\partial \xi} + 2 \frac{\partial^3 g}{\partial \xi^3} \right] (\xi-1) + 2 \left[\Delta g + 4 \frac{\partial^2 g}{\partial \xi^2} \right] - \right. \\ \left. - 24 \lg |\xi - x| - 32 \right\}_{\eta=0}, \\ K_2(x, \xi) = -\frac{1}{4\pi} \left\{ \left[\frac{\partial \Delta g}{\partial \xi} + 2 \frac{\partial^3 g}{\partial \xi^3} \right] \xi + 2 \left[\Delta g + 4 \frac{\partial^2 g}{\partial \xi^2} \right] - \right. \\ \left. - 24 \lg |\xi - x| - 32 \right\}_{\eta=0}. \quad (18)$$

Подставляя в уравнение (10) значение $\tau(x)$, $\nu(x)$, $\Delta U(x)$, $\frac{\partial \Delta U(x)}{\partial y}$ из (11), имеем

$$(x-1)F'(x) - xf'(x) - F(x) + f(x) - \frac{1}{8\pi} \int_0^1 \left\{ \frac{\partial^2 \Delta G_1}{\partial y^2} [(\xi-1)F(\xi) + \xi f(\xi)] + \right. \\ + 2 \frac{\partial^2 G_1}{\partial y^2} \left[(\xi-1)F''(\xi) + \xi f''(\xi) - \frac{\partial \Delta G_1}{\partial y} [(\xi-1)F'(\xi) - F(\xi) + f(\xi) - \right. \\ \left. - \xi f'(\xi)] - 2 \frac{\partial G_1}{\partial y} \left[(\xi-1)F'''(\xi) - F''(\xi) - \xi f'''(\xi) + f''(\xi) \right] \right\} d\xi = \Phi_2(x), \quad (19)$$

где

$$\Phi_2(x) = \Theta(x) + \frac{1}{2} \psi_1\left(\frac{x}{2}\right) - \frac{1}{2} \psi_2\left(\frac{x+1}{2}\right) +$$

$$+ \frac{1}{8\pi} \int_0^1 \left\{ \frac{\partial^2 \Delta G_1}{\partial y^2} \left[\psi_1\left(\frac{\xi}{2}\right) + \psi_2\left(\frac{\xi+1}{2}\right) - \psi_1\left(\frac{1}{2}\right) \right] + \frac{\partial^2 G_1}{\partial y^2} \left[\frac{1}{2} \psi_1\left(\frac{\xi}{2}\right) + \right. \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2} \psi_2\left(\frac{\xi+1}{2}\right) \right] - \frac{\partial \Delta G_1}{\partial y} \left[\frac{1}{2} \psi_2\left(\frac{\xi+1}{2}\right) - \frac{1}{2} \psi_1\left(\frac{\xi}{2}\right) - \right.$$

$$\left. - \frac{\partial G_1}{\partial y} \left[\frac{1}{4} \psi_2''\left(\frac{\xi+1}{2}\right) - \frac{1}{4} \psi_1''\left(\frac{\xi}{2}\right) \right] \right\} d\xi.$$

Посредством интегрирования по частям уравнения (19), а затем вычисляя производные функции Грина, входящие в уравнение (19), будем иметь

$$(x-1)F'(x) - xf'(x) - F(x) + f(x) + \frac{1}{\pi} \int_0^1 \frac{F(\xi) + f(\xi)}{\xi - x} d\xi +$$

$$+ \int_0^1 K_3(x, \xi) F(\xi) d\xi + \int_0^1 K_4(x, \xi) f(\xi) d\xi = \Phi_3(x), \quad (20)$$

где

$$K_3(x, \xi) = -\frac{1}{8\pi} \left\{ \frac{\partial^2 \Delta g_1}{\partial y^2} (\xi - 1) + 2 \frac{\partial^4 g_1}{\partial y^2 \partial \xi^2} (\xi - 1) + 4 \frac{\partial^3 g_1}{\partial y^2 \partial \xi} + \right.$$

$$\left. + \frac{\partial^2 \Delta g_1}{\partial y \partial \xi} (\xi - 1) + 2 \frac{\partial \Delta g_1}{\partial y} + 2 \frac{\partial^4 g_1}{\partial y \partial \xi^3} (\xi - 1) + 8 \frac{\partial^3 g_1}{\partial y \partial \xi^2} \right\}_{y=0, \eta=0}; \quad (21)$$

$$K_4(x, \xi) = -\frac{1}{8\pi} \left\{ \left[\frac{\partial^2 \Delta g_1}{\partial y^2} + 2 \frac{\partial^4 g_1}{\partial y^2 \partial \xi^2} - \frac{\partial^2 \Delta g_1}{\partial y \partial \xi} - 2 \frac{\partial^4 g_1}{\partial y \partial \xi^3} \right] \xi + \right.$$

$$\left. + 4 \frac{\partial^3 g_1}{\partial y^2 \partial \xi} - 2 \frac{\partial \Delta g_1}{\partial y} - 8 \frac{\partial^3 g_1}{\partial y \partial \xi^2} \right\}_{y=0, \eta=0},$$

а $\Phi_3(x)$ состоит из алгебраической суммы функции $\Phi_2(x)$ и внеинтегральных членов, полученных при интегрировании по частям; последние можно вычислить в силу предположений относительно искомых функций $F(x)$ и $f(x)$

$$F(0) = f(0) = F(1) = f(1) = 0.$$

Интегрируя обе части уравнения (20) по x в интервале $(0, x)$, получим

$$(x-1)F(x) - xf(x) + \frac{1}{\pi} \int_0^x dt \int_0^1 \frac{F(\xi) + f(\xi)}{\xi - t} d\xi - \int_0^x 2F(t) dt +$$

$$\begin{aligned}
& + \int_0^x 2f(t) dt + \int_0^x dt \int_0^1 K_3(t, \xi) F(\xi) d\xi + \int_0^x dt \int_0^1 K_4(t, \xi) f(\xi) d\xi = \\
& = \int_0^x \Phi_3(t) dt.
\end{aligned}$$

В силу справедливости перестановки порядка интегралов [1], имеем

$$(x-1)F(x) - xf(x) + \int_0^1 K_5(x, \xi) F(\xi) d\xi + \int_0^1 K_6(x, \xi) f(\xi) d\xi = \Phi_4(x), \quad (23)$$

где

$$\left. \begin{aligned} K_5(x, \xi) &= \int_0^x \frac{dt}{\pi(\xi-t)} + \int_0^x K_3(t, \xi) dt + M_1(x, \xi); \\ K_6(x, \xi) &+ \int_0^x \frac{dt}{\pi(\xi-t)} + \int_0^x K_4(t, \xi) dt - M_1(x, \xi); \\ M_1(x, \xi) &= \begin{cases} -2, & \text{если } \xi \leq x; \\ 0, & \text{если } \xi > x; \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

$$\Phi_4(x) = \int_0^x \Phi_3(t) dt.$$

В уравнениях (17) и (23), введя обозначения

$\omega_1(x) = (x-1)F(x)$ и $\omega_2(x) = xf(x)$, будем иметь

$$\omega_1(x) + \omega_2(x) - \frac{1}{\pi} \int_0^1 \frac{\omega_1(\xi)}{\xi-x} d\xi + \frac{1}{\pi} \int_0^1 \frac{\omega_2(\xi)}{\xi-x} d\xi + K(x) = \tilde{\Phi}_1(x); \quad (25)$$

$$\omega_1(x) - \omega_2(x) + H(x) = \Phi_4(x), \quad (26)$$

где

$$\begin{aligned} K(x) &= \int_0^1 \left[K_1(x, \xi) - \frac{6}{\pi} \lg |\xi - x| \right] \frac{\omega_1(\xi)}{\xi-1} d\xi + \\ &+ \int_0^1 \left[K_2(x, \xi) + \frac{6}{\pi} \lg |\xi - x| \right] \frac{\omega_2(\xi)}{\xi} d\xi; \end{aligned} \quad (27)$$

$$H(x) = \int_0^1 K_5(x, \xi) \frac{\omega_1(\xi)}{\xi-1} d\xi + \int_0^1 K_6(x, \xi) \frac{\omega_2(\xi)}{\xi} d\xi \quad (28)$$

фредгольмовые интегральные операторы.

Таким образом, отыскание решения задачи I привело к решению системы двух интегральных уравнений, причем одно из них является сингулярным интегральным уравнением.

Систему (25) и (26) перепишем в матричной форме, имеем

$$A(x)\omega(x) + \frac{B(x)}{\pi} \int_0^1 \frac{\omega(\xi)}{\xi-x} d\xi + M(x) = \Phi(x), \quad (29)$$

где

$\omega(x) = \{\omega_1(x), \omega_2(x)\}$ — искомый вектор;

$\Phi(x) = \{\tilde{\Phi}_1(x), \Phi_4(x)\}$ — известный вектор;

$M(x) = \{K(x), H(x)\}$ — вектор, компоненты которых фредгольмовые интегральные операторы

$$A(x) = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{vmatrix}; \quad B(x) = \begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Систему (29) можно привести к эквивалентной фредгольмово-системе интегральных уравнений. Для этого достаточно из (26) подставить значения $\omega_1(x) - \omega_2(x)$ в уравнение (25) и уравнение (25) преобразуется в интегральное уравнение Фредгольма [1].

В результате

$$A(x)\omega(x) + N(x) = \Psi(x), \quad (30)$$

где $N(x)$ — вектор, компоненты которого фредгольмовые интегральные операторы.

В силу единственности решений системы (30) и в силу непрерывности правой части, решения системы (30) существуют.

Дифференцируемость решений системы (30) и справедливость ограничений (3) в постановке задач легко доказываются.

Существование решений задач II и III доказывается аналогично приведением к системе интегральных уравнений.

Туркменский госуниверситет
им А. М. Горького

Поступило
3 января 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мусхелишвили Н. И. — Сингулярные интегральные уравнения. Физматгиз, М., 1962.
2. Михлин С. Г. — ДАН СССР, т. 1, № 6, 1934.
3. Смирнов М. М. — ДАН БССР, т. 4, 1960.
4. Агишев Р. Я. — Тр. Казанского авиационного института, № 35, 1957.
5. Мередов М. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 1, 1967.

УДК 621. 472

В. А. БАУМ
Р. БАЙРАМОВ
Л. Е. РЫБАКОВА

ТЕПЛО- И МАССООБМЕН МЕЖДУ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПЛОСКОСТЯМИ ПРИ ИСПАРЕНИИ И КОНДЕНСАЦИИ

Очень часто в промышленности, в сельском хозяйстве, быту встречаются устройства, работа которых определяется тепло- и массообменом, усложненным наличием испарения и конденсации.

Существует большое количество экспериментальных и теоретических работ, посвященных исследованию этих вопросов для различных конкретных случаев [1, 2, 3, 4]. Большинство из них относится к вопросам испарения и конденсации, когда каждый процесс протекает самостоятельно. Однако имеются теплообменные аппараты, где испарение и конденсация могут взаимообуславливаться и интенсифицировать друг друга. Например, солнечные опреснители, для которых экспериментально получены критериальные уравнения, позволяющие рассчитывать тепло- и массообмен в них [5, 6, 7, 8].

Поверхность конденсации в таких случаях по отношению к поверхности испарения может быть наклонена под различным углом. Но есть аппараты, где поверхности испарения и конденсации в них взаимопараллельны. Существующие формулы расчета для них являются неприемлемыми.

Правильный учет тепло- и массообмена позволит составить достаточно точные инженерные методы расчета названных устройств. Наиболее наглядным примером таких конструкций может служить солнечный малоинерционный плоский опреснитель [9].

Расчетные исследования технических характеристик этих опреснителей с использованием правильной методики дадут возможность сопоставить основные показатели его с другими различными конструкциями опреснителей. Особенностью плоского солнечного опреснителя является то, что испарение происходит не с открытой поверхности воды, а со смачиваемого водой материала; поверхности испарения и конденсации расположены взаимопараллельно.

В правильно сконструированном опреснителе энергия солнечных лучей идет на испарение соленой воды с последующим заполнением камеры паровоздушной смесью. Поверхность стекла имеет меньшую температуру, чем паровоздушная смесь в объеме камеры, в результате пары воды из смеси конденсируются на стекле и конденсат стекает по стеклу в желобок.

Вопросу исследования тепло- и массообмена при испарении и конденсации пара из паровоздушной смеси в зависимости от угла наклона опреснителя и высоты камеры его посвящена данная работа.

С этой целью была сконструирована и смонтирована экспериментальная действующая модель плоского наклонного опреснителя.

Описание экспериментальной установки (модели)

Модель плоского наклонного опреснителя (рис. 1) представляет собой ящик [1]* размером 100×30 см из жести с двойными стенками [4], промежутки между которыми забиты теплоизоляционным материалом (асбестовая крошка). В дно камеры вмонтированы электронагреватель [3], на который натягивается ткань [2], смачивающаяся водой, поступающей по трубочкам [9] с миллиметровыми отверстиями, расположенными через каждый сантиметр по их длине, что обеспечивает равномерное смачивание ткани. Последнее контролируется наличием излишек неиспарившейся воды, для чего служит выход [10]. Вода на ткань поступает из напорного бака [21], установленного для поддержания постоянства расхода воды (охлаждающая вода, испаряемая вода и др.).

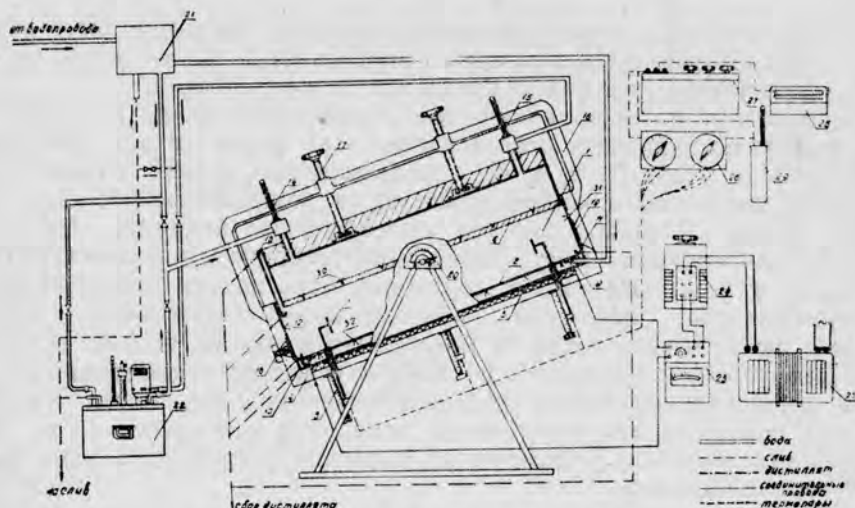


Рис. 1. Схема опытной установки.

В камеру модели опреснителя вдвигается коробка, нижняя поверхность которой сделана из латуни и является поверхностью конденсации [6]. В коробке циркулирует охлаждающая вода, что позволяет на поверхности конденсации создавать необходимые условия. Конструкцией установки [17] предусмотрено изменение расстояния между поверхностями испарения и конденсации от 1 до 10 см. Для сбора конденсата с поверхности конденсации при углах наклона $< 90^\circ$ служит мерный сосуд [12], для углов наклона $> 90^\circ$ — сосуд [13], для сбора конденсата со стенок камеры опреснителя — сосуд [11]. Сверху коробка теплоизолирована асбестовой крошкой [5].

Внутри камеры опреснителя расположены три передвижных термомпары [7] для измерения распределения температуры паровоздушной смеси с высотой, снабженные микрометрическими винтами [8] с

* В прямых скобках указаны детали экспериментальной установки.

точностью подачи и ценой деления винта 0,1 мм. Шкала микрометрических винтов от 0 до 100 мм.

Температура на поверхности конденсации, стенках опреснителя и в ткани замерялась с помощью зачеканенных медно-константовых термодпар [31, 32, 33]. Всего 32 термодпары.

Термостатирование и циркуляция охлаждающей воды осуществлялись при помощи термостата марки И-10 [22], позволяющего регулировать температуру с точностью до 0,1°C.

Снятие показаний всех термодпар производилось с общего пульта, состоящего из 2-х переключателей [26] по 20 точек, гальванометра М 195/3 [28], потенциометра типа Р330 [27] и термостата холодных спаев. Угол наклона камеры опреснителя фиксировался по транспортиру [20]. Расчет коэффициентов тепло- и массоотдачи производился по количеству конденсата. Баланс проверялся степенью выполнимости равенства

$$G_{\text{вх.}} = G_{\text{общ. к.}} + G_{\text{изл.}},$$

где $G_{\text{вх.}}$ — общий расход опресняемой воды, л/час; $G_{\text{общ. к.}}$ — общее количество конденсата, равное $G_{\text{ст.}} + G_{\text{поверх.}}$, л/час; $G_{\text{изл.}}$ — количество неиспарившейся воды, л/час.

При этом максимальное отклонение от соблюдения вышеприведенного равенства составляло не более 6%.

Измерения велись при стационарном режиме по сериям, принимая постоянной высоту камеры и задавая различные Δt , равные разности температур поверхностей испарения и конденсации, определяли коэффициенты тепло- и массоотдачи при испарении и конденсации для различных углов наклона установки. В следующей серии опытов изменяли высоту камеры и замеряли те же величины при тех же углах наклона и т. д.

Непосредственно из опыта определялись следующие величины: наклон опреснителя; высота камеры опреснителя; температуры поверхностей испарения и конденсации стенок на входе и выходе испаряемой и охлаждающей воды; барометрическое давление; мощность, подаваемая на электронагреватель; расход испаряемой воды; количество конденсата со стенок и с поверхности конденсации; количество неиспарившейся воды после смачивания ткани; температура и влажность окружающего воздуха.

При обработке экспериментальных данных за определяющую температуру для испарения принимали среднюю температуру поверхности испарения — $t_{\text{ср.}}^{\text{и}}$, для конденсации — среднюю температуру поверхности конденсации — $t_{\text{ср.}}^{\text{к}}$. Определяющий размер находился из выражения

$$l = \frac{4F}{\Pi} \cong 2h,$$

где F — площадь боковой стенки, м²; Π — периметр этой же стенки, м; h — высота камеры опреснителя, м.

Допуская аналогию в механизме движения паровоздушной смеси в плоских и односкатных опреснителях и целесообразность использования методики расчета, приводимой в [5, 6], опытные данные обрабатывались в виде критериальных зависимостей

$$Nu = f\left(\varepsilon_{\text{о.п.}}, Gr, Pr, Ri, Gu, Re, \varphi, \frac{h}{L}\right). \quad (1)$$

Рассматривая роль каждого критерия, входящего в выражение (1), следует сделать такие замечания: поскольку в нашем случае относительная влажность внутри камеры равна 1, сразу можно исключить критерий Gu . Так как в плоском опреснителе паровоздушная смесь слабодвижущаяся, то критерий Re можно не учитывать. Влиянием критерия Ki также можно пренебречь в силу того, что, как показывает [1, 6], изменение физических параметров полностью учитывается критерием Gr , интенсивность испарения и конденсации — объемным паросодержанием $\varepsilon_{0,п}$. Следовательно, вместо зависимости (1) можно принять

$$Nu = f\left(\varepsilon_{0,п}, Gr, Pr, \varphi, \frac{h}{L}\right), \quad (2)$$

где φ и $\frac{h}{L}$ — величины, характеризующие соответственно влияние угла наклона, высоты h и длины L камеры опреснителя.

Нами исследовался тепло- и массообмен в плоском опреснителе для следующих конкретных случаев:

1. При $h=8$ см для углов $\varphi=15, 25, 30, 35, 50, 70, 90, 110, 130, 155^\circ$;
2. При $h=6$ см для углов $\varphi=25, 50, 90^\circ$;
3. При $h=4$ см для углов $\varphi=25, 50, 90^\circ$;
4. При $h=2$ см для углов $\varphi=25, 50, 90^\circ$.

Каждому сочетанию определенных значений высоты h и угла наклона φ соответствовало 14 замеров $\Delta t = t_{ср.}^a = t_{ср.}^k$. При этом тепловые и диффузионные критерии Грасгофа измерялись в пределах для испарения

$$Gr_n = 4,0 \cdot 10^6 \div 1,36 \cdot 10^7;$$

$$Gr_n = 6,5 \cdot 10^6 \div 3,3 \cdot 10^7;$$

для конденсации

$$Gr_k = 4,6 \cdot 10^6 \div 1,85 \cdot 10^7;$$

$$Gr_k = 7,3 \cdot 10^6 \div 5,0 \cdot 10^7.$$

Всего получено 270 экспериментальных точек как для испарения, так и для конденсации. После их обработки найдены критериальные уравнения для тепло- и массообмена при испарении и конденсации для каждого конкретного угла и высоты опреснителя. Но мы не приводим все уравнения из-за их большого числа.

Приведем обобщенные зависимости коэффициентов тепло- и массоотдачи при испарении и конденсации от объемного паросодержания, критериев Gr и Pr , угла наклона и линейных размеров опреснителя (рис. 2, 3).

Экспериментальные данные обрабатывались в следующей последовательности: для случаев, когда $\frac{h}{L} = \text{const}$, $\varphi = \text{const}$, $Gr \cdot Pr = \text{const}$, опытные точки обрабатывались в зависимости $Nu = f(\varepsilon_{0,п})$ как для испарения, так и для конденсации; далее, определив показатель степени $\varepsilon_{0,п}$, при $\frac{h}{L} = \text{const}$ и $Gr \cdot Pr = \text{const}$ опытные точки обрабатывались в зависимости

$$\frac{Nu}{\varepsilon_{0,п}} = f_1(\varphi).$$

Следующий этап обработки сводился при $Gr \cdot Pr = \text{const}$ к определению зависимости

$$\frac{Nu}{\varepsilon_{0,п} \cdot \varphi^m} = f_2 \left(\frac{h}{L} \right)$$

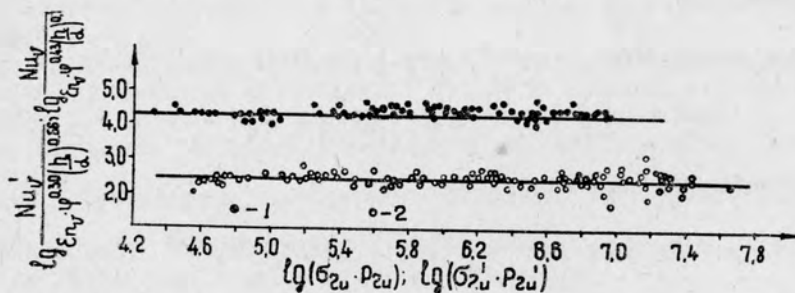


Рис. 2. Зависимости $\frac{Nu_{и}}{\varepsilon_{п,и} \cdot \varphi^{-0,43} \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^{0,71}} = f_1(Gr_{и} \cdot Pr_{и})$

и $\frac{Nu'_{и}}{\varepsilon_{п,и} \cdot \varphi^{-0,30} \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^{0,66}} = \varphi_1(Gr'_{и} \cdot Pr'_{и})$ при испарении,

где 1—теплообмен; 2—массообмен.

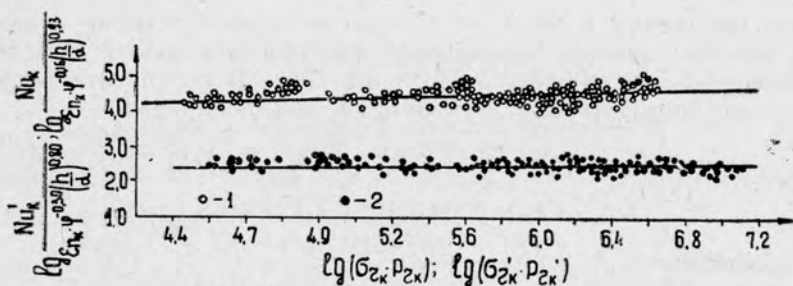


Рис. 3. Зависимости $\frac{Nu_{к}}{\varepsilon_{п,к} \cdot \varphi^{-0,16} \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^{0,93}} = f_2(Gr_{к} \cdot Pr_{к})$

и $\frac{Nu_{к}}{\varepsilon_{п,к} \cdot \varphi^{-0,30} \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^{0,66}} = \varphi_2(Gr'_{к} \cdot Pr'_{к})$ при конденсации,

где 1—теплообмен; 2—массообмен.

и в заключении все точки обрабатывались в зависимости

$$\frac{Nu}{\varepsilon_{0,п} \cdot \varphi^m \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^p} = f_3(Gr \cdot Pr)$$

тоже для испарения и конденсации.

Таким образом, для различных углов наклона и линейных размеров камеры опреснителя были соответственно получены критериальные уравнения для теплообмена: при испарении —

$$Nu_{и} = 11,75 \cdot 10^3 \cdot \varepsilon_{п.и} \cdot \varphi^{-0,43} \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^{0,71} \cdot (Gr_{и} \cdot Pr_{и})^{0,05},$$

$$Gr_{и} \cdot Pr_{и} = 2,04 \cdot 10^4 \div 7,9 \cdot 10^6; \quad (3)$$

при конденсации

$$Nu_{к} = 4,4 \cdot 10^3 \cdot \varepsilon_{п.к} \cdot \varphi^{-0,16} \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^{0,93} \cdot (Gr_{к} \cdot Pr_{к})^{0,15}, \quad (4)$$

$$Gr_{к} \cdot Pr_{к} = 2,0 \cdot 10^4 \div 1,4 \cdot 10^7;$$

для массообмена: при испарении

$$Nu'_{и} = 100 \cdot \varepsilon_{п.и} \cdot \varphi^{-0,30} \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^{0,66} \cdot (Gr'_{и} \cdot Pr'_{и})^{0,08} \quad (5)$$

$$Gr'_{и} \cdot Pr'_{и} = 3,2 \cdot 10^4 \div 3,5 \cdot 10^7;$$

при конденсации

$$Nu'_{к} = 135 \cdot \varepsilon_{п.к} \cdot \varphi^{-0,30} \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^{0,66} \cdot (Gr'_{к} \cdot Pr'_{к})^{0,08}; \quad (6)$$

$$Gr'_{к} \cdot Pr'_{к} = 4,07 \cdot 10^4 \div 4,0 \cdot 10^7.$$

Была проделана и иная обработка экспериментальных данных: влияние высоты камеры опреснителя учитывалось только определяющим размером l , входящим в критерий Gr . В результате получены обобщающие формулы для теплообмена при испарении

$$Nu_{и} = 100 \cdot \varepsilon_{п.и} \cdot \varphi^{-0,43} \cdot (Gr_{и} \cdot Pr_{и})^{0,25}$$

$$Gr_{и} \cdot Pr_{и} = 2,04 \cdot 10^4 \div 1,12 \cdot 10^7; \quad (7)$$

при конденсации

$$Nu_{к} = 4,47 \cdot \varepsilon_{п.к} \cdot \varphi^{-0,16} \cdot (Gr \cdot Pr_{к})^{0,45}; \quad (8)$$

$$Gr_{к} \cdot Pr_{к} = 2,5 \cdot 10^4 \div 1,26 \cdot 10^7.$$

Для массообмена при испарении и конденсации

$$Nu' = 0,6 \cdot \varepsilon_{о.п} \cdot \varphi^{-0,30} \cdot (Gr' \cdot Pr')^{0,30};$$

$$Gr' \cdot Pr' = 3,8 \cdot 10^4 \div 2,04 \cdot 10^7. \quad (9)$$

Однако уравнения (3), (4), (5), (6) более точно и наглядно показывают влияние угла наклона и линейных размеров опреснителя. С помощью передвижных термопар исследовалось распределение температуры с изменением высоты камеры опреснителя. Эксперимент показал, что температура изменяется вблизи поверхности испарения и конденсации, а в середине камеры сохраняется постоянное значение. Это указывает на наличие циркуляции паровоздушной среды.

В процессах тепло- и массообмена участвуют только периферийные слои этой среды. Однако качественная картина протекания физических процессов в плоском опреснителе нуждается в экспериментальной проверке.

Выводы

Результаты описанной выше экспериментальной работы позволили:

1. Получить для теплообменных аппаратов, когда поверхности испарения и конденсации в них расположены взаимопараллельно, инженерный метод расчета коэффициентов тепло- и массообмена в виде критериальных уравнений с учетом угла наклона их и расстояния между ними.

2. Установить, что максимум интенсивности протекания процессов тепло- и массообмена наблюдается при угле наклона установки, равном $25 \div 35^\circ$, с увеличением же φ интенсивность снижается.

3. В рассматриваемом интервале изменения линейных размеров $\frac{h}{L} = 0,02 \div 0,08$ камеры опреснителя отметить, что наибольшее расстояние между поверхностями испарения и конденсации благоприятнее для протекания процессов, чем минимальное.

4. Установить, что испарение и конденсация в плоских опреснителях взаимообусловлены и интенсифицируют друг друга, следовательно, рассматривать их раздельно нельзя, на это указывает и [10].

5. Подтвердить [6], что и в этой конструкции процессы тепло- и массообмена происходят только в периферийных слоях паровоздушной смеси.

Физико-технический институт
АН Туркменской ССР

Поступило
1 января 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брдлик П. М. — Инженерно-физический журнал, № 3, 1959.
2. Нестеренко А. В. — ЭТФ, т. XXIV, 1954.
3. Лыков А. В. — Тепло- и массообмен в процессах сушки. Госэнергоиздат, 1956.
4. Берман Л. Д. — Теплоэнергетика, № 6, 1957.
5. Баум В. А. — Теплоэнергетика, вып. 2, 1960.
6. Баум В. А., Байрамов Р. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 3, 1965.
7. Telkes M. — Ind. and. Eng. Chemistry, № 45, № 5, 1963.
8. Baum V. A. — Solar Distillers United Nations Conference ON NEW Sources of Energy, Rim, 1961.
9. Трофимов К. Г. — Сб. Социалистическая наука, № 3, Ташкент, 1936.
10. Байрамов Р., Рыбакова Л. Е. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 6, 1966.

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА ДАТЧИКА ХОЛЛА ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

В инженерной практике расчет и моделирование всевозможных электрических, электронных и радиотехнических цепей проводятся в основном исходя из эквивалентных схем отдельных элементов и узлов цепей. Поэтому обычно для вновь появившихся элементов составляются эквивалентные схемы замещения.

В последнее время все более широкие применения находят приборы, работа которых основана на гальваномагнитных явлениях в полупроводниках. Среди них наибольшее распространение получили датчики Холла (ДХ).

Эквивалентная схема таких устройств недостаточно изучена.

Из [1] известно, что на практике ДХ могут быть использованы в двух режимах: с разделенными цепями (когда входные и выходные цепи не имеют общих точек вне ДХ) и с неразделенными цепями (когда могут быть любые внешние соединения входных и выходных цепей). Следовательно, эквивалентная схема ДХ должна иметь такой вид, который был бы пригоден при исследовании обоих режимов использования ДХ. Эквивалентные схемы, предложенные авторами [2] и [3], могут быть применены только при исследованиях включения ДХ в режиме с разделенными цепями.

В. Кукк и Х. Росс [1] приводят эквивалентную схему в виде соединений унисторов для сугубо симметричного ДХ (то есть такого ДХ, у которого сопротивления между двумя смежными выводами равны). Однако на практике изготовление таких симметричных датчиков весьма затруднительно: по разным причинам сопротивления «плеч» ДХ получаются различными. Возникает необходимость разработки эквивалентной схемы для произвольного ДХ.

Этой задаче и посвящается данная статья. В работе использованы обобщенные методы решения линейных цепей, как показано в [4].

Матрица сопротивлений и эквивалентные схемы ДХ

Рассмотрим ДХ произвольной формы (рис. 1а), относительно которого сделаны следующие допущения:

1. Магнитное поле, в котором находится ДХ, постоянно во времени, однородно и перпендикулярно к плоскости ДХ.

2. Электроды имеют невыпрямляющие контакты с полупроводниковой пластиной ДХ.
3. Полупроводниковый материал ДХ однороден и изотропен по удельному сопротивлению и по постоянной Холла.
4. Толщина пластин ДХ во всех точках одинакова.
5. Выполняется соотношение Мейхнера—Казимира [5], записываемое в виде

$$R_{ik} (+H) = R_{ki} (-H) \quad (1)$$

и означающее, что вносимое сопротивление из контура k в контур i при магнитном поле с напряженностью $+H$ равно вносимому сопротивлению из контура i в контур k при магнитном поле с напряженностью $-H$; при $H=0$ это соотношение соответствует принципу взаимности Максвелла.

6. Полупроводниковый материал ДХ имеет носители тока одного знака. Поверхностная рекомбинация носителей отсутствует.

7. ДХ находится при определенной температуре.

При этих условиях любой датчик Холла в электрическом отношении можно охарактеризовать некоторым количеством параметров, легко определяемых опытным путем.

Введем следующие обозначения параметров ДХ, находящегося в магнитном поле с напряженностью $+H$: R_{12} — сопротивление между выводами 1 и 2, когда выводы 3 и 4 обесточены. Аналогичным образом обозначаем сопротивления $R_{13}, R_{14}, R_{23}, R_{24}, R_{34}$ между выводами; r_{12} — удвоенное значение сопротивления, вносимого контурным током i_2 в контур тока j_1 , вследствие эффекта Холла. Аналогичным образом обозначены сопротивления r_{13} и r_{23} .

Назовем эти параметрами холостого хода ДХ; они легко могут быть определены опытами холостого хода.

Если известны параметры холостого хода, то, согласно работе [4], Z -матрица ДХ, указанного на рис. 1а, запишется следующим образом:

$$\|Z\| = \begin{vmatrix} R_{14} & \frac{R_{14} + R_{24} - R_{12} + r_{12}}{2} & \frac{R_{14} + R_{34} - R_{13} + r_{13}}{2} \\ \frac{R_{14} + R_{24} - R_{12} - r_{12}}{2} & R_{24} & \frac{R_{24} + R_{34} - R_{23} + r_{23}}{2} \\ \frac{R_{14} + R_{34} - R_{13} - r_{13}}{2} & \frac{R_{24} + R_{34} - R_{23} - r_{23}}{2} & R_{34} \end{vmatrix} \quad (2)$$

Обратная матрица имеет вид

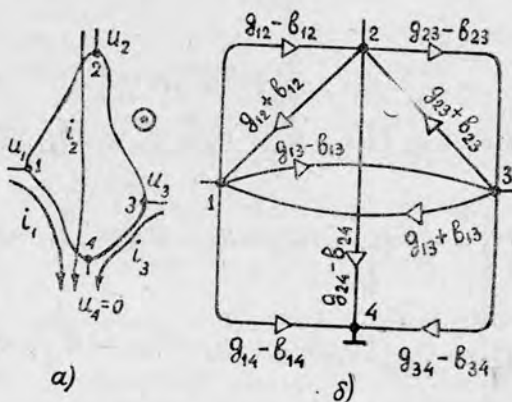


Рис. 1. а — Датчик Холла произвольной формы; б — унитарная схема замещения.

$$\|Y\| = \begin{vmatrix} g_{11} & (-g_{12} - b_{12}) & (-g_{13} - b_{13}) \\ (-g_{12} + b_{12}) & g_{22} & (-g_{23} - b_{23}) \\ (-g_{13} + b_{13}) & (-g_{23} + b_{23}) & g_{33} \end{vmatrix}, \quad (3)$$

где

$$g_{11} = \frac{1}{4\Delta} [4R_{24}R_{34} - (R_{24} + R_{34} - R_{23})^2 + r_{23}^2]; \quad (4)$$

$$g_{22} = \frac{1}{4\Delta} [4R_{14}R_{34} - (R_{14} + R_{34} - R_{13})^2 + r_{13}^2]; \quad (5)$$

$$g_{33} = \frac{1}{4\Delta} [4R_{14}R_{24} - (R_{14} + R_{24} - R_{12})^2 + r_{12}^2]; \quad (6)$$

$$g_{12} = \frac{1}{4\Delta} [2R_{34}(R_{14} + R_{24} - R_{12}) - (R_{14} + R_{34} - R_{13})(R_{24} + R_{34} - R_{23}) + r_{13}r_{23}]; \quad (7)$$

$$g_{13} = \frac{1}{4\Delta} [2R_{24}(R_{14} + R_{34} - R_{13}) - (R_{14} + R_{24} - R_{12})(R_{24} + R_{34} - R_{23}) - r_{12}r_{22}]; \quad (8)$$

$$g_{23} = \frac{1}{4\Delta} [2R_{14}(R_{24} + R_{34} - R_{23}) - (R_{14} + R_{24} - R_{12})(R_{14} + R_{34} - R_{13}) + r_{12}r_{13}]; \quad (9)$$

$$b_{12} = \frac{1}{4\Delta} [2R_{34}r_{12} + r_{23}(R_{14} + R_{34} - R_{13}) - r_{13}(R_{24} + R_{34} - R_{23})]; \quad (10)$$

$$b_{13} = \frac{1}{4\Delta} [2R_{24}r_{13} - r_{23}(R_{14} + R_{24} - R_{12}) - r_{12}(R_{24} + R_{34} - R_{23})]; \quad (11)$$

$$b_{23} = \frac{1}{4\Delta} [2R_{14}r_{23} + r_{12}(R_{14} + R_{34} - R_{13}) - r_{13}(R_{14} + R_{24} - R_{12})]. \quad (12)$$

Δ — определитель матрицы (2).

В работе [6] показывается методика построения унитарной схемы замещения для произвольной линейной цепи, не подчиняющейся в общем случае принципу взаимности, когда известна ее (цепи) Y -матрица. Так как мы считаем, что ДХ является линейным элементом относительно токов и напряжений, то, согласно этой методике, унитарная эквивалентная схема ДХ с Y -матрицей (3) имеет вид, приведенный на рис. 1б. При этом

$$g_{14} = g_{11} - g_{12} - g_{13} = \frac{1}{4\Delta} [2R_{23}(R_{12} + R_{24} - R_{14}) - (R_{23} + R_{24} - R_{34})(R_{12} + R_{23} - R_{13}) + r_{23}(r_{12} + r_{23} - r_{13})]; \quad (13)$$

$$g_{24} = g_{22} - g_{12} - g_{23} = \frac{1}{4\Delta} [2R_{13}(R_{12} + R_{14} - R_{34}) - (R_{13} + R_{14} - R_{34})(R_{12} + R_{13} - R_{23}) + r_{13}(r_{13} - r_{12} - r_{23})]; \quad (14)$$

$$g_{34} = g_{33} - g_{13} - g_{23} = \frac{1}{4\Delta} [2R_{12}(R_{23} + R_{24} - R_{34}) - (R_{12} + R_{24} - R_{14})(R_{12} + R_{23} - R_{13}) + r_{12}(r_{13} + r_{23} - r_{13})]; \quad (15)$$

$$b_{14} = -b_{12} - b_{13} = \frac{1}{4\Delta} [r_{23}(R_{13} + R_{24} - R_{12} - R_{34}) + \\ + (r_{12} + r_{13})(R_{24} + R_{34} - R_{23}) - 2(R_{34}r_{12} + R_{24}r_{13})]; \quad (16)$$

$$b_{24} = b_{12} - b_{23} = \frac{1}{4\Delta} [r_{13}(R_{14} + R_{23} - R_{12} - R_{34}) + \\ + (r_{23} - r_{12})(R_{14} + R_{34} - R_{13}) - 2(R_{14}r_{23} - R_{34}r_{12})]; \quad (17)$$

$$b_{34} = b_{13} + b_{23} = \frac{1}{4\Delta} [r_{12}(R_{14} + R_{23} - R_{13} - R_{24}) - \\ - (r_{13} + r_{23})(R_{14} + R_{24} - R_{12}) + 2(R_{24}r_{13} + R_{14}r_{23})]. \quad (18)$$

Для симметричного в электрическом смысле ДХ аналогичная схема замещения была получена в работе [1].

Унисторная эквивалентная схема может быть полезна при топологическом анализе цепей с ДХ [6]. Кроме топологических методов анализа существует множество других, широко распространенных методов анализа электронных цепей. Для приложения их к случаю цепи с ДХ необходимо разработать эквивалентную схему ДХ, состоящую из проводимостей, источников тока или ЭДС.

На рис. 2а показана одна из таких эквивалентных схем ДХ, полученная непосредственно из Y -матрицы (3) и состоящая из проводимостей и источников тока. Значения всех проводимостей такие же, как и для рис. 1б.

U_1, U_2, U_3 — соответственно напряжения узлов 1, 2 и 3 относительно узла 4.

Отметим, что, исходя из той же Y -матрицы (3), может быть получен и ряд других модификаций эквивалентных схем ДХ, отличающихся друг от друга только количеством, величинами и узлами включения источников тока; проводимости во всех схемах будут такими же, как и в схеме, приведенной на рис. 2а. Так как схема на рис. 2а является наиболее простой среди остальных и позволяет опытным путем определить отдельные параметры, ограничимся только ее рассмотрением.

Покажем, как могут быть определены опытным путем отдельные параметры эквивалентной схемы. Назовем их параметрами короткого замыкания ДХ, так как все они могут быть легко определены серийой опытов при определенных закорачиваниях выводов между собой.

Таблица 1

Опыты короткого замыкания

К. з. выводы	Измеряемая проводимость	Расчетные формулы
1—4; 2—3	$y_1 = g_{12} + g_{13} + g_{24} + g_{34}$	$g_{12} = \frac{1}{2} (y_3 + y_6 - y_2)$
1—2; 3—4	$y_2 = g_{13} + g_{14} + g_{23} + g_{24}$	$g_{13} = \frac{1}{2} (y_3 + y_5 - y_1)$
1—4—3	$y_3 = g_{12} + g_{23} + g_{24}$	$g_{14} = \frac{1}{2} (y_4 + y_5 - y_2)$
1—2—3	$y_4 = g_{14} + g_{24} + g_{34}$	$g_{23} = \frac{1}{2} (y_4 + y_6 + y_1)$
1—2—4	$y_5 = g_{13} + g_{23} + g_{34}$	$g_{24} = \frac{1}{2} (y_1 + y_2 - y_3 - y_4)$
2—3—4	$y_6 = g_{12} + g_{13} + g_{14}$	$g_{34} = \frac{1}{2} (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)$

Необходимо отметить, что параметры короткого замыкания, так же, как и параметры холостого хода, в электрическом отношении полностью характеризуют ДХ; они могут быть определены и расчетным путем при помощи выражений (4÷18), если известны параметры холостого хода ДХ. Однако опытное определение имеет то преимущество, что исключается необходимость трудоемких расчетов. При проведении опытов короткого замыкания будем полагать, что ДХ находятся в неизменном по направлению и величине магнитном поле.

Шесть параметров, входящих в схему (рис. 2а) в виде проводимостей (g -параметры), могут быть определены шестью опытами короткого замыкания по измерению входных проводимостей, приведенных в табл. 1. В левом столбце указаны выводы, замыкаемые между собой при проведении опыта. В среднем — соответствующие измеряемые входные проводимости. В правом — выражения для g -параметров через измеренные входные проводимости.

После определения g -параметров можно переходить к определению b -параметров. Для определения параметра b_{12} закоротим выводы 3 и 4 между собой. Тогда ДХ будет соответствовать схема, приведенная на рис. 2б. При пропускании тока i_2 между узлами 2—4 для узла 1 соответствует равенство

$$U_1 (g_{12} + g_{13} + g_{14}) - U_2 (g_{12} + b_{12}) = 0, \quad (19)$$

где U_1 и U_2 — соответственно напряжения узлов 1 и 2 относительно узла 4. Отсюда, если замерены напряжения U_1 и U_2 , то

$$b_{12} = \frac{U_1}{U_2} (g_{12} + g_{13} + g_{14}) - g_{12}. \quad (20)$$

Аналогично определяются параметры b_{13} и b_{23} , предварительно закоротив, соответственно, выводы 2 с 4 и 1 с 4. Приведенные опыты по определению параметров короткого замыкания распространяются и на случай унитарной схемы замещения ДХ (рис. 1б).

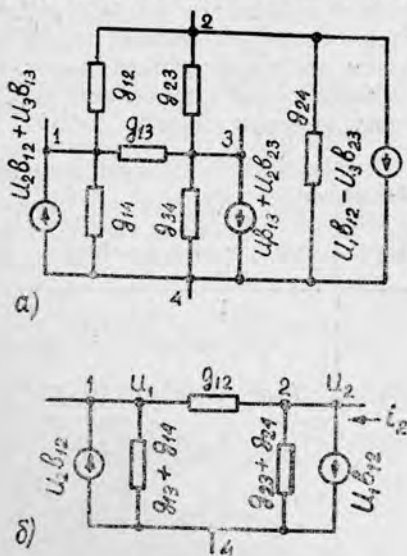


Рис. 2 а — Эквивалентная схема датчика Холла произвольной формы; б — эквивалентная схема при закорачивании выводов 3 и 4.

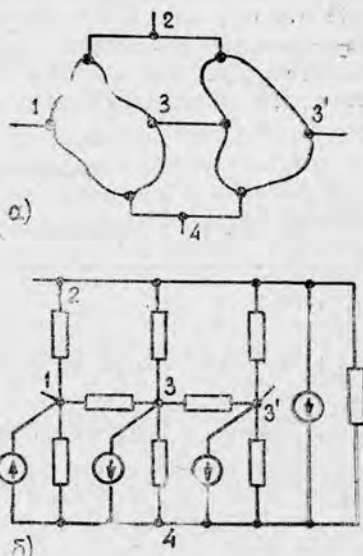


Рис. 3 а — Параллельное соединение датчиков Холла произвольной формы; б — эквивалентная схема параллельного соединения.

Как видно из выражений (4÷18), g -параметры не зависят от изменения направления магнитного поля на 180° , в то время как b -параметры меняются только по знаку, оставаясь по абсолютной величине постоянными. Следовательно, такое изменение направления магнитного поля соответствует изменению направлений источников тока в эквивалентной схеме (рис. 2а).

Параметры короткого замыкания ДХ зависят от величины магнитного поля. Аналитические выражения этих зависимостей весьма сложны; ограничимся только некоторыми замечаниями.

Относительно зависимости g -параметров от величины магнитного поля можно сказать, что для большинства практических применений ДХ без большой погрешности имеет место выражение

$$g(B) = \frac{g(0)}{1 + kB^2}, \quad (21)$$

где $g(B)$ — значение g -параметра при магнитном поле с индукцией B ; $g(0)$ — то же самое при $B=0$; k — коэффициент пропорциональности, постоянный для данного полупроводникового материала ДХ при постоянной температуре; B — индукция магнитного поля.

Равенство (21) получается при пренебрежении членами, содержащими сопротивления r_{12} , r_{13} и r_{23} в выражениях для g -параметров (4÷9) и при предположении, что имеет место квадратичный закон магниторезистивного эффекта

$$R(B) = R(0) (1 + kB^2). \quad (22)$$

При отсутствии магнитного поля имеет место $r_{12}=r_{13}=r_{23}=0$ и, как видно из выражений (10÷12), b -параметры равны нулю. Поэтому для каждого ДХ необходимо указать значения b -параметров хотя бы при одном значении B_1 индукции магнитного поля, отличном от нуля. Тогда без больших для практических расчетов погрешностей можно записать следующую зависимость

$$b(B) = b(B_1) \frac{B}{B_1} \cdot \left(\frac{1 + kB_1^2}{1 + kB^2} \right)^2. \quad (23)$$

Здесь $b(B)$ — значение b -параметра при магнитном поле с индукцией B ; $b(B_1)$ — то же самое при индукции B_1 . Так же, как и (21), выражение (23) получено при предположении, что имеет место (22).

Итак, из выражений (21, 23) видно, что для известной и постоянной температуры ДХ в электрическом смысле можно охарактеризовать определением параметров короткого замыкания при определенном значении индукции магнитного поля B_1 . Вопросы зависимости параметров эквивалентной схемы ДХ от температуры, вследствие их сложности, здесь рассматриваться не будут.

В качестве примера применения эквивалентной схемы ДХ укажем, что на рис. 3а приведена схема параллельного включения двух ДХ произвольной формы, каждый из которых находится в различных магнитных полях. На рис. 3б показана результирующая эквивалентная схема, из которой при помощи метода узловых потенциалов можно без особого труда рассчитать любой режим работы параллельно включенных ДХ.

Результаты экспериментальной работы

Эксперимент проводился с целью проверки выполнения соотношения (1) для ДХ произвольной формы; сопоставления значений g -параметров, определенных опытами холостого хода и короткого замыкания ДХ; проверки расчета режимов работы двух ДХ произвольной формы, включенных параллельно (рис. 3а).

Для этого были изготовлены два ДХ произвольной формы из монокристалла беспримесного полупроводникового материала InSb. Электроды, нанесенные индиевым припоем, имели достаточно хороший, невыпрямляющий контакт. Воздушный зазор между двумя плоскими наконечниками электромагнита был порядка $20 \div 25$ мм, что обеспечивает практически однородное магнитное поле. Все измерения проводились компенсационным методом при помощи потенциометра постоянного тока типа ПП—63 кл. 0,05. Предусматривались меры по сохранению постоянного температурного режима (комнатного) ДХ в процессе измерений.

Использованный при измерениях электромагнит позволял создавать магнитное поле напряженностью от 0 до $4 \cdot 10^5$ а/м. В этом диапазоне для обоих ДХ обнаружено достаточно точное выполнение соотношения (1).

В табл. 2 приведены значения замеренных параметров холостого хода (в омах) для обоих ДХ как при отсутствии магнитного поля, так и при присутствии. В табл. 3 приведены измеренные согласно табл. 1 проводимости (в сименсах) для обоих ДХ при $H=0$ и при $H=10^5$ а/м. Результаты определения g -параметров согласно табл. 2 и 3 сопоставлены в табл. 4. Нетрудно видеть, что значения g -параметров, определенные опытами холостого и короткого замыкания, практически совпадают.

Пользуясь данными табл. 2 и эквивалентной схемой (рис. 3б), была рассчитана схема (рис. 3а). При этом полагали, что имеется только единичный ток (1,0 ма) между узлами 2 и 4, когда другие узлы обесточены, и что оба ДХ находятся в одинаковом магнитном поле с напряженностью 10^5 а/м. Рассчитанные и экспериментально замеренные значения напряжений отдельных узлов относительно узла 4 близко совпали. Такие совпадения получены для обоих направлений магнитного поля.

Таблица 2

Опытные параметры холостого хода датчиков I и II, в омах

Датчик	Сопротивление	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{23}	R_{24}	R_{34}	r_{12}	r_{13}	r_{23}
ДХ I	$H=0$	4,88	4,16	3,07	3,67	6,97	6,11	—	—	—
	$H=10^5$ а/м	5,14	4,37	3,28	3,82	7,16	6,31	0,45	0,45	0,43
ДХ II	$H=0$	25,45	11,39	11,51	17,35	18,85	2,93	—	—	—
	$H=10^5$ а/м	26,20	11,67	11,75	17,81	18,35	3,14	0,68	0,57	0,65

Таблица 3

Входные проводимости, полученные из опытов короткого замыкания, в сименсах

Датчик	Проводимость	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
ДХ I	$H = 0$	0,285	0,633	0,316	0,332	0,375	0,520
	$H = 10^5$ а/м	0,275	0,599	0,308	0,318	0,366	0,483
ДХ II	$H = 0$	0,376	0,141	0,059	0,369	0,370	0,094
	$H = 10^5$ а/м	0,351	0,138	0,056	0,345	0,345	0,092

Таблица 4

 g -параметры, полученные из опытов холостого хода и короткого замыкания, в сименсах

Датчик	Параметры	g_{12}	g_{33}	g_{14}	g_{33}	g_{24}	g_{34}	Примечание
ДХ I	$H = 0$	0,102	0,135	0,283	0,203	0,012	0,037	Из табл. 3
	$H = 10^5$ а/м	0,096	0,124	0,263	0,200	0,012	0,042	
	$H = 0$	0,101	0,137	0,284	0,203	0,014	0,037	Из табл. 2
	$H = 10^5$ м/м	0,091	0,128	0,260	0,200	0,017	0,042	
ДХ II	$H = 0$	0,006	0,044	0,043	0,027	0,026	0,299	Из табл. 3
	$H = 10^5$ а/м	0,006	0,043	0,043	0,026	0,026	0,276	
	$H = 0$	0,005	0,045	0,043	0,028	0,023	0,281	Из табл. 2
	$H = 10^5$ а/м	0,005	0,044	0,042	0,031	0,021	0,23	

Выводы

1. При определенных допущениях, практически обычно выполняемых, получены эквивалентные схемы для ДХ произвольной формы. Приведена методика определения отдельных параметров схемы замещения.

2. Экспериментально проверен расчет цепей с ДХ при помощи эквивалентной схемы.

Физико-технический институт
АН Туркменской ССР

Поступило
18 января 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукк В., Росс Х. — Тр. Таллинского политехнического института, № 220 А, 27—47, 1965.
2. Мотто М. Л. — Электроника, № 1, 57, 1962.
3. Дорошевич М. М. — Известия ВУЗ-ов, Энергетика, № 12, 24, 1964.
4. Хаак Х., Хейнрихсен В. — Тр. Таллинского политехнического института, № 220 А, 3, 1965.
5. Кроемер Н. — Solid-State Electronics v. 7, № 5, 291, 1964.
6. Мэзон С., Циммерман Г. — Электронные цепи, сигналы и системы. Изд-во ИЛ, М., 1963.

Р. Г. АННАЕВ
Л. В. КИРЕНСКИЙ
Р. В. СУХАНОВА
Г. Ш. АХМЕДОВА
П. Н. ЗАЯКИН
З. М. ПЕРЖАНОВСКАЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ХОЛЛА И МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЯ НА ТОНКИХ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ НИКЕЛЯ

Тонкие пленки находят все большее применение в физике и технике. Изучению электрических и магнитных свойств некоторых тонких ферромагнитных пленок посвящен ряд теоретических и экспериментальных работ [1—7].

Влияние старения (окисления) монокристаллических тонких пленок никеля на эффект Холла и на изменение электросопротивления пленок под воздействием магнитного поля или намагничивания (магнетосопротивление) никем не изучалось.

Цель данной работы — исследование магнетосопротивления и эффекта Холла на тонких монокристаллических пленках никеля толщиной 480—1400 Å при 291°K в магнитных полях до 5,6 кэ и через год повторить при прочих равных условиях опыта те же измерения для выяснения влияния процесса окисления (старения) на эти пленки. Опыт показывает, что ЭДС Холла V_y в ферромагнетиках можно представить соотношением

$$V_y = (R_0 H + R_1 I) \frac{i_x}{d}, \quad (1)$$

где R_0 — обыкновенная постоянная Холла; R_1 — необыкновенная или ферромагнитная постоянная Холла; I — намагниченность образца; H — магнитное поле; i_x — сила тока; d — толщина образца.

Первый член (1) характеризуется процессом проводимости материала, а второй — зависит от намагниченности его.

Многие авторы исследовали тонкие пленки ферромагнетиков и показали, что постоянные Холла R_0 и R_1 и величины их зависят от технологии изготовления пленок, от температуры подложки, от величины давления при процессе напыления или испарения, от направления и скорости напыления или испарения и т. д. Кроме этого, с уменьшением толщины пленок абсолютные величины постоянных Холла R_0 и R_1 увеличиваются и знаки их сохраняются, как в случае массивных образцов.

Соотношение (1) можно представить в иной форме:

$$H = H_e - NI, \quad (2)$$

где H_e — внешнее магнитное поле; N — размагничивающий фактор образца.

Действительно, обозначая в

(1) $e_x = \frac{V_y \cdot d}{i_x}$ и воспользовавшись (2), находим

$$e_x = R_0 H_e + (R_1 - R_0 N) I. \quad (3)$$

Кривую зависимости e_x как функции H_e схематически можно изобразить (рис. 1) аналогично [8], только мы здесь даем $e_x = f(H_e)$, а не $e_x = f(B)$. В частности в (3), когда $(R_1 - R_0 N) I \ll R_0 H_e$, имеем $e_{x_2} = R_0 H_e$ или

$$\frac{e_{x_2}}{H_e} = \operatorname{tg} \varphi = R_0 \quad (H_e \ll H_s).$$

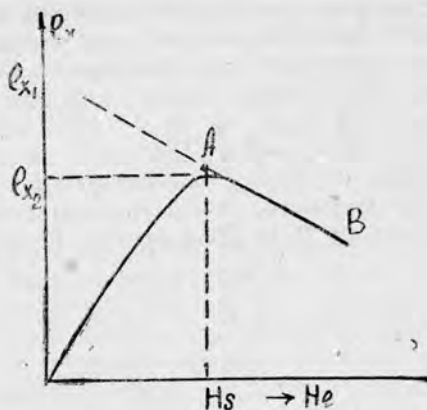


Рис. 1. Схематическая зависимость I_x как функции внешнего магнитного поля H_e .

Тем самым можно из опыта определить в данном образце обыкновенную постоянную Холла. Пересечение продолжения прямолинейного участка AB при $H_e > H_s$ с осью ординат дает отрезок $e_{x_1} = (R_1 - R_0 N) I_s$ и I заменена нами на I_s , поскольку наклон прямолинейного участка AB в области больших $H_e > H_s$ (рис. 1). Намагниченность образца можно считать равной намагниченности насыщения I_s .

Таким образом, если известно I_s и размагничивающий фактор образца N , то можем находить величину ферромагнитной константы Холла R_1 .

Если исследуемый образец имеет форму прямоугольного параллелепипеда длиной l и сечением s , то удельную намагниченность σ [9] или интенсивность намагничивания I можно вычислить по формулам

$$\sigma = \frac{C\psi I}{(4\pi - N) 2\pi n} \cdot \alpha, \quad I = \frac{C\psi \alpha}{2\Delta n s (4\pi - N)},$$

где $C\psi$ — баллистическая постоянная установки; α — отброс гальванометра; Δn — разность числа витков в дифференциальной катушке; m — масса образца.

Методы измерения эффекта Холла и магнетосопротивления

Наиболее распространенным методом измерения эффекта Холла и магнетосопротивления является потенциометрический метод [9].

Нами при измерении эффекта Холла использован неуравновешенный потенциометр, теория конструкции которого разработана Р. Г. Аннаевым [10]. В схему включался зеркальный гальванометр типа М 17/6 с постоянной к напряжению $C_u = 0,74 \cdot 10^{-7} \frac{b}{\text{мм}} \cdot \text{м.}$

Магнетосопротивление измерялось неуравновешенным двойным мостом Томсона [11] с точностью до порядка 10^{-6} ом. Собранная установка и правильность ее работы проверялась по измерению эффекта Холла на отожженной никелевой пластинке размерами $20 \times 10 \times 0,1 \text{ мм}^3$, результаты которых хорошо совпали с наблюдениями, приведенными

в [12]. С целью выяснения роли окисления, на рис. 2, 3 приведены результаты измерений точками, а повторные наблюдения через год на некоторых образцах обозначены крестиками. Из сопоставления результатов измерения видно, что некоторое влияние окисления имеет место.

Измерение магнетосопротивления проводилось в продольном и поперечном направлениях внешнего магнитного поля, а также в зависимости от угла φ (φ — угол между [100] и направлением внешнего магнитного поля). При всех измерениях ток, пропускаемый через образцы, оставался постоянным $5 \cdot 10^{-4}$ а. При измерении эффекта Холла и продольного, поперечного магнетосопротивления внешнее поле изменялось от 0 до 5634 эрстед. Измерение эффекта в наших опытах производилось с точностью в среднем до 1—5%.

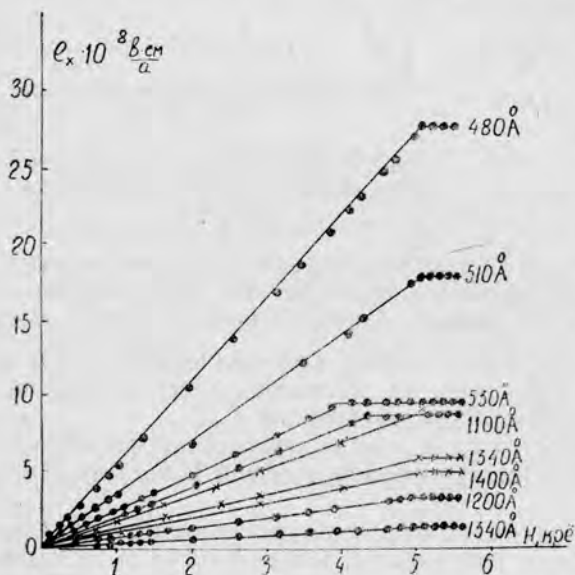


Рис. 2. Зависимость эффекта Холла e_x от внешнего магнитного поля H_e для различных толщин монокристаллических пленок чистого никеля в [100] (xxx — повторные измерения через год).

ческих пленках, полученных в вакууме (10^{-4} мм рт. ст.) при температуре подложки 180°C . Подложкой служил монокристалл NaCl в плоскости [001].

На электронограмме проверялась плоскость [001] тонких пленок никеля.

Для обеспечения контактов проводящих проводов с пленкой, вследствие большой чувствительности никеля к деформации и температуре, были напылены отводящие контакты из красной меди.

Подводящие провода крепились специальным припоем, состоящем из чистых элементов: 57% Ga + 23% In + 20% Sn вес. частей, которые имеют низкую температуру плавления и обеспечивают надежность контакта.

Состав был синтезирован в эвакуированных кварцевых запаянных ампулах при температуре тугоплавкого компонента с последующим постепенным охлаждением.

Полученный сплав наносился на месте контактов электрода с соединительными проводами, затем помещался в водяную баню и выдерживался там до расплавления.

Надежность контакта определяется по овалу припоя на границе с электродом. Если не наблюдается растекания припоя на медном электроде, то края получаются овальными. Как только медный электрод смачивался с припоем, пленка вынималась из водяной бани и на место контакта наносилась капля БФ-2. Затем пленка с подложкой зажималась в специальную подставку.

Результаты измерения

Полученные результаты измерений эффекта Холла и продольного поперечного магнетосопротивления, а также зависимость магнетосопротивления от угла φ для монокристаллических тонких пленок различной толщины показаны на рис. 2, 3, 4. На рис. 2 представлены зависимость эффекта Холла e_x от внешнего магнитного поля H_e для тонких монокристаллических пленок с толщинами: 1400, 1340, 1200, 1100, 530, 510, 480 Å, а для некоторых из них повторные измерения через год при атмосферном давлении обозначены крестиками.

С уменьшением толщины пленки (начиная с $530 \text{ \AA}$) эффект Холла резко возрастает, а затем уменьшается в зависимости от увеличения толщины пленок до $1340 \text{ \AA}$.

Величина ЭДС Холла у пленок (480—1100 Å) больше по сравнению с массивными образцами монокристаллического никеля.

Продольное магнетосопротивление не обнаруживает насыщения во всех исследованных пленках и уменьшается почти до нуля с уменьшением толщины пленок (рис. 3). Но насыщение продольного эффекта наступает раньше, чем поперечного. Продольный эффект вначале резко возрастает у всех пленок, а затем у пленок 530 и 510 Å наблюдается незначительное понижение области насыщения.

Поперечное магнетосопротивление при малых полях порядка 500—1500 эрстед имеет очень маленькую величину для пленок 530, 510, 480 Å, но с дальнейшим увеличением поля резко возрастает. Величина поперечного магнетосопротивления значительно больше продольного.

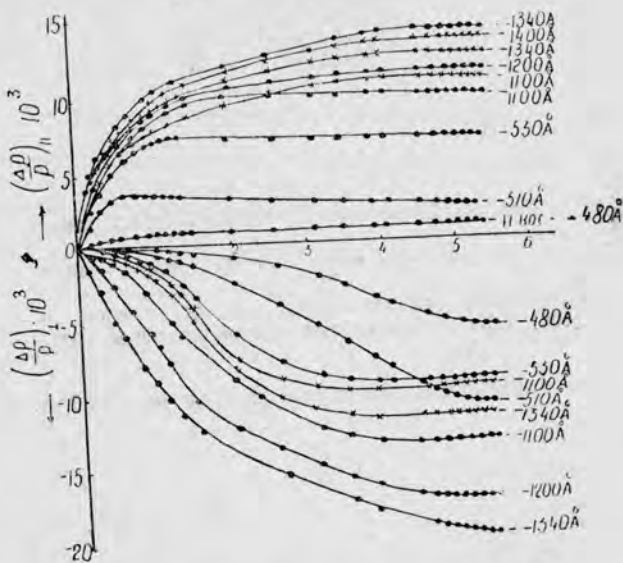


Рис. 3. Зависимость продольного $\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)_{\parallel}$ и поперечного $\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)_{\perp}$ магнетосопротивления от внешнего магнитного поля H_e и толщины монокристаллических пленок никеля (xxx — повторные измерения через год).

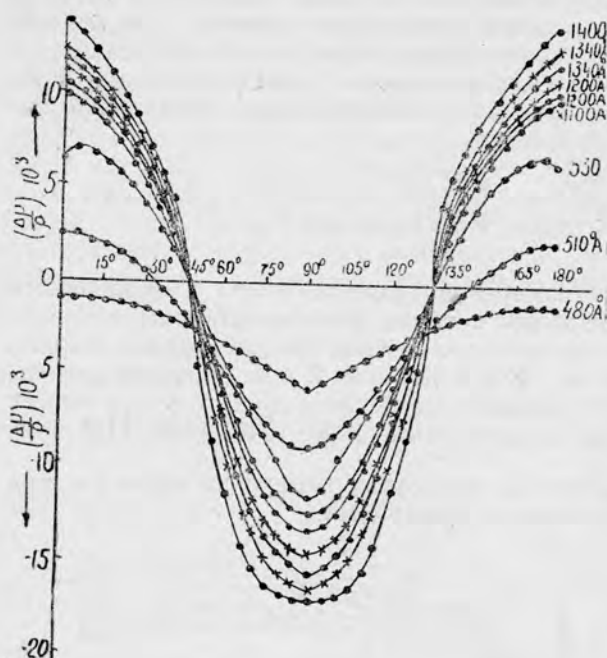


Рис. 4. Зависимость магнетосопротивления $\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)$ от угла $\varphi = [010] \parallel i \parallel r \wedge H_s$ при поле $H = 5634$ э для различных толщин пленок в (100) (xxx — повторные измерения через год).

ся по эквипотенциальному закону до $1340 \text{ \AA}$.

Выводы

1. Холловская разность потенциалов увеличивается с уменьшением толщины пленки.
2. Магнетосопротивление как в продольном, так и в поперечном магнитном поле для всех исследуемых толщин пленок имеет различный ход кривых: в первом случае с положительным, во втором — с отрицательным значением величины эффекта.
3. Величина магнетосопротивления при поле магнитного насыщения, равном 5634 э, в зависимости от угла φ между осью $[100]$ и магнитного поля H смещается в сторону отрицательного эффекта при уменьшении толщины пленки и достигает нуля при φ , равной 145° и 135° для пленок толщиной $510 \text{ \AA}$.
4. На пленках толщиной $480 \text{ \AA}$ величина магнетосопротивления во всей области изменения угла имеет отрицательный знак величины эффекта.

При измерении магнетосопротивления в зависимости от угла φ наблюдается смещение в сторону отрицательного эффекта с уменьшением толщины пленки (рис. 4).

У пленок 1400 , 1340 , 1200 , 1100 , $530 \text{ \AA}$ эффект достигает нуля при φ , равной 45° и 135° , а у пленки толщиной $510 \text{ \AA}$ — при φ , равной 33° и приблизительно 150° , а пленка $480 \text{ \AA}$ имеет только отрицательное значение эффекта.

Постоянная Холла с увеличением толщины пленки возрастает и, начиная с $530 \text{ \AA}$, уменьшается.

5. Влияние окисления монокристаллических пленок никеля указывает на изменение величины эффекта Холла и магнетосопротивления в наших измерениях (рис. 2—4).

Туркменский государственный университет
им. А. М. Горького
Институт Физики Сибирского отделения
АН СССР

Поступило
12 сентября 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тонкие магнитные пленки. — Сб. статей под ред. А. С. Глушкого и Л. В. Киренского. Гостехиздат УССР, Киев, 1963.
2. Тонкие ферромагнитные пленки — Изд. МИР, под ред. Р. В. Телеснина.
3. Поливанов К. М., Фрумкина А. Л. — Известия АН СССР, сер. физич. 25, № 5, 1961.
4. Ву Динь Кы — Известия АН СССР, 29, № 4, 576—579, 1965.
5. Colombah, A. Acaureaux G. — Hall effect of thin films of nilel Structure and Properties Thin Films, New Iork-London, Iom Wiley and Sons, Inc, 393—400 Discuss, 400—401, 1959.
6. Velio A. — Magnetoresistance and Hall Voltage measurements on Single crystal №1 and Ni-Fr thin films, (9. Appl. Phys.), 35, № 3, part 2, 774—775, 1964.
7. Coleman R. V., Larson D. C. — «Magnetoresistance of sindl crystal nickel films». Physical Letter 19, № 7, 554—556, 1965.
8. Ву Динь Кы и Е. Ф. Курицына — ФММ, 19, вып. 4, 501—505, 1965; ДАН СССР, 160, № 1, 77—86, 1965.
9. Чечерников В. И. — Магнитные измерения. Изд. Московского уни-верситета, 1963.
10. Аннаев Р. Г. — Тр. первой межвузовской конференции по современной технике диэлектриков и полупроводников, стр. 388—396, Л., 1957.
11. Аннаев Р. Г. — Магнито-электрические явления в ферромагнитных металлах. Изд. АН Туркм. ССР, Ашхабад, 1952.
12. Кондорский Е. И., Галкина О. С. Черникова и Чжен Кай-Да — ЖЭТФ, 41, № 6, 1961.

УДК 665.592.55

С. Р. СЕРГИЕНКО
Х. Н. ЭРНЕПЕСОВ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОБЪЕМНОЙ СКОРОСТИ НА НАПРАВЛЕНИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ

Вопрос о влиянии химической природы углеводородов на направление и скорость каталитического крекинга привлекает пристальное внимание химиков и нефтяников-технологов с тех пор, как процесс каталитического крекинга стал одним из существенных направлений переработки нефти. Так как присутствие в исходном сырье ароматических углеводородов осложняет процесс каталитического крекинга, вызывая вторичные реакции (смоло- и коксообразование), сокращающие продолжительность действия катализатора, то мы исходили из углеводородных смесей, содержащих сравнительно немного ароматических углеводородов.

В связи с резким увеличением потребности в моторных топливах средних фракций нефтей (180—350°C) для дизельных и реактивных двигателей, в качестве сырья для процессов каталитического крекинга стали привлекать более высококипящие фракции нефти.

В силу изложенных выше обстоятельств, для изучения влияния условий крекинга на направление и глубину химических превращений высокомолекулярных углеводородов нефти мы взяли фракцию 350—450°C челекенской морской нефти, составляющую 24,6% нефти.

Содержание предельных углеводородов в этой фракции 82,5%. Образует кристаллический комплекс с карбамидом 33% предельных углеводородов этой фракции (т. пл. 37°C). Групповой углеводородный состав фракции 350—450° приведен в табл. 1.

Таблица 1
Групповой углеводородный состав фракции 350—450°
челекенской морской нефти

Углеводороды	% в фракции	Свойства	
		d_4^{20}	n_D^{20}
Исходная фракция	100	0,8398	1,4683
Предельные	82,5	0,8219	1,4566
Моноциклоароматические	7,3	0,9182	1,5108
Бициклоароматические	3,8	1,0054	1,5840
Полициклоароматические	2,8	1,0351	1,6138
Смоли	2,3	—	—

Для выбора оптимальных условий крекинга была поставлена серия опытов по каталитическому крекингу фракции 350—450° при 450° и объемной скорости 0,5; 1,0; 1,5 и 2,5 час⁻¹, при 475° и объемной скорости 1,5; 2,5; 3,5 и 5,0 час⁻¹ и при 500° с объемной скоростью 3,5; 5,0 и 6,0 час⁻¹.

Крекинг проводился в вертикальной проточной установке, с электрообогревом, на шариковом алюмосиликатном катализаторе Ново-Бакинского НПЗ с индексом каталитической активности 39. 40 мл (33—34 г) катализатора загружалось в кварцевый реактор диаметром 20 мм. Снизу и сверху катализатора (высотой 12—13 см) находились стеклянные бусы.

Температура контролировалась хромель-копелевой термопарой, подсоединенной к самописцу ПС-01 с соответствующей градуировкой. Перед началом каждого опыта система в течение часа продувалась азотом при температуре опыта.

Исходная фракция подавалась из бюретки в реактор со скоростью, необходимой по условиям опыта. Катализат конденсировался в приемнике и холодильнике и стекал в тарированную колбу. Образовавшиеся газы, пройдя газовый пикнометр, собирались в градуированный газометр. По окончании опыта система в течение 1,5—2 часов продувалась азотом для вытеснения паров углеводородов из катализатора. Для каждой серии проводили по 2—3 параллельных опыта. Катализаты разгонялись с отбором фракций н. к. — 200; 200—350° и фракция >350°.

Основные направления и глубина превращения исходной углеводородной смеси видны из данных, приведенных в табл. 2 и 3. Фракционный состав жидких продуктов крекинга показан в табл. 4.

Так как сырьем для большинства процессов органического синтеза служат непредельные углеводородные газы, получаемые при термокаталитических превращениях нефти и ее фракций, то особое внимание было уделено анализу газов.

Наиболее трудной задачей является осуществление полного анализа углеводородов C₄. Анализу углеводородов C₄ методом газожидкостной хроматографии посвящено значительное число работ [1—10].

Были использованы различные жидкие фазы, из которых наиболее подходящими для разделения бутенов оказались бензолцианид (1), β,β'-оксидипропионитрил (2) и диметилформамид (9). Для этих целей использовали составные колонки (8) различной длины (1,5—3 м), жидкой фазой в которых служили этиленгликоль и фурфурол на огнеупорном кирпиче. Большинство из этих применявшихся в качестве жидких фаз веществ из-за высокой летучести не могут быть рекомендованы к использованию для многократно повторяющихся анализов, даже при температуре не выше 40°. Для разделения изомеров бутиленов был использован метод газо-адсорбционной хроматографии с применением в качестве адсорбента окиси алюминия и различных модификаций силикагеля [5, 6, 7].

Основным недостатком этого метода является то обстоятельство, что колонки работают при высоких температурах, вследствие чего возникает опасность каталитических эффектов, кроме того наблюдается неполная десорбция некоторых продуктов. Мы не нашли в литературе сведений о такого типа наполнителях, которые подобно модифицированному Тренелу Зикеевского карьера (ТЗК-М) позволяли бы разделять широкую гамму парафиновых и олефиновых углеводородов состава C₁—C₅ при температурах не выше 40°C и которые подвергались бы

Таблица 2

Выход продуктов крекинга

Продукт	Условия проведения опытов										
	450°				475°				500°		
	объемная скорость, час ⁻¹										
	0,5	1,0	1,5	2,5	1,5	2,5	3,5	5,0	3,5	5,0	6,0
Газ	18,3	11,9	11,1	10,1	21,2	18,6	17,3	13,0	22,2	18,9	16,6
Катализат	76,6	82,6	83,8	84,6	75,1	78,2	79,2	84,4	74,0	77,7	82,4
Кокс	3,7	2,0	1,8	1,6	2,6	2,4	2,0	1,4	1,9	1,5	0,9

Таблица 3

Основные направления и глубина превращений углеводородов фракции 350—450°

Температура опыта, °C	Объемная скорость, час ⁻¹	Коэффициент конверсии					
		суммарное превращение	в жидкие продукты		в газообразные продукты		жидкость газ
			превращение	избирательность, %	превращение	избирательность, %	
450	0,5	0,89	0,67	75,3	0,18	20,0	3,7
	1,0	0,80	0,66	82,5	0,12	15,0	5,5
	1,5	0,84	0,71	84,5	0,11	13,6	6,5
	2,5	0,82	0,69	84,1	0,11	13,4	6,3
475	1,5	0,88	0,65	73,6	0,21	23,8	3,1
	2,5	0,91	0,70	76,9	0,19	20,8	3,6
	3,5	0,89	0,70	78,6	0,17	19,0	4,1
	5,0	0,87—	0,72	82,7—	0,13	15,0	5,5—
500	3,5	0,88	0,64	73,0	0,22	25,0	2,9
	5,0	0,85	0,65	76,5	0,19	22,3	3,4
	6,0	0,82	0,65	79,3	0,16	19,6	4,0

Таблица 4

Фракционный состав жидких продуктов крекинга

Фракция	450°				475°				500°			
	Объемная скорость час-1											
	0,5	1,0	1,5	2,5	1,5	2,5	3,5	5,0	3,5	5,0	6,0	
	Выход на катализат, % вес											
н. к.—200°	34,9	32,2	31,6	30,4	32,3	29,2	27,4	19,1	21,5	16,0	14,1	
200—350°	55,0	48,2	49,0	50,8	56,2	60,2	61,1	66,6	65,5	68,4	65,4	
н. к. 350°	89,9	80,4	80,6	81,2	88,5	89,4	88,5	85,7	87,0	84,4	79,5	
>350°	2,5	16,6	16,9	18,2	8,6	9,2	10,0	12,4	11,9	13,5	16,9	

регенерации путем продувки газом-носителем при температуре 100—110°C.

В наших опытах в качестве твердой фазы был использован модифицированный ТЗК-М, полученный с Горьковской опытной базы ВНИИ НП.

Подготовку носителя (ТЗК-М) проводили следующим образом: фракцию 0,25—0,5 мм обрабатывали водным раствором соды, приготовленным из расчета 2% сухой соды от веса ТЗК. Затем образец сушился при 110—120° в сушильном шкафу в течение 4-х часов, а в муфельной печи при температуре 400—450° в течение 4-х часов.

Были испытаны образцы ТЗК-М с различной степенью обработки жидкой фазой (вазелиновым маслом) — от 2 до 15% на твердый носитель в петролейном эфире.

Оптимальные результаты были получены при содержании 10% масла.

Петролейный
эфир испаряли сначала при комнатной температуре при непрерывном перемешивании, а затем на песчаной бане при 80—90°.

Приготовленный таким образом наполнитель загружался в хроматографическую колонку длиной 4 м и в течение 5 часов продувался гелием со скоростью 2 л/час при 105°.

Анализ газов крекинга производили при температуре 50° на хроматографе «Хром-1» с пламенно-ионизационным детектором. Газом-носителем служил гелий. Расшифровку производили на основе эталонных газов с верха изобутановой колонны Краснодарского нефтеперерабатывающего завода (КНПЗ). Так как

этан и этилен при этом не разделяются и на кривой выходят суммарным пиком, то мы снимали хроматограмму газов до и после поглощения бромной водой (рис. 1, 2) и по разности площади пика определяли содержание этилена.

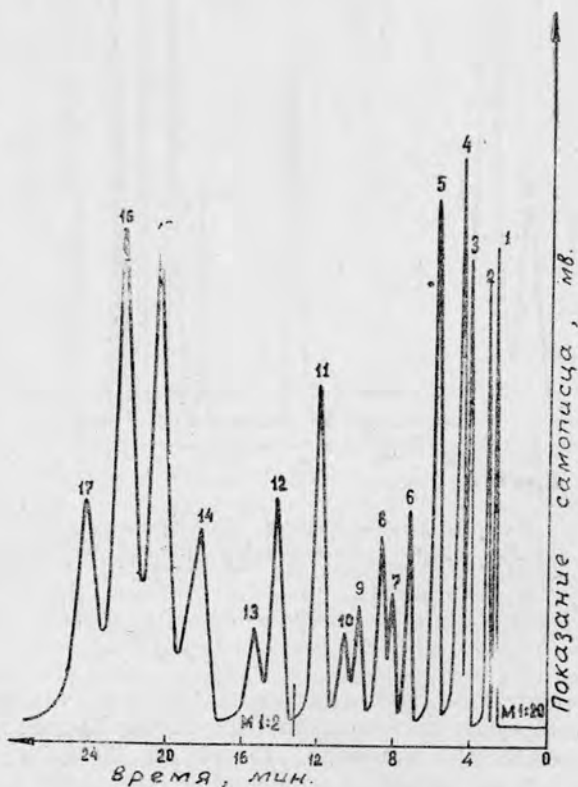


Рис. 1. Хроматограмма газа-крекинга на ТЗК-М.1—CH₄, 2—Σ C₂, 3—C₃H₈, 4—C₃H₆, 5—изо-C₄H₁₀, 6—н-C₄H₁₀, 7—н-C₄H₈, 8—изо-C₄H₈, 9—транс-C₄H₈, 10—цис-C₄H₈, 11—изо-C₅H₁₂, 12—н-C₅H₁₂, 13, 14, 15 — Σ C₅H₁₀, 16—изо-C₆H₁₄, 17—н-C₆H₁₄.

Содержание водорода в газе определялось при помощи молекулярных сит типа СаА (5А°). Использованный в наших опытах образец сит характеризуется следующими свойствами: насыпной вес, г/см³ — 0,65; динамическая активность по парам воды, мг/см³ — 117,0; содержание СаО в пудре, % вес — 7,3; прочность на раздавливание кг/мм² — 0,68; прочность на истирание в мельнице МИС-60-8, % вес — 67,4; динамическая активность по бензолу, мг/см³ — 87,0.

Образец молекулярных сит осторожно измельчали и отбирали (отсевали) фракцию 0,25—0,05 мм. После нагревания в течение 5 часов при 400°C фракцию оставляли в эксикаторе. Уобразную колонку длиной 1 м, загруженную адсорбентом, в течение 2-х часов продували водородом при 105—110°C.

О пригодности молекулярных сит для анализа водорода судили по пику воздуха. В связи с тем, что теплопроводность водорода больше теплопроводности таких газов-носителей, как азот, воздух, гелий, углекислый газ пик водорода на хроматограмме выходил отрицательным пиком, в схеме прибора была сделана переполюсовка. В качестве газ-носителя в опытах использовался сжатый воздух.

Для количественного определения водорода в

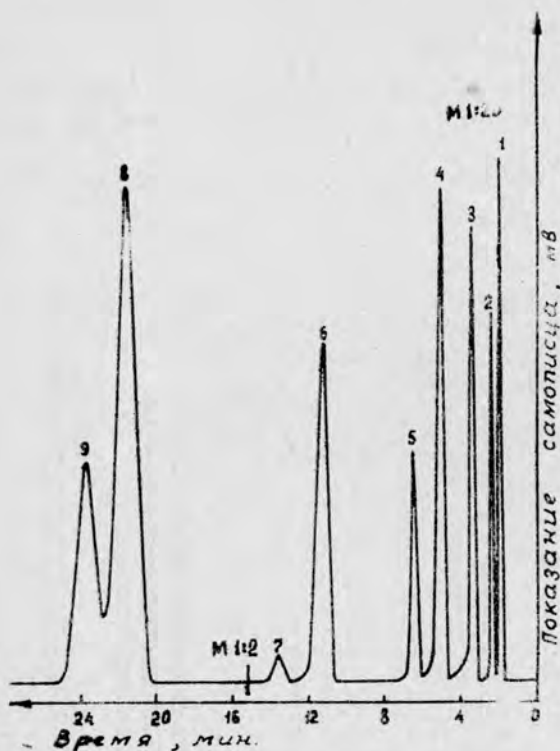


Рис. 2. Хроматограмма газа-крекинга на ТЗК-М после поглощения бромной водой. 1—CH₄, 2—C₂H₆, 3—C₃H₈, 4—изо-C₄H₁₀, 5—н-C₄H₁₀, 6—изо-C₅H₁₂, 7—н-C₅H₁₂, 8—изо-C₆H₁₄, 9—н-C₆H₁₄.

крекинг газе, хроматограф «ПХВ-1» в стандартных условиях был прокалиброван на искусственных смесях водород—воздух с различным содержанием водорода (5, 10, 15, 20 и 30%). Содержание водорода в газах крекинга определяли по высоте пика водорода на калибровочной кривой. Условия анализа: длина колонки—1 м; P_{вх} воздух—0,15 а; температура колонки—30°; чувствительность—3; ток детектора—60 ма; дозировка — 0,2 мл.

Результаты анализов газов, полученных в наших опытах, суммированы в табл. 5.

Обсуждение результатов

Важнейшими факторами, определяющими направление и глубину химических превращений индивидуальных углеводородов и их смесей,

* Образец получен с Горьковской базы ВНИИ НП (партия Ц-202-596).

Состав газа

Составляющие	Условия опыта										
	450°				475°				500°		
	Объемная скорость, час-1										
	0,5 час	1,0	1,5	2,5	1,5	2,5	3,5	5,0	3,5	5,0	6,0
Водород	9,6	6,4	5,8	3,1	7,5	6,1	7,0	6,2	17,1	7,5	4,7
Метан	4,5	2,2	1,8	1,2	2,2	2,5	2,6	2,0	2,6	3,2	4,3
Этан	3,3	2,1	1,8	1,4	3,8	3,4	2,5	1,9	3,9	3,8	3,4
Этилен	3,1	2,1	2,3	1,0	1,4	0,7	1,3	1,7	2,4	3,5	3,5
Пропан	15,4	11,2	11,2	8,6	8,7	6,7	7,8	6,6	6,6	15,3	9,7
Пропилен	15,3	15,3	15,6	15,4	12,4	11,1	13,8	9,8	12,6	11,3	10,5
Изо-бутан	28,4	34,4	25,8	24,2	15,6	15,4	15,2	17,7	11,5	17,5	20,2
Н-бутан	3,6	4,4	6,2	4,4	4,7	5,4	5,0	4,9	3,3	3,3	4,4
Н-бутилен	1,4	1,6	2,4	2,4	2,9	3,7	3,4	4,6	3,2	3,3	4,9
Изо-бутилен	1,8	3,5	2,7	3,3	4,5	6,7	5,3	6,6	5,6	5,6	4,8
Цис-бутилен	1,2	2,8	2,1	2,8	4,2	4,7	3,7	5,0	3,6	3,9	3,3
Транс-бутилен	1,1	0,9	2,0	2,2	3,9	5,5	3,5	3,9	4,0	3,2	2,9
C ₄	37,4	47,6	41,1	41,3	35,8	41,5	36,1	42,7	31,2	35,8	40,5
Изо-пентан	9,2	13,4	14,8	16,0	16,5	15,8	16,0	15,2	9,5	9,9	13,4
Н-пентан	0,1	0,5	0,6	1,5	1,5	0,8	1,4	1,2	0,8	0,7	3,3
ΣC ₅ H ₁₀	1,4	2,6	2,1	5,0	4,5	6,9	2,5	1,6	9,7	2,2	1,1
Изо-C ₆ H ₁₄	0,2	1,2	2,5	3,3	4,2	4,0	3,9	4,4	3,0	3,8	3,2
Н-гексан	0,4	0,4	0,3	2,2	2,2	2,1	5,5	6,6	1,6	2,0	2,4
ΣC _n H _{2n+2}	74,4	71,2	70,8	68,8	66,2	60,7	66,5	66,8	59,9	67,3	69,0
ΣC _n H _{2n}	25,6	28,8	29,2	31,2	33,8	39,3	33,5	33,2	41,1	32,7	31,0

являются температура и время пребывания их в зоне реакции. Чем выше температура и больше время реакции, тем более глубже степень превращения углеводородов. Выход газа является довольно надежным показателем глубины превращения углеводородного сырья.

Как видно из приведенных в таблицах данных, с повышением температуры процесса, при постоянной объемной скорости выход газа и кокса непрерывно возрастает, а выход жидкого катализата соответственно снижается.

Так как степень и глубина конверсии обратно пропорциональна времени пребывания в зоне реакции (продолжительности контакта с катализатором), то объемную скорость можно эффективно использовать для управления процессом.

С глубиной процесса конверсии углеводородов при каталитическом крекинге не только увеличивается выход газов, но сильно меняется их состав (табл. 5).

Из приведенных опытных данных видно, что с повышением температуры процесса, при постоянной объемной скорости подачи сырья повышается содержание в газе водорода и углеводородов C₁, C₂ и C₃ и одновременно увеличивается общее содержание непредельных углеводородов.

Основная тенденция в изменении состава газов при повышении температуры (в пределах 450—500°) каталитического крекинга состоит в увеличении содержания непредельных углеводородов—этилена, пропилена и бутиленов и соответствующего уменьшения содержания предельных углеводородов — изобутана и н-бутана.

С увеличением объемной скорости подачи сырья, при постоянной

температуре процесса выход газа каталитического крекинга непрерывно снижается. Изменения в составе газов с увеличением объемной скорости менее существенны; они обусловлены глубиной деструкции молекул исходных углеводородов.

Интересно отметить, что с увеличением объемной скорости при температурах опыта в пределах 450—500°C, суммарное содержание непредельных углеводородов в газе увеличилось с 24 до 32%, а содержание пропилена почти не изменяется.

С увеличением объемной скорости увеличивается и отношение $\frac{\text{жидкость}}{\text{газ}}$ с 2,9 при 500° до 6,5 при 450°.

С увеличением объемной скорости подачи сырья выход бензиновой фракции (н. к. — 200°) понижается: с 34,9 до 30,4% при 450°, с 32,3 до 21,7% при 475° и с 21,5 до 11,6% при 500°C.

С повышением температуры при постоянной объемной скорости выход легких фракций катализата увеличивается.

Выводы

На основании полученных экспериментальных данных о влиянии режима процесса на выход и состав продуктов каталитического крекинга фракции 350—450° челекенской морской нефти на промышленном алюмосиликатном катализаторе можно сделать следующие выводы:

1. Найденны оптимальные условия анализа газов каталитического крекинга, включая водород.
2. Показана количественная зависимость выхода и состава газа от изменения температуры процесса и объемной скорости подачи сырья.
3. Найденны оптимальные условия процесса каталитического крекинга высококипящей нефтяной фракции (350—450°) на алюмосиликатном катализаторе. Выход продуктов катализа и, в известных пределах, их состав можно регулировать изменением объемной скорости подачи сырья.

Институт химии
АН Туркменской ССР

Поступило
29 апреля 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Armitage F. — «I. Chromatography», 2, 655, 1959.
2. Байер Э. — Хроматография газов. Изд-во ИИЛ, М., 1961.
3. Бродский А. М., Лавровский К. П. — Химия и технология топлив и масел, № 3, 30, 1959.
4. Вебер В. В., Туркельгауб Н. М. — Геология нефти, № 8, 39, 1958.
5. Вяхирев Д. А., Зуева М. В., Брук А. И. — Тр. по химии и технологии, 2, 268, Горький, 1964.
6. Горук А. И., Вяхирев Д. А., Киселев А. В. — Нефтехимия, 7, № 1, 145, 1967.
7. Гейсс Ф., Версено В. — Экспресс-информация «Химия и переработка нефти и газа», № 27, 1966.
8. Девятых Г. Г., Зорин А. Д., Ежелева А. Е. — Сб. Разделение и анализ углеводородных газов. Изд. АН СССР, М., 1963.
9. Taylor G. W. — «Gas Chromatography», N. Y., Acad. Press, Inc., P. 73, 1958.
10. Эйзен О., Арумел Э., Йонссон В. — ДАН ЭССР, сер. физ.-мат. и техн. наук, № 2, 113, 1960.

УДК 665.592

Г. М. КАРПЕНКО
С. Р. СЕРГИЕНКО
А. А. СИМЕОНОВ
К. И. ЗИМИНА

О ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПАРАФИНО-ЦИКЛОПАРАФИНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ БИТКОВСКОЙ И ГНЕДИНЦЕВСКОЙ НЕФТЕЙ

Исследования в области химии высокомолекулярных углеводородов нефти получили значительное развитие у нас и за рубежом лишь со середины нашего столетия [1—4]. Это объясняется тем, что для изучения таких сложных многокомпонентных, неоднородных по химической природе, а нередко и по физическому состоянию, какими являются высококипящие углеводородные фракции, надо было разработать комплекс соответствующих химических и физических методов разделения и исследования. В настоящее время мы располагаем такими, проверенными опытом, эффективными методами исследования, как хроматография, жидкофазное каталитическое дегидрирование, термодиффузия, молекулярная спектроскопия и др., которые позволяют определить структурные группы углеводородов и составить представление хотя бы самое общее о строении молекулы высокомолекулярных углеводородов нефти в целом. Парафино-циклопарафиновые углеводороды, в том числе структуры, содержащие в молекуле пентаметиленовые кольца, составляют значительную долю нефтяных углеводородов [3, 5]. Среди нефтяных углеводородов не способных дегидрироваться (кроме пентаметиленов) встречаются также мостиковые структуры типа бицикло- (1, 2, 2)-гептана, бицикло- (1, 2, 3)-октана и др. Структурные элементы такого типа весьма интересны в генетическом отношении, так как появление их в нефтях связано, вероятно, с определенными реакциями нефтеобразования.

Несмотря на явное преобладание в нефтях гибридных структур парафино-циклопарафиновых углеводородов, они до настоящего времени еще мало изучены. Исследование этой многочисленной группы нефтяных углеводородов представляет особый интерес как для выяснения геохимической истории, так и для разработки наиболее рациональных направлений и методов их переработки и использования как исходного химического сырья.

Экспериментальная часть

В настоящем сообщении приведены результаты исследования 50-градусных высококипящих (350—400°) фракций парафино-циклопента-

новых углеводородов битковской и гнединцевской нефтей с применением термодиффузионного метода разделения их на более однородные по химическому строению группы.

В ранее опубликованных работах [6, 7] было показано, что исследуемые нефти по своим физико-химическим свойствам существенно различаются. Применение метода жидкофазного каталитического дегидрирования позволило установить количественное соотношение кольчатых структур пяти и шестичленного строения парафино-циклопарафиновой части дистиллата 300—500°.

Схема разделения и исследования жидких парафино-циклопарафиновых углеводородов фракции 350—400°



Настоящая работа посвящена изучению состава парафино-циклопарафиновых углеводородов, полученных по приведенной схеме. Для этого выбраны фракции исследуемых нефтей температурного интервала 350—400°, содержащие изопарафиновые и пентаметиленовые углеводороды и фракции 350—400° гнединцевской нефти, содержащей, кроме указанных выше компонентов, также гексаметиленовые кольца. Каждая из указанных фракций подвергалась разделению методом термической диффузии на колонне высотой 1,5 м с межтрубным зазором 0,3 мм на 10 приблизительно равных по объему частей, по методике [8].

Разделение проводилось в оптимальных для подобных продуктов условиях, приведенных в табл. 1.

Оптимальный режим разделения,
установленный для исследуемых фракций

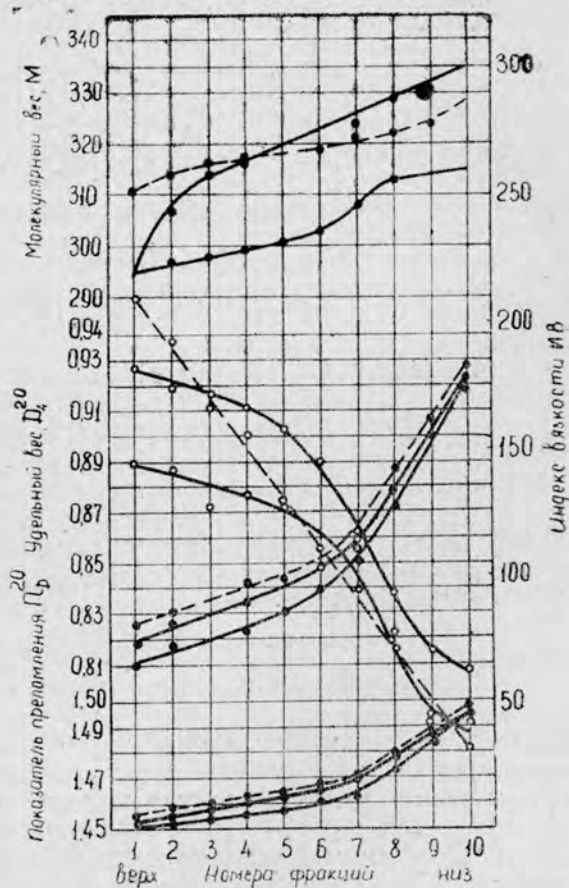
Фракции 350—400° нефтей	Средние температуры стенок, °С			Время релак- сации, час	Время сли- ва фрак- ций из ко- лонны, час
	холод- ной	горячей	температур- ный градиент		
Битковской (пентаметилены)	26,7	155,9	129,2	168	3,5
Гнединцевской (пентаметилены)	27,7	154,4	126,7	168	3,5
Гнединцевской (парафино-циклопара- фины)	28,5	154,9	126,6	185	3,5

В результате термодиффузионного разделения 50-градусных пого-
нов было получено 30 фракций, свойства и структурно-групповой со-
став которых приведены в табл. 2 и на рис. 1.

Известно, что при тер-
модиффузионном разде-
лении углеводороды де-
лятся по структурному
принципу молекулы и
степени цикличности. Это
хорошо прослеживается
при сопоставлении пока-
зателей первой (верхней)
и десятой (нижней)
фракций термодиффу-
зионного разделения
(табл. 3).

Основную массу пара-
фино - циклопарафи-
новой части гнединцев-
ской нефти составляют
пятичленные структуры,
где многозамещенных
моноциклических цикло-
парафинов содержится
до 70% и 30% прихо-
дится на долю полицик-
лопарафинов.

При сравнении пента-
метиленовых фракций
350—400° исследуемых
нефтей физико-химиче-
ские константы битков-
ской нефти имеют более
низкие значения, чем
гнединцевской, что на-
глядно показано экви-
дистантными кривыми
(рис. 1), а также сравни-



1. График изменений физико-химических кон-
стант при термодиффузионном разделении. Пента-
метилены: — — — — — гнединцевской нефти,
— — — — — битковской нефти, — — — — — пара-
фино-циклопарафиновая фракция гнединцев-
ской нефти.

Свойства и структурно-групповой состав термодиффузионных фракций погона
350—400°C битковской и гнединцевской нефти

Номер фракций	Кинематическая вязкость, сст			Элементарный состав, вес. %		Структурно-групповой состав (по $n-d-M$)			Формула	
	γ_{50°	γ_{100°	И.В.	C	H	число циклов	С-атомов, %		эмпирическая	общая
							$C_{цип}$	$C_{п}$		

Битковская пентаметиленовая

$$(n_D^{20} = 1,4630; d_4^{20} = 0,8412; \text{М. в.} = 281)$$

Исходный погон	9,12	3,02	145,0	85,97	14,03	1,46	61,55	38,45	$C_{21,57} H_{41,76}$	$C_n H_{2n-1,38}$
1	4,43	2,07	181,7	85,06	14,93	0,55	17,51	82,49	$C_{20,82} H_{43,55}$	$C_n H_{2n+1,91}$
2	4,62	2,10	174,4	85,08	14,92	0,91	24,39	75,61	$C_{21,04} H_{43,96}$	$C_n H_{2n+1,88}$
3	4,86	2,17	172,3	85,15	14,84	0,98	26,08	73,92	$C_{21,13} H_{43,83}$	$C_n H_{2n+1,57}$
4	5,28	2,28	166,4	85,33	14,67	1,02	27,05	72,95	$C_{21,24} H_{43,52}$	$C_n H_{2n+1,04}$
5	5,38	2,28	157,3	85,41	14,58	1,28	33,76	66,24	$C_{21,41} H_{43,54}$	$C_n H_{2n+0,72}$
6	6,05	2,43	144,6	85,45	14,54	1,48	35,84	64,16	$C_{21,56} H_{43,71}$	$C_n H_{2n+0,59}$
7	6,39	2,44	116,5	85,58	14,41	1,91	43,05	56,95	$C_{21,95} H_{44,03}$	$C_n H_{2n+0,13}$
8	9,04	2,98	92,5	85,92	14,08	2,45	51,97	48,03	$C_{22,39} H_{43,72}$	$C_n H_{2n-1,06}$
9	15,23	4,07	70,4	86,44	13,55	3,23	65,87	34,13	$C_{22,60} H_{42,21}$	$C_n H_{2n-2,99}$
10	22,43	5,11	62,3	86,46	13,54	3,44	69,29	30,71	$C_{22,68} H_{42,31}$	$C_n H_{2n-3,05}$

Гнединцевская пентаметиленовая

$$(n_D^{20} = 1,4680; d_4^{20} = 0,8458; \text{М. в.} = 308)$$

Исходный погон	7,86	2,73	97,5	85,72	14,27	1,40	35,40	64,60	$C_{22,84} H_{45,30}$	$C_n H_{2n-0,38}$
1	5,53	2,28	143,7	85,16	14,83	1,95	25,59	74,41	$C_{20,85} H_{43,25}$	$C_n H_{2n+1,55}$
2	5,59	2,29	141,4	85,20	14,79	0,14	29,57	70,43	$C_{21,78} H_{45,04}$	$C_n H_{2n+1,48}$
3	5,93	2,34	127,1	85,30	14,69	1,23	31,15	68,85	$C_{22,30} H_{45,76}$	$C_n H_{2n+1,16}$
4	6,32	2,46	131,6	85,36	14,64	1,36	32,17	67,83	$C_{22,46} H_{45,89}$	$C_n H_{2n+0,97}$
5	6,82	2,58	128,0	85,46	14,53	1,49	34,25	65,75	$C_{22,61} H_{45,84}$	$C_n H_{2n+0,62}$
6	7,73	2,76	110,8	85,47	14,52	1,75	28,29	61,71	$C_{22,98} H_{46,53}$	$C_n H_{2n+0,57}$
7	8,95	3,04	111,0	85,78	14,20	2,07	43,71	56,29	$C_{23,14} H_{45,64}$	$C_n H_{2n+0,54}$
8	12,04	3,50	71,5	86,12	14,87	2,43	49,21	50,79	$C_{23,59} H_{45,26}$	$C_n H_{2n+1,92}$
9	18,54	4,49	43,5	86,44	13,55	3,13	60,84	39,16	$C_{23,82} H_{44,49}$	$C_n H_{2n-3,15}$
10	31,36	6,08	43,5	86,47	13,45	3,85	72,08	27,92	$C_{24,12} H_{44,70}$	$C_n H_{2n-3,54}$

Гнединцевская парафино-циклопарафиновая

$$(n_D^{20} = 1,4670; d_4^{20} = 0,8536; \text{М. в.} = 316)$$

Исходный погон	9,17	3,07	107,0	85,97	14,00	1,90	41,00	59,00	$C_{22,6} H_{3,9}$	$C_n H_{2n-1,3}$
1	5,74	2,58	209,3	85,20	14,78	1,11	28,48	71,52	$C_{22,06} H_{45,60}$	$C_n H_{2n+1,48}$
2	6,03	2,60	192,4	85,26	14,73	1,22	30,91	69,09	$C_{22,29} H_{45,89}$	$C_n H_{2n+1,31}$
3	6,68	2,68	165,7	85,28	14,71	1,41	33,05	66,95	$C_{22,44} H_{46,11}$	$C_n H_{2n+1,23}$
4	6,89	2,70	156,1	85,38	14,61	1,63	36,86	63,14	$C_{22,54} H_{45,95}$	$C_n H_{2n+0,87}$
5	7,49	2,75	128,1	85,51	14,47	1,57	35,76	64,24	$C_{22,64} H_{45,51}$	$C_n H_{2n+0,23}$
6	8,15	2,80	97,7	85,65	14,36	1,80	39,63	60,37	$C_{22,75} H_{45,54}$	$C_n H_{2n+0,04}$
7	10,24	3,24	93,7	85,73	14,26	2,16	45,62	54,38	$C_{22,88} H_{45,41}$	$C_n H_{2n-0,35}$
8	13,48	3,79	77,3	86,11	13,86	2,80	56,75	43,25	$C_{23,09} H_{44,28}$	$C_n H_{2n-1,90}$
9	20,07	4,66	42,3	86,50	13,47	3,19	63,11	36,89	$C_{23,34} H_{43,30}$	$C_n H_{2n-3,38}$
10	33,98	6,27	31,4	85,55	13,34	3,89	73,25	26,75	$C_{23,74} H_{43,54}$	$C_n H_{2n-3,94}$

тельной характеристикой свойств первой и десятой термодиффузионных фракций (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительные данные первой и десятой термодиффузионных фракций

Фракции 350-400° нефтей	Коэффициент преломления		Удельный вес		Молекулярный вес		Индекс вязкости		Число колец по n-d-M	
	n_D^{20}	Δ	d_4^{20}	Δ	М. в.	Δ	ИВ	Δ	К _{ци}	Δ
Гнединцевская (парафино-циклопарафиновая)	1,4558	0,0414	0,8258	0,1021	311	18	209,3	177,4	0,25	2,72
	1,4972		0,9279		329		31,4		2,97	
Гнединцевская	1,4529	0,0412	0,8192	0,1045	294	41	143,7	101,2	0,22	2,54
(пентаметиленовая)	1,4941		0,9237		335		42,5		2,76	
Битковская	1,4503	0,0449	0,8107	0,1085	294	21	181,7	119,4	0,04	2,48
(пентаметиленовая)	1,4952		0,9192		315		62,3		2,52	

Судя по разностям (Δ) в значениях констант между десятой и первой термодиффузионных фракций, разделение битковских пентаметиленов прошло несколько лучше гнединцевских (то есть с большим диапазоном Δ). Однако при этом среднее число циклов в молекуле битковских пентаметиленов остается ниже, чем в гнединцевских, а именно: максимальное значение их в 10-ой фракции достигает 3,44 против 4,00 колец в последней. Примечательно и то, что содержание С-атомов, приходящихся на парафиновую часть погона битковской нефти, выше, чем в гнединцевской, а С-атомов, приходящихся на циклопарафины — ниже. Так, в первой фракции на парафиновую часть приходится до 83%, сохраняясь сравнительно высоким и далее вплоть до четвертой фракции, и только в десятой фракции составляет уже 31%. Содержание углеродных атомов, приходящихся на циклопарафиновые структуры, изменяется от первой к десятой фракции как 18—69%, то есть ниже, чем в гнединцевской нефти.

Исследования пентаметиленовых углеводородных фракций показали, что они содержат как малокольчатые многозамещенные структуры, так и полициклопарафиновые соединения, и по составу близки к аналогичным фракциям других нефтей [8, 9].

Сравнивая закономерности изменения свойств термодиффузионных фракций гнединцевской нефти (парафино-циклопарафиновой и пентаметиленовой), видим, как от первой к десятой фракции неуклонно возрастают (особенно заметно с седьмой) коэффициент преломления, удельный вес, в сравнительно небольших пределах молекулярный вес, кинематическая вязкость при 50 и 100°, цикличность молекулы (см. эквидистантные кривые на рис. 1).

Повышение величины показателя преломления и удельного веса от первой к десятой фракции при относительно постоянном молекулярном весе указывает на увеличение цикличности молекулы, что подтверждается структурно-групповым анализом.

Цикличность парафино-циклопарафиновой и пентаметиленовой фракции повышается соответственно от 1,11 до 3,89 и от 0,95 до 3,85. Значительным увеличением цикличности, вероятно, можно объяснить

высокие значения показателя преломления и удельного веса (1,4941—1,4972 и 0,9192—0,9272) в десятых фракциях исследуемых погонов. Спектральным анализом установлено полное отсутствие ароматических углеводородов в указанных фракциях.

Практический интерес представляют данные по вязкостно-температурной характеристике фракций термодиффузионного разделения. Начиная с первой (верхней) до десятой (нижней), уровень абсолютного значения вязкости растет от фракции к фракции. Так, в парафино-циклопарафиновой фракции кинематическая вязкость при 50° растет от 5,74 до 33,98 сст, а в пентаметиленовой от 5,53 до 31,36 сст, при этом значения индексов вязкости резко падают от 209,3 до 31,4 и от 143,7 до 42,5 сст соответственно.

Для синтетических парафино-циклопарафиновых углеводородов отмечено, что на повышение индекса вязкости влияет, в основном, замещающая в ядре длинная неразветвленная цепь, то есть индекс вязкости циклических замещенных с ростом отношения атомов углерода алифатических к атомам углерода циклических структур увеличивается [3]. Вязкость повышается с увеличением числа заместителей и с усложнением циклического ядра.

Для узких термодиффузионных фракций нефтей Битковского и Гнединцевского месторождений найденные закономерности подтверждаются данными структурно-группового анализа. Наибольшее количество алифатических атомов приходится на фракцию с большим индексом вязкости, а наибольшая вязкость характерна для фракций с большей циклическостью.

Исследуемые погоны содержат до 50—70% маловязких фракций с индексом вязкости более 100, которые могут быть использованы как хорошая основа для загущенных всесезонных масел.

Различие в строении усредненной молекулы углеводородов термодиффузионных фракций сказывается и на их элементарном составе и, конечно, на общих формулах. Изменение общей формулы от $C_nH_{2n+1,48}(C_{22,06}H_{45,6})$ и $C_nH_{2n+1,55}(C_{20,85}H_{43,25})$ до $C_nH_{2n-3,9}(C_{23,74}H_{43,54})$ и $C_nH_{2n-3,5}(C_{24,5}H_{44,7})$, а также соответствующие изменения элементарного состава указывают на увеличение циклическости усредненной молекулы с одновременным уменьшением удельного веса боковых цепей к десятой термодиффузионной фракции.

Из вышеприведенного сравнения изменений физических свойств и состава термодиффузионных фракций гнединцевской нефти можно сделать вывод, что рассматриваемые фракции по своему составу близки между собой. Однако константы парафино-циклопарафиновой фракции имеют несколько повышенные значения, что, по-видимому, свидетельствует о присутствии шестичленных циклопарафинов.

Выводы

1. Для дальнейшей дифференциации гибридных парафино-циклопентановых структур высокомолекулярных углеводородов битковской и гнединцевской нефтей использован метод термодиффузии.

2. Показана высокая эффективность этого метода разделения по числу пятичленных колец в молекуле. Так, например, в исходной фракции битковской нефти приходилось 1,46 пятичленных колец, в первой фракции термодиффузионного разделения — 0,65, а в десятой (последней) термодиффузионной фракции — 3,44. В аналогичной фракции гнединцевской нефти соответствующие значения содержания пятичленных колец были: 1,40, 0,95 и 3,85.

3. Замечено, что гибридные парафино-циклопарафиновые структуры высокомолекулярных углеводородов нефти более эффективно разделяются методом термодиффузии по числу полиметиленовых колец в молекуле, если из них предварительно удалить методом жидкофазного каталитического дегидрирования структуры, содержащие гексаметиленовые кольца.

4. Показано, что исследованные нефти по химической природе высокомолекулярных парафино-циклопентановых углеводородов близки к таковым ранее исследованных нефтей [8, 9].

УкрНИГРИ
Институт химии
АН Туркменской ССР
ВНИИ НП

Поступило
2 апреля 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rossini F. D., Mear B. I., Straif A. I. — Углеводороды нефти, Гос-топтехиздат, 1957.
2. Vlugter I. C., Waterman H. I., Van H. A. — Westem I. Inst. Petro-
leum Technol, 21, 661, 1935.
3. Сергиенко С. Р. — Высокомолекулярные соединения нефти. Изд-во
«Химия», М., 1964.
4. Петров А. А., Михновская А. А., Бедов Ю. А. — Нефтехимия, Изд.
АН Туркм. ССР, Ашхабад, 1963.
5. Петров А. А., Зимина К. И., Симеонов А. А. и др. — Нефтехимия.
Изд. АН СССР, М., 1966.
6. Сергиенко С. Р., Карпенко Г. М. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН,
№ 6, 1967.
7. Сергиенко С. Р., Карпенко Г. М. — Известия АН ТССР, сер.
ФТХиГН, № 1, 1968.
8. Симеонов А. А., Тихомиров М. В., Зимина К. И. — Нефтепере-
работка и нефтехимия, № 7, 25, 1963.
9. Зимина К. И., Полякова А. А., Симеонов А. А. — Нефтеперера-
ботка и нефтехимия, № 8, 5, 1967.

УДК 552.53:550.41(262.8.04 К-Б)

Г. С. СЕДЕЛЬНИКОВ

А. М. ПУСТЫЛЬНИКОВ
Г. Г. БАЙЛИЕВА

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСАДКОВ ЗОНЫ СМЕШЕНИЯ КАРА-БОГАЗ-ГОЛА

Большой интерес для познания формирования морских соленосных отложений представляет изучение осадков зоны смешения каспийской воды с высококонцентрированными рассолами Кара-Богаз-Гола. Зона смешения, примыкающая к проливу и западному побережью залива, по сравнению с внутренними частями залива характеризуется иными физико-химическими условиями, влияющими на процесс солеотложения. Характерной особенностью поведения солей в данной зоне в момент смешения двух мощных потоков является мгновенное пересыщение рассола малорастворимыми солями кальция, магния и других элементов, вносимых в залив с морской водой. В результате образуются гипсо-карбонатные осадки, которые условно иногда называют «белым илом» [1, 2].

Пробы осадков для исследований отбирались в заливе в мае 1966 и в июне 1967 г. при температуре рассола 20—25°C с гидрометрических станций № 0, 1, 2, 3, 4, 5, 79, 80, 81, 82, 44, 45, 46, 47, 48 и 4 пробы на юго-западном берегу. Места отбора проб указаны на карте (рис. 1), где к ранее проложенным профилям дополнен новый профиль А, Б, В, Г на юго-западном берегу в направлении от устья пролива к бухте Тышке-Сергиз.

Минералого-петрографическое изучение осадков сопровождалось химическим, рентгеновским и термографическим методами анализа.

Подсушенные осадки представляют собой тонкое переслаивание гипса, глауберита и гидромагнезита с различным соотношением этих минералов. Можно выделить три разновидности пород: гипсово-гидромагнезитовую, гипс-глауберитовую и промежуточную гипс-гидромагнезит-глауберитовую. Все они имеют четкую приуроченность к разным частям зоны смешения, а также отличаются по количеству терригенных примесей. Породы имеют пестрый минеральный состав, поэтому их следует разделить на три генетические группы: 1. Минералы, выпадающие из растворов (гипс, глауберит, безводные карбонаты) или образовавшиеся в результате биометаморфизации рассолов (гидромагнезит). 2. Минералы, выделяющиеся из межкристального рассола в момент высушивания проб осадков (галит, эпсомит, астраханит). 3. Терригенные минералы, связанные с материковым питанием.

Гипс-гидромагнетитовые осадки (ст. О, А, Б, В, Г) приурочены к прибрежной части зоны смещения. Это довольно рыхлая, землистая, серовато-желтая, с зеленоватым оттенком порода, иногда приобретающая буроватый цвет из-за гидроокислов железа. С ростом содержания в осадке гипса он делается сравнительно плотным. Гипс преимущественно крупнозернистый, пластинчатый, с частым двойникованием — «ласточкины хвосты», с преимущественным развитием в кристаллах призмы в комбинации с дипирамидой. Гидромагнетит раскристаллизован очень плохо и представляет собой скрытокристаллическую массу со сферолитами и отдельными кристалликами. Эти два породообразующих минерала, которые в гипсовых и гидромагнетитовых осадках составляют более 90%, сопровождаются кальцитом (1—2%) и арагонитом (связанным преимущественно с органическими остатками). Большой интерес представляют находящийся здесь в виде удлиненных кристаллов брусит и постоянно присутствующий целестин. Галит при высушивании пробы выпадает из межкристалльных рассолов. Содержание нерастворимого в соляной кислоте остатка в данной части зоны смещения колеблется от 2,5 до 5%. Минеральный состав этой части пород указывает на его связь с песчаными отложениями прилегающего к заливу района: кварц, плагиоклазы, микроклин, пироксены, амфибол, биотит и мусковит, хлориты, турмалин, сфен, кремнистые и карбонатные обломки, магнетит и гематит. Минералы частью подверглись разложению. Гидроокислы железа, частично гематит и, возможно, часть кварца являются новообразованиями.

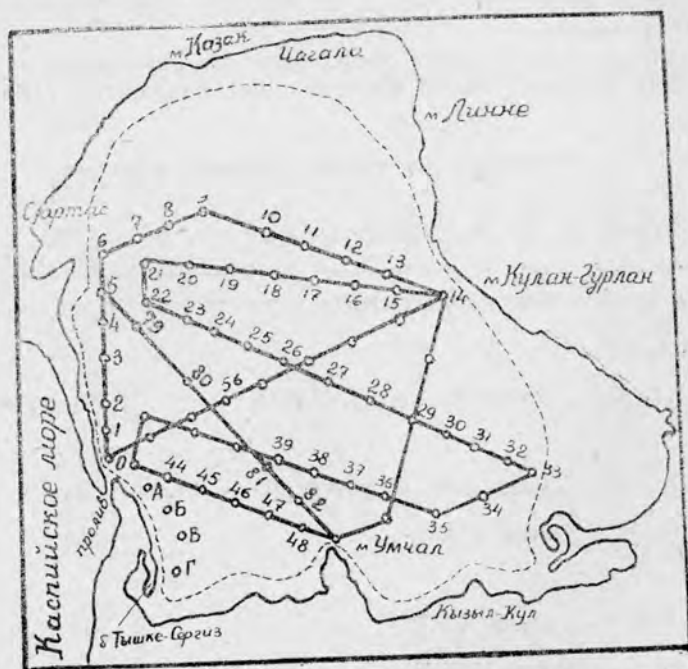


Рис. 1. Схема расположения гидрометрических станций в Кара-Богаз-Голе. 1 — Кружки обозначают местоположение станций; 2 — пунктирная линия ограничивает современный урез рассола.

Осадки гипс-глауберитовой зоны (ст. 2, 3, 4, 5, 44, 45, 46, 48, 80, 82) при высушивании превращаются в слоистую породу, состоящую из прослоев гипса и глауберита. Гипс здесь перекрывает глауберитовый прослой (частью находится между кристаллами глауберита) и обычно

представляет собой тонкокристаллический рыхлый осадок с довольно редкими, более крупными пластинчатыми кристаллами. Более разнообразны формы выделения глауберита:

1. Пористый и кавернозный глауберит с пластинчатыми кристаллами, где развиты грани (001) и (111), крепкий, с мелкокристаллическим гипсом в кавернах;

2. Очень плотный, почти без каверн, глауберит;

3. Микрористаллический глауберит с примесью кальцита и магнезита.

Благодаря беспорядочному срастанию, кавернозный глауберит обладает повышенной крепостью и вязкостью, иногда сростки сноповидные и радиально-лучистые. Микрористаллический глауберит с карбонатами, перекрытый тонкокристаллическим гипсом, как и предполагала В. А. Вахрамеева, является сезонным образованием [3, 4]. Более крупные кристаллы глауберита скорее всего выросли из донной рапы. Состав второстепенных минералов, за исключением магнезита, не отличается от состава гипс-гидромагнезитовых пород: кальцит, арагонит, магнезит, целестин и брусит. Кроме них, в осадке находятся минералы, образовавшиеся из межкристалльной рапы (галит, эпсомит). Везде в осадках обилие водорослей и обломков раковин, иногда почти нацело замещенных гипсом. Нерастворимый в HCl остаток в осадках гипс-глауберитовой зоны невелик (до 0,1%) и представлен в основном слюдами, полевыми шпатами и кварцем.

Между гипс-гидромагнезитовыми и гипсо-глауберитовыми породами существует переходная (ст. 1, 47, 79, 81) гипс-гидромагнезит-глауберитовая разность.

Показатели преломления минералов, обнаруженных в пробах солей методом иммерсионного исследования, сведены в табл. 1.

Показатели преломления минералов в осадках

Таблица 1

Номер станций	Минералы	Ng	Np
0, 1, 2, 3, 4, 5, 44, 45, 46, 47, 48, 79, 80, 81, 82, А, Б, В, Г	Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,530	1,521
0, 1, 2, 3, 4, 5, 44, 45, 46, 47, 48, 79, 80, 81, 82	Глауберит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$	1,528—1,530	1,507—1,508
0, 1, 81, А, Б, В, Г	Гидромагнезит $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,544	1,515
0, 4, 5, 44, 45, 46, 47, 48, 79, 80, 81, Б, А	Кальцит CaCO_3	1,650	—
5, 45, 48, 80, Б, В, А	Арагонит CaCO_3	1,684	—
0, 4, 5, 44, 46, 47, 79, 80, 81, 82	Брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$	1,581	1,561
4, 5, 44, 45, 46, 48, 80, 81	Галит NaCl	1,540	—
81	Магнезит MgCO_3	1,700	—
46, 80, 81	Эпсомит $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1,460	1,430
46, 80, 81	Астраханит $\text{MgSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$	1,487	1,483
Б, 46	Кварц SiO_2	1,552	1,551
Б, Г, 4, 46	Полевой шпат	1,536—1,588	1,529

Результаты полуквантитативного спектрального анализа осадков зоны смешения Кара-Богаз-Гола, вес. %

Номер станции	Mn	Sr	Ba	Pb	Cu	Ni	Zr	Cr	Fe	V	Al	Ti	Si
0	0,01	~1	<0,03	<0,001	0,0003	0,001	—	—	~0,1	<0,001	1-3	0,03	0-5
1	<0,001	≥0,03	0,001	—	0,0003	—	—	—	~0,03	<0,001	1	0,03	0,3-1
2	<0,001	≥0,03	0,001	—	0,0003	—	—	—	~0,03	<0,001	1	~0,01	0,3-1
3	<0,001	≥0,03	0,001	—	0,0003	—	—	—	0,1	<0,001	0,03-1	~0,01	0,3-1
4	<0,001	≥0,03	0,001	—	0,0003	—	—	—	0,01	<0,001	0,03-1	~0,01	0,3
5	<0,001	≥0,03	<0,001	—	0,0003	—	—	—	0,03	<0,001	0,03-1	~0,01	0,3
44	<0,001	≥0,03	<0,001	—	0,0003	—	—	—	0,01	<0,001	0,03-1	~0,01	0,3
45	<0,001	≥0,03	<0,001	—	0,0003	—	—	—	0,1	<0,001	0,03-1	~0,01	0,3
46	<0,001	≥0,03	<0,001	—	0,0003	—	—	—	0,1	<0,001	0,03	0,003	0,03
47	<0,001	~0,3-1	~0,001	—	0,0003	—	—	—	0,01	<0,001	0,3-1	0,003	0,3-1
48	<0,001	~0,3-1	~0,001	—	0,0003	—	—	—	0,1	<0,001	0,3-1	0,003	0,3-1
79	<0,001	0,03-0,3	~0,001	—	0,0003	—	—	—	0,01	<0,001	0,3-1	0,003	0,3-1
80	<0,001	0,03-0,3	~0,001	—	0,0003	—	—	—	0,01	<0,001	0,3-1	0,001	0,3-1
81	<0,001	0,03-0,3	<0,001	—	0,0003	—	—	—	0,03	<0,001	0,3-1	0,003	0,3-1
82	<0,001	0,03-0,3	~0,001	—	0,0003	—	—	—	0,03	<0,001	0,3-1	0,003	0,3-1
A	0,01	~1	~0,03	<0,001	0,0003	0,001	—	0,001	~0,3	<0,001	1-3	0,03	≥5
Б	0,01	~1	~0,03	—	0,0003	<0,001	0,001	<0,001	~0,3	<0,001	1	0,03	0,3-1
В	<0,001	~1	~0,03	—	0,0003	<0,001	—	—	~0,3	<0,001	1	0,03	0,3-1
Г	<0,001	~1	0,03	—	0,0003	—	—	—	0,03	<0,001	0,3-1	0,003	0,3-1

С геохимической точки зрения интересно поведение магнезия, который образует здесь минералы—гидраты (брусит и гидромагнезит) и ближе к центру зоны смешения безводный карбонат—магнезит, и нигде не отмечается садки сульфатов магнезия, для которых требуются другие условия. Кальций периодически образует сульфаты и в значительно меньшей степени карбонаты, а натрий — только глауберит. Часть этих кристаллических фаз неустойчива. В захороненных и вскрытых бурением осадках такого же гипс-карбонатного состава, по данным В. А. Вахрамеевой, не встречены ни брусит, ни гидромагнезит [3]. Зато второе место после гипса занимает доломит, который в современных осадках нами не встречен.

Для получения данных по распределению в осадках других элементов были сделаны спектральные анализы. Из табл. 2 видно, что концентрация основной массы определенных в осадке элементов (Fe, Mn, Cu, Ni, Cr, V, Al, Ti, Si) не имеет, по-видимому, отношения к хемогенной части осадка и могут быть объяснены присутствием в осадке терригенных минералов. Исключение составляют Sr и Ba, которые в основном являются хемогенными (целестин). Повышенные концентрации этих элементов ($\sim 1\%$ Sr и $0,03\%$ Ba) приурочены к гипсово-карбонатным осадкам зоны смешения. Такие же данные ранее были получены для осадков в 1947—1948 гг. В. Д. Поляковым [5]. Можно предполагать постоянное накопление этих элементов в гипсах и карбонатах. Таким образом, зона смешения представляет интерес как зона благоприятная для накопления Sr и Ba.

Выводы

1. Для минералого-петрографической характеристики зоны смешения Кара-Богаз-Гола исследованию подвергнуты 19 проб осадков, отобранных со всех гидрометрических станций зоны и с юго-западного берега, что позволило дать более или менее полную картину расположения минералов в этой части залива.

2. В зоне смешения наиболее четко можно выделить две минералого-петрографические фации: краевую гипс-карбонатно-гидромагнезитовую и внутреннюю — глауберитовую. Дана характеристика обеих фаций. Установлено, что основные породообразующие минералы (гипс, глауберит, гидромагнезит) сопровождают следующие минералы: кальцит, арагонит, брусит и магнезит. Такие минералы, как галит, эпсомит и астраханит, выпадают из межкристалльных рассолов.

3. На основании спектрального анализа осадков в зоне смешения было обнаружено 13 элементов, из которых несомненный интерес представляют Sr и Ba.

Институт химии
АН Туркменской ССР

Поступило
18 марта 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильинский В. П., Клебанов Г. С., Блюмберг Я. Б., Пельш А. Д. — Сб. Каспийского моря. Изд. АН СССР, М.-Л., 1936.
2. Соловьев В. К., Седелников Г. С., Буйневич Д. В. — Сб. материалов конференции, посв. 100-летию со дня рожд. Н. С. Курнакова. Изд. АН Кирг.ССР, Фрунзе, 1963.
3. Вахрамеева В. А. — Тр. ВНИИГ, вып. 32, 1956.
4. Вахрамеева В. А. — ДАН СССР, т. XCIX, № 2, 281, 1954.
5. Поляков В. Д. — Сб. Проблемы комплексного использования минеральных богатств Кара-Богаз-Гола. Изд. АН Туркм. ССР, Ашхабад, 220, 1959.

УДК 543.361.551.468 (262.8.04 К—Б)

Г. С. СЕДЕЛЬНИКОВ

Г. М. АНДРИЯСОВА

ФТОР, БРОМ, ИОД В РАССОЛАХ КАРА-БОГАЗ-ГОЛА

Залив Каспийского моря Кара-Богаз-Гол представляет собой соляное озеро площадью 18,5 тыс. км², в которое непрерывным потоком стекает по проливу морская вода, в заливе она смешивается с концентрированными соляными рассолами и испаряется. Для Кара-Богаз-Гола характерно зональное распределение осадков и рассолов по составу и по степени минерализации. Для изучения химического поведения микроэлементов Кара-Богаз-Гол является очень удобным объектом, на котором в естественных условиях можно проследить изменение концентрации отдельных элементов от морской воды до эвтонического рассола. В данной работе преследовалась цель изучения фтора, брома и йода в рассолах залива, в связанных с заливом озерах и в межкристалльных рассолах.

По брому Кара-Богаз-Гола накоплен сравнительно большой материал [1, 2]. Данные о содержании йода и фтора в каспийской воде и в рассолах залива полностью отсутствуют. В водах морей, связанных с океаном, среднее содержание йода равно $5 \cdot 10^{-6}$ ‰, фтора — $1,3 \cdot 10^{-4}$ ‰ [3]. Закономерности распределения йода и фтора исследованы для озер континентального происхождения [4, 5]; что касается озер морского генезиса, то фтор в них не изучался и мало фактического материала по йоду [6].

Для исследования были взяты пробы рассолов с разных глубин на ранее установленных гидрометрических станциях залива, схема расположения станции показана на рисунке. Пробы отбирались с катера во время рейсов в июне-июле 1967 г. Кроме того, были исследованы пробы рассолов, отобранные в разное время из котловины № 2, озер № 4, 8, испарителя карабогазского рассола в Чагале, из эксплуатационных скважин в Кургузильской бухте и из буровых скважин на соляном пласту залива.

Приводим описание методик, примененных нами для определения фтора, йода и брома в рассолах.

Фтор определялся цирконий-эриохромцианиновым методом на фотоэлектроколориметре ФЭК-56. Предварительно фтор дистиллировали в виде кремнефтористоводородной кислоты с водяным паром [7]. Навеску рассола 5—6 г помещали в дистилляционную колбу, вносили 50 мл H₂SO₄ (1:1), через воронку с оттянутым концом прибавляли сульфат серебра, в количестве, достаточном для полного связывания

хлор-иона и 0,1—0,2 г SiO_2 . Перегонку вели со скоростью 4 мл/мин, при температуре не выше 140°C . Собирали около 200 мл дистиллята, количественно переносили в мерную колбу на 200 мл.

Для определения фтор-иона брали 50 мл дистиллята, в качестве красителя применяли эрихромцианин R. После окрашивания дистиллятов (10 проб) сразу производили измерение оптической плотности растворов при 540 мкм, светофильтр № 6, в абсорбционных кюветах с толщиной слоя в 20 мм. Предварительно производили очистку всех применяемых реактивов. Перед дистилляцией проб ставили холостой опыт и проверяли герметичность прибора, отгоняя определенное количество стандартного раствора. Бидистиллят и исследуемые пробы нужно хранить в полиэтиленовой посуде. Чувствительность метода — 2,5 мкг, относительная ошибка $\pm 10\%$.

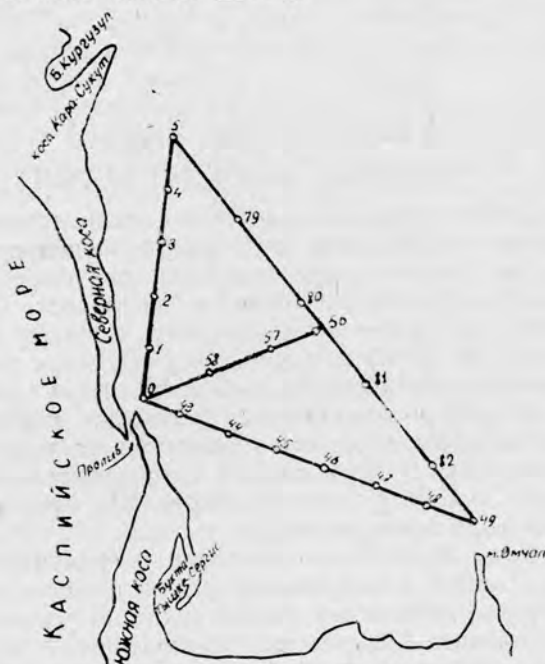


Рис. 1. Схема расположений гидрометрических станций в зоне смешения Каспийского моря и Черного моря. О — Местоположение станций.

Йод определялся в рассолах объемным йодометрическим методом [8]. Методика определения йода нами была несколько изменена. Навеска рассолов увеличена до 25 г. После подкисления рассола по метил-оранжу (внешний индикатор) добавляли по каплям свежеприготовленный насыщенный раствор бромной воды до ясно желтой окраски. Раствор нагревали на песчаной бане до обесцвечивания. В горячий раствор добавляли 6 капель 20%-ного раствора муравьинокислого натрия и ставили на кипящую водяную баню на 5 мин. Раствор охлаждали, вносили в него несколько кристалликов йодистого калия, 5—6 капель свежеприготовленного 0,5%-ного раствора крахмала (раствор при этом не должен был синеть), затем прибавляли 2 мл $3\text{NH}_2\text{SO}_4$ и выделившийся йод оттитровывали 0,001 раствором тиосульфата натрия. Холостая проба равнялась нулю. Чувствительность — 2 мкг, относительная ошибка $\pm 5\%$.

Бром определялся объемным методом с применением в качестве окислителя раствора гипохлорита калия [2].

Химический состав рассолов Кара-Богаз-Гола

Дата отбора	Место взятия проб	Глубина, м	Удельный вес	Вес., %									
				MgSO ₄	MgCl ₂	NaCl + KCl	Сумма	Br · 10 ⁻²	J · 10 ⁻⁵	F · 10 ⁻⁴	J · 10 ⁻⁴	Br	F · 10 ⁻²
27 VII. 67	Ст. О	0,20	—	0,48	0,11	1,01	1,65	0,12	—	2,1	—	17,5	—
		0,90	1,220	6,77	5,48	13,12	25,51	3,0	2,3	—	7,7	—	
		1,80	1,221	6,88	4,82	14,59	26,16	3,2	2,2	4,1	6,9	1,28	
" "	Ст. 1	0,20	1,223	6,87	4,89	14,0	25,88	3,3	2,9	3,9	8,8	1,16	
		1,30	1,223	6,80	4,78	14,19	25,92	3,2	2,6	4,1	8,1	1,28	
		2,60	1,229	7,13	4,93	14,32	26,52	3,3	2,6	4,3	7,9	1,30	
16. VI. 67	Ст. 2	0,20	1,214	6,72	5,25	12,83	24,92	3,2	2,9	4,8	9,1	1,50	
		0,20	1,220	6,72	5,72	12,87	25,49	3,3	3,1	5,1	9,4	1,56	
		3,40	1,232	7,23	5,78	13,73	26,90	3,3	2,7	—	8,2	—	
" "	Ст. 3	0,20	1,222	6,73	5,44	13,65	25,98	3,3	3,3	4,5	10,0	1,36	
		3,20	1,231	7,06	5,80	13,81	26,85	3,5	2,4	—	6,8	—	
		0,20	1,932	7,05	5,80	13,81	26,85	3,5	2,4	4,7	6,8	1,30	
" "	Ст. 4	2,30	1,232	7,08	6,19	13,27	26,70	3,6	3,6	—	10,0	—	
		0,20	1,238	7,17	5,79	14,09	27,24	3,6	3,3	5,8	9,2	1,61	
		3,50	1,240	6,95	6,15	13,96	27,23	3,6	2,6	—	7,2	—	
" "	Ст. 5	0,20	1,233	7,17	5,83	13,73	26,92	3,5	3,3	6,7	9,4	1,91	
		3,70	1,242	6,88	5,83	14,32	27,21	3,5	2,4	—	6,9	—	
		0,20	1,231	7,20	5,79	13,33	26,49	3,5	3,2	7,6	9,1	2,17	
16. VI 67	Ст. 81	3,30	1,241	7,27	5,83	14,07	27,31	3,5	2,6	—	7,1	—	
		0,20	1,224	7,08	5,64	12,92	25,82	3,5	3,2	7,2	9,1	2,06	
		3,70	1,234	7,17	5,72	13,75	26,79	3,5	2,4	—	6,9	—	
" "	Ст. 82	0,20	1,225	7,28	5,40	13,59	26,44	3,5	3,1	7,5	8,8	2,16	
		3,80	1,234	7,30	5,76	13,71	26,93	3,5	2,4	—	6,9	—	
		0,20	1,227	7,05	5,72	13,32	26,27	3,5	3,2	7,5	9,1	2,16	
" "	Ст. 48	3,70	1,234	7,23	5,76	13,84	26,97	3,5	2,7	—	7,7	—	
		0,20	1,230	7,02	5,76	13,58	26,53	3,4	3,5	7,1	0,3	2,08	
		3,20	1,232	7,24	5,44	13,95	26,80	3,5	2,6	—	17,1	—	
" "	Ст. 47	0,20	1,224	6,90	5,72	13,12	25,90	3,5	3,2	7,0	9,1	2,0	
		4,0	1,228	7,03	5,60	13,59	26,41	3,5	2,7	—	7,7	—	
		0,20	1,212	6,72	5,29	12,75	24,93	3,3	2,6	6,9	7,9	2,09	
" "	Ст. 46	3,5	1,234	7,18	5,64	13,43	26,40	3,4	2,4	—	7,1	—	
		30,0	1,266	8,53	6,27	13,29	29,26	4,2	6,3	—	15,0	—	
		16. VI. 65	20,0	1,263	8,41	4,38	17,08	29,98	2,8	5,2	—	18,6	—
15. VII. 65	скв. № 54	0,15	1,228	4,07	2,98	21,11	28,37	1,7	5,4	—	31,7	—	
		0,30	1,253	7,43	5,83	16,13	29,55	3,2	4,1	—	12,8	—	
24. VII. 67	2-й горизонт Кургузульская бухта	—	1,245	6,97	1,53	20,56	29,19	2,3	6,1	—	26,5	—	
		10. I. 61	—	1,244	4,33	18,01	4,39	27,13	8,7	21,3	—	24,4	—
9. VI. 67	Озеро № 4	—	—	4,38	26,93	1,25	32,56	12,9	9,6	—	7,4	—	
29. VI. 61	Эвтонический рассол из испарителя в Чагале	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		—	1,351	2,51	32,19	0,81	36,32	22,2	4,7	—	2,1	—	
19. VI. 67	Озеро № 8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		—	1,245	8,32	2,94	18,12	29,49	2,1	7,8	—	37,1	—	

Примечание: содержание Mg (HCO₃)₂ в рассоле котловины № 2 — 0,29 озера № 4 — 0,54; в эвтоническом рассоле — 0,92‰

В таблице представлены данные солевого состава рассолов и содержания в них фтора, брома, йода.

Поверхностные рассолы Кара-Богаз-Гола сгущены по сравнению с водой Каспийского моря по весу в 50 раз. В морских рассолах такой степени сгущения по А. В. Казакову содержание наименее растворимого фторида—флюорита должно составлять 19 мг/л [9].

Как видно из таблицы, содержание фтора в рассолах залива значительно меньше, оно колеблется от 3,9 до $7,6 \cdot 10^{-4}\%$. Это можно объяснить тем, что при смешении маломинерализованных вод Каспийского моря, относительно богатых кальцием, с рассолами залива растворимость флюорита понижается и он должен выпадать в осадок вместе с кальцитом и гипсом [9]. Опресняющее действие вод Каспия уменьшается с юга на север от устья пролива. Наименьшая концентрация фтора найдена для рассолов нулевой и первой станций. По мере удаления от устья пролива содержание фтора в рассолах растет. Для рассолов станций 44—79 среднее значение фторбромного коэффициента равно 2,16.

В эвтонической рапе, взятой из испарителя в Чагале, содержится $39,7 \cdot 10^{-4}\%$ фтора. Фторбромное отношение равно 1,78; оно несколько уменьшилось по сравнению с рассолами залива вследствие того, что в эвтонике бром выделяется в виде изоморфной примеси с хлоридами, а фтор образует собственные минералы [10]. Однако абсолютное содержание фтора возросло более чем в 5 раз, брома в 6 раз; следовательно, фтор и бром при сгущении рассолов в них накапливаются.

Содержание йода в рассолах залива колеблется от $2,4 \cdot 10^{-5}\%$ до $3,6 \cdot 10^{-5}\%$. Рассолы, пропитывающие верхний слой донных осадков залива, одинаковы по содержанию основных компонентов, а также йода и брома, с придонными рассолами залива, поэтому в таблице не приведены результаты их анализов.

По В. В. Бурксеру в соляных озерах и лиманах Причерноморья йода содержится от $6,8 \cdot 10^{-6}$ до $1,9 \cdot 10^{-5}\%$, в воде Черного и Азовского морей $3,8—4,0 \cdot 10^{-6}\%$ [6].

Среднее содержание йода в поверхностных рассолах Кара-Богаз-Гола равно $3,2 \cdot 10^{-5}\%$, в природных рассолах — $2,5 \cdot 10^{-5}\%$. Для оке-

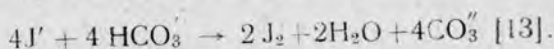
анической воды $\frac{Br}{J} = 8,2$, для поверхностных рассолов залива это отношение равно 9,2, а для придонных — 7,3. Наибольшее накопление йода происходит в поверхностных рассолах, но этот процесс ограничен легкой окисляемостью йода до элементарного с переходом его в воздух [11].

Известно, что илы морей, заливов, соляных бассейнов концентрируют йод [12]. В донных осадках озер и лиманов по В. В. Бурксеру содержание йода колеблется от 2,9 до $11,1 \cdot 10^{-4}\%$ [6]. В соляных озерах сульфатного происхождения, содержащих в поверхностных рассолах от $3,4 \cdot 10^{-5}$ до $16 \cdot 10^{-5}$ йода, наблюдается концентрация йода в илах от 0,96 до $2,6 \cdot 10^{-3}\%$ [4]. В осадках залива Кара-Богаз-Гол (станция 1 и проба, отобранная у затона) содержание воднорастворимого йода составляет $3,3—7,5 \cdot 10^{-1}\%$, что в 15—20 раз больше по сравнению с рассолами залива. Повышенной концентрацией йода в донных осадках объясняется несколько пониженное содержание йода в придонных рассолах.

Исследованы на йод также межкристальные погребенные рассолы береговых соляных пластов залива, которые метаморфизуются под действием рапы залива и грунтовых рассолов, растворяющих при своем движении соли соляных пластов — галита и глауберита. Содержание йода в погребенных межкристальных рассолах выше, чем в

рассолах залива, оно равно $4,1-6,2 \cdot 10^{-5} \%$. Возможно, увеличение концентрации йода связано с тем, что в рассольных горизонтах менее благоприятные условия для окисления йода, кроме того, йод, вероятно, вымывается грунтовыми рассолами из карбонатно-гипсовых илов, подстилающих соляные пласты.

В эксплуатационное озеро № 8 накачивают межкристалльные рассолы и морскую воду. Здесь происходит накопление йода до величины $7,8 \cdot 10^{-5} \%$. Маточные рассолы озера № 6 после кристаллизации мирабилита сбрасываются в озеро № 4 и затем в котловину № 2. В рассоле котловины № 2 содержится $21,3 \cdot 10^{-5} \%$ йода, а в озере № 4 — $9,6 \cdot 10^{-5} \%$ йода. В эвтоническом рассоле содержится $4,7 \cdot 10^{-5} \%$ йода. Наибольшее накопление йода наблюдается в рассоле котловины № 2, иодбромное отношение здесь равно 24. В эвтонической рапе йод не накапливается. При глубоком испарении рассолов происходят потери йода, которые растут с увеличением щелочности рассолов. Окислительный процесс протекает по реакции



Действительно, абсолютное и относительное содержание йода будет наибольшим в рассоле котловины № 2, коэффициент метаморфизации которого равен 0,24, и наименьшим в эвтоническом рассоле из испарителя в Чагале, $K_m=0,078$.

Как показал С. К. Чирков, в процессе изотермического испарения насыщенных растворов NaCl и KCl, содержащих ионы йода и брома, происходит плавное и непрерывное увеличение концентрации изоморфных ионов в жидкой и твердой фазах [14]. Следовательно, потери йода в рассолах глубокого испарения происходят также вследствие того, что увеличивается степень адсорбции изоморфных ионов-йода, брома солевыми осадками.

Выводы

1. Впервые исследованы рассолы Кара-Богаз-Гола на содержание в них йода и фтора, концентрация фтора в рассолах залива колеблется от $2,1 \cdot 10^{-4}$ до $39,7 \cdot 10^{-4} \%$, йода — от $1,6 \cdot 10^{-5}$ до $21,3 \cdot 10^{-5} \%$.
2. С опресняющим действием вод Каспия уменьшается содержание фтора в рассолах, так как вместе с кальцитом в донную фазу выпадает флюорит; фтор в рассолах накапливается и содержание его растет пропорционально степени сгущения рассолов.
3. Среднее содержание йода в поверхностных рассолах равно $3,2 \cdot 10^{-5} \%$, в придонных — $2,5 \cdot 10^{-5} \%$. В поверхностных рассолах йод частично накапливается, а в придонных рассолах накопление не наблюдается, так как йод из придонных рассолов адсорбируется осадками. При глубоком испарении также не происходит накопления йода — этот процесс, с одной стороны, ограничен ростом окисляемости йода до элементарного, а с другой — увеличением степени адсорбции йода солевыми осадками из рассолов.

Институт химии
АН Туркменской ССР

Поступило
18 марта 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильинский В. П., Клебанов Г. С., Блюмберг Я. Б. — Гидрохимия Карабугазского залива. Изд. АН СССР, М.-Л., 1936.
2. Седельников Т. С., Лазарева А. И. — Журнал неорганической химии, т. IX, вып. II, стр. 196, 1964.

3. Бруевич С. В. — Тр. Института океанологии, т. II, стр. 21, 1948.
4. Мун А. И., Базилевич З. А. — Геохимия, № 5, стр. 500, 1963.
5. Бектуров А. Б., Мазурова А. Л., Мун А. И. — Вестник АН Казах. ССР, № 2 (262), 1967.
6. Бурксер Е. С. — Украинский геологический журнал, № 9, стр. 145, 1948.
7. Киселева Е. К. — Анализ фторсодержащих соединений. Изд-во «Химия», 1966.
8. Анализ солей и рассолов. Изд-во «Химия», 1965.
9. Казаков А. В., Соколова Е. И. — Тр. Института геологических наук, вып. 114, геолог. сер., № 40, стр. 22, 1950.
10. Казаков А. В. — Тр. Института геологических наук, вып. 114, геолог. сер. (№ 40), стр. 1, 1950.
11. Виноградов А. П. — Природа № 9, стр. 669, 1927.
12. Виноградов А. П. — Тр. биогеохимической лаборатории АН СССР, т. V, стр. 19, 1935.
13. Ксендзенко В. И., Стасиневич Л. С. — Технология брома и йода. М., Госхимиздат, стр. 72, 1960.
14. Чирков С. К., Шнее М. С. — Калий, 4, стр. 15, 1937.

УДК 665.521.7:665.52.061.5

В. Г. ГУЦАЛЮК
Э. А. ЯЦЕНКО
Е. И. СДОБНОВ
Е. В. ХОЛИНА
В. М. НЕВСКИЙ
Д. К. САЛТЫБАЕВ

РАЗДЕЛЕНИЕ АСФАЛЬТЕНОВ СЕЛЕКТИВНОЙ ЭКСТРАКЦИЕЙ

Для разделения смолисто-асфальтеновых веществ нефтей и битумов применяют методы адсорбции на твердых адсорбентах, термодиффузии, молекулярной перегонки и др. [1—5].

Данное сообщение посвящено изучению условий экстракционного разделения на фракции асфальтенов, выделенных из крекинг-остатка термического крекинга и окисленного экстракта селективной очистки смазочных масел Орского нефтеперерабатывающего завода.

В отличие от вышеперечисленных методов, избирательные растворители позволяют проводить фракционирование в более мягких условиях, что исключает глубокие изменения смолисто-асфальтеновых веществ в процессе разделения. Степень разделения, в случае действия избирательных растворителей, зависит от растворяющей способности и избирательности растворителя [6], а также от величины разведения.

Асфальтены выделялись по методике Маркуссона. В качестве осадителя использовался деароматизованный петролейный эфир (30—60°). Очистку асфальтенов проводили трехкратным переосаждением из бензольного раствора и промывкой на фильтре петролейным эфиром. Асфальтены сушились до постоянного веса в вакуум-сушильном шкафу при давлении 10—15 мм и температуре 40—50°. Экстракция асфальтенов проводилась в аппарате Сокслета при температуре в рабочей камере 35° последовательно следующими растворителями: петролейным эфиром (30—60°) н-гептаном, н-нонаном, диоксаном, ацетоном и бензолом. Экстракция каждым из растворителей продолжалась до полного обесцвечивания аллюирующего раствора.

Для выяснения влияния температуры асфальтены экстрагировались также в аппарате [7] при температурах кипения растворителя. Было получено 16 фракций (схема). При экстракции часть компонентов выпала из раствора в осадок. На схеме эта часть обозначена «осадок», а соединения, остающиеся в растворе, — «раствор».

Фракцию 8 повторно экстрагировали серным эфиром, смесью эфира с ацетоном (1:1), ацетоном, смесью ацетона с этанолом (1:1). При этом были выделены фракции 12—16. Все фракции освобождались от растворителей и высушивались до постоянного веса в тех же условиях, что и исходные асфальтены. Характеристики фракций при-

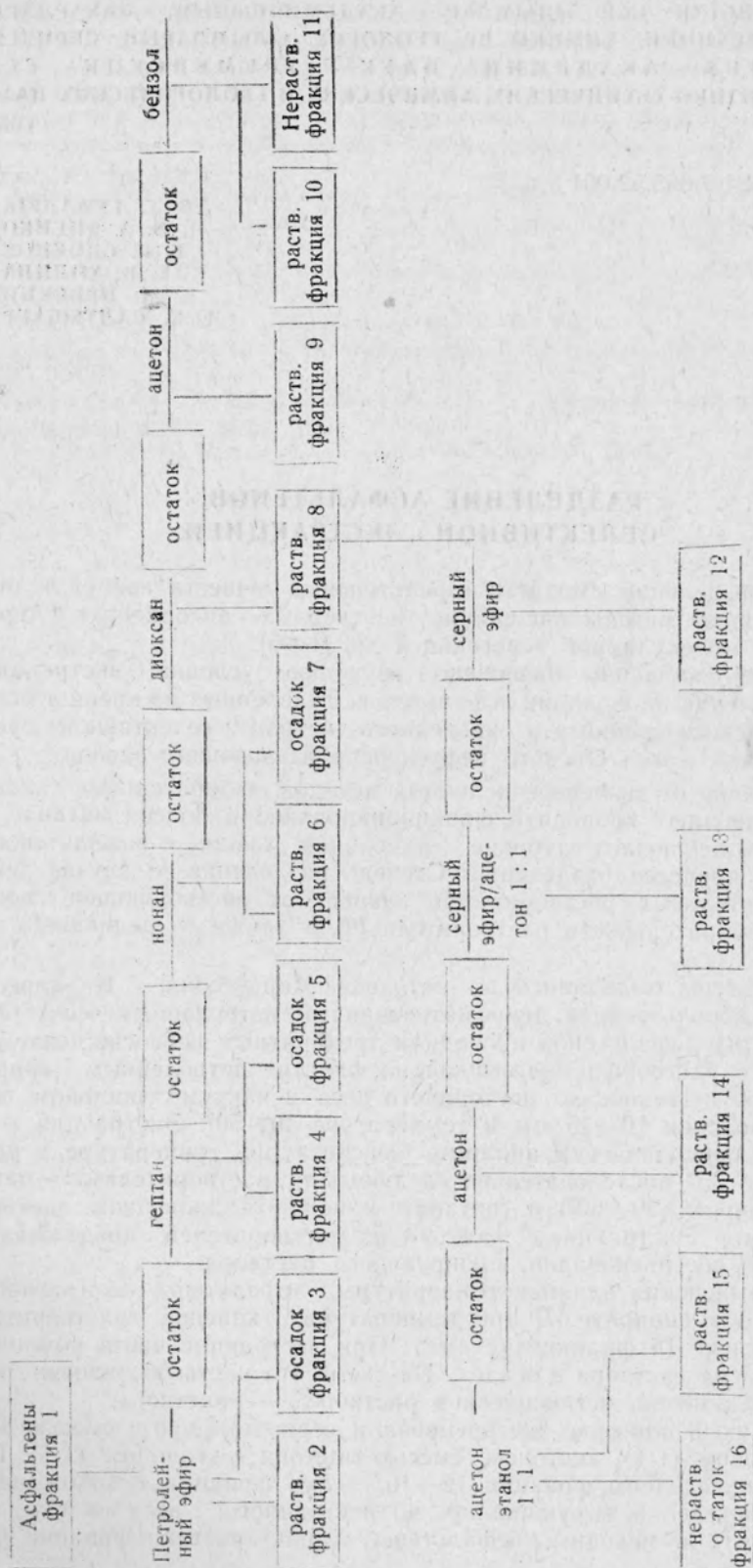


Таблица 1

Характеристика фракций асфальтенов крекинг-остатка

Номер фракции	Выход, %	Молекулярный вес	Элементарный состав по весу, %					С/Н атомное	Кислотное число мг КОН/г	Эфирное число мг КОН/г	Эмпирическая формула
			C	H	S	N	O (по разности)				
1	100	1100	86,40	6,90	3,60	1,18	1,92	1,05	2,1	5,9	$C_{81}H_{77}S_1N_1O$
2	7,2	540	86,85	7,03	3,62	1,30	1,20	1,00	0	0	$C_{39}H_{89}S_{0,5}N_{0,5}O_{0,5}$
3	5,1	900	87,00	7,37	3,84	1,00	0,80	0,98	0	6,2	$C_{66}H_{67}S_1N_{0,5}O_{0,5}$
4	4,0	630	86,70	8,70	2,56	0,87	1,17	0,82	3,4	0	$C_{40}H_{56}S_{0,5}N_{0,4}O_{0,4}$
5	менее 0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	2,6	690	85,57	7,85	3,71	0,93	1,94	0,91	2,8	0	$C_{49}H_{54}S_1N_{0,5}O_{0,5}$
7	4,2	1020	84,73	7,47	3,35	0,96	3,49	0,95	3,5	0	$C_{72}H_{78}S_1N_1O_2$
8	35,0	540	77,50	6,60	2,80	0,95	12,16	0,97	27,0	21,0	$C_{84}H_{35}S_{0,5}N_{0,5}O_4$
9	0,8	570	87,75	6,65	3,25	1,46	2,90	1,05	7,5	16,0	$C_{41}H_{39}S_{0,6}N_{0,6}O$
10	20,5	1260	86,00	6,60	3,75	1,01	2,64	1,07	1,4	5,9	$C_{91}H_{85}S_1N_1O_2$
11	20,2	1930	87,42	6,00	4,16	1,15	1,27	1,20	—	—	$C_{142}H_{118}S_2N_{1,5}O_{1,5}$
12	13,2*	580	82,35	7,50	2,56	1,30	6,30	0,93	14,0	12,0	$C_{40}H_{43}S_{0,5}N_{0,5}O_2$
13	10,5*	560	83,50	6,90	2,00	0,73	4,80	1,00	10,0	8,2	$C_{40}H_{40}S_{0,3}N_{0,5}O_2$
14	1,8*	420	77,90	6,60	1,44	1,00	11,00	1,00	18,7	42,0	$C_{28}H_{28}S_{0,2}N_{0,3}O_3$
15	1,8*	400	70,50	6,92	2,05	0,92	19,61	0,85	28,2	87,0	$C_{23}H_{27}S_{0,3}N_{0,3}O_5$
16	72,5*	2100	86,0	6,60	3,15	0,60	3,60	1,08	—	—	$C_{152}H_{140}S_2N_1O_4$

* Выход рассчитан на диоксановую фракцию (фракции 8)

Таблица 2

Характеристика фракций асфальтенов окисленного экстракта селективной очистки смазочных масел

Номер фракции	Выход, %	Молекулярный вес	Элементарный состав по весу, %					С/Н атомное	Кислотное число мг КОН/г	Эфирное число мг КОН/г	Эмпирическая формула
			C	H	S	N	O (по разности)				
1	100	1770	85,69	7,37	3,07	0,46	3,41	0,95	1,9	25,0	$C_{126}H_{130}S_{1,7}N_{0,5}O_{7,5}$
2	0,5	900	84,52	8,88	2,58	0,41	3,61	0,78	1,6	1,4	$C_{53}H_{80}S_{0,7}N_{0,3}O_4$
3	менее 0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0,9	960	83,56	7,89	2,65	0,46	5,44	0,88	1,8	0,6	$C_{67}H_{73}S_{0,8}N_{0,3}O_{6,6}$
5	менее 0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0,6	1150	83,81	8,11	3,96	0,65	4,12	0,88	5,0	12,1	$C_{79}H_{99}S_{1,5}N_{0,6}O_{6,3}$
7	0,2	1470	83,31	7,54	0,63	4,97	0,91	5,6	13,5	—	$C_{103}H_{112}S_{1,6}N_{0,7}O_{9,3}$
8	41,9	1640	82,03	6,57	3,21	0,41	7,88	1,04	8,0	95,0	$C_{114}H_{109}S_{1,6}N_{0,5}O_{16,4}$
9	3,9	660	81,96	7,15	3,15	0,53	7,23	0,96	13,0	105,2	$C_{45}H_{47}S_{0,7}N_{0,3}O_6$
10	51,3	2400	86,00	6,41	3,47	0,50	3,76	1,12	0,7	20,3	$C_{173}H_{155}S_{2,6}N_{0,9}O_{11,3}$
11	менее 0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	9,5*	630	77,38	6,99	3,33	0,5	11,80	—	23,0	49,0	$C_{44}H_{54}S_{0,8}N_{0,3}O_{2,1}$
13	0,8*	640	82,92	8,64	3,93	0,56	3,95	—	8,1	91,9	$C_{45}H_{56}S_{0,8}N_{0,3}O_{3,2}$
14	6,1*	700	82,68	5,83	2,90	0,50	8,10	—	7,9	63,1	$C_{48}H_{40}S_{0,6}N_{0,3}O_7$
15	менее 0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	83,6*	2875	85,0	5,86	2,79	0,50	7,35	—	7,8	62,2	$C_{197}H_{163}S_{2,4}N_1O_{2,5}$

ведены в табл. 1 и 2*. Кислотные и эфирные числа определялись потенциометрически [8, 9], молекулярный вес криоскопически по температуре плавления в фенантрене [10].

Данные, приведенные в таблицах, показывают, что нормальные углеводороды извлекают главным образом малополярные, обогащенные насыщенными структурами, соединения. Растворяющая способность в ряду петролейный эфир, н-гептан, н-нонан повышается, что позволяет разделить асфальтены на ряд фракций (фракции 2—7). По молекулярному весу и строению вещества, содержащиеся в этих фракциях, близки к смолам [11].

В процессе экстракции часть выделенных соединений уплотняется, что приводит к увеличению содержания в них кислородных структур и росту молекулярного веса (фракции 3, 5, 7).

Полярные растворители — диоксан, ацетон, серный эфир, этанол и их смеси — извлекают из асфальтенов главным образом кислородсодержащие соединения (фракции 8, 9, 12—15). Диоксан обладает хорошей общей растворяющей способностью, но меньшей избирательностью, чем серный эфир, ацетон, этанол и их смеси. Последние позволяют разделить фракцию 8 на ряд более узких низкомолекулярных фракций (фракции 12—15), в которых концентрируются кислые компоненты и соединения со сложно-эфирными связями.

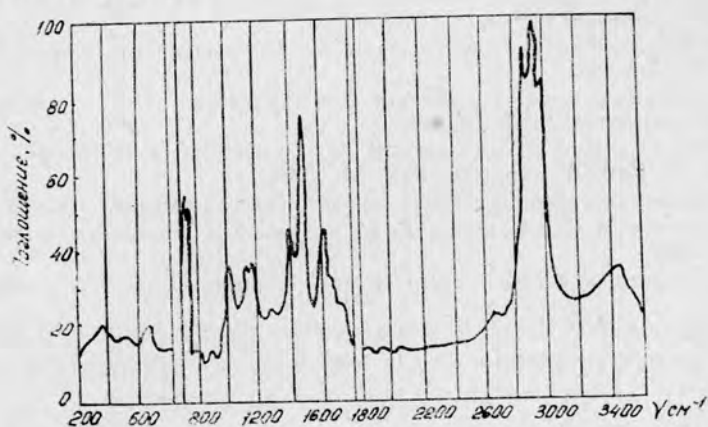
Определенной зависимости между содержанием кислорода, серы и азота во фракциях асфальтенов не обнаруживается. В остатке после экстракции (фракции 11 и 16) содержатся наиболее конденсированные и высокомолекулярные соединения. Их молекулярный вес имеет величину порядка 2000—3000. Эти соединения плохо растворяются даже при нагревании в таких растворителях, как бензол и четыреххлористый углерод, но хорошо — в расплавленном фенантрене. Интересно отметить, что в асфальтенах после неоднократного их переосаждения из бензольного раствора содержатся соединения, которые по составу и строению близки к маслам. Так, из 2-ой фракции ацетоном при температуре 30° осаждаются вещества соломенного цвета, молекулы которых имеют гибридное алкил-ароматическое строение; в них, кроме того, в незначительном количестве присутствуют -ОН группы. В ИК-спектре этих соединений, подвергнутых перекристаллизации, были обнаружены следующие полосы поглощения: 3450 — 2960 — 2926 — 2858 — 1605 — 1468 — 1384 — 1140 — 1005 — 740 — 720 см⁻¹ (рисунок).

Отношение оптических плотностей $\frac{D_{CH_2}}{D_{CH_3}} = 2,4$ и высокая интенсивность полосы при 720 см⁻¹ показывают [12], что алкильные цепи содержат 8—10 углеродных атомов. Ароматические структуры в основном представлены моно- и дизамещенными бензола (1605 и 740 см⁻¹); содержание би- и трициклических структур, согласно расчету [13] на основе данных УФ-спектров, не превышает 0,6 и 1,7% (вес) соответственно.

Присутствие низкомолекулярных соединений в составе асфальтенов, вероятно, связано с наличием адсорбционного слоя в мицелле асфальтенов. Эти соединения десорбируются селективными растворителями при бесконечном разбавлении, которое практически достигается в аппарате Сокслета. Состав и количество десорбента зависят от природы асфальтенов и селективности растворителя (табл. 1, 2). Аналогичная картина наблюдается и при осаждении асфальтенов селективными осадителями [6, 14].

* Элементный состав был определен в лаборатории микроанализа ИХН АН КазССР, за что авторы выражают свою признательность сотрудникам указанной лаборатории.

Сильное смещение адсорбционного равновесия вследствие десорбции может привести к необратимой коагуляции, что и наблюдается при экстракции асфальтенов крекинг-остатка (фракция 11). Мицеллы асфальтенов окисленного экстракта являются более устойчивыми, и их экстракция не сопровождается образованием нерастворимого в бензоле осадка.



ИК-спектр масляных компонентов мицелл асфальтенов.

Жесткие условия экстракции (экстракция кипящими растворителями) приводят к тому, что выход фракций, экстрагируемых полярными растворителями, снижается, а неполярными — повышается. Однако выход остатка при этом меняется незначительно. Следствием этого является усреднение состава фракций, что снижает эффективность экстракционного разделения асфальтенов.

Выводы

1. Селективные растворители позволяют в мягких условиях разделить асфальтены на ряд различающихся по составу и строению фракций.

2. Экстракция нормальными углеводородами позволяет выделить неполярные, богатые насыщенными структурами, компоненты, входящие в состав мицеллы асфальтенов.

3. Полярные растворители диоксан, ацетон, серный эфир, этанол и их смеси извлекают, главным образом, кислородсодержащие соединения мицелл асфальтенов. Диоксан, по сравнению с другими изученными полярными растворителями, обладает более высокой растворяющей, но меньшей избирательной способностью.

Институт химических наук
АН Казахской ССР

Поступило
10 апреля 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чентон Х. М., Тракслер Р. Н. — V международный нефтяной конгресс. Качество и применение нефтепродуктов. Гостоптехиздат, стр. 99, 1961.
2. Падовани К., Берти В., Принетти А. — V международный нефтяной конгресс. Качество и применение нефтепродуктов. Гостоптехиздат, стр. 101, 1961.
3. Berti V., Padovani C., Todesca F. — 6th World Petrol. Congr., Frankfurt/Main, 1, SA 1—23, 1963.

4. Киселев А. В. — ДАН СССР, т. 106, № 6, 1046, 1956.
5. Сергиенко С. Р., Делоне О. И., Давыдов Б. Е., Тетерина М. П. — Тр. Ин-та нефти АН СССР, т. 1В, 18, 1954.
6. Сергиенко С. Р. — Высокомолекулярные соединения нефти. М., стр. 372, 1959.
7. Гринблат Е. И., Седемин Ю. С. — Заводская лаборатория, № 5, 29, 1962.
8. Сергиенко С. Р., Измайлов Н. А., Спивак Л. А., Галич П. Н. — Журн. аналит. химии, 10, вып. 5, 315, 1955.
9. Гуцалюк В. Г., Слобнов Е. И. — Известия АН Каз. ССР, сер. хим., вып. 1, (21), 84, 1962.
10. Слобнов Е. И., Гуцалюк В. Г., Яценко Э. А. — Химия и технология топлив и масел, № 10, 66, 1964.
11. Яценко Э. А., Гуцалюк В. Г., Слобнов Е. И., Рафиков С. Р. — Известия АН КазССР, сер. хим. № 4, 92, 1966.
12. Применение спектроскопии в химии. Изд-во иностран. лит. М., 1959.
13. Сирюк А. Г., Зими́на К. И. — Химия и технология топлив и масел, № 2, 52, 1963.
14. Neumann Brennstoff H. I. — Chemie, 46, № 9, 275, 1965.

УДК 551.491.4

С. Н. АЛЕХИН
Б. П. ЖДАНОВ

ОПЫТ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ В РАЙОНЕ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ХРЕБТА КУГИТАНГ-ТАУ

В 1962—1963 гг. была предпринята попытка применения гидро-геохимических поисков в наиболее перспективном на полиметаллы районе Туркменской ССР — Кугитанге. Работы проводились с целью апробирования метода и, в случае положительных результатов, должны были помочь в направлении дальнейших поисково-разведочных работ.

Хребет Кугитанг-Тау представляет горст-антиклиналь, относящуюся к системе структур юго-западных отрогов Гиссара. В ядре складки обнажается метаморфизированный комплекс пород докембрия (?) и карбона, прорванный гранитоидной интрузией и серией даек верхнепалеозойского магматического цикла. Крылья складки (особенно отчетливо это видно на западном крыле) сложены континентальными отложениями верхнего триаса и континентально-морскими нижней и средней юры. Верхнеюрские отложения представлены мощной (до 650 м) толщей известняков келловей-оксфорда, перекрытой в основании хребта хемогенной гаурдакской свитой (гипсы, ангидриты, соль).

Кугитангская горст-антиклиналь пересечена серией разрывных нарушений типа взбросо-сбросов, к которым и приурочены промышленные концентрации полиметаллов (месторождения Майдан-Шах, Таза-Чарва, Кара-Агач, Базар-Тюбе и серия других рудопроявлений). Рудные тела трещинно-жильного типа состоят из окисленных ржаво-бурых масс церуссита, лимонита, смитсонита, барита и кальцита [1, 2].

Средний химический состав руды по данным анализов технологической пробы (месторождение Майдан-Шах): свинца — 5,00, цинка — 1,78, железа — 23,75, меди — 0,02, окиси бария — 19,50, окиси кальция — 3,52, окиси кремния — 2,08, окиси алюминия — 4,76, окиси марганца — 0,12, окиси магния — 1,47%, серебра, сурьмы, ртути — тысячные доли. Мощность рудных тел колеблется от 0,5 до 6—7 м. Протяженность рудных линз составляет 800—1200 м. Все рудные тела слепого залегания.

Подземные воды в районе западного склона хребта — трещинного типа, с различной глубиной циркуляции. Ближе к водоразделу под-

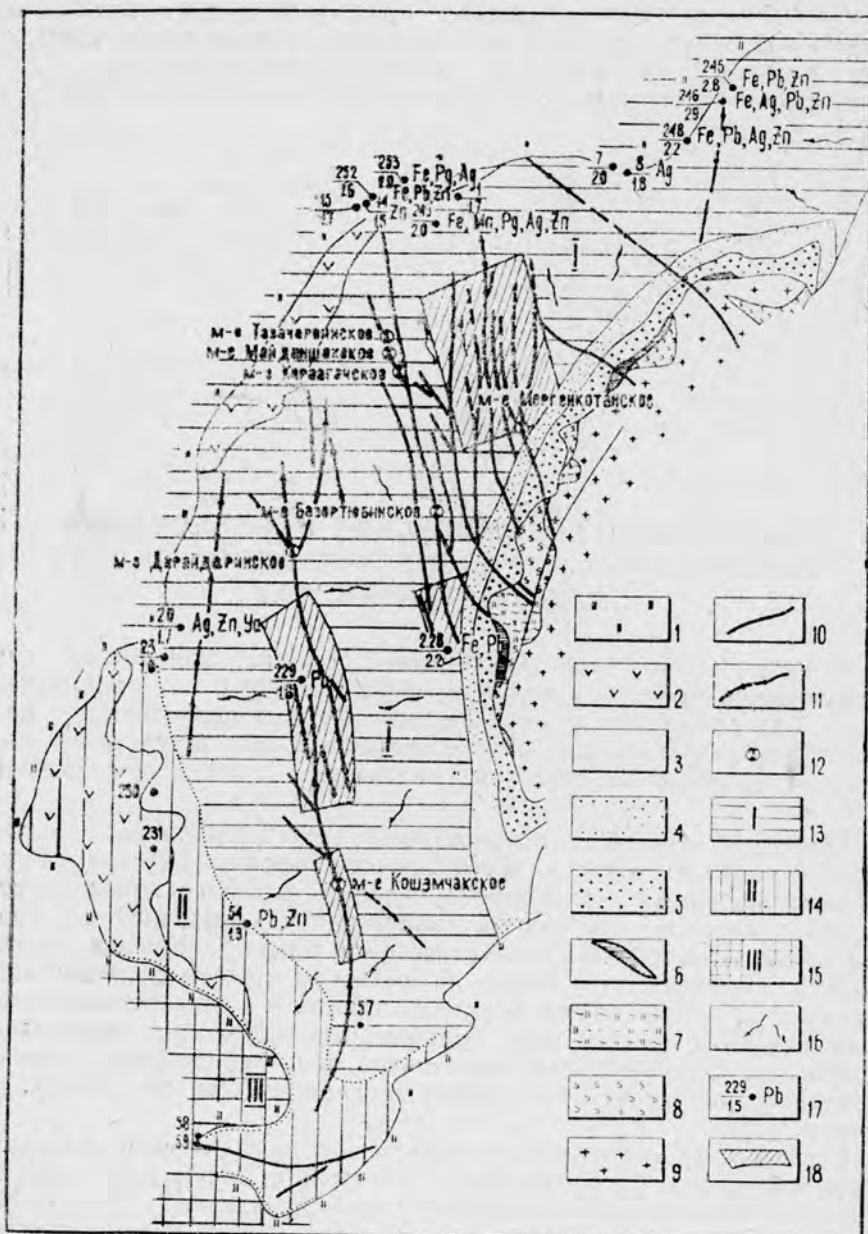


Рис. 1. Гидрогеохимическая карта западного склона хребта Кугитанг-Тау. 1 — Четвертичные отложения; суглинки; пески; 2 — кимеридж-титон; гипсы; 3 — келловей-оксфорд; известняки; 4 — доггер; песчаники, алевролиты, аргиллиты; 5 — лейас, конгломераты; песчаники, алевролиты, уголь; 6 — верхний триас; конгломераты, песчаники, бокситоподобные породы; 7 — нижний карбон; конгломераты, известняки, роговики; 8 — докембрий (?); сланцы различного состава, известняки; 9 — верхнепалеозойский изверженный комплекс; 10 — разрывные нарушения; 11 — оси флексур; 12 — полиметаллические месторождения; 13 — зона резко окислительной обстановки; 14 — зона окислительной обстановки; 15 — зона окислительно-восстановительной обстановки; 16 — направление движения подземного потока вод; 17 — водопункт; слева в числителе — номер водопункта, в знаменателе — содержание поискового коэффициента (Кп); справа — аномальные элементы; 18 — участки перспективные по гидрогеохимическим показателям для поисков полиметаллов.

земные воды имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав*. Вниз по склону состав их меняется на гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый, далее, на сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый, потом на сульфатно-кальциевый и, наконец, на хлоридно-сульфатно-натриевый. Последовательность перехода одного типа вод в другой соответствует обычной зональности подземных вод по химическому составу. Температурные замеры, произведенные в отдельных источниках, позволили проследить постепенное нарастание температуры от водораздела к подошве хребта. Изменение температуры происходит от 5 до 22°C. Минерализация воды увеличивается в этом же направлении от 150 до 2500 мг/л.

Характер выхода подземных вод в основном нисходящий. В большинстве случаев это воды жильного типа, с турбулентным характером движения и большими скоростями фильтрации; только для межпластовых вод или вод, циркулирующих в мелких трещинах, можно ожидать поровые воды с ламинарным течением. Миграция вод осуществляется преимущественно по тектоническим нарушениям. Дебиты источников, приуроченных к зонам разломов, достигают 100,0 л/сек, обычно же дебиты не превышают 1—2,0 л/сек.

Температура, динамика и химический состав подземных вод свидетельствуют о наличии на западном склоне хребта Кугитанг-Тау трех зон с различными геохимическими обстановками (рис.1).

1. Зона резко окислительной обстановки. Воды свободного водообмена неглубокой и кратковременной циркуляции, до глубины 450 м (глубина соответствует максимальному врезу саев). Температура подземных вод имеет прямую связь со среднегодовой температурой воздуха. Минерализация подземных вод не превышает 400 мг/л (весенний период), воды гидрокарбонатно-кальциевого состава, которые вниз по склону сменяются гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевыми. Активный водообмен, интенсивное питание атмосферными осадками и водами снеготаяния, начальная стадия метаморфизации вод несомненно приводят к резко окислительной обстановке, которая, в свою очередь, способствует интенсивному окислению сульфидных минералов и переводу тяжелых элементов в раствор.

2. Зона окислительной обстановки. Водообмен по сравнению с первой зоной несколько затруднен. Воды более глубокой и, следовательно, более продолжительной циркуляции (до глубины 700—800 м). Температура воды в родниках выше среднегодовой температуры воздуха (20°C). Минерализация подземных вод не превышает 1500 мг/л. Воды по составу сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые и сульфатно-кальциевые. Циркуляция их происходит, в основном, в крупных зонах разломов.

3. Далее следует зона окислительно-восстановительной обстановки. Воды глубокой и продолжительной циркуляции. Проявляется она родниками вдоль юго-западной периклинали. Температура воды в родниках 23,0°C, минерализация выше 2500 мг/л, химический состав — хлоридно-сульфатно-натриевый со следами сероводорода.

При гидрогеохимических поисках определение в воде микроэлементов осуществлялось по методике ТПИ (Томский политехнический институт) — соосаждение микроэлементов с помощью гидроокиси алюминия [3].

Всего было обследовано 64 водопункта. В целях апробирования метода и выявления индикаторов поиска особое внимание уделялось изучению состава подземных вод в районе полиметаллических

* По классификации С. А. Шукарева.

Таблица 1

Среднее содержание микроэлементов по различным геохимическим обстановкам

Среднее содержание микроэлементов																			
Зоны	Количество водопунктов	Fe	Mn	Ni	Ti	Mo	W	Cu	Pb	Ag	Sb	Zn	Sn	Ga	Be	Sr	Ba	Kп	
Воды ме- сторож- дений	19	3	2	<сл	1—2	сл	сл	сл	2	<сл	<сл	2	3	<сл	1	<сл	1—2	2—3	2,0
I	38	2—3	1—2	<сл	1—2	сл	сл	сл	1—сл	—	<сл	2	сл	1	<сл	1—2	2	2	1,6
II	5	3	1—2	—	2	сл	сл	сл	1—сл	—	—	1	сл	1	—	2—3	2	2	1,1
III	2	2	1	—	1	сл	сл	сл	сл	—	—	1—2	<сл	1	—	2	1—2	1	1,5

Примечание: $5 \gg 10^0$ содержится элемента в одном литре воды.4 — 10^0 ; 3 — $0,10^0$; 2 — $0,01\%$, 1 — $0,001\%$.

месторождений. Исследования 19 пунктов выяснили, что косвенные показатели гидрогеохимических поисков, такие как pH, сульфат-ион и СХК (отношение сульфат-иона к хлор-иону) не могут быть использованы в качестве показателей оруденения. Прямые же показатели полиметаллического оруденения, элементы-индикаторы, имеют четкие аномальные концентрации на месторождениях (табл. 1, 2). Воды района месторождений содержат в своем составе повышенные значения таких рудных элементов, как железо, свинец, цинк, барий, марганец, которые принимаются нами в качестве элементов-индикаторов.

Наряду с элементами-индикаторами [3, 4, 5], в качестве основного критерия при выделении аномалийных проб мы предлагаем учитывать еще и эмпирический поисковый коэффициент (Кп), получаемый путем отношения суммы содержания рудных компонентов, составляющих основную массу рудных тел (железо, свинец, серебро, цинк, марганец, барий), к сумме содержания остальных элементов. Причем, комплекс рудных компонентов может быть иным и он будет зависеть от типа рудопроявления, развитого в исследуемом районе. Благоприятная особенность предлагаемого поискового коэффициента — учет всех элементов-индикаторов. Как видно из табл. 2, среднее содержание поискового коэффициента для рудных водных проб составляет 2,2 при колебаниях от 1,5 до 2,8. Для сравнения приводятся результаты анализов проб, отобранных в заведомо безрудных участках. Здесь значения Кп не превышают 1,6, составляя в среднем 1,2. Ввиду того, что в таблице приведен выборочный ряд водопунктов, среднее значение поискового коэффициента несколько занижено. При обработке же большого числа проб среднее значение поискового коэффициента составляет 1,5. Этот результат является фоновым коэффициентом для всего района. При этом следует учитывать, что значения Кп из-за различной продолжительности миграции подземных вод будут иными для каждой геохимической обстановки. Если значения Кп, отмеченные выше, относились к зоне с резко окислительной обстановкой, то для двух других зон соответственно равны 1,1 и 1,5 (значения эти недостаточно достоверны из-за малого количества водопунктов).

Таким образом, нами были приняты в основном два прямых показателя оруденения: элементы-индикаторы и поисковый коэффициент. Исходя из фоновых значений элементов-индикаторов, поискового коэффициента (табл. 1) и учитывая геохимические условия каждой из зон,

Таблица 2

Содержание микроэлементов в подземных водах западного склона хребта Кугитанг-Гау

Номера водо- пунктов	название и местопо- ложение	Fe	Mn	Ni	Ti	Mo	W	Cu	Pb	Ag	Sb	Zn	Sn	Ga	Be	Sr	Ba	Kп
Водоупункты, расположенные в районе рудопроявлений																		
31	Сай Дарай-Дара шт.	3-4	2	—	2	сл	сл	1	1	—	—	2-3	сл	1	—	2	2-3	1,8
33	Ручей Дарай-Дара	3	1-2	—	2	сл	сл	1	1	—	—	2	сл	1	—	2	2	1,5
41	М-е Майдан-Шах, расческа 10а	3-4	5	1	2	сл	сл	1	2-3	сл	—	2-3	—	1	1	2	3	2,0
45	М-е Таза-Чарва, блок 11	2	2	—	1-2	сл	сл	сл	2-3	—	—	2	—	сл	—	2	3	2,7
48	М-е Таза-Чарва, дрен. сток	4	2	—	2	сл	сл	1	3	сл	—	2-3	сл	1	—	2	3-4	2,4
52	Сай Кара-Агач, у построек	3	2	—	1-2	сл	—	1	3	—	—	2	сл	1	—	1	2-3	2,6
213	Сай Катта-Камоу, шт. 39.	2-3	1	—	1	—	—	1	2-3	—	—	2-3	—	1-2	—	—	2	2,8
214	Сай Киноварный, шт. 33 юж. штрек	2-3	1	—	2	сл	—	1	2-3	—	—	2-3	—	1	—	1	2	2,0
216	Сай Катта-Камоу, шт. 33, рас. 30	3-4	2	—	2	сл	—	1	2-3	—	—	2-3	—	1-2	—	сл	2	2,5
Среднее																		
Водоупункты, расположенные вне рудопроявлений																		
4	—	2	1	—	1	сл	сл	1	—	—	—	2	—	1	—	2	2	1,3
10	—	2-3	1	—	1	сл	сл	1	—	—	—	2	—	1	—	2	2	1,4
11	—	2	1	—	1	сл	сл	1	сл	—	1	2	—	1	—	2	2	1,1
17	—	2	1	—	1	сл	сл	1	—	—	—	2	сл	1	—	2	2	1,3
23	—	2	1	—	1	сл	сл	1	—	—	—	2	сл	сл	—	2	2	1,6
53	—	3	1-2	—	2	сл	сл	1	сл	—	—	2	сл	сл	—	3	2	1,1
54	—	3	1	—	2	сл	сл	1	1	—	—	2	сл	1	—	3	2	1,3
231	—	3	1	—	2	сл	сл	1	—	—	—	сл	сл	1	—	2	2	0,9
240	—	2	1	—	1	сл	сл	1	—	—	—	2	сл	1	—	2	2	0,9
254	—	2	1	—	1-2	сл	сл	1	—	—	—	2	сл	1	—	2	2	1,4
257	—	3	1	—	2	сл	сл	1	1	—	—	2	сл	1	—	2	2	1,3
Среднее																		
Среднее																		

на гидрогеохимической карте (рис. 1) приводятся результаты по водопунктам с аномальным содержанием микроэлементов в воде. Большая часть из них расположена в зоне активного водообмена (зона I) и лишь родник № 54 — в зоне относительно затрудненного водообмена (зона II).

По гидрогеохимическим результатам поисков в комплексе с геологическими предпосылками можно выделить четыре участка, перспективные на поиски полиметаллических руд.

Аномальные концентрации рудных элементов в водах родников № 14, 15, 252 объясняются выносом их из расположенных выше полиметаллических месторождений и рудопроявлений: Катта-Қамоу, Таза-Чарва и Майдан-Шах. Все они приурочены к зонам разломов, где происходит миграция вод, обогащенных рудными элементами, к подошве склона хребта.

Следующая группа (№ 1, 249, 253) находится на площади, тяготеющей к Дарайдаринской, Аткачарской, Мергенкотанской зонам нарушений, контролирующим, по-видимому, полиметаллические рудные тела. Какая из них наиболее перспективна для постановки разведочных работ, позволяет установить детальные поисковые работы, которые несомненно следует здесь провести.

Результаты, полученные по пробам из родников № 7, 8, 245, 246, 248, хотя и имеют хорошие гидрогеохимические показатели, не могут быть интерпретированы достаточно полно из-за отсутствия надежной геологической основы данного района и поэтому пока не выделяются как показатели скрытого оруденения.

Наиболее интересными с практической точки зрения являются водопункты № 20, 23, 54, 228, 229, указывающие на наличие оруденелых участков в Майданской, Кошэмчакской и Караагачской зонах нарушений. На отдельных участках названных зон несомненно необходима постановка соответствующих видов поисковых работ для обнаружения и вскрытия рудных тел.

Задача дальнейших работ сводится к постановке детальных гидрогеохимических поисков с целью более полного оконтуривания положительных аномалий для рекомендаций к постановке на них геофизических и геохимических методов поисков слепых рудных тел.

Выводы

При гидрогеохимических исследованиях, проведенных в районе месторождения Кугитанг, установлено:

1. Косвенные показатели гидрогеохимических поисков (рН, сульфат-ион, СХК) не могут быть использованы в качестве показателей оруденений.

2. Наиболее эффективные результаты получаются при применении наряду с элементами-индикаторами поискового коэффициента K_p .

3. На основании гидрогеологических условий, элементов-индикаторов и поискового коэффициента в районе западного склона хр. Кугитанг-Тау выделен ряд перспективных участков полиметаллического оруденения.

Институт геологии
(Ашхабад)

Поступило
18 декабря 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалов Т. С. — Тр. Института геологии АН ТССР, т. III, Ашхабад, 1960.
2. Спивак Ю. С. — Тр. Института геологии АН ТССР, т. IV, 1962.
3. Удодов П. А., Онуфриенок И. П., Париллов Ю. С. — Опыт гидрохимических исследований в Сибири. Высшая школа, М., 1962.
4. Белякова Е. Е., Резников А. А., Крамаренко Л. Е., Нечаева А. А., Кронидова Т. Ф. — Гидрохимический метод поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1962.
5. Бродский А. А. — Гидрохимический метод поисков меди. Госгеолтехиздат, 1956.

УДК 550.341.2

Р. Д. НЕПЕСОВ
Р. А. МАИЛЯН

ТК.

О СВЯЗИ ПОВТОРНЫХ ТОЛЧКОВ АШХАБАДСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1948 г. С ГЕОЛОГИЧЕСКИМ СТРОЕНИЕМ РАЙОНА

Изучение сейсмичности территории Туркмении в связи с геологическим строением началось сравнительно недавно, имело региональный характер и заключалось в поисках общих закономерностей сейсмических явлений в связи с новейшими тектоническими движениями.

За последние годы в пределах копетдагской сейсмической зоны получен весьма обильный материал, позволяющий более конкретнее характеризовать геологические условия сейсмических явлений.

Как известно, в периоды, следующие за сильным землетрясением, выявляются достаточно четко некоторые характерные и существенные особенности сейсмического режима, главным образом, за счет повторных толчков. Изучение их в связи с геологическим строением сейсмического района имеет весьма важное значение для прогностических выводов как долгосрочного, так и краткосрочного характера. Поэтому изучение повторных толчков Ашхабадского землетрясения представляет большой интерес.

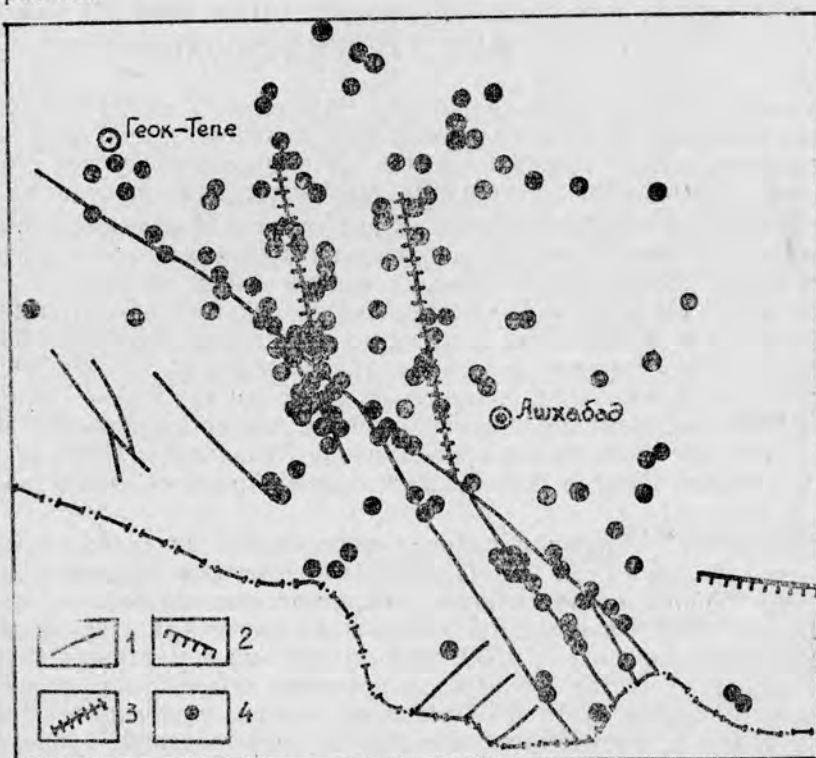
Наблюдения установили наличие многочисленных слабых толчков между Ашхабадом и Геок-Тепе [1, 2, 3, 4]. Сейсмическая активность Ашхабадского района после сильного землетрясения постепенно ослабевала. Если в 1949 г. в течение 5 месяцев сейсмическими станциями было зарегистрировано около 1500 слабых местных землетрясений, то в 1953 г. примерно за тот же отрезок времени более чувствительными приборами отмечено всего 500 (включая толчки, отмеченные только одной станцией). Координаты эпицентров землетрясений, записанных 4—5 станциями, определялись, главным образом, по способу Вадати [4].

В геологическом отношении Ашхабадский район представляет собой зону сочленения двух крупных геотектонических элементов платформенной на севере и альпийской геосинклинальной области на юге. Между ними расположен Предкопетдагский прогиб, представляющий относительно узкую асимметричную впадину с крутым южным и пологим северным крылом. Прогиб заполнен мощной толщей мезокайнозойских отложений, представленных песчано-глинистыми и карбонатными породами, под которыми по геофизическим данным на глубине 12—14 км залегает палеозойский фундамент, сложенный, по-видимому, метаморфическими кристаллическими породами.

С юга прогиб граничит с альпийским складчатым сооружением Копет-Дага. Здесь самыми древними породами, выходящими на дневную поверхность, являются плотные известняки неокома (мощность 1000—1500 м) и песчано-глинистые породы апта (мощность 500 м). Ниже неомомских известняков, судя по геолого-геофизическим данным смежных территорий, залегают известняки верхней юры (мощность около 1000 м), а еще ниже — песчаники и сланцы нижней и средней юры (мощность порядка 2000 м). По сейсмологическим данным в районе Геок-Тепе палеозойский фундамент залегает на глубине 5—6 км.

Говоря о возможной связи сейсмических и геологических явлений на территории Ашхабадского района, необходимо рассмотреть плановое расположение эпицентров землетрясений и их взаимосвязь с разрывными нарушениями, видимыми как на поверхности, так и установленными геофизическими работами.

С течением времени зоны разрядки напряжений могут перемещаться по разломам, и эпицентры в их совокупности как бы фиксируют плановое положение глубинного разлома с той или иной степенью достоверности.



Карта разрывных нарушений и эпицентров повторных толчков Ашхабадского землетрясения 1948 г. за 1949 и 1953 гг. 1 — Взбросо-сдвиги, 2 — надвиги, 3 — глубинные разломы, выявленные с помощью математического анализа размещений эпицентров землетрясений, 4 — эпицентры повторных толчков за 1949 и 1953 гг.

Совокупность определенным образом локализованных эпицентров может с математической точки зрения рассматриваться как совокупность точек кривой любого порядка в прямоугольной системе координат. Для выявления наиболее вероятного порядка и планового положения кривой осреднения была применена методика, описанная А. К. Мит-

ропольским [6] и использованная нами в работе [7]. Осредняющие кривые (рисунок), построенные в той же системе координат, представляют собой наиболее вероятное положение линии глубинных разломов на определенной глубине.

Расчеты показали, что размещение эпицентров удовлетворяет линейной зависимости с теснотой связи $r=0,91-0,94$. Выделенные таким образом разломы частью прослеживаются на земной поверхности, а частью скрыты и фиксируются в распределении геофизических полей. На карте, составленной по материалам экспедиций 1949 и 1953 гг. Геофизического института АН СССР, эпицентры землетрясений тяготеют в основном к зонам видимых и предполагаемых разломов, вытянутых в северо-западном направлении. С этой точки зрения нельзя согласиться с мнением Б. А. Петрушевского [8], который отмечает, что при допущении строгой связи между землетрясениями и разломами такое правильное расположение эпицентров, часто даже не в виде вытянутых полос значительной протяженности, а отдельными небольшими пятнами исключительной плотности размещения эпицентров не может быть объяснено хотя сколько-нибудь удовлетворительно. Подавляющее большинство молодых разломов оказывается при этом не активными, тогда как к немногим приурочены все основные проявления сейсмичности. Невозможно привести какие-либо геологические данные о причинах такой удивительной избирательной способности землетрясений. Отметим, что за последние годы в результате комплексных геолого-геофизических исследований получены данные, которые позволяют довольно критично подходить к вышеуказанным соображениям. Теперь известно, что Ашхабадский район на глубине имеет блоковое строение [7]. Ориентировка блоков северо-западная, то есть она совпадает с простиранием Центрального Копет-Дага. Блок ограничен четырьмя региональными глубинными разломами, из которых наиболее сейсмоактивны северо-восточный и юго-западный разломы. К северо-восточному разлому на поверхности соответствует главное нарушение Копет-Дага.

В передовой зоне Копет-Дага основные разломы имеют правостовую характеристику; в механизме подвижек преобладают тангенциальные напряжения, ориентированные в северо-западном направлении.

Юго-восточнее Ашхабада, в районе Гяурской антиклинали проходит третий глубинный разлом северо-западного (близкий к меридиональному) направления. Интересен тот факт, что эпицентры наиболее сильных землетрясений, известные как в Советском, так и зарубежном Копет-Даге, распределены вдоль вышеупомянутых разломов [7]. Правда, следы смещений повторных толчков, происходивших на глубине, не нашли свое прямое отражение на поверхности, но тем не менее нельзя согласиться, что нет взаимосвязи между сейсмическими явлениями и разломами, имеющимися на поверхности. И неслучайно эпицентры слабых землетрясений, зарегистрированные в 1949 и 1953 гг., в плане распределяются вдоль поверхностных нарушений.

Эпицентры слабых толчков группируются в основном на двух участках: Ашхабад-Безмеинском и Куру-Гауданском. Эпицентры больше сгущены в районе Безмеина — в зоне Передового разлома Копет-Дага как наиболее подвижного в Ашхабадском районе.

Несколько восточнее Безмеина наблюдается линейно вытянутое сгущение эпицентров в субмеридиональном направлении. Их очаги расположены на глубине 12—14 км. Эта зона совпадает с участками интенсивного проявления современных движений по данным повторных нивелировок [9]. Вероятно, здесь на глубине имеется какой-то разлом или серия разломов, по которым происходят дифференцированные

тектонические движения. Вероятнее всего, что очаги повторных толчков приурочены не к отдельным разломам, а к зоне разломов, оперяющих Копетдагский разлом, наличие которых подтверждается в [7, 10].

Исходя из сказанного, можно предполагать, что слабые землетрясения вызываются различными тектоническими процессами — движениями по большим разломам, по которым возникают землетрясения разрушительной и средней силы и движениями по небольшим нарушениям, скрытым внутри структур, по которым сильные землетрясения не регистрировались.

Выводы

1. Повторные толчки Ашхабадского землетрясения располагаются вдоль разломов Передовой зоны Копет-Дага, видимых на дневной поверхности.

2. Вытянутая полоса эпицентров северо-западнее Безмеина на глубине связана с зоной разломов, которая выделяется на основе математической статистики.

3. Местоположение математически выделенной зоны разломов подтверждается данными геофизических исследований.

Институт физики Земли и атмосферы
АН Туркменской ССР

Поступило
10 апреля 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крымус В. Н. — В сб. Тектоника Туркмении. Изд-во «Недра», 1966.
2. Рустанович Д. Н. — Известия АН СССР, сер. геофиз., № 1, 1957.
3. Масарский С. И. — ДАН СССР, т. 74, № 3, 1959.
4. Пучков С. В. — Известия АН СССР, сер. геофиз. № 4, 1956.
5. Калугин П. И. — Тр. ИГ АН ТССР, т. 1, 1956.
6. Митропольский А. К. — Техника статистических вычислений. Физматгиз, 1961.
7. Лыков В. И., Маилян Р. А., Непесов Р. Д. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 2, 1968.
8. Петрушевский Б. А. — Тр. ГИ АН СССР, № 28, 1955.
9. Курбанов М., Непесов Р. Д. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 4, 1959.
10. Глазунова А. В. — В сб. Глубинные разломы. Изд-во «Недра», 1964.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КАРА-КУМОВ

Настоящая статья базируется на керновом материале. Из 27 скважин было отобрано и проанализировано иммерсионным методом около 700 образцов.

Всего в верхнемеловых отложениях Центральных Кара-Кумов обнаружено 63 минерала (табл. 1).

Таблица 1

Перечень и выделение по генетическим признакам минералов верхнемеловых отложений Центральных Кара-Кумов

Минералы легкой фракции (уд. вес < 2,9)		Минералы тяжелой фракции (уд. вес > 2,9)	
аутигенные	терригенные	аутигенные	терригенные
Кальцит, глауко- нит, коллофанит, кремнистые образования (опал, хальцедон), мелкочешуйчатые глинисто-серици- товые образова- ния	Кварц, ортоклаз, микроклин, аль- бит, олигоклаз, андезин, муско- вит, биотит, пен- нин, клинохлор, обломки карбо- натных пород, обломки глинисто- кремнистых пород, гидрослю- да*, монтморил- лонит*, бейдел- лит*, каолинит*	Пирит, марка- зит, лимонит*, барит, барито- целестин, сфа- лерит, халько- пирит	Магнетит, ильменит, гематит, циркон, гроссулар, альман- дин, спессартин, роговая об- манка, эпидот, цоизит, клино- цоизит, нерудные непрозрач- ные, турмалин, рутил, ана- таз*, брукит, ставролит, дис- ген, силлиманит*, андалузит, сфен, лейкоксен, корунд, ак- тинолит, тремолит, апатит, диопсид, гиперстен, энстатит, глаукофан, хлоритонд, шпи- нель, монацит, ксенотим

* Встречаются как в составе терригенных, так и аутигенных минералов.

По степени распространенности все встреченные терригенные и аутигенные минералы могут быть подразделены на четыре группы: преобладающие, распространенные, редкие и очень редкие. К преоб-

Результаты измерений оптических констант полевых шпатов

Номер по порядку	Номер скважины	Номер образца	Глубина взятия, м	Возраст	Измерения констант					
					координаты					
					двойниковой оси			полюса спайности		
					Ng	Nm	Np	Ng	Nm	Np
1	9	30	340—346	Турон	15	75	88	—	—	—
2	101	42	454	Верхний сеноман	16	73,5	87,5	—	—	—
3	"	42	454	"	83	72	20	85	15	75
4	"	43	468	"	4	86	90	—	—	—
5	"	43	468	"						
6	"	86	503	Нижний сеноман						
7	"	87	507	"						
8	212	45	415—421	Сеноман	75	17	88	17	74	82
9	"	52a	489—507	"	12	79	86	—	—	—
10	101	102	629	Альб	83,5	23	69	5,5	86	89
11	"	102	629	"	5,5	85	88	—	—	—
12	"	88	732—738	"	10	80,5	90	10	80,5	87
					7,5	82,5	89	7,5	82,5	83

ладающим отнесены основные минералы легкой фракции, содержание которых колеблется в широких пределах, но всегда они присутствуют в породе или же во фракции 0,01—0,25 мм в количестве более 1%, а ряд из них в несколько десятков и более раз превышает эту цифру. Минералы тяжелой фракции подразделяются на распространенные (магнетит, ильменит, пирит-марказит, циркон, гранаты, эпидот, роговая обманка обыкновенная, гематит, лимонит, рутил, турмалин, ставролит, барит, сфен) — более 1%; редкие (анатаз, дистен, роговая обманка, базальтическая, силлиманит, лейкоксен, апатит, глаукофан, барито-целестин, цоизит) — от 0,1 до 1%; и очень редкие (андалузит, брукит, клиноцоизит, актинолит, тремолит, корунд, диопсид-геденбергит, гиперстен, хлоритоид, сфалерит, халькопирит, энстатит, монацит, ксенотим, шпинель) — менее 0,1%. Разумеется, процентные содержания тяжелых минералов приводятся по отношению лишь к тяжелой фракции с учетом распределения их по разрезу.

В Центральных Кара-Кумах верхнемеловые отложения характеризуются морскими условиями седиментации и представлены преимущественно мелководными терригенными и карбонатными образованиями, формирование которых происходило на фоне общего нисходящего движения платформы и эта принципиальная схема их развития не нарушалась поднятием отдельных ее участков.

Сеноманский ярус. Область и условия осадконакопления, сформировавшиеся к концу альбского века, продолжали существовать без каких-либо существенных изменений и в сеномане. В Центральных Кара-Кумах сеноман представлен различным сочетанием зеленоватосерых песчано-алевритоглинистых пород. Алевриты составляют по мощности, примерно, половину разреза, а соотношения песчаников и глин близки между собой. На отдельных участках это соотношение несколько меняется. По мере продвижения на юг и юго-восток исследуемой территории в разрезах сеномана все большее значение приобретают глинистые породы и в тоже время в этом направлении улуч-

на столике Федорова

плаггиоклазов				Измерения констант микроклина				
—2V	Закон двойникования	Индексы	Номер плаггиоклазов	координаты спайности двойниковой оси			плоскость спайности и закон двойникования	—2V
				Ng	Nm	Np		
—	Альбитовый	$\perp [010]$	6	—	—	—	—	—
—			4	—	—	—	—	—
+70	Эстерелевый	$\perp [100]$	5—6	87	20	71	1(001)	82
—	Альбитовый	$\perp (010)$	15	18	80	70	1 (010)	78
				79	13	80	1 (001)	76
				85	15	76	1 (010)	85
±90	Альбит эстерелевый	$\perp [100]$	2—3	—	—	—	—	—
—	Альбитовый	$\perp (010)$	10	—	—	—	—	—
—	Карлсбатский	$\perp (010)$	26	—	—	—	—	—
—	Альбитовый	$\perp [001]$	26	—	—	—	—	—
—87	Периклиновый	$\perp (010)$	27	—	—	—	—	—
—		$[010]$	26	—	—	—	—	—
—		$[010]$		—	—	—	—	—

шается сортировка обломочного материала песчано-алевритовых пород. Мощность сеномана в целом не превышает 250 м. При этом, мощности значительно возрастают на западе и уменьшаются на север и юг от Серного Завода, где доходят до 110 м, по-видимому, минимальной для Централных Кара-Кумов. В районе Зеагли-Дарвазинского поднятия изменение мощностей незначительное и колеблется в пределах 170—200 м.

Постоянными и наиболее характерными минеральными компонентами пород сеномана Централных Кара-Кумов являются: кварц (47,0)*, полевые шпаты (39,0), мусковит (2,5), биотит (1,0), выветрелые обломки (5,5), глауконит (2,5). Кальцит (9,0) находится чаще всего в виде цемента песчаников и алевролитов или же входит в состав глин. Из глинистых минералов значительно преобладает гидролюда. Тяжелая фракция (0,28) характеризуется более разнообразным составом. Это в основном магнетит с ильменитом (41,0), циркон (24,5), гранаты (8,0), эпидот (2,5), роговая обманка (2,0), рутил (1,5), сфен (1,5), турмалин (1,5), ставролит (1,0), пирит с марказитом (43,0), лимонит (3,0), барит (1,0). Средний коэффициент устойчивости для пород сеномана равен примерно 0,09. Распределение ряда минералов по площади и в вертикальном плане далеко не одинаково, то есть наряду с указанными особенностями минералогического состава подчеркиваются и некоторые отличительные признаки для отдельных горизонтов.

В районе Ахча-Кая содержание кварца едва превышает 31%, тогда как полевых шпатов — 52,0%. Номера плаггиоклазов в песчано-алевритовых породах сеномана колеблются от № 2 до № 10, а в верхней части альба значения их возрастают до № 26 и выше с переклиновым законом двойникования (табл. 2). Опал отмечается обычно в малых количествах, но на участке Сарыкамыш в средней части сеномана встречается опал органического происхождения, содержание ко-

* В скобках даны средние процентные содержания минералов.

торого колеблется в пределах 40—45%. В этих же образцах значительно возрастает роль полевых шпатов по отношению к кварцу. Одним из распространенных минералов отложений сеномана является глауконит, значение которого на границе с туроном в большинстве случаев снижается до минимума (0,4). Значительно возрастает содержание глауконита на границе верхнего и нижнего сеномана (5,5, а в районе Сарыкамыша и Ахча-Кая достигает соответственно 7 и 11%). Необходимо отметить, что в последнем глауконит наблюдается и в тяжелой фракции в количестве порядка 13%. Состав тяжелой фракции выявляет более пестрый ряд закономерностей в распределении различных минералов. Породы здесь отличаются большим содержанием магнетита с ильменитом, пирита, циркона, гранатов. На ряде участков (Шних, Дарваза, Ахча-Кая, Капланкыр) в средней части верхнего сеномана выделяется горизонт с содержанием циркона от 35 до 60%. Переход к альбу (Карашор, Сарыкамыш) характеризуется постепенным уменьшением содержания циркона, но в самом альбе отмечается его значительное увеличение. На границе сеномана с туроном, в особенности в районе Шних-Дарваза, увеличивается количество гранатов (50,0), эпидота (6,0), ставролита (6,0), рутила (6,0), сфена (4,5), турмалина (4,0). Здесь же, примерно на 15 м ниже сеноман-туронской границы, отмечается горизонт с повышенным количеством обыкновенной роговой обманки (25,0), моноклинных пироксенов (8,0), эпидота (8,0). Увеличение содержания минералов, в особенности гранатов, ставролита, эпидота, является, по всей вероятности, вполне закономерным в истории геологического развития питающей провинции и может, по-видимому, служить указанием на то, что ко времени их формирования область сноса была эродирована до глубоко метаморфизованных зон, так как с подобными зонами связано максимальное развитие этих минералов. В районе Центрально-Каракумского свода, Сарыкамыша в сеномане, преимущественно в глинистой части, изредка отмечается корунд, содержание которого колеблется в довольно широких пределах — от десятых до первых единиц и даже десятков процента, а в последнем (Сарыкамыш) на границе с альбом эта величина достигает 60%. Содержание пирита колеблется в довольно широких пределах — от первых десятков до 99% тяжелой фракции, причем повышенные его количества связаны, главным образом, с литологическими типами пород, среди которых, в первую очередь, следует назвать глины. В верхах сеномана большей части территории Центральных Кара-Кумов отмечаются повышенные количества лимонита (6,0—15,0), которого больше в южных и западных районах, чем в северных и восточных. В самых низах сеномана на границе с альбом (Зеагли-Дарвазинское поднятие, Капланкыр) отмечается наличие сфалерита от десятых до целых долей процента, а в районе Шниха эта цифра колеблется в пределах 10—14%.

Туронский ярус. Характерной особенностью условий перехода от сеномана к турону является региональное опускание как в Средней Азии, так и за ее пределами. Центральные Кара-Кумы были относительно удаленной от берега областью, где в значительно меньшей степени сказывалось влияние волнений и взмучивания, благодаря чему здесь могла образоваться толща преимущественно однородных алевритовых осадков. К концу туронского века происходит, по-видимому, постепенное сглаживание рельефа области сноса, возрастает влияние химического выветривания и происходит сокращение сноса обломочного материала. Все это, равно как и другие факторы, привело к закономерной и постепенной смене глинисто-алевритовых осадков

карбонатными. В районе Зеagli-Дарвазинского поднятия туронские отложения (мощность 170—200 м) представлены песчано-алевритовым комплексом пород и только в самых верхах толщи появляется несколько слоев известняков. К югу и западу Центральных Кара-Кумов туронский разрез становится более алевритовым, мощности известняковых слоев увеличиваются до 25—35 м, а в самых южных скважинах встречаются и в средней части турона. Органогенные и органогенно-обломочные известняки постепенно замещаются криптокристаллическими и мелкозернистыми алевритовыми известняками. Обломочный материал алевритовых пород южной части исследуемой территории лучше отсортирован, чем центральной и северной. Частицы песчаной размерности присутствуют в незначительном количестве, а содержание глинистой фракции достигает 25—45%.

Таким образом, при движении на юг, к Копет-Дагу, и на запад, к Туаркыру, терригенный комплекс туронских отложений Центральных Кара-Кумов постепенно переходит в глинисто-карбонатный со значительным сокращением мощностей, колеблющихся в пределах 25—40 м.

В отложениях турона в основном встречаются те же минералы, что и в сеномане, однако количественные соотношения ряда из них несколько меняются. Как и для сеномана, основными породообразующими минералами здесь являются кварц и полевые шпаты. Последние часто приближаются по своему количеству к кварцу, а в ряде случаев преобладают над ним. Среди глинистых минералов значительно чаще чем в сеномане встречается монтмориллонит, и глины носят преимущественно гидрослюдисто-монтмориллонитовый характер. На Зеagli-Дарвазинском поднятии на границе между нижним и верхним туроном отмечается горизонт с содержанием глауконита до 6%, а в районе Шииха количество его на границе с коньякским ярусом увеличивается примерно в 3 раза против среднего содержания [1, 5]. Средний коэффициент устойчивости для пород турона 0,07, а в самых низах турона района Шиих-Дарвазы он достигает единицы. Туронские отложения характеризуются повышенным (по отношению к сеноману) содержанием магнетита с ильменитом (51,0), то есть количество его примерно возрастает на 10%, а отдельные горизонты обогащены им еще более, эпидота (4,0), лимонита (6,0). В районе Ербента на границе между нижним и верхним туроном увеличивается количество циркона (51,0), гранатов (16,0), сфена (11,0), рутила (6,0), анатаза (3,0). Барит встречается редко и в небольших количествах, но в районе Шииха и Серного Завода содержание его в отдельных случаях (верхний турон) достигает 15—25%. На участке Сарыкамыш в средней части турона отмечается сфалерит в количестве 35% тяжелой фракции (0,2). Он встречается и в более южных районах, но содержания его не превышают первых десятых долей процента.

Коньяк-сантон. В отличие от поздне-туронского времени область распространения глинисто-карбонатных отложений в коньяк-сантоне значительно расширилась. В раннесенонское время отлагаются преимущественно содержащие водоросли мергели и глины с ходами илоедов и глинистые известняки, указывающие на мелководный характер бассейна. Незначительные мощности коньяк-сантонских отложений (7—35 м) свидетельствуют, по всей вероятности, о том, что в нижнем сеноне на огромной площади Центральных Кара-Кумов прогибание дна морского бассейна было очень медленным и происходило его отставание от соседних районов, а выпадание отдельных толщ на ряде участков может объясняться колебательными движениями. С севера на юг и с востока на запад исследуемой территории отмеча-

ется увеличение мощностей. Так, в районе Бахардока и западного склона Центрально-Каракумского свода мощность коньяк-сантонских отложений уже достигает 130—160 м. В большинстве случаев указанные мощности относятся за счет отложений сантона. В этом же направлении наблюдается закономерное увеличение в разрезе содержания глинистых разностей, которые в свою очередь обогащаясь карбонатным веществом, дали весь спектр глинисто-карбонатных пород. Если в сеноман-туронских отложениях основными породообразующими минералами являются кварц, полевые шпаты и в глинах гидрослюда и монтмориллонит, а кальцит входит в состав глин или цемента песчаников и алевролитов, то в коньяк-сантоне главенствующая роль уже принадлежит кальциту, среднее содержание которого несколько превышает 50%. В коньяк-сантонских отложениях возрастает количество рутила (3,5), сфена (4,0), обыкновенной роговой обманки (3,0), дистена (1,5), а на отдельных участках (Ахча-Кая) — турмалина (6,5). Отмеченные минералы помимо общего увеличения приурочиваются в еще больших количествах к определенным зонам. Так в районе Шинх-Дарваза в самых верхах коньяк-сантона содержание их, а также сфалерита и корунда возрастает от 5 до 10% и лимонита — до 22%. В северной части территории значения корунда еще более возрастают и, например, в районе Сарыкамыш в средней части сантона отмечается горизонт, где количество его достигает 25% тяжелой фракции, среднее содержание которой в породах коньяк-сантона составляет 0,43%. К этой же части района и разреза приурочивается опал органического происхождения с содержанием его здесь около 40%. Необходимо отметить, что в коньяк-сантонских отложениях чаще встречаются и слабоустойчивые минералы, такие, как диопсид-геденбергит, глаукофан, актинолит, а в районе Ербента на границе с кампаном моноклинные пироксены достигают 2%. Процентные соотношения различных минералов даны нами из расчета значений минерального нерастворимого остатка.

Кампанский ярус. Во второй половине сенона произошло общее опускание территории и выравнивание континента, с которого сносился обломочный материал. В результате этого поступление терригенного материала в Центральные Кара-Кумы и более западные районы значительно сократилось, вследствие чего здесь шло образование преимущественно относительно более чистых пелитоморфных известняков, реже мергелей, что в какой-то степени по содержанию терригенного материала отличает их от нижнего сенона. Уменьшение глинистой примеси с востока на запад и с севера на юг связано с удалением от области сноса и постепенным переходом от краевой к открытой части бассейна.

Увеличение мощности кампана (60—85 м) на значительной территории по сравнению с нижним сеноном указывает на то, что в это время происходило более усиленное прогибание дна бассейна. Особенно следует отметить увеличение мощностей кампанских отложений в южной части исследуемой территории. Так, если мощность кампана в районе Серного Завода составляет 65 м, то в Ербенте — 115 м, а в Бахардоке — примерно 130 м, то есть возрастает в два раза. Значительное возрастание мощностей и, примерно, в таком же плане отмечается и в западном направлении. Как и в коньяк-сантоне, основным породообразующим минералом отложений кампанского яруса является кальцит, среднее содержание которого около 70%. Породы здесь отличаются повышенным содержанием лимонита в районе Ербента, количество его доходит до 35%, хотя в общем из рудных минералов

продолжают преобладать пирит с марказитом и магнетит с ильменитом, но в целом значения последних понижаются. В отложениях кампана повышается количество эпидота, особенно в верхах (8,0), а в районе Ших-Дарваза в этой части разреза рутил и обыкновенная роговая обманка увеличиваются соответственно от 5 до 10%. На границе нижнего и верхнего кампана отмечается возрастание содержания турмалина (6,0), ставролита (3,0).

Маастрихтский ярус. Маастрихтский ярус характеризуется все возрастающим количеством кальцита (78,0), который является основной составной частью хемогенных и органогенных известняков и мергелей. Полнота разреза отложений этого возраста не везде одинакова. Изменение мощностей маастрихтских отложений, особенно в пределах Центрально-Каракумского свода, связано, главным образом, с размывом их верхней части. Здесь очень четко видно, как породы одного и того же слоя датского яруса залегают на различных частях маастрихта. Минимальная мощность маастрихтских отложений (7 м) отмечается несколько юго-восточнее Серного Завода, максимальная—юго-западнее Ахча-Кая (106 м). Завершающий этап истории осадконакопления в сеноне показателен максимальным выравниванием условий осадконакопления и в значительной степени однообразным типом фаций. В нерастворимом остатке, как в коньяк-сантоне и кампане, продолжают преобладать кварц (41,0), полевые шпаты (39,0), а глинистая часть представлена в основном гидрослюдистом-монтмориллонитовым составом. Из рудных минералов здесь значительно над остальными преобладает пирит (81,0), а значения магнетита с ильменитом (20,0) падают. На Зеагли-Дарвазинском поднятии в отложениях маастрихта отмечаются повышенные содержания циркония (31,0), граната (15,0), сфена (5,0), эпидота (9,5), обыкновенной роговой обманки (6,5), турмалина (3,0), дистена (2,5), ставролита (2,0), а количество их в отдельных горизонтах, в особенности в нижней и верхней частях яруса, еще более возрастают. Так же, как и в кампане, корунд и отчасти сфалерит тяготеют к определенным секциям разреза. В районах Сарыкамыш, Ахча-Кая, Капланкыра в довольно значительных количествах встречается барит, а в средней части маастрихта значения его еще более увеличиваются и достигают 30—40% тяжелой фракции, среднее содержание которой в ярусе 0,27, что примерно на 0,1% ниже, чем в кампане.

Датский ярус. Переход от маастрихта к датскому веку ознаменовался резким усилением темпа колебательных движений, сменой опусканий поднятиями, что коренным образом изменило палеогеографические условия осадконакопления значительной части территории Средней Азии. Отложения дания в Центральном Кара-Куме знаменуют собой последний и завершающий этап карбонатакопления позднемеловой эпохи. Известняки датского яруса на исследуемой территории с размывом ложатся на маастрихт и мощность их здесь небольшая (от 3 до 17 м). Несмотря на малую мощность, датские отложения хорошо прослеживаются почти во всех скважинах от Бахардока до Ташауза, увеличиваясь в мощности от центра на юг и частично на север, но, в основном, не изменяя своей литологической характеристики. Конец датского века характеризуется общим подъемом территории. Осадки дания были выведены в приповерхностные условия и в значительной степени перемыты, а известняки на контакте с палеоценовыми отложениями приобретают здесь желтовато-бурый оттенок. Распределение минералов в породах дания преимущественно такое же, как и в маастрихтском ярусе и с выражением закономерностей, характерных для последнего.

Из изложенного видно, что верхнемеловые отложения Центральных Кара-Кумов характеризуются весьма разнообразным минералогическим составом, доминирующую (не менее 97%) часть которого составляет легкая фракция. К этой части приурочиваются и главные породообразующие минералы. Однако, изучая качественный состав и количественные соотношения терригенных минералов Центральных Кара-Кумов, можно прийти к выводу, что для выделения ассоциаций обломочных минералов может быть использована, главным образом, тяжелая фракция. Для верхнемеловых отложений Центральных Кара-Кумов наблюдается следующая ассоциация обломочных минералов тяжелой фракции: магнетит, ильменит, циркон, гранат, эпидот, рутил, сфен, турмалин, ставролит, роговая обманка. Этот тип ассоциации отмечает преобладание устойчивых минералов. Учитывая изложенное в пределах исследуемой территории, представляется возможным выделить одну сложную терригенно-минералогическую провинцию, а с учетом специфики состава данной ассоциации ее можно объединить в ставролит - рутил - турмалин - рогообманково - эпидот - гранат - циркон - магнетитовую терригенно-минералогическую провинцию.

По данным Л. А. Соколовской [4] такая же ассоциация минералов характерна и для верхнемеловых отложений Восточного Заунгузья. Таким образом, район ее (терригенно-минералогической провинции) распространения еще более расширяется и охватывает почти всю территорию Центральных и Заунгузских Кара-Кумов. Специфика минералогического состава тяжелой фракции позволяет предполагать, что данная ассоциация образована в процессе эрозии питающей провинции, сложенной гранитоидами, метаморфическими толщами и зеленокаменными породами, по-видимому, эпидотизированными основными эффузивами. Нам представляется, что эта сложная терригенно-минералогическая провинция имела несколько источников питания. Основной из них располагался, по всей вероятности, к северо-востоку, в пределах южной периферии Урало-Сибирской эпигерцинской платформы, непосредственно интересующая нас часть которой закрыта песками Кызыл-Кумов. Немаловажным источником питания является также архипелаг островов (Кульджуктау, Букантау, Ауминзатау, Аристантау, Тамдытау и др.), располагавшийся среди меловых морей Кызылкумской части Средней Азии. Эти поднятия палеозойского фундамента сложены осадочными и метаморфическими толщами палеозоя, прорванными различными изверженными породами. По данным А. Г. Бабаева [1], главнейшими породообразующими минералами глубинных и гипабиссальных образований являются кварц, ортоклаз, микроклин, альбит, алигоклаз, биотит, мусковит, роговая обманка. Акцессорные и вторичные минералы представлены магнетитом, серицитом, хлоритом, цирконом, апатитом, эпидотом, сфеном, соссюритом. Для метаморфических пород данного района характерны гранаты, турмалин, ставролит и другие минералы. По данным А. Б. Вистелиуса (устное сообщение) в кристаллических породах Кызыл-Кумов и сеноманских отложениях исследуемого района среди гранатов, помимо других разновидностей, довольно широко распространен спессартин (выделен на основании содержания в гранатах альфа и сеномана 6—7% марганца). Им же был определен абсолютный возраст обломочных полевых шпатов из альб-сеноманских отложений некоторых участков Кара-Кумов. Так, для центральной части Кара-Кумов (Зеагли-Дарвазинское поднятие) эта цифра колеблется в пределах 225—300 миллионов лет, что соответствует среднедевонскому — позднекарбонovому времени их образования и согласуется с возрастом многочисленных комплексов пород предполагаемой области сноса.

Выводы

1. Сравнительный анализ полученного материала показал, что по разрезу и площади отмечается в целом выдержанность минералогических комплексов. Изменяются лишь в основном их количественные соотношения. В ряде случаев отдельные минеральные компоненты как в малых, так и в относительно довольно больших количествах приурочиваются к определенным горизонтам разреза.

2. Комплекс аллотигенных минералов отложений верхнего мела Центрально-Каракумской терригенно-минералогической провинции хорошо согласуется с минералогической характеристикой пород, слагающих выступы палеозойского фундамента. Об этом также свидетельствует и определенная зональность в изменении фаций по мере удаления от поднятий к югу и юго-западу и все это вместе позволяет еще с большей уверенностью охарактеризовать поднятия палеозойского фундамента Кызыл-Кумов как один из важных источников обломочного материала.

Туркменская геолого-геофизическая экспедиция
УГ СМ Туркменской ССР

Поступило
15 мая 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев А. Г. — Литология, палеогеография и нефтегазоносность меловых отложений Западного Узбекистана. Изд. АН Уз. ССР, Ташкент, 1959.
2. Габриэлянц Г. А., Кривошеев В. Т., Блискавка А. Г. и др. — Сб. Новые данные по геологии Туркменской ССР, вып. 1, М., 1963.
3. Гендлер С. Л. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 3, 1963.
4. Соколовская Л. А. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 2, 1966.
5. Условия осадконакопления и геохимическая характеристика мезо-кайнозойских отложений западных районов Средней Азии. Кол. авторов, под. ред. Дикенштейна Г. Х., Куницкой Т. Н., Славина П. С., Барташевич О. В. Изд-во «Недра», М., 1964.

СТРОЕНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КОНУСОВ ВЫНОСА РЕЧЕК АРЧИНЬЯН-СУ И ЛАИН-СУ

Конусы выноса рек Арчиньян-Су и Лаин-Су разделены крупной останцовой возвышенностью, вытянутой в меридиональном направлении к югу от пос. Каахка. Два менее крупных останца развиты восточнее пос. Каахка в центральной части Арчиньянского конуса выноса (рис. 1). Останцы сложены континентальной песчано-алевритовой толщей мощностью 30—40 м, подстилаемой на юге участка, у пос. Хивеабат, уплотненными пролювиальными гравийно-галечниковыми отложениями и конгломератами.

До последнего времени геологическое строение и возраст отложений каахкинских плохо обнаженных останцов были изучены только по данным маршрутных геологических съемок, не сопровождавшихся бурением.

П. И. Калугиным [1] песчано-алевритовая толща условно отнесена к верхнему горизонту верхнеплиоценовой кешинынбаирской свиты. Однако П. И. Калугин указывает, что эти отложения почти не дислоцированы и, вероятно, представляют собой остатки древних послеплиоценовых конусов выноса рек Лаин-Су и Арчиньян-Су. Позже постплиоценовый возраст и пролювиальное происхождение песчано-алевритовой толщи каахкинских предгорных возвышенностей подтверждает М. К. Граве [2] по данным палинологических и микропалеонтологических определений. Л. Н. Смирновым и М. С. Ибрагимовым [3] эта же толща выделена в каахкинскую свиту на основании обнаруженного несогласия ее залегания на подстилающих отложениях кешинынбаирской свиты. Каахкинская свита условно сопоставляется с тахтинской свитой Юго-Восточного Туркменистана, по возрасту соответствующей апшерону. Г. Б. Бердыев [4] и А. К. Симаков отмечают, что песчано-алевритовая толща, развитая в окрестностях Каахка, прослеживается на всем протяжении предгорий Гяурского и Восточного Копет-Дага. Она залегает почти горизонтально, причем не только на разных горизонтах дислоцированной кешинынбаирской свиты, но и на более древних отложениях. Эту толщу Г. Б. Бердыев и А. К. Симаков считают нижнечетвертичным пролювием.

Гравийно-галечниковые отложения и конгломераты, обнажающиеся в восточном борту долины р. Лаин-Су под песчано-алевритовой толщей (рис. 1), всеми исследователями относились к кешинынбаирской свите.

В долине р. Лаин-Су вблизи упомянутого обнажения выдержанная толща гравийно-галечниковых отложений и конгломератов вскрыта буровыми скважинами (№ 509,84) на глубину 80 м. Подобный разрез вскрыт также скважинами № 519 и 520, расположенными в узких саях, прорезающих останцовую возвышенность между конусами выноса Лаин-Су и Арчиньян-Су. Скважины не вышли из грубообломочной толщи на глубине 150 м. Скважина № 105 в долине р. Арчиньян-Су не вышла из гравийно-галечниковых отложений на глубине 60 м.

Таким образом, к северу от пос. Хивеабад прослеживается в широтном направлении зона мощных грубообломочных накоплений, обнаруживающихся не только в долинах рек Лаин-Су и Арчиньян-Су, но и между ними под покровом песчано-алевритовых осадков останцовой возвышенности.

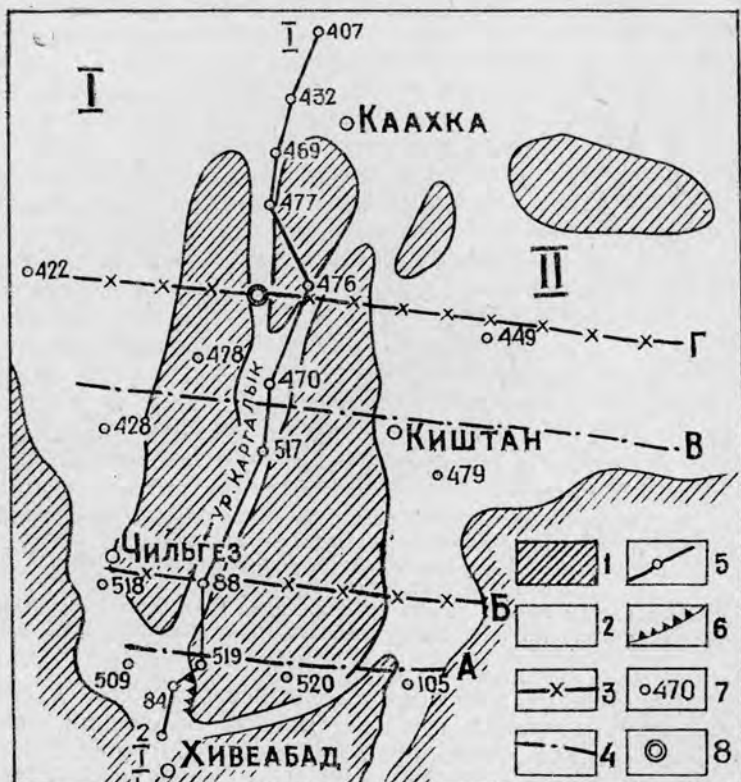


Рис. 1. Геолого-геоморфологическая схема Каахкинского участка. 1 — Песчано-алевритовая пролювиальная толща предгорных возвышенностей, Q_1 ; 2 — гравийно-галечниковые и песчано-глинистые аллювиальные и пролювиальные отложения долин и конусов выноса рек Лаин-Су (I) и Арчиньян-Су (II), Q_2-Q_4 ; 3 — оси антиклиналей: Б — чильгезской, Г — каахкинской; 4 — оси синклиналей: А — хивеабадской; В — киштанской; 5 — линия геологического разреза; 6 — естественное обнажение; 7 — пробуренные разведочные скважины и их номера; 8 — предлагаемое место заложения параметрической скважины.

Севернее отмеченной зоны, на широте пос. Чильгез, мощность выдержанной грубообломочной толщи резко уменьшается (скважина № 518—15 м, скважина № 88—40 м), а под ней вскрываются слабо- и среднестежированные алевриты. В толще алевритов содержатся подчиненные прослои галечников и конгломератов (скважина № 518).

Казалось бы, что еще дальше к северу в пределах останцовой возвышенности, разделяющей конусы выноса, эти плотные мелкоземы должны занимать все большее место в разрезе, а общее содержание грубообломочного материала и мощность грубообломочных прослоев должны уменьшаться. Однако ряд скважин, пробуренных в средней части останца (на широте пос. Киштан), под покровом песчано-алевритовых осадков снова вскрывают более чем 150-метровую толщу грубообломочных отложений с подчиненными прослоями уплотненных суглинков и супесей (скважины № 470, 478 и др.). Широтная зона увеличенной мощности грубообломочных отложений распространяется за пределы останца и прослеживается на территории конусов выноса Лаин-Су и Арчиньян-Су (скважины № 428, 479).

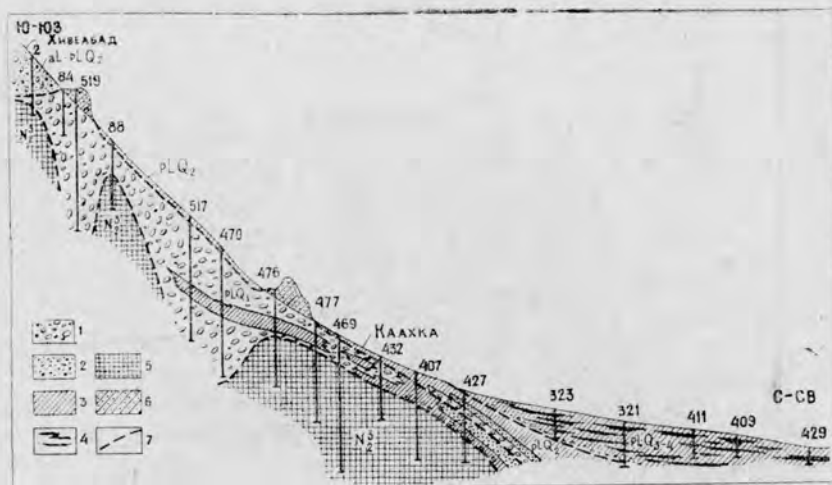


Рис. 2. Геолого-литологический разрез по линии 1—1*. 1 — Гравийно-галечниковые отложения и конгломераты; 2 — пески; 3 — супеси и суглинки; 4 — глины; 5 — алевролиты; 6 — песчано-алевролитовая толща; 7 — стратиграфические границы.

* От скважины № 107 разрез продолжен на С—СВ за рамку схемы (рис. 1). Вертикальный масштаб превышает горизонтальный в 50 раз.

Очередная к северу широтная литологическая зона характеризуется сокращением мощности грубообломочных отложений, опять-таки, как в пределах останца (скважины № 476, 477, 469) (рис. 2), так и на конусах выноса (скважины № 422, 449). Под галечниками и конгломератами, как и в районе пос. Чильгез, вскрывается толща слабой или средней плотности алевролитов мощностью более 100 м (скважина № 469) (рис. 2), принадлежащая уже плиоцену.

Очевидно, что установленная широтная зональность в распространении грубообломочных и мелкоземистых отложений не могла бы возникнуть в процессе осадконакопления в нормальных условиях, то есть при обычной дифференциации обломочного материала по направлению сноса. Следовательно, грубообломочная и подстилающая мелкоземистая (алевролитовая) толщи формировались в разные стадии тектогенеза, причем накопление более молодой грубообломочной толщи происходило на дислоцированной поверхности мелкоземов. Субширотным антиклинальным поднятием соответствуют выделенные зоны с относительно малой мощностью перекрывающих их грубообломочных отложений, а в синклинальных прогибах мощность этих отложений резко возрастает. Принимая при этом во внимание, что гравийно-

галечниковая толща, вскрытая скважинами под покровом песчано-алевритовых отложений останца между конусами выноса Лаин-Су и Арчиньян-Су, не только ничем не отличается от грубообломочных отложений в низах четвертичного пролювия указанных конусов, но и сопоставляется с ними по своему гипсометрическому положению, можно с уверенностью говорить о послеплиоценовом возрасте этой гравийно-галечниковой толщи и ее пролювиальном генезисе. Отсюда следует, что и песчано-алевритовая толща каахкинских останцов, перекрывающая сплошным чехлом гравийно-галечниковые отложения, также относится к образованиям конусов выноса четвертичного возраста, как и предполагалось П. И. Калугиным. Г. Б. Бердыев и А. К. Симаков уточняют возраст этой толщи, относя ее к нижнечетвертичному пролювию. На этом основании возраст подстилающих песчано-алевритовую толщу грубообломочных отложений на Каахкинском участке определяется нами тоже как раннечетвертичный, а каахкинские останцы в целом рассматриваются как остатки приподнятых и расчлененных нижнечетвертичных конусов выноса, или, точнее, единого древнего конуса рек Лаин-Су и Арчиньян-Су.

М. К. Граве [2], уверенно обосновав послеплиоценовый возраст песчано-алевритовой толщи каахкинских останцов, рассматривает ее как верхнюю часть кешининбаирской свиты и на этом основании высказывает мысль, что «...формирование, в основном, верхнеплиоценовой делювиально-пролювиальной кешининбаирской свиты закончилось в четвертичное время» (стр. 18). Охарактеризованное выше положение песчано-алевритовой толщи в разрезе предгорий Каахкинского участка требует весьма осторожного подхода к этой мысли и на данном этапе изученности территории подтверждает мнение исследователей, ограничивающих время формирования кешининбаирской свиты верхним плиоценом [1, 3].

Итак, дислоцированные отложения кешининбаирской свиты на Каахкинском участке оказываются повсеместно перекрытыми мощной толщей пролювиальных накоплений четвертичного возраста. Под четвертичным пролювием бурением прослеживаются погребенные субширотные складки, выраженные в отложениях кешининбаирской свиты: Хивеабадская синклиналь, Чильгезская антиклиналь, Киштанская синклиналь и Каахкинская антиклинальная складка (рис. 1).

Не исключено, что предгорные складки в верхнеплиоценовых отложениях отражают структурный план более глубоких горизонтов, в частности — залегающих на доступных глубинах пограничных слоев мела и палеогена, которые оцениваются П. И. Калугиным [5] как высокоперспективные на нефть и газ. В этом отношении заслуживает внимания широкая и пологая Каахкинская складка, представляющая, возможно, крупную брахантиклиналь-структурную ловушку для нефтегазовых скоплений. Представляется целесообразным дальнейшее ее изучение геолого-геофизическими методами с бурением параметрической скважины в сводовой части в урочище Каргалык (рис. 1), где складка наиболее ярко выражена.

Выводы

1. Предгорные возвышенности Каахкинского участка сложены пролювиальными образованиями нижнечетвертичных конусов выноса.
2. Мощность нижнечетвертичного пролювия в предгорьях зависит от структурного плана подстилающих верхнеплиоценовых отложений и колеблется от 30—40 до 180—200 м.
3. Формирование погребенных складок каахкинских предгорий от-

носятся к концу верхнего плиоцена. Судя по практически горизонтальному залеганию нижнечетвертичной песчано-алевритовой толщи каахкинских останцов и гипсометрическому положению последних, в четвертичный период Каахкинский участок испытывал преимущественно общее поднятие; процессы складкообразования были здесь, в основном, завершены еще во второй половине раннечетвертичного времени.

4. Каахкинский участок является перспективным на нефть и газ и требует постановки специальных геолого-геофизических исследований на всей его площади.

Южно-Каракумская гидрогеологическая экспедиция
УГ СМ Туркменской ССР

Поступило
28 апреля 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калугин П. И., Кунин В. Н. и др. — Геологическая карта СССР. Масштаб, 1:1000000, Объяснительная записка к листу J-40. Госгеолиздат, 1946.
2. Граве М. К. — Северная подгорная равнина Копет-Дага. Изд. АН СССР, М., 1957.
3. Смирнов Л. Н., Ибрагимов М. С. — Сб. Вопросы геологии Туркмении, Туркмениздат, 1965.
4. Бердыев Г. — Сб. Вопросы геологии Туркмении. Туркмениздат, 1965.
5. Калугин П. И. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 5, 1964.

УДК 551.762.33

А. А. БАЙКОВ
В. И. СЕДЛЕЦКИЙ
Х. ХУДАЙКУЛИЕВ

О ВЗАИМООТНОШЕНИИ ГАУРДАКСКОЙ СВИТЫ С ПОДСТИЛАЮЩИМИ И ПОКРЫВАЮЩИМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ МЕЗОЗОЯ В ЮГО-ЗАПАДНОМ ГИССАРЕ

Толща галогенных (соляных и ангидритовых) осадков гаурдакской свиты, залегающая над фаунистически охарактеризованными известняками оксфорда (гиссарская свита), пользуется устойчивым распространением на территории Юго-Восточной Туркмении и прилегающих областей. В Юго-Западном Гиссаре [1] она сложена в нижней части ангидритами с прослоями известняков, имеющими мощность от 150 до 350 м, в верхней части — светло-серой и розовой каменной солью от 210 до 460 м с прослоями калийных солей и пластом покровного ангидрита. Общая мощность гаурдакской свиты обычно не превышает 700 м.

Вышележащая карабийская свита представлена красноцветными глинами, аргиллитами, переходящими вверх по разрезу в алевролиты и песчаники.

Одним из спорных в стратиграфии описанного комплекса отложений является вопрос о существовании перерыва в осадконакоплении на границе гаурдакской свиты с подстилающими и перекрывающими ее отложениями мезозоя. Материалы бурения большого числа скважин и детальное изучение в естественных выходах контакта карбонатной и сульфатной толщ позволяют говорить о весьма плавном и постепенном переходе от подстилающих карбонатов к ангидритам.

Ниже приводится характерный разрез переходной пачки, описанной нами на западном склоне Кугитангского хребта у подножия горы Имамкульбулды. Аналогичный разрез вскрыт скважиной № 5/3 (по Н. П. Петрову) [2], пробуренной в 40 км западнее, у подножия гор Гаурдака.

Гиссарская свита 1. Известняки темно-серые, доломитистые, пелитоморфные, горизонтальнослоистые (мощность слоев 0,1—0,15 м). Видимая мощность 18,0 м.

Гаурдакская свита 2. Гипсы белые, мелкокристаллические, с прослойками, мощностью 2—5 см темно-серого мелкокристаллического известняка. Контакт с подстилающими известняками гиссарской свиты четкий, резкий. Мощность 4,25 м.

3. Известняк темно-серый, доломитовый, пелитоморфный, крепкий, плитчатый. Содержит линзочки белого гипса. Контакт с нижним и

верхним слоями постепенный, переходная зона мощностью 0,5 м представляет собой чередование известняковых и гипсовых слоев. Мощность 1,7 м.

4. Гипс белый, среднекристаллический. В верхней половине слоя содержит многочисленные пропластки, линзочки и точечные включения

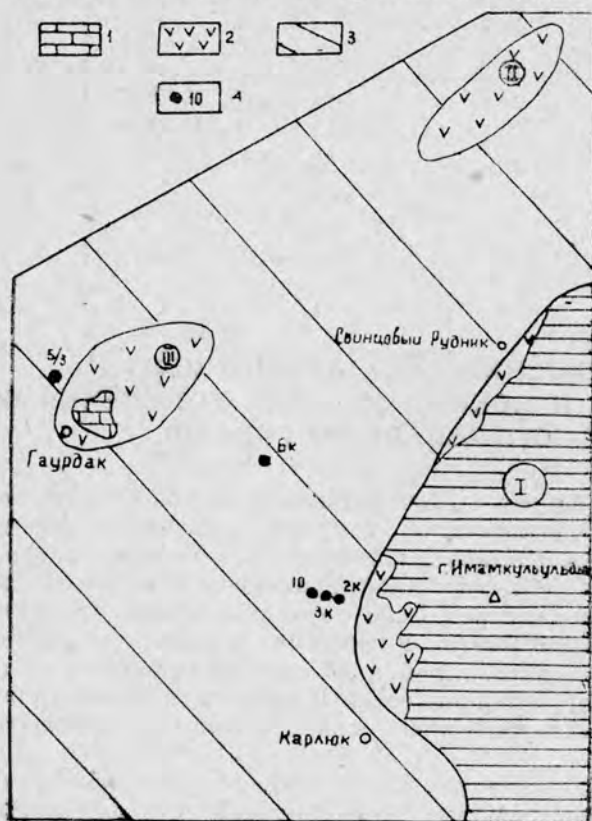


Рис. 1. Обзорная схематическая карта. 1 — Известняки оксфорда; 2 — гипсы и ангидриты гаурдакской свиты; 3 — меловые и четвертичные отложения; 4 — местоположение скважин. Антиклинальные складки: I — западное крыло Кугитангской антиклинали; II — Тюбеготанская; III — Гаурдакская.

серого пелитоморфного известняка. Мощность 1,85 м.

5. Известняк серый, доломитовый, пелитоморфный, плитчатый. Мощность 1,0 м.

6. Гипс белый с желтоватым оттенком, среднекристаллический, в нижней части содержит многочисленные пропластки серого и зеленовато-серого известняка. Видимая мощность 10,0 м. Общая мощность пачки 18—19 м.

Непрерывность пегматогенного процесса в верхнеюрском солеродном бассейне доказывается присутствием между карбонатной и сульфатной стадиями галогенеза промежуточной доломитовой, выразившейся в формировании доломитизированных известняков и доломитов в верхах карбонатной

толщи оксфорда. Режим морского бассейна, где накапливались коралловые известняки оксфорда, по-видимому, незначительно изменился в последующую сульфатную стадию его развития [3].

Несмотря на то, что большинством исследователей принята точка зрения об отсутствии перерыва или углового несогласия между известняками оксфорда и ангидритами гаурдакской свиты, некоторые авторы придерживаются противоположных взглядов. Эти представления отразились в выделении между гаурдакской и гиссарской свитами гулиобских слоев, ограниченных поверхностями стратиграфического несогласия [4, 5]. Гулиобские слои, выделенные В. И. Браташом в северных районах Юго-Западного Гиссара и Афгано-Таджикской впадины, в Юго-Восточной Туркмении по его данным отсутствуют, однако поверхность разрыва и стратиграфического несогласия сохраняется.

Ошибочные с нашей точки зрения представления о существовании

такого перерыва, основанные на изучении разрезов галогенных отложений в области их неглубокого залегания и выходов на поверхность, могут быть объяснены следующими особенностями геологического строения территории:

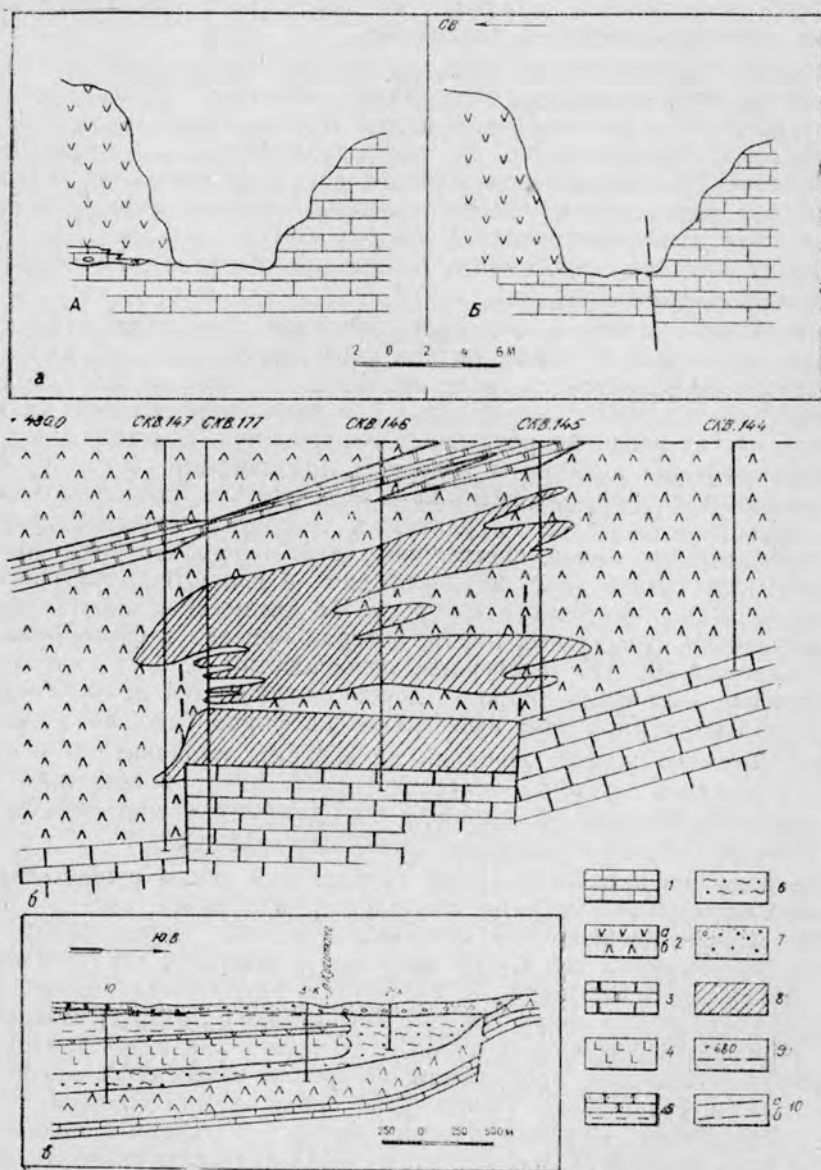


Рис. 2. а — Контакт гипсов гаурдакской свиты и подстилающих известняков оксфорда на северо-западном склоне Кугитанг-Тау: А — по В. А. Браташу; К — по наблюдению авторов; б — морфология карбонатных сероносных залежей на Гаурдакском серном месторождении (по Е. С. Парникель); в — карстовые образования в солях гаурдакской свиты. 1 — Известняки оксфорда; 2а — гипсы; 2б — ангидриты гаурдакской свиты; 3 — известняки маркирующего горизонта; 4 — каменная соль; 5 — глины и песчаники карабийской свиты; 6 — песчано-глинистые карстовые и долинные отложения; 7 — галечники (четвертичные отложения); 8 — карбонатно-сероносные залежи; 9 — статический уровень подземных вод; разрывные нарушения; 10а — установленные; 10б — предполагаемые.

а) наличием тектонических разрывных нарушений, плохо прослеживаемых в монотонной толще гипсов и ангидритов; б) развитием на контакте подстилающих известняков и ангидритов гаурдакской свиты пластовых и линзовидных эпигенетических образований (сероносные карбонаты, целастиновые пласты); в) карстовыми, просадочными и другими экзотектоническими явлениями.

Нижняя приконтактовая часть гаурдакской свиты образует многочисленные, иногда хорошо обнаженные выходы вдоль западных крыльев крупных антиклинальных поднятий, таких, как Кугитангское, Гаурдакское и Тюбеготанское, где наиболее интенсивно проявляется тектоническое дробление пород. Тектонический контакт известняков и ангидритов в ряде случаев может быть истолкован как первичное стратиграфическое взаимоотношение, подобно тому, как это описано В. И. Браташом для обнажения в районе пос. Кугитанг, впоследствии обследованного нами (рис. 2а).

Известняки и ангидриты в приконтактовой зоне характеризуются мономинеральностью. К числу редких сингенетических образований относятся лишь немногочисленные кремневые конкреции близ подошвы ангидритов и слабое окремнение в верхах карбонатной толщи. Однако в местах развития разрывных нарушений в подстилающих известняках оксфорда ангидриты содержат линзовидные тела перекристаллизованных карбонатов, несущих в ряде случаев интенсивное осернение. Детальная разведка Гаурдакского и других серных месторождений показала, что линзы известняков четко контролируются зонами дроблений известняков (рис. 2б) оксфорда и являются эпигенетическим новообразованием, одним из продуктов химической и бактериальной переработки сульфатных пород, которая привела к формированию серных залежей [6]. По текстурным особенностям и цвету светло-серые, пористые, осерненные породы, хорошо отличаются от залегающих ниже плитчатых темно-серых известняков оксфорда (рис. 2б).

Другим типом новообразования на контакте карбонатных и сульфатных отложений является целастиноносный пласт мощностью до 0,3 м, распространенный на площади Гаурдакского серного месторождения и не выходящий за контур сероносных залежей.

При изучении нижней границы гаурдакской свиты существование вторичных образований должно тщательно учитываться, так как недостаточное знание особенностей строения и истории формирования отдельных геологических тел могут привести к неверным стратиграфическим выводам. В частности, В. И. Браташ [4] принимает в качестве основания гаурдакской свиты контакт ангидритов с линзами эпигенетических карбонатно-сероносных пород, в то время как в действительности нижняя ее граница, проводимая по кровле известняков оксфорда, залегает значительно ниже. Пересечение скважинами сероносных залежей на различных гипсометрических уровнях, а иногда и полное отсутствие их в разрезе позволяет этому исследователю говорить о существовании перерыва между гаурдакской и гиссарской свитами и глубокого эрозионного вреза в кровле известняков оксфорда.

Следующая группа явлений, маскирующих первоначальные стратиграфические взаимоотношения известняковой и ангидритовой толщ, связана с резко неравномерным развитием среди этих отложений разнообразных экзотектонических процессов [7].

Вдоль западного склона хребта Кугитанг-Тау отложения гаурдакской свиты развиты в виде останцов, сохранившихся на моноклинально падающих к западу известняках оксфорда. Обнажающие массы гидротизированных ангидритов на отдельных участках приобретают

красно-коричневый оттенок за счет засорения их переотложенными продуктами красноцветов неокома.

К югу от пос. Свинцовый рудник в гипсах гаурдакской свиты хорошо прослеживаются неправильной формы вертикальные и горизонтальные полости, заполненные пелитолитовым материалом. Располагаясь на различных стратиграфических и гипсометрических уровнях, они бывают приурочены к границе гипсов с подстилающими известняками, что в некоторых случаях без широкого прослеживания по простиранию может быть истолковано как признак поверхности размыва. Скопления красноцветов являются результатом заполнения древних карстовых полостей, глубина заложения которых контролировалась обычно кровлей известняковой толщи. Среди пелитолитов почти всегда присутствуют обломки песчаников и известняков из перекрывающих меловых отложений.

Более редкое проявление связано с гравитационным проседанием останцов гаурдакской свиты, залегающих на поверхности известняков оксфорда, при обрушении свода карстовых пещер, которые широко развиты в карбонатной толще. Детальное картирование таких участков позволяет сравнительно легко находить признаки, доказывающие их экзотектоническую природу.

Граница между гаурдакской и карабильской свитами характеризуется при нормальных стратиграфических взаимоотношениях постепенным закономерным переходом, также позволяющим сделать вывод об отсутствии признаков перерыва или углового несогласия на всей изученной территории.

Описание типичного разреза переходной зоны свит приводится по данным скважины № 6-к, пробуренной между Гаурдакской и Кугитангской антиклиналями.

Гаурдакская свита. Интервал 364,8—307,5 м. Каменная соль розовая и бледно-розовая, участками глинистая, с включениями и прослойками голубовато-серого ангидрита. Интервал 307,5—304,0 м. Покровный ангидрит серый и голубовато-серый. От середины слоя к его кровле наблюдается постепенное увеличение содержания красно-коричневой глины, которая близ кровли становится преобладающей.

Карабильская свита. Интервал 304,0—290 м. Глины аргиллитоподобные, голубовато-серые и вишнево-красные, сильно огипсованные, слоистые.

По данным Н. П. Петрова при разведке калийного месторождения на западном крыле Гаурдакской антиклинали несколькими скважинами установлено отсутствие в разрезе пласта покровного ангидрита, который, по-видимому, на отдельных, весьма ограниченных по площади участках, замещается красноцветными глинами. В других пунктах региона подобные случаи неизвестны, хотя бурые и красно-коричневые глины повсеместно присутствуют в пласте покровного ангидрита в виде включений и прослоев, иногда настолько многочисленных, что ангидрит занимает подчиненное положение.

В ряде случаев контакт между солями и покровными ангидритами бывает усложнен за счет развития древнего карста глубокого заложения. Карстовые полости заполнены красноцветными образованиями, состоящими из глинисто-алевритовой массы с обломками песчаников.

Пассивный карст в соляной толще может быть встречен при бурении скважин в речных долинах и в обнажающихся бортах древних террасированных долин (рис. 2в):

Выводы

1. Толща галогенных отложений гаурдакской свиты (верхняя юра) характеризуется согласным залеганием с подстилающими известняками оксфорда и перекрывающими красноцветами неокома.

2. Первичные стратиграфические взаимоотношения между отдельными пластами и свитами часто усложнены или полностью изменены в результате наложенных тектонических, экзотектонических и минералогенных факторов. Последние зачастую неверно интерпретируются в качестве процессов, синхронных осадконакоплению, и являются причиной неправильного выделения поверхностей углового и стратиграфического несогласия.

Кугитангская геолого-разведочная экспедиция
УГ СМ Туркменской ССР

Поступило
25 мая 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машрыков К. К., Аманиязов К., Худощин И. М., Юферев Р. Ф. Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 2, 1964.
2. Петров Н. П. — ДАН Уз.ССР, № 3, 1949.
3. Иванов А. А. — Геология галогенных отложений СССР. Госгеолтехиздат, 1960.
4. Браташ В. И. — Тр. Всесоюзн. научно-исслед. геол. развед. нефт. ин-та, вып. 30, 1961.
5. Браташ В. И. — Тектоника Туркмении. Изд-во «Наука», М., 1966.
6. Коган В. Д. — Известия АН СССР, сер. геол., № 11, 1958.
7. Седлецкий В. И. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 4, 1965.

О ЧЕРКЕЗЛИНСКОМ ПОДНЯТИИ НА ЗАПАДЕ НИЗМЕННЫХ КАРА-КУМОВ

В Низменных Кара-Кумах северо-восточнее Малого Балхана располагается массив песков Черкезли, представляющий собой невысокое пологое повышение рельефа, относительные превышения которого достигают 100 м. Как указывает В. В. Прусов, массив Черкезли сложен апшеронскими (?) отложениями и по характеру рельефа четко обособляется от окружающих песков Низменных Кара-Кумов. По мнению А. Нигарова и ряда других геологов на массиве развиты ниже-среднечетвертичные отложения. На прилежащих пространствах Низменных Кара-Кумов повсеместно распространены во многих местах уже почти нацело разрушенные дефляцией хвалынские породы. Таким образом, к массиву приурочено поле выходов пород более древних, чем развитые на прилежащей части Кара-Кумов. Это может быть понято лишь как следствие новейшего тектонического поднятия массива. Еще в 1955 г. В. В. Прусов считал, что в пределы массива заходит периклиналь Перевало-Айдинской антиклинали. Позднее В. А. Николенко и В. В. Шолохов предположили наличие в северо-восточной части массива положительной структуры субширотного простирания. Однако в обоих случаях, по-видимому, имеет место некоторая недооценка масштабов поднятия этого участка.

Массив песков Черкезли — это крупный элемент современного рельефа, являющийся водоразделом между Низменными Кара-Кумами и Западно-Туркменской низменностью (для межбалханской их части). Здесь мы, по-видимому, имеем дело также с довольно крупным положительным структурным элементом, соизмеримым с антиклиналью Малого Балхана и имеющим общую с ней ориентировку.

Размеры массива — 28 км по длинной и 20 км по короткой оси. Наибольшей ширины он достигает в своей юго-западной части, отчего в плане имеет клиновидную форму. Неправильный овал массива, срезанный на юго-западе почти по прямой линии, вытянут в общем с юго-запада на северо-восток. Наибольшей относительной (100 м) высоты массив достигает на юго-западе, а в центральной части отчетливо видно некоторое снижение его водораздельных высот. Южная половина его в поперечном сечении асимметрична: юго-восточный склон более крутой. Водораздельная часть массива Черкезли имеет в плане Т-об-

разную форму, расширяясь на северо-востоке. Исходя из изложенного, возможные размеры Черкезлинского поднятия: до 25—28 км по длинной оси и до 10—15 км по короткой. Юго-восточное крыло, по-видимому, круче северо-западного, во всяком случае в южной части поднятия. Наибольшей амплитуды по кровле апшеронских (или среднечетвертичных) пород, превышающей 100 м, поднятие достигает на юго-западе, а центральная часть свода, вероятно, осложнена структурной седловиной. Возможно также, что поднятие включает два относительно самостоятельных структурных элемента: — северо-восточной ориентировки (основная большая часть массива) и — субширотный (северо-восток массива), соответствующий структуре, выделявшейся ранее В. А. Николенко и В. В. Шолоховым. От Малобалханской антиклинали описываемое поднятие отделено разломом глубокого заложения [2], четко отражающимся в геологическом и геоморфологическом строении района.

Сейчас трудно что-либо говорить о структурной принадлежности Черкезлинского поднятия. Однако лишь водораздельная часть песчаного массива Черкезли гипсометрически изолирована от Малого Балхана, массив же в целом составляет с ним единый крупный положительный элемент современного рельефа. Поэтому весьма возможно, что Черкезлинское поднятие является частью единой Малобалхан-Черкезлинской антиклинали, отсеченной от нее разломом глубокого заложения в ходе формирования депрессии Низменных Кара-Кумов.

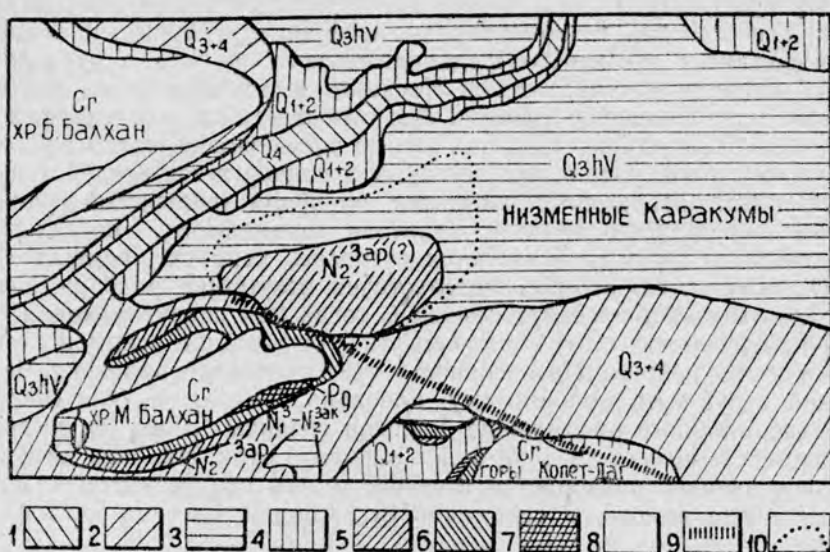
По данным среднемасштабной горной гравиметрической съемки Западного Копет-Дага [1] антиклиналь Малого Балхана по комплексу основания (домезозойские отложения) представляется крупным горстом (горст-антиклиналью), ограниченным со всех сторон разломами глубокого заложения. Кажется логичным предположить аналогичное строение и для Черкезлинского поднятия, являющегося продолжением Малобалханского. Это предположение косвенно подтверждают результаты изучения слабых землетрясений запада ТССР, проведенного в 1955 г. В. И. Кейлис-Борок и Л. Н. Малиновской. Ими установлено, что дислокации в очаге слабого землетрясения, зафиксированного в пределах массива песков Черкезли, связаны с разрывным смещением северо-восточной ориентировки. Сам очаг землетрясения попадает при этом в приосевую часть структуры Черкезли. Субширотное осложнение последней тоже, возможно, имеет приразломную природу. К сожалению, в пределы Черкезлинского песчаного массива не заходит ни один сейсморазведочный профиль. В характере же гравитационного поля района предполагаемое поднятие не находит своего отражения. Причины этого пока не ясны. Несомненно, что выяснение причин наметившегося противоречия между геофизическими (гравиметрическими) и геолого-геоморфологическими данными представляет прямой практический интерес.

История тектонического развития Черкезлинского поднятия пока, в основном, область гипотез и предположений. Как известно [2], разлом глубокого заложения, протягивающийся вдоль северного подножья Копет-Дага и в своей северо-западной части отделяющий данную структуру от Малого Балхана, активизировался в конце палеогена — начале неогена, в связи с чем можно предположить, что до начала активизации движений по этому разлому Малобалхан-Черкезлинская структура развивалась как единый структурный элемент и, следовательно, донеогеновая история структуры Черкезли может оказаться весьма сходной с таковой для Малого Балхана. С активизацией разлома Черкезлинское поднятие начинает обособляться, опускаясь вместе

с интенсивно погружающимся Предкопетдагским прогибом. Вся последующая неогеновая и четвертичная история структуры, по-видимому, тесно связана с развитием Предкопетдагского прогиба, в пределах которого площадь массива песков Черкезли выделяется лишь как менее активно прогибающийся участок. Это относительное воздымание структуры настолько однако активно, что ее присводовая часть временами выводится из-под уровня аккумуляции и подвергается воздействию денудационных процессов. В частности, во время хвалынской трансгрессии Каспия площадь массива Черкезли, по-видимому, не заливается его водами, и последний является островом, вероятно, единым с Малым Балханом. Об этом свидетельствует отсутствие раковин хвалынских моллюсков в пределах массива, тогда как вокруг находки этих раковин повсеместны, — обстоятельство, отмечаемое всеми исследователями этого района. Интенсивность тектонического поднятия Черкезлинской структуры, по-видимому, довольно велика, так как современные относительные превышения массива созданы лишь за четвертичный период, а возможно и за более короткий срок. Наконец, структура довольно активно развивается и сейчас, о чем свидетельствуют приведенные выше данные о сейсмичности площади массива песков Черкезли.

Предполагаемое Черкезлинское поднятие занимает выгодную структурную позицию, располагаясь на западном замыкании Предкопетдагского предгорного прогиба. Размеры его значительны и, следовательно, не исключена возможность обнаружения здесь крупных залежей нефти и газа. Неглубокое залегание кровли верхнего мела в этом районе (до 1200—1400 м по данным гравиметрии) создает реальную возможность вскрытия бурением вероятно нефтегазоносных пород в разрезе мезозоя. Наконец, Черкезлинское поднятие имеет выгодное в экономическом отношении географическое положение, будучи расположено в непосредственной близости от уже разрабатываемых месторождений прибалханского района, железной дороги и возможных источников водоснабжения. Все это вместе взятое свидетельствует, как нам кажется, о том, что Черкезлинское поднятие заслуживает скорейшего изучения. Однако высказанные выше соображения о строении этого поднятия могут, конечно, рассматриваться лишь как сугубо предварительные. Для выяснения истинного его строения было бы целесообразно проведение в пределах массива Черкезли сейсморазведочных работ, а для выяснения характера геологического разреза, который пока известен лишь до глубин порядка 200 м — параметрического бурения.

Результаты рекомендуемых выше специальных сейсмических и буровых работ на площади песчаного массива Черкезли могут оказать серьезное влияние на определение направления поисковых геолого-геофизических работ на нефть и газ на территории Предкопетдагского прогиба. Действительно, если верны высказанные выше соображения о структурной и генетической близости Черкезлинского и Малобалханского поднятий, то будет логично предположить возможность наличия в пределах Предкопетдагского прогиба погребенных продолжений других антиклинальных зон Копет-Дага, во всяком случае зон Западного Копет-Дага. Большое практическое значение решения этого вопроса очевидно, так как в случае получения положительных результатов появится возможность соответствующим образом ориентировать геолого-геофизические работы по поиску структурно обусловленных залежей нефти и газа на предгорной равнине Копет-Дага и в Низменных Кара-Кумах.



Схематическая геологическая карта. 1 — Современный отдел; 2 — верхний и современный отделы объединенные; 3 — верхний отдел, хвалынский ярус; 4 — нижний и средний отделы объединенные; 5 — апшеронский ярус; 6 — верхний миоцен — акчагыл объединенные; 7 — палеогеновая система; 8 — меловая система; 9 — разлом глубокого заложения; 10 — контур черкезлинского повышения рельефа.

Выводы

1. Массив песков Черкезли на западе Низменных Кара-Кумов на северо-восточном продолжении Малого Балхана соответствует крупной новейшей положительной структуре, соизмеримой с антиклиналью Малого Балхана, имеющей с ней общую ориентировку и, возможно, близкой с ней генетически.

2. В силу возможной нефтегазоносности Черкезлинской структуры, относительно крупных ее размеров и выгодного структурного и экономико-географического положения целесообразно дальнейшее ее изучение, в первую очередь методами сейсморазведки и параметрическим бурением.

3. Не исключено наличие в пределах Предкопетдагского прогиба погребенных продолжений других антиклинальных зон Копет-Дага, во всяком случае, Западного Копет-Дага.

Туркменская геолого-геофизическая экспедиция
УГ СМ Туркменской ССР

Поступило
2 июня 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амурский Г. И., Крымус В. Н., Шелегова И. Ф. — Тектоника Туркмении и сопредельных территорий (Материалы тектонического совещания в Ашхабаде в октябре 1964 г.). Изд-во «Наука», М., 1965.
2. Амурский Г. И. — Тектоника Туркмении и сопредельных территорий (Материалы тектонического совещания в Ашхабаде в октябре 1964 г.). Изд-во «Наука», М., 1965.

УДК 551.762

В. А. ТУРАНОВ
Ю. В. САМСОНОВ
К. АКМУРАДОВ

О КОРРЕЛЯЦИИ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КАРАКУМСКОГО СВОДА

Юрские отложения на Каракумском своде вскрыты в пределах Зеагли-Дарвазинской группы структур скважинами № 1, 2, 3, 4, 6, 12 и 13. В разрезе их выделены только образования нижней и средней юры.

Сопоставление разрезов юры и мела Каракумского свода и Амударьинской впадины по скважинам Дарваза № 13 и Джаркак № 1, выполненное В. А. Турановым в 1961 г., выявило значительное сходство их геоэлектрических характеристик, что позволило отнести верхнюю часть разреза юры к ее верхнему отделу.

Обнаружение Г. А. Симаковой в скважине № 16 (глубина 1500 м) спорово-пыльцевого комплекса, в котором преобладала пыльца *brachyphyllum*, привело и Г. А. Габриэлянца [1] к выводу о присутствии верхнеюрских отложений на Каракумском своде, хотя и в значительно меньшем стратиграфическом объеме, чем это вытекает из сопоставления геоэлектрических разрезов Каракумского свода и Амударьинской впадины.

В последнее время несколько иначе разрез юрских отложений рассмотрен Г. Х. Дикенштейном, И. Н. Шебуевой и И. Н. Бархатной [2]. На основе проведенного указанными исследователями спорово-пыльцевого анализа в разрезе верхней юры выделены только отложения келловей. Возраст верхней части глинисто-карбонатной толщи, считавшийся ранее верхнеюрским [1], Г. Х. Дикенштейном, И. Н. Шебуевой и И. Н. Бархатной определяется как неокомский. В скважинах № 2, 4 и 6 в этом случае верхнеюрские отложения отсутствуют и породы неокома несогласно перекрывают среднеюрские отложения.

С целью изучения юрских отложений Каракумского свода нами предпринята попытка сопоставления их по данным электрометрии скважин. При этом использовались два четких геофизических репера, позволяющих уверенно выделять интересующую часть разреза. Нижний приурочен к кровле доюрских образований, верхний — к контакту сероцветных карбонатно-глинистых юрских [1] и красноцветных пород неокома.

Корреляция показала, что юра на Каракумском своде характеризуется значительной фациальной изменчивостью. Литологически породы закономерно меняются от центральной, наиболее приподнятой ча-

сти Каракумского свода (район скважины № 2 на Шихской структуре) к периферийным его частям. В этом направлении уменьшается количество песчаных прослоев и возрастает глинистость разреза. Двигаясь от скважины к скважине, удается проследить отдельные пачки пород (рис. 1), наиболее четко из которых прослеживаются две, приуроченные к средней части разреза юры: верхняя—в скважинах № 11, 84, 16, 39, 2 и 12, нижняя — в скважинах № 11, 84, 16, 12 и 13.

Самые большие разногласия у исследователей в настоящее время вызывает корреляция скважин № 2 и 6 с остальными скважинами, вскрывшими юру. По данным спорово-пыльцевых комплексов и выполненным сопоставлениям, в разрезах скважин № 2 и 6 верхнеюрские отложения Г. Х. Дикенштейном и др. не выделяются и на доюрских

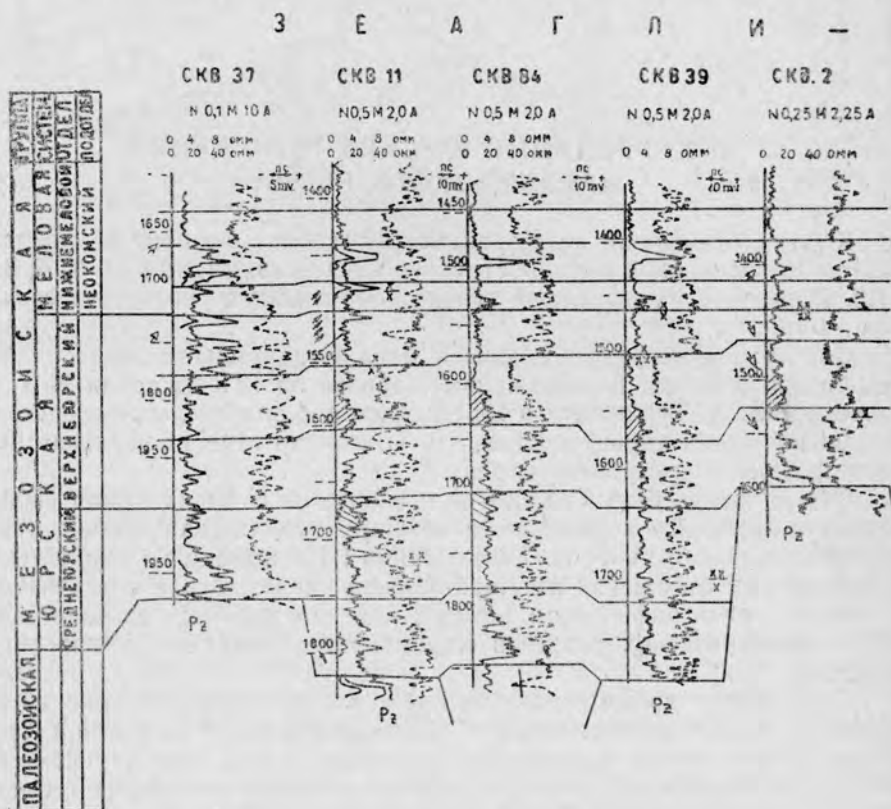
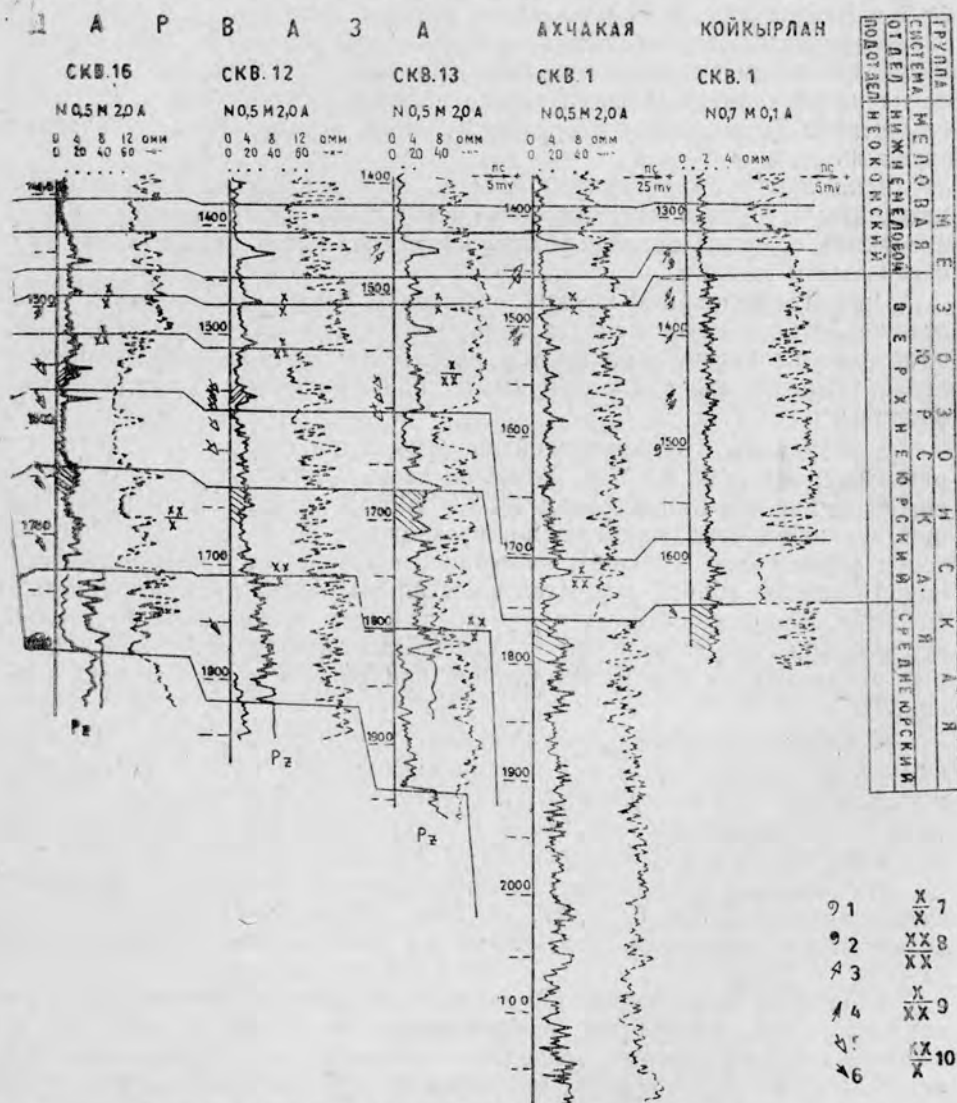


Рис. 1. 1 — Нижнемеловая микрофауна, 2 — верхнеюрская микрофауна, 3 — спорово-пыльцевой комплекс, 5 — предположительно верхнеюрский спорово-пыльцевой

Стратиграфические границы по Г. Х. Дикенштейну, И. Н. Шебуевой и

образованиях в них залегает та же аален-байосская пачка, что и в других скважинах (№ 39, 11, 13, 12, 16, 17, 4 и 1). Корреляция разрезов скважин № 2 и 29 с помощью электронно-вычислительных машин показывает, что в разрезе скважины № 2 присутствует не нижняя часть юрской толщи скважины № 39, а ее верхняя часть, то есть в разрезе скважины № 2, как и в разрезах других скважин, верхнеюрские отложения присутствуют. Следовательно, для Каракумского свода, как и для остальных крупных положительных геоструктурных элементов Туранской плиты, характерно резко выраженное трансгрессивное налегание пород платформенного чехла на палеозойский фундамент с выпадением из разреза его нижних горизонтов, что достаточно четко фиксируется на схеме сопоставления (рис. 1).



предположительно неокомский спорово-пыльцевой комплекс, 4 — верхнеюрский спорово-пыльцевой комплекс, 6 — среднеюрский спорово-пыльцевой комплекс.

И. Н. Бархатной (1964): $7 - \frac{Cr_1}{J_3}$, $8 - \frac{Cr_1}{J_2}$, $9 - \frac{J_3}{J_2}$, $10 - \frac{J_2 \cdot bt}{J_2a + bj}$.

С данным выводом хорошо согласуется характер изменения литологии пород вверх по разрезу юры. Анализ кернового и каротажного материалов показывает, что в среднеюрских образованиях (особенно в их нижней части) содержится более грубозернистый материал. Это объясняется наличием внутренней области сноса в районе скважины № 2. С момента погружения под уровень моря наиболее приподнятой части свода, вероятно, в начале верхнеюрского времени изменился и характер осадков. Песчаники становятся менее грубозернистыми, увеличивается роль глин, особенно в периферийных частях свода.

Юрские отложения, пройденные скважинами на Зеагли-Дарвазинском блоке, хорошо сопоставляются с аналогичными образованиями, вскрытыми на Ахчакаинском блоковом поднятии скважинами Ахчакая № 1 и Койкырлан № 1. Юра здесь, как и в скважине Дарваза № 13, характеризуется значительным содержанием глинистых образований. В средней части разрезов всех трех скважин отчетливо прослеживается пачка песчаников, позволяющая надежно сопоставлять эту часть отложений. Затруднена корреляция лишь верхов юры указанных скважин.

Если присутствие верхней юры во всех скважинах Каракумского свода нам представляется наиболее вероятным, то проведение нижней и верхней границы верхнеюрского комплекса здесь представляет значительные трудности.

При стратификации юрских отложений Каракумского свода в настоящей статье нами использованы результаты микрофаунистических и спорово-пыльцевых анализов и результаты регионального сопоставления разрезов его с аналогичными образованиями Амударьинской впадины.

С разрезами Амударьинской впадины лучше всего сопоставляются разрезы скважин № 13 и 37. Большая часть глинисто-карбонатной толщи скважины № 13 (интервал 1455—1605) и отчетливо коррелирующей с ней 173-метровой толщи в скважине № 37 (где карбонатных пород значительно больше), являющейся аналогом карбонатно-песчано-глинистой толщи, вскрытой в остальных скважинах Каракумского свода, должна соответствовать по возрасту известняковой толще верхней юры Амударьинской впадины. Залегающие выше красноцветные отложения на обеих территориях приурочены к неокомскому подделу.

С целью суждения о соотношении результатов увязки разрезов юры Каракумского свода и Амударьинской впадины и имеющихся определений спорово-пыльцевых комплексов на составленную схему сопоставления юрских отложений Каракумского свода (рис. 1) были нанесены данные спорово-пыльцевого анализа, приведенные в [2].

На основе исследования спорово-пыльцевых комплексов по девяти скважинам (№ 2, 3, 4, 6, 11, 12, 13, 16 и Ахчакая № 1) авторы [2] выделили четыре комплекса, отмеченные на схеме соответствующими знаками.

Нанесение этих данных по спорово-пыльцевому анализу на схему показало, что интервалы в скважинах № 37 и 11 (см. рис. 1), в которых соответственно определены неокомские и верхнеюрские комплексы, в силу выполненной корреляции должны иметь одинаковый возраст, поэтому их необходимо пересмотреть.

Отмечается значительное содержание пыльцы *Classopollis* в третьем спорово-пыльцевом комплексе. Несмотря на отсутствие в нашем распоряжении материалов для поинтервальной привязки обнаруженных спорово-пыльцевых комплексов, в целом обращает на себя

внимание, что интервал, в котором выявлен этот комплекс, соответствует интервалу юрского разреза, сопоставляющемуся с низами верхнеюрской песчано-глинисто-карбонатной толщи Амударьинской впадины и скважины № 37. Содержание пыльцы *Classopollis* до 30—40% от всего количества спор и пыльцы и спор *Coniopteris* не более 39,0—74,5% от всех спор, (а в отдельных пробах не более 24—40%), наряду с региональным сопоставлением этой части разреза данный комплекс не исключает верхнеюрский возраст вмещающих отложений.

Не противоречат такой стратификации разреза и данные по спорово-пыльцевым и микрофаунистическим анализам по скважинам Ахчакая № 1 и Койкырлан № 1.

Таким образом, на основе всего имеющегося материала нижняя граница верхнеюрского комплекса в настоящее время может быть проведена, хотя и в значительной мере условно, по подошве пачки песчанников, так отчетливо прослеживающейся в скважине № 13, скважине Ахчакая № 1 и Койкырлан № 1 (в скважине № 13 ей соответствует глубина 1668 м). Основанием для этого служит сопоставление разрезов Каракумского свода и Амударьинской впадины и более резкая смена спорово-пыльцевых комплексов на этой границе. В нижележащих отложениях резко преобладают споры *Coniopteris*, в вышележащих — наряду с последними содержится значительное количество пыльцы *Classopollis*.

Верхняя граница верхнеюрского отдела должна быть проведена, как показано на рис. 1 (в скважине Койкырлан № 1 ей соответствует глубина 1347 м). Такое проведение границы обосновано сменой типично верхнеюрских спорово-пыльцевых комплексов (преобладает пыльца *Classopollis*) на нижнемеловой микрофаунистический комплекс. Среди микрофаунистических остатков здесь обнаружены *Glomospirella gautlina* Berth, *Spiroplectamina* abb. *sibirica* Rom, *Haplophragmoides umbilicatus* Dain, *Trochammina* abb. *bicta* Rom, *Ammobaculites* sp, *Discorbis* sp. (скважина Койкырлан № 1, интервал 1334—1337 м).

Выводы

1. Юрские отложения на Каракумском своде закономерно от центральной, наиболее приподнятой (район скважины Шиих № 2), к периферийным его частям испытывают фациальные изменения, обогащаясь более тонкозернистым материалом.

2. Детальная корреляция с использованием электронно-вычислительных машин показывает, что верхнеюрские отложения присутствуют в разрезах всех вскрывших юру скважин.

3. Наиболее отчетливо определяется верхняя граница верхнеюрского отдела. Положение ее обосновано обнаружением спорово-пыльцевых и микрофаунистических комплексов. Нижняя граница условная и намечена по сопоставлению с разрезами соседних территорий.

Институт физики Земли и атмосферы
АН Туркменской ССР

Поступило
28 июня 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Габриэлянц Г. А. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 4, 1962.
2. Дикенштейн Г. Х., Шебуева И. Н., Бархатная И. Н. — Геология нефти и газа, № 5, 1964.
3. Бакиров А. А. и др. — Геологические условия и основные закономерности размещения скоплений нефти и газа в пределах эпигерцинской платформы юга СССР. Т. 1, Гостоптехиздат, 1963.
4. Самсонов Ю. В., Туранов В. А., Тораев О. — Тр. ТФ ВНИИ, вып. IX, Изд-во «Недра», 1967.

УДК 551.7+568.5

П. И. КАЛУГИН

СТРАТИГРАФИЯ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ТУРКМЕНИИ

Верхнемеловые отложения в пределах территории Туркменской ССР распространены почти повсеместно. Исключение представляют сравнительно небольшие площади, главным образом, в пределах горных и предгорных районов республики, где верхний мел размыт и на поверхности или под покровом кайнозоя выступают более древние образования. Однако выходы на поверхность верхнего мела занимают сравнительно небольшие участки, общая площадь которых не превышает 25 000 км², то есть около 5% всей территории Туркменской ССР.

Выходы верхнего мела приурочены, преимущественно, к горным районам: Копет-Дагу, Горному Бадхызу, Большому и Малому Балханам, Туар-Кыру, Гаурдак-Кугитангскому и Питнякскому. В равнинной части Туркменской ССР верхнемеловые отложения обнажаются в немногих местах, главным образом, в размытых ядрах погребенных антиклинальных структур, вдоль юго-восточной окраины Устюрта (Кара-Шор), в районе Кабаклы на правом берегу и к югу от Нукуса на левом берегу Аму-Дарьи, а также на северо-востоке Красноводского полуострова (в пределах Порсокупской синклинали). На обширных равнинных пространствах Центральных и Юго-Восточных Кара-Кумов, Западного и Центрального Заунгузья, Предкопетдагской предгорной равнины и Западно-Туркменской низменности верхнемеловые отложения почти повсюду скрыты под мощной толщей кайнозоя. Однако почти во всех этих районах верхний мел вскрыт многочисленными глубокими скважинами, исключение составляет западная часть Западно-Туркменской низменности. В пределах последней присутствие верхнемеловых отложений на большой глубине устанавливается по выбросам грязевых вулканов, содержащим обломки пород и остатки ископаемых верхнего мела. В пределах Предкопетдагской равнины глубины залегания верхнего мела устанавливаются приблизительно геофизическими данными. Положение кровли верхнего мела в равнинных районах Туркмении по данным глубокого бурения и геофизических исследований показаны на прилагаемой схеме (рис. 1).

Изученность верхнемеловых отложений неравномерна. В горных районах (Гаурдак-Кугитангский район, Копет-Даг, Горный Бадхыз, Туар-Кыр и др.), где имеют место хорошая и полная обнаженность слоев и обилие макроскопических и микроскопических ископаемых,

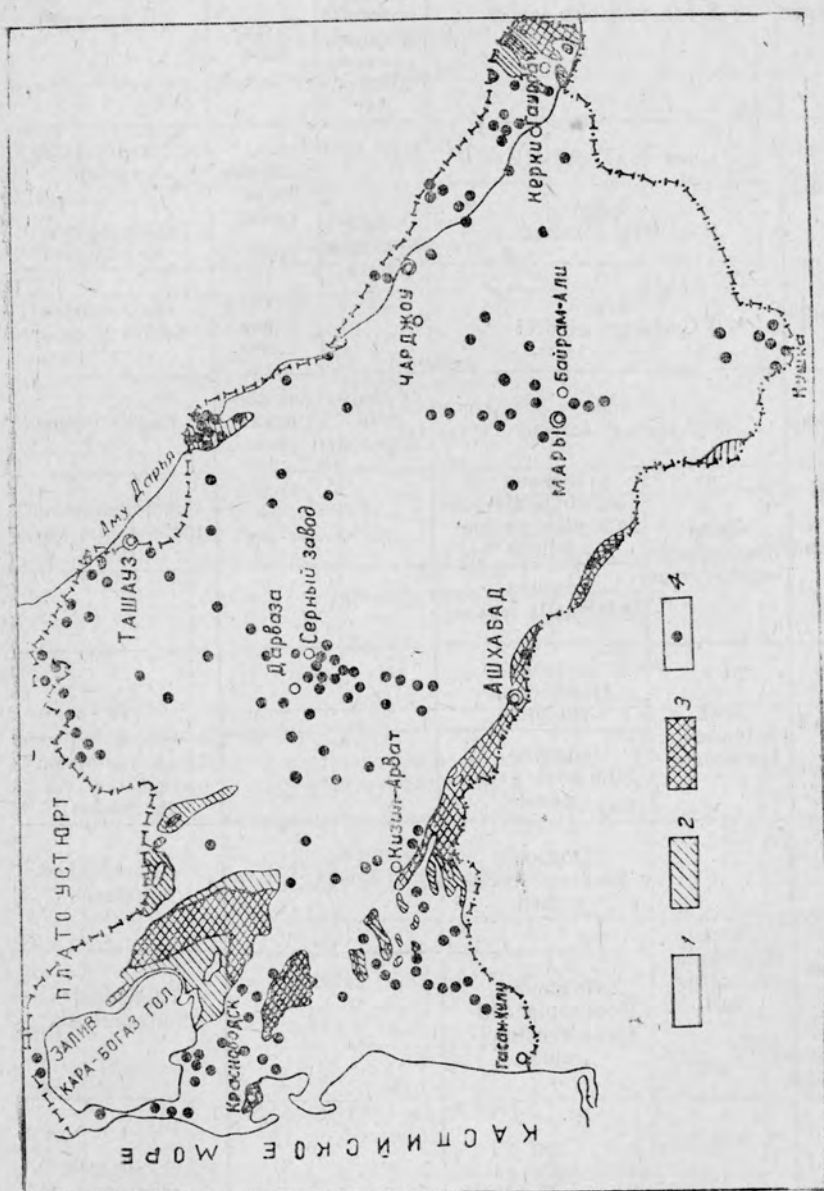


Рис. 1. Расположение глубоких скважин, вскрывших верхнемеловые отложения.
 1 — Выходы верхнемеловых отложений отсутствуют, 2 — выходы верхнемеловых отложений, 3 — верхнемеловые отложения размыты, 4 — расположение глубоких скважин, вскрывших верхнемеловые отложения.

Стратиграфическая схема верхнемеловых отложений Закаспийской провинции

Ярус	Подъярус	Зоны, подзоны, слои		Свиты		Зоны по фораминиферам
				Большой Балхан, Западный и Центральный Копет-Даг	Гяурс-Даг	
Д а н и й - м о н с	Верхний	Слои с «Tilocidaris» Зона Cyclaster ansaltansis		чаалджинская свита	шамлинская свита	Truncorotalia angulata
	Средний	Зона Cyclaster gindrei			наутилидовая свита	Globoconusa daubjergensis
	Нижний	Зона Cyclaster danicus		сумбарский горизонт	зиракевская свита	Eoglobigerina
М а а с т р и х т	Верхний	Зона Pachydiscus neubergicus	Подзона Gretirhynchia limbata mangyschlakensis			Gtammostomum incrassatum var. crassa
			Подзона Belemnella nowaki			
	Нижний	Зона (Belemnella lanceolata)	Подзона Hauericeras sulcatum			
			Подзона Micraster grimmensis			Grammostomum incrassatum var. incrassata
К а м п а н	Верхний	Зона Hoplitoplacenticeras vari	Подзона Micraster brongniarti			Cibicidoides veltzianus
			Подзона Hoplitoplacenticeras coesfeldtense			Cibicidoides aktulagauensis
	Нижний	Зона Micraster schroederi	Слои с Inoceramus gandjaensis M. Aliev			Cibicidoides temirensis
			Слои с Inoceramus azerbaijanensis M. Aliev			Bolivinoides decoratus

Сантон	Верхний	Зона <i>Inoceramus lobatus</i>		<i>Pseudovalvulineria stelligera</i>
	Нижний	Зона <i>Inoceramus cardissoides</i>		<i>Pseudovalvulineria infrasantonica</i>
Коньяк	Верхний	Зона <i>Inoceramus involutus</i>		<i>Pseudovalvulineria pracincrasantonica</i>
	Нижний	Зона <i>Inoceramus wandereri</i>		
Турон	Верхний	Зона <i>Collignoniceras woolgari</i> <i>Inoceramus apicalis</i>	Подзона <i>Hyphantoceras reussianum</i> <i>Micraster leskei</i>	<i>Gavelinella moniliformis</i>
			Подзона <i>Inoceramus falcatus</i>	
	Нижний	Зона <i>Inoceramus labiatus</i> <i>Inoceramus hercynicus</i>		<i>Heabergella holzli</i> и <i>Globorotalites hangensis</i>
		Зона <i>Praeactinocamax plenus plenus</i>		
Сеноман	Верхний	Зона <i>Avanthoceras rhotomagense</i>		<i>Pseudovalvulineria berthelini</i>
		Зона <i>Euomphaloceras euomphalum</i> Sharpe		
	Нижний	Зона <i>Mantelliceras mantelli</i>		<i>Pseudovalvulineria senomanica</i>
		Зона <i>Schloenbachia subplana</i> Mant.		

верхнемеловые отложения изучены и описаны подробно и, как правило, в них выделены все ярусы и подъярусы, а в Копет-Даге, Горном Бадхызе и Гаурдак-Кугитангском районе также свиты, зоны (слои) и частично подзоны (табл. 1).

В пределах равнинных территорий, где изучение верхнемеловых разрезов осуществляется преимущественно по данным бурения, далеко не всегда удается весь разрез подразделить на ярусы и подъярусы, причем границы между ними часто можно наметить только приблизительно или условно.

Несмотря на обилие ископаемых, во многих районах не удается достаточно точно установить нижнюю границу отдела. Вопрос о точном положении альбско-сеноманской границы остается дискуссионным даже для некоторых горных районов (Гаурдак-Кугитангский район, некоторые районы Копет-Дага и др.).

Еще более сложно стоит вопрос о верхней границе мела. Даже для Западного Копет-Дага, где местами имеется практически непрерывный разрез морских отложений от маастрихта до эоцена, нелегко обосновать точное положение границы между датским и монским ярусами, сложенными фациально и литологически однородными породами. В других районах, где пограничные слои мела и палеогена представлены в основном прибрежными, лагунными или даже континентальными фациями и где в разрезе этих слоев фиксируются неоднократные перерывы седиментации и даже размывы, наметить границу между даннем и монсом можно только в порядке условного допущения. Нам представляется целесообразным при сложившейся обстановке не разделять датско-монский комплекс, а рассматривать его как целое подразделение — ярус, в котором в разных районах, в зависимости от местных условий и практической целесообразности, можно выделить более дробные единицы: свиты, горизонты, слои, зоны и пр. Нужно отметить, что это осуществляется большинством исследователей, выделяющих: датский ярус+палеоцен (А. А. Атабеян и многие др.), датско-монский ярус (П. И. Калугин, А. В. Дмитриев, Г. Е. Кожевникова, В. Калугин, В. И. Крымус), датпалеоцен (Е. К. Щуцкая), черекский ярус (Б. П. Жижченко), датский ярус+нижний палеоцен (легенда Копетдагской серии геологических карт) и т. д. Все попытки выделить монский ярус или нижний палеоцен приводили к построению разного рода слабоаргументированных и недолговечных схем, мало способствующих выяснению вопроса. В приведенных ниже порайонных описаниях верхнего мела и палеогена датский ярус и монский ярус («нижний палеоцен») в большинстве случаев объединяются в один комплекс или описываются в условных границах.

Строение верхнемеловой толщи, состав ископаемых, фациально-литологические особенности существенно изменяются в разных местах.

Верхнемеловые отложения Западной Туркмении, Западного, Центрального и Гаурского Копет-Дага, Центральных и большей части Заунгузских Кара-Кумов сохраняют все основные черты Закаспийской провинции. Вместе с тем в составе ископаемых остатков, а также большой мощности отложений наблюдаются особенности, существенно отличающие верхний мел Закаспия от верхнемеловых отложений других областей. К числу этих особенностей следует отнести, в частности, обилие и разнообразие иноцерамов, морских ежей, брахиопод, фораминифер и сравнительную бедность видового состава аммонитов в надсеноманских отложениях верхнего мела.

Отложения закаспийского типа — это, в основном, фации открытого моря нормальной солености. Они почти везде расчленяются на две

серии. Внизу (сеноман, местами турон) развиты преимущественно терригенные породы (песчаники, алевролиты, алевроитовые глины), богатые глауконитом. Верхняя серия, включающая сенон и датский ярус, иногда также турон, представлена обычно карбонатными породами (органигенные, реже хемогенные известняки, мергели, известковые глины), которые в отдельных горизонтах верхней (надсеноманской) части разреза в большей или меньшей степени обогащены терригенным материалом. Среди ископаемых наибольшее значение имеют иноцерамы, морские ежи (рода *Conulus*, *Echinoconus*, *Holaster*, *Cardiaster*, *Echinocypris*, *Offaster*, *Galeola*, *Stegaster*, *Seunaster*, *Ornithaster*, *Epiaster*, *Micraster*, *Isomicraster*, *Hemiaster*, а в датско-монском ярусе *Cyclaster*, *Coraster* (местами *Linthia*, *Protobrissus* и др.); аммониты представлены родами *Paraturrilites*, *Hypoturrlites*, *Turrlites*, *Bostrychoceras*, *Diplomoceras*, *Neancyloceras*, *Baculites*, *Puzosia*, *Pseudokossmaticeras*, *Brahmaites*, *Lewesiceras*, *Eupachydiscus*, *Pachydiscus*, *Pseudomenuites*, *Hauericeras*, *Hyphoplites*, *Placenticeras*, *Schloenbachia*, *Forbesiceras*, *Hoplitoplacenticeras*, *Mantelliceras*, *Scharpeiceras*, *Acanthoceras*, *Calycoceras*, *Euomphaloceras*, *Mammites*, *Collignoniceras*, *Peroniceras*, *Scaphites*, *Hoploscaphites*, *Trachyscaphites*, *Baroisiceras*; из белемнитов присутствуют роды: *Neohibolites*, *Praeactinocamax*, *Paractinocamax*, *Goniocamax*, *Belemnitella*, *Belemnella*. Среди брахиопод, распространенных преимущественно в надсеноманской части разреза, встречены *Crania*, *Anistrocrania*, *Isocrania*, *Cyclothyris*, *Cretirhynchia*, *Orbirhynchia*, *Terebratulina*, *Terebratula*, *Chlidonophora*, *Carneithyris*, *Gibbithyris*, *Concinnithyris*, *Naidinothyris*, *Gemmarcula*, *Kingena*.

В карбонатных породах в изобилии и нередко в большом разнообразии присутствуют раковинки фораминифер, которые иногда являются породообразующими.

Особенно богаты ископаемыми верхнемеловые отложения Копет-Дага, где удастся выделить почти все зоны международной стратиграфической шкалы, или зоны, выделяемые для Северного Кавказа.

Богатый комплекс фораминифер позволяет осуществить зональное расчленение верхнемеловых отложений по фораминиферам.

Сеноманский ярус

В основании верхнего мела закаспийского типа прослеживаются обычно прослои с фосфоритовыми желваками и обломками альбских пород. Разрыв обычно незначителен и не затрагивает толщи верхнего альба. Но местами (некоторые участки Малого Балхана, Даната) альбский ярус в большей или меньшей степени, а иногда полностью уничтожен разрывом, и сеноман залегает трансгрессивно на средних или нижних горизонтах альба или даже на апте. Признаки крупного размыва прослеживаются во многих районах на контакте между терригенной и карбонатной формациями. Как выяснили Л. Д. Ятченко и А. А. Атабекян, в Западном Копет-Даге местами (Эйшем, Сеид-Кердери и др.) коньякский ярус залегает на нижнем туроне и даже на сеномане. Вдоль северных склонов Большого Балхана почти отсутствует не только весь турон, но даже нижний сенон, и верхний сенон местами с разрывом залегает на сеномане.

Граница между нижним и верхним мелом хорошо обосновывается палеонтологически. Мы знаем, что эта граница [1] сопровождается резкой сменой биоценоза. Из 39 видов аммонитов, известных в верхней зоне альба — зона *Stoliczkaia dispar*—в сеноманских отложениях мы встречаем только один — *Puzosia planulata* и только роды: *Puzosia*,

Phyetoceras и Hamites. Из других групп головоногих в сеноман переходят представители родов Neohibolites и некоторые роды наутилид.

В сеномане мы встречаем многие виды двустворчатых моллюсков: Grammotodon carinatus Sow., некоторые формы тетироний и др. В нижнем сеномане появляется много родов аммонитов, среди которых на первое место выдвигаются шленбахии, мантеллицерасы, гипоплиты, туррилиты, пуцозии, плацентцерасы, а в верхнем сеномане также акантоцерасы (5 видов) и скафиты. В некоторых разрезах присутствуют реже встречающиеся представители родов: Sharpeiceras, Gymatoceras, Calyoceras, Zelandites, Mesogaudriceras и др.

Очень слабо изучены пластинчатожаберные моллюски, среди которых появляются новые формы устриц, иноцерамов, тригоний, нукулей, нентей.

Среди фораминифер в сеномане мы находим значительное число представителей родов Pseudovalvulineria, Gumbelitria, Gumbelina, Globorotalites и др.

Нижняя граница сеноманского яруса устанавливается по исчезновению аммонитов, характерных для зоны Stoliczkaia, dispar, венчающей верхнеальбский разрез: Stoliczkaia, Leptoplites, Callioplites, Mariella и др., а также пластинчатожаберных Inoceramus anglicus Woods, In. concentricus Park., Aucellina gryphaeoides Sow.

В нижней зоне нижнего сеномана — зоне Schloenbachia subplana — появляются, кроме зонального вида, Schloenbachia lymensis Spath, Sch. subvarians Spath., Sch. trituberculata Spath, Sch. sharpei Sem., Sch. glabra Spath, Hyphoplites campichei Spath, Neohibolites ultimus Orb., Amphidonta conica Sow., A. columba Lam., Inoceramus crippsi Mant., Inoceramus scalprum Böhm. В зоне «subplana» появляется характерный для нижнего сеномана комплекс фораминифер зоны Pseudovalvulineria senomanica.

Зона Mantelliceras mantelli. В этой зоне ископаемые остатки гораздо обильнее и разнообразнее. В нее переходят все отмеченные в зоне «subplana» формы, кроме зонального вида Sch. subplana и Sch. glabra. Вместе с тем в зоне M. mantelli впервые появляются Hypoturrilites gravesianus Orb., Mantelliceras mantelli Sow., M. cantianum Spath, M. batheri Spath, M. hyatti Spath, M. tuberculatum (Mant.), M. aumalense Coq., Hyphoplites curvatus Mant., Turrilites mantelli Sharpe., Paraturrilites essensis Gein.

В видовом составе двустворок, брюхоногих моллюсков, а также фораминифер обеих зон нижнего сеномана существенных различий установить не удается.

Верхний сеноман зона Euomphaloceras euomphalum (слон с Placenticeras grossouvrei Semenov). Переход к верхнему сеноману отмечается исчезновением ряда нижнесеноманских головоногих, среди которых следует указать Mantelliceras mantelli Sow., M. cantianum Spath, M. ventorense Dien., M. hyatti Spath, M. aumalense Coq., Eutrophoceras sublaevigatum Orb., Schloenbachia tetramata Sow., Neohibolites ultimus Orb.

В нижней части верхнего сеномана впервые появляются представители родов Acanthoceras (A. hypocostanum Sow.), Euomphaloceras (E. euomphalum Sharpe, E. euomphalum Sharpe var cornuta Kossm.), Scaphites (S. aequalis Sow.) Zelandites, Mesogaudryceras, Placenticeras (P. grossouvrei Sem.).

Шленбахии присутствуют в нижней части верхнего сеномана почти во всех разрезах и представлены значительным числом видов Sch. ventriosa Stiel, Sch. trituberculata Spath, Sch. quadrata Spath,

Sch. dorsetensis Spath, *Sch. coupei* Brongn., *Sch. subtuberculata* Scharpe и др.

В верхнем сеномане появляются иноцерамы *In. subrequieni* Renng. (in coll), *In. pictus* Sow., *In. bohemicus* Leon., *In. virgatus* Schlut., хотя отсутствие всех этих видов в нижнем сеномане еще нельзя считать доказанным. В верхнем сеномане (вероятно, не в самых нижних слоях) появляются многочисленные представители родов *Holaster* (*H. subglobosus* Leske, *H. marginatus* Agass.), *Hemiaster* (*H. aff. morrissi* Forb.), *Pseudoholaster* (*P. bicarinatus* Agass.).

Все виды морских ежей, отмеченные в нижнем сеномане, присутствуют также в нижней части верхнего сеномана. Комплекс фораминифер в верхнем сеномане (зона *Pseudovalvulineria berthelini*) мало изменяется. Из форм, известных только в зоне *Euomphaloceras euomphalum*, кроме зонального вида укажем *Schloenbachia quadrata* Spath, *Scharpeiceras inconstans* Schlut., *Euomphaloceras cuningtoni* (Sharpe).

Зона *Acanthoceras rhotomagense*. Под этим именем А. А. Атабекян выделил всю верхнюю часть сеноманского разреза, хотя в самых верхних его горизонтах зональный вид не обнаружен.

Нижняя граница зоны *Ac. rhotomagense* устанавливается по исчезновению указанных выше видов, а также большинством шленбахий, которые вообще встречаются редко и в незначительном числе видов. Из представителей этого рода в зоне *Ac. rhotomagense* обнаружены только два: *Schl. sharpei* Semen., и *Schl. ex gr. varians* Sow. Из морских ежей обнаружены *Holaster subglobosus* Leske, *Epiaster angulosus* Szorenyi, *Epiaster dalloni* Lamb. и др. Следует отметить, что в Горном Бадхызе и других районах в самых верхних горизонтах сеномана вообще не удается найти представителей зонального вида *Acanthoceras rhotomagense*, что позволяет поставить вопрос о выделении над зоной *Ac. rhotomagense* зоны *Utaturiceras vicinal* — самой верхней зоны сеномана по схеме Коллиньона (M. Collignon, 1937).

Туронский ярус

Туронские отложения распространены во всех выделенных выше районах Закаспийской провинции. Они большей частью с размывом залегают на сеномане. Нижний подъярус турона установлен в Северных Кара-Кумах. Туронские отложения являются как бы переходным звеном между глауконитово-терригенной серией «среднего мела» и карбонатной серией сенона и дания. В составе турона, наряду с биогенными карбонатными и глинисто карбонатными породами, существенную и даже местами преобладающую роль играют терригенные породы, в той или иной степени обогащенные карбонатным материалом. В нижней части турона они иногда настолько богаты глауконитом, что по внешнему виду с трудом отличаются от подстилающих сеноманских пород.

Мощность туронского яруса изменяется от 10—15 м в Гяурском и Центральном Копет-Даге почти до 300 м в некоторых каракумских разрезах. Почти все горизонты туронского яруса (за исключением самых низов) содержат исключительное обилие окаменелостей. Среди последних главное место принадлежит фораминиферам, иноцерамам, морским ежам, остатки которых являются часто основным породообразующим материалом туронских мергелей и известняков.

Ведущая роль принадлежит иноцерамам, которых установлено свыше 30 видов. Пласты иноцерамовых известняков и мергелей занимают существенное место в строении туронского яруса Западных и Центральных районов Копет-Дага. Второе место по обилию и разно-

образию форм принадлежит морским ежам, среди них встречено свыше 15 видов, принадлежащих пяти родам *Holaster*, *Conulus*, *Cardiaster*, *Micraster*, *Echinocorys*. Последние четыре вида впервые появляются в туроне. 12 видов аммонитов, определенных из туронских отложений, принадлежат 8 родам: *Eutrophoceras*, *Cymatoceras*, *Lewesiceras*, *Hypantoceras*, *Collignoniceras*, *Scaphites*, *Mammites*, *Placenticeras*.

В большом числе экземпляров присутствуют брахиоподы, представленные, однако, небольшим числом видов. Из белемнитов характерен *Praeactinocamax plenus plenus* (Blainv.). Устрицы и другие пластинчатожаберные (кроме иноцерам) сравнительно немногочисленны и еще слабо изучены.

Обнаруженные окаменелости, в первую очередь, иноцерамы, морские ежи, головоногие и фораминиферы позволяют не только более или менее точно установить границы яруса, но и обосновать более подробное деление на подярусы, зоны и подзоны, легко выделяемые в хорошо обнаженных разрезах.

Нижний турон повсеместно выделяется в объеме зоны *Mammites nodosoides*, которая в более полных разрезах представлена обеими подзонами: нижней — *Praeactinocamax plenus plenus* и верхней *Inoceramus labiatus* и *In. hercynicus*. Подзона *Praeactinocamax plenus plenus* отмечена в Центральном, Западном и Восточном Копет-Даге и в Северо-Западной Туркмении. Она устанавливается по исчезновению сеноманских родов аммонитов, *Acanthoceras*, *Schloenbachia*, *Euomphaloceras*, представителей семейства *Turrilitidae*, остатки которых встречены только в явно переотложенном состоянии в виде более или менее окатанных обломков и фосфоритизированных ядер. Исчезает большинство двустворок *Inoceramus crispus* Mant., *In. tenuis* Mant., *In. scalprum* Böhm, *In. ordinarius* Arzum., *In. kamyschlaensis* Arzum., *Grammatodon carinatus* Sow., *Thetironia* и мн. др. Завершают свое существование также почти все известные в копетдагском сеномане морские ежи — *Holaster subglossus* Leske, *Holaster marginalis* Agass., *Epiaster angulosus* Szorenyi, *Hemiaster morrisi* Forb. Менее резко изменяется состав фораминифер, среди которых еще значительную роль играют формы, перешедшие из сеномана.

Впервые появляются ростры *Praeactinocamax plenus plenus* и многочисленные костные остатки рыб семейства *Odontospidae*. Достоверных сведений о находках в подзоне «*plenus plenus*» иноцерамов не имеется. Подзона *Praeactinocamax plenus plenus* устанавливается палеонтологически в разрезах Восточного Копет-Дага (Денгиль-Кеталь), Центрального Копет-Дага (Тежева), Западного Копет-Дага, Малого Балхана, Туар-Кыра. Здесь эта зона представлена преимущественно песчанистыми или алевроитистыми известняками, мергелями, известковыми песчаниками и алевролитами. Предполагаемое распространение подзоны *Praeactinocamax plenus plenus* в других районах зависит, очевидно, от полноты нижнетуронского разреза. В тех районах, где турон с размывом залегает на сеномане, подзона «*plenus plenus*» полностью или частично разрушена. Мощность подзоны обычно очень невелика и редко превышает 1,5—2 м.

Подзона *Inoceramus labiatus* и *In. hercynicus* хорошо выделяется почти во всех разрезах, где полностью сохранился нижний турон. Нижняя граница зоны определяется исчезновением ростр *Praeactinocamax plenus plenus* и появлением двух зональных видов иноцерамов, а также массовым появлением фораминифер, характерных для зоны *Globorotalites hangensis* и *Hedbergella holzli*.

Из морских ежей присутствуют *Conulus hangensis* Zareczy и *C. subrotundus* var. *conoides* Papiel—Borezy; оба находятся обычно в небольшом числе и не во всех разрезах.

Брахиподы встречены чаще. Они представлены, главным образом, следующими видами: *Orbirhynchia cuvieri* (Orb.), *Concinnithyris obesa* (Sahni), *Gibbithyris carneiformis* (Sahni) и некоторыми другими. Из аммонитов в нижнем туроне удалось определить только три вида: *Mammites nodosoides* Schloth., *M. nodosoides* Schloth. subsp. *chivensis* Arkh., *Puzosia chivensis* Arkh. Один вид определен через *conformis*: *Placenticeras* cf. *khoresmense* Lah.

Верхний турон принимается в объеме зоны *Inoceramus apicalis*, которая разделяется на две подзоны (снизу вверх): *Inoceramus falcatus* и *Collignonicerias woolgari*. В большей части разрезов эта подзона без видимого несогласия, с постепенным переходом залегает на нижнем туроне. Местами нижний турон размыт и зона *In. falcatus* располагается на сеномане (Эйшем, Сеит-Кердери, в Западном Копет-Даре). Мощность ее от 5—6 м в Гяурском Копет-Даре, до 300 м в Кара-Кумах. Местами в этих же районах размытом уничтожен и почти весь верхний турон. Нижняя граница устанавливается по исчезновению *Inoceramus hercynicus* Petr., *Mammites nodosoides* и появлению *In. falcatus* Heinz, *In. apicalis* Woods, *In. lamarecki*, Park., *In. striatoconcentricus* Gumb., *In. undulatus* Mant., *In. securiformis* Heinz, *Conulus subrotundus* Mant (s. str.), *Sternotaxis planus* Mant., *Cardiaster peroni* Lamb., *Echinocorys sphaericus* Schlut., *Chlidonophora rigida* Sow. и др., а также комплекса фораминифер, характерного для зоны *Gavelinella moniliformis*.

Подзона *Micraster leskei* и *Hyphantoceras reussianum* представлена известняками, мерелями. Эта подзона хорошо выделяется на Малом Балхане и в Туаркыре. Нижняя граница ее определяется исчезновением *In. falcatus*, *Collignonicerias woolgari* и появлением *Micraster leskei* Desm., *M. corbofis* Forb., *Hyphantoceras reussianum* (Orb.), *Scaphites geinitzi* Orb., *In. schloenbachii* Böhm, *In. woodsi* Böhm, *Fatina costei* Coq. В верхней части этой зоны повсюду в Копет-Даре и в Горном Бадхызе прослеживается 1,5—2 м пласт известняка с многочисленными панцирями *Sternotaxis planus* Mant., *Gibbithyris grandis* Sahni и крупными раковинами *Lewesiceras sharpei* Spath, *L. cricki* Spath, *L. peramplum* Mant.

Коньякский ярус

Коньякский ярус распространен в тех же районах, что и турон. Он большей частью трансгрессивно залегает на самых верхах туронского яруса — в Копет-Даре на известняках с *Gibbithyris*. Однако местами нижние горизонты коньяка лежат на сильно размытой поверхности турона и даже на сеномане. Разрез коньяка существенно меняется по простиранию как в мощности, так и литологически, но почти повсюду преобладают карбонатные породы, известняки, мергели, в той или иной степени обогащенные алевроитовым материалом. В закрытых районах платформенной части Туркмении отложения коньякского яруса часто не могут быть выделены и описываются вместе с туроном и сantonом. В Копет-Даре, Малом Балхане и в некоторых районах Северо-Западной Туркмении (Туар-Кыр) коньякские отложения подразделяются на подъярусы и соответствующие им зоны *In. wandereri* и *In. involutus*.

Нижний коньяк, зона *Inoceramus wandereri*. Нижняя граница коньяка определяется по исчезновению *In. apicalis* Woods, *In. striatoconcentricus* Gumb., *In. alievi* Arzum., *In. turkmenensis* Arzum., *Hyphantoceras reussianum* Orb., *Scaphites geinzi* Orb., *Lewesiceras scharpei* Spath, *L. mantelli* Wrigth et Wrigth, *Conulus subrotundus* Mant., *Micraster leskei* (Desm.), *Micraster corbovis* (Forbes), *Echinocorys sphaericus* Schlut., *Gibbithyris grandis* Sahnj. и появлению *In. wandeteri* Sow., *In. reussiensis* Nikitin, *In. deformis* Meek., *In. frechi* Eleg., *In. kleini* Mull., *Peroniceras mureti* Gross., *Echinocorys grawesi* Desor, *Conulus subrotundus* Orb., *Micraster cortestudinarium* Goldf и комплекса фораминифер одноименной зоны *Pseudovalvulineria praeinfrasantonica*.

Верхний коньяк, зона *Inoceramus involutus* характеризуется меньшим количеством и меньшим разнообразием ископаемых остатков. Здесь впервые появляются *In. involutus*, *In. koeneni* Mull. и исчезают нижнеконьякские виды *In. wandereri*, *In. schloenbachii*, *Peroniceras mureti*. Мощности коньякского яруса очень изменчивы от 14 (Гяурс-Дар) до 270 м (Малый Балхан и бассейн р. Сумбар).

Сантонский ярус

Сантонские отложения распространены в тех же районах, что и туронские, за исключением Большого Балхана, где сантон отсутствует. В основании сантонского яруса часто отмечаются следы размыва и даже изредка несогласные залегания на размытой поверхности коньякских отложений (Центральный Копет-Дар). Сантон представлен повсюду глинисто-карбонатными отложениями, мергелями, известковыми глинами. В нижней части сантонского яруса часто прослеживается пачка известняков (Копет-Дар). В Туаркыре и Центральных Кара-Кумах намечается перерыв внутри сантонской толщи, а на Кара-Шоре нижние горизонты сантона вообще отсутствуют.

В Копет-Даре сантонские отложения имеют мощность от 200 до 300 м; на платформе (Туаркыр) мощность сантона уменьшается до 45 м.

Нижний сантон, зона *Inoceramus cardissoides*. Нижняя граница сантонского яруса устанавливается по исчезновению *In. involutus*, *In. koeneni*, *Conulus subrotundus*, *Echinocorys grawesi*, *Micraster cortestudinarium* и появлению *In. cardissoides* Goldf., *In. pachti* Arkh., *In. cordiformis* Sow., *In. michaeli* Geinz., *Echinocorys vulgaris* Brein, *Micraster coranguinum* Klein, а также комплекса фораминифер зоны *Pseudovalvulineria infrasantonica*.

Верхний сантон, зона *Inoceramus lobatus*. Верхний сантон в Копет-Даре залегает согласно на нижнем. В Кара-Кумах и Туаркыре между подъярусами намечается перерыв. Нижняя граница верхнего сантона устанавливается по появлению *In. lobatus* Goldf., *In. cycloides* Wagn., *In. lingua* Goldf., *Uintacrinus* и фораминифер, характерных для зоны *Pseudovalvulineria stelligera*.

Кампанский ярус

Кампанский ярус является наиболее глубоководной частью верхнемелового разреза. Он представлен в большей своей части известковыми глинами, мергелями, среди которых в нижней части разреза прослеживается пачка органогенных известняков. Она хорошо выражена в рельефе в виде моноклиналиных хребтов и грядок («нижне-

«кампанская гривка») при крутом падении слоев и в виде карнизов — при пологом. Кампанские отложения почти всегда залегают согласно на сантонских, за исключением Большого Балхана, где сантон отсутствует. Мощность кампанских отложений изменяется от 80—100 м в некоторых районах Кара-Кумов и Туаркыра, до 500—600 м в Юго-Западных районах Копет-Дага.

Почти все горизонты кампанского яруса, за исключением самой нижней пачки мергелей, содержат многочисленные и разнообразные макроскопические и микроскопические палеонтологические остатки, позволяющие точно установить границу и расчленить кампанский ярус на подъярусы, зоны и подзоны. В кампанских отложениях встречаются представители родов *Belemnitella*, *Bostrychoceras*, *Neancyloceras*, *Hoploscaphites*, *Trachyscaphites*, *Pseudomenuites*, *Eupachydiscus*, *Hoplitoplacenticeras*, *Inoceramus*, *Crania*, *Basiliola*, *Chlidonophora*, *Carheithyris*, *Conulus*, *Echinocorys*, *Offaster*, *Galeola*, *Seunaster*, *Pseudoffaster*, *Micraster*, *Isomicraster*, *Austinocrinus*.

Нижний кампан, зона *Micraster Schröderi* расчленяется на слои с *In. azerbaijanensis* M. Aliev и слои с *In. gandjaensis* M. Aliev.

Слои с *In. azerbaijanensis*. Нижняя граница кампанского яруса определяется исчезновением иноцерамов группы *Cardisoides*, *In. lobotatus*, *Marsupites testudinarius* и появлением *In. azerbaijanensis* Aliev, *In. ex gr. Balticus* Böhm, *Offaster pilula* Lam., *Micraster rostratus* Mant., *Offaster pomeli* Mun.—Ch. и комплексом фораминифер зоны *Bolivinoidea decoratus*. Эти слои хорошо выделяются во всех районах Копет-Дага, где они представлены мергелями и известковыми глинами мощностью 25—30 м, а также в некоторых районах Северо-Западной Туркмении и Кара-Кумов.

Слои с *In. gandjaensis* без видимого несогласия, но с резким литологическим контактом залегают на предыдущих. В основании зоны залегает мощная пачка известняков, мощностью в Центральном и Западном Копет-Даге до 50 м. Верхняя часть характеризуется чередованием глинистых известняков, мергелей, известковых глин. В составе многочисленных палеонтологических остатков преобладают иноцерамы (*In. gandjaensis* M. Aliev, *In. dariensis* Dobr. et Pav., *In. andjakendensis*, *In. berabini* Mort., *Hoploscaphites hippocrepis* DeKay, *Hoploscaphites cuvieri* Mort., *Echinocorys lamberti* Smis, *E. turritus* Lamb., *E. roemeri* Desor, *E. marginatus* (Goldf.), *E. gibbus lamberti*, *Pseudoffaster schmidtii* Moskv., *M. coravium* Posl., *Isomicraster fassi* Rouch., *Isomicraster gibbus* Lamb. и комплекс фораминифер зоны *Cibicoides temirensis*.

Верхний кампан, зона *Hoplitoplacenticeras vari* расчленяется на две подзоны. Подзона *Hoplitoplacenticeras coesfeldiense* располагается без видимого несогласия на нижнем кампане и представлена в основном известняками и известковыми глинами с пропластками глинистых известняков.

Нижняя граница подъяруса проводится по исчезновению *Echinocorys lamberti* Smis., *E. turritus* Lamb., *E. gibbus* Lamb., *Micraster schroederi* Stolley, *Isomicraster gibbus* Lamb., *Hoploscaphites hippocrepis* DeKay, *H. cuvieri* Morton и появлению *Hoplitoplacenticeras vari* Schlut., *H. coesfeldiense* Schlut., *Discoscaphites gibbus* Schlut., *In buguntaensis* Dobr., *Echinocorys ovatus* Leske, *Seunaster gillieronii* Schlut., *M. glyphus* Schlut., а также комплекса фораминифер зоны *Cibicoides aktulagavensis*.

Зона *Micraster brongniarti* согласно лежит на предыдущей, с ко-

торой связана постепенным переходом. Представлена известняками с подчиненными прослоями мергелей. Нижняя граница определяется по появлению *Micraster brongniarti* Heber, *Galeola papillosa* Posl. et Moskv., *Bostrychoceras polyplocum* Roem., *Trachyscaphites spiniger* (Schlut.), *Tr. pulcherimus* Roem., *Neoncyloceras bipunctatum* Schlut., *Belemnitella langei* Schatsky и комплекса фораминифер зоны *Cibicides veltzianus*.

Маастрихтский ярус

Маастрихтские отложения распространены повсеместно, так же, как кампанские, с которыми они связаны постепенным переходом. Нижний маастрихт и некоторые горизонты верхнего представляют ритмичное чередование 2—3-х компонентов (известковые глины, мергели, известняки); на нижней поверхности первого ритма очень часто развита иероглифовая скульптура, а внутри ритма — фукоидные образования. В верхней половине нижнего маастрихта в Копет-Даре и в некоторых других районах прослеживается пачка плотных (аффанитовых) микрокристаллических известняков, также богатых фукоидами. В составе ископаемых преобладают представители родов *Belemnitella*, *Belemnella*, *Baculites*, *Bostrychoceras*, *Diplomoceras*, *Neoncyloceras*, *Hoploscaphites*, *Trachyscaphites*, *Hauericeras*, *Pseudokossmaticeras*, *Pachydiscus*, *Inoceramus*, *Liostrea*, *Gryphaea*, *Austinocrinus*, *Conulus*, *Echinoconus*, *Echinocorys*, *Seunaster*, *Stegaster*, *Guetteria*, *Pseudoffaster*, *Ornithaster*, *Coraster*, *Micraster*, *Crania*, *Ancistrocrania*, *Isocrania*, *Cretirhynchia*, *Cyclothyris*, *Orbirhynchia*, *Nucleatina*, *Terebratulina*, *Sulcirhynchia*, *Basiliola*, *Najdinothyris*, *Concinnithyris*, *Magnithyris*, *Carneithyris*, *Chatwinothyris*, *Chlidonophora*, *Gemmarcula*, *Kingena*, *Magas*.

Маастрихтский ярус расчленяется на подъярусы, зоны и подзоны. Мощность маастрихта изменяется от 150 до 600 м.

Нижний подъярус зона *Belemnella lanceolata* разделяется на две подзоны. Подзона *Micraster grimmensis* представлена в Копет-Даре большей частью ритмичным чередованием известковых глин, мергелей и известняков с фукоидами.

Нижняя граница маастрихтского яруса устанавливается по исчезновению комплекса «нижнемаастрихтских» ежей *Micraster brongniarti*, *M. glyphus*, *Galeola papillosa*, *G. senonensis*, *Seunaster gillieron* и аммонитов *Bostrychoceras polyplocum*, *Trachyscaphites pulcherimus*, *Tr. spiniger*, *Neoncyloceras bipunctatum*, *Hoplitoplacenticeras vari*, *Discoscaphites gibbus*, *Carneithyris elongata* и по появлению *Micraster grimmensis* Nietch, *Hoploscaphites constrictus* Sow., *Pseudokossmaticeras tersense* (Seun.), *Cyclothyris magna* Pet и др., а также комплекса фораминифер зоны *Grammostomum incrassatum incrassatum*. Зональный вид *Belemnella lanceolata* в пределах Туркмении обнаружен только в скважине № 164 в Заунгузских Кара-Кумах.

Подзона *Hauericeras sulcatum*. Выделена в Копет-Даре и Малом Балхане. Она представлена мергелями и известковыми глинами с подчиненными прослоями органогенных известняков. Нижняя граница устанавливается по исчезновению *Micraster grimmensis* и появлению *Hauericeras sulcatum* Kner.

Верхний маастрихт распространен почти повсеместно. Только в пределах Центрального Каракумского свода самые верхи маастрихтского разреза, а местами и весь верхний маастрихт уничтожены нижнедатским размывом. Верхний ярус маастрихта принимается в объеме зоны *Belemnella arkhangeliskii* и микрофаунистической зоны *Grammostomum incrassatum crassum*. Он подразделяется на две подзоны.

Верхний маастрихт представлен почти повсюду карбонатными или глинисто-карбонатными породами, известняками, бакулитовыми и брахиоподовыми мергелями, нередко с большей или меньшей примесью алевроита и песка.

Подзона *Belemnella nowaki* (-B. junior). Нижняя граница подъяруса устанавливается по исчезновению *Hauericeras sulcatum* Kner и появлению *Belemnella nowaki* Naid. (-*Belemnella junior* Jel.) B. arkhangelskii Najd. (*B. kasimirivensis* Skolozdr.), *Pachydiscus neubergicus* Hauer, *Inoceramus tegulatus* Hag., *Echinoconus sulcatus* Orb., *E. vulgaris* Leske, *E. cipliensis* Lamb.

Подзона *Cretirhynchia limbata mangyschlakensis* хорошо выделяется в Копет-Даге и в некоторых районах Северо-Западной Туркмении. Нижняя граница определяется по исчезновению *Belemnella nowaki*, *Isocrania palmicostata*, *Gemmarcula humboldtii* (Hag.), *Kingenia pentangulata* (Wodw.), *Magas pumilus* Sow. и по появлению, кроме зонального вида *Inoceramus dobrowi* Jel. et Clem., *Cretirhynchia limbata mangyschlakensis* Makrid. et Katz.

Датско-монский ярус

Фаунистически охарактеризованный датский ярус широко распространен в западных, северо-западных районах Туркмении, в Западном, Центральном и Гяурском Копет-Даге. Он представлен известняками, мергелями, песчаниками. Мощность его меняется. В Центральных Кара-Кумах и в северной части Туаркыра она составляет 7—10 м. В Западном Копет-Даге 75—120 м, на Большом Балхане и в Гяурском Копет-Даге 200—250 м.

Ни в одном из перечисленных районов не удается установить достаточно надежных критериев для обоснования границы между данием и монсом, поэтому мы описываем совместно датский ярус и нижний палеоцен под наименованием «датско-монский комплекс». В пределах Закаспийской палеобиологической провинции можно выделить четыре типа датско-монских отложений.

1. Тип Центрально-Каракумский распространен в пределах Каракумского свода и его склонов. Датско-монский комплекс состоит здесь из двух толщ общей мощностью от 7 до 20 м. Нижняя пачка (составит датский ярус) представлена плотными глинистыми известняками с датскими ежами и фораминиферами. Верхняя пачка, именуемая иногда «зеаглинской свитой», содержит скудные палеонтологические остатки и условно относится к «нижнему палеоцену».

2. Тип Гяурдагский. Разрез датско-монского комплекса в Гяурском Копет-Даге характеризуется полнотой и большой мощностью (250—300 м). В составе этого комплекса выделено три свиты: зиракевская (известковые песчаники и песчаные известняки), наутилидовая (мергели, известняки и алевролиты) и шамлинская (кварцевые песчаники).

3. Тип Западно-Копетдагский представлен наиболее глубоководными формами. Датско-монский комплекс имеет двухчленное строение. Внизу залегает Сумбарский горизонт, представленный плотными известняками и песчаниками (от 7 до 25 м). Выше расположена чаалджинская свита, выраженная в большей или меньшей степени алевроитистыми мергелями.

4. Тип Большешалханский. Здесь мощность датско-монских отложений достигает 200 м. Они представлены известняками с прослоями мергелей.

Комплексе фауны состоит из представителей родов: *Hercoglossa*, *Euterphoceras*, *Lutitella*, *Cryphaea*, *Lobostrea*, *Echinocorys*, *Galeaster*, *Ornithaster*, *Coraster*, *Cyclaster*, *Hemiaster*, *Tylocidaris*, *Orborhynchia*, *Procassidulus*, *Isis*, *Rhodbophyllia*, *Balanophyllina*, *Trochosmilina*, *Verneulina*, *Plectina*, *Anomalina*, *Cibicidoides*, *Globigerina*, *Truncorotalia*, *Globoconusa*.

Во всех названных районах, кроме Каракумского, отложения дания-монса хорошо расчленяются на три зоны.

Зона *Cyclaster danicus*. Нижняя граница датского яруса определяется по резкому изменению фауны, в составе которой исчезают аммониты, белемниты, иноцерамы, среди фораминифер глоботрунканы и большинство маастрихтских брахиопод. Появляются новые формы брахиопод *Orbirhynchia rionensis* (Anth.), *Gryphus orientalis* Vantsch. Появляется также много новых видов морских ежей *Echinocorys pyrenaicus* Seunes, *E. sulcatus* (Goldf.), *E. obliquus* Ravn., *E. depressus* Kong., *E. asymmetricus* Kong., *E. renngarteni* Moskv., *E. pentagonalis* Kong., *Coraster sphaericus* Seunes, из головоногих — *Hercoglossa danica*. Присутствует новый комплекс фораминифер зоны *Eoglobigerina*. В Западных и Центральных районах Копет-Дага зона *Cyclaster danicus* представлена пачкой белых массивных мергелей и глинистых известняков. В Гяурском Копет-Даге к этой зоне относится зиракевская свита, представленная массивными кварцевыми песчаниками, с обильным известковым цементом.

Зона *Cyclaster ergindrei*. Здесь исчезают *Cyclaster danicus* и *Orbirhynchia rionensis*, появляются *Cyclaster ergindrei*, а в Гяурском Копет-Даге *Protobrissus canaliculatus* (Koto) и *Hercoglossa ulrichi* (White), *Lintia baisarensis* Baerlanas. Эта зона в Гяурском Копет-Даге представлена внизу массивными известняками, в верхней части — мергелями с наутилидами. В пределах Центрального, Западного Копет-Дага и Малого Балхана зона *Cyclaster ergindrei* включает нижний горизонт чаалджинской свиты. Зоне *Cyclaster ergindrei* отвечает микрофаунистическая зона *Globoconusa daubjergensis*.

Зона *Coraster ansaltensis*. В Центральном и Западном Копет-Даге, Малом Балхане этой зоне соответствует верхний горизонт чаалджинской свиты, в Гяурском Копет-Даге — песчаники шамлинской свиты. Многие исследователи относят эту зону к нижнему палеоцену (монскому ярусу). В Центрально-Каракумском своде присутствует в основном зона *Cyclaster ergindrei*, вышележащие и подстилающие отложения во многих местах размыты. Наиболее глубоководные фации распространены в Западном и Центральном Копет-Даге и на Малом Балхане, мелководные — в Гяурском Копет-Даге, на Большом Балхане и к северу от него.

Из ископаемых следует отметить присутствие многочисленных игл морских ежей рода *Cidaris*, редкие находки *Coraster ansaltensis*.

Верхней части зоны *Coraster ansaltensis* примерно соответствует микрофаунистическая зона *Truncorotalia angulata*, нижней — слон с *Tylocidaris*.

Выводы настоящей статьи обобщены в таблице.

Институт пустынь
АН Туркменской ССР

Поступило
17 мая 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калугин П. И., Дмитриев А. В., Кожевникова Г. Е. — Стратиграфия верхнемеловых и палеоценовых отложений Копет-Дага и Бадкхыза. Туркмениздат, Ашхабад, 1964.
2. Атабекиан А. А. — Стратиграфия верхнемеловых отложений Западного Копет-Дага. Тр. ВСЕГЕИ, н. с. т. 42, Гостоптехиздат, Л., 1960.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.382.52

О. Мосанов
О. Исмаилов

К УВЕЛИЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НЕРНСТА—ЭТТИНГСГАУЗЕНА

В последние годы появились работы [1, 2], в которых рассматриваются приборы, основанные на поперечном термомагнитном эффекте Нернста—Эттингсгаузена (Н—Э).

Авторы [1, 2], рассматривая теорию приборов, основанных на эффекте Н—Э, заключают, что значения коэффициентов термоэлектрического преобразования Н—Э Z_N для несобственных полупроводников примерно в десять раз меньше коэффициентов преобразования Зеебека Z для тех же материалов, в то время как для собственных полупроводников Z_N соответствует по величине коэффициентам Z для примесных полупроводников.

Причиной того, что Z_N в собственных полупроводниках в несколько раз больше, чем Z_N в примесных, является то, что в собственных полупроводниках постоянная Н—Э Q имеет большие значения и, кроме того, не падает до нуля в сильных магнитных полях, как это имеет место у полупроводников с примесной проводимостью.

Покажем, что в примесных полупроводниках (или в собственных при сильном различии подвижностей электронов и дырок) постоянная Н—Э может быть увеличена в несколько десятков раз (и она не падает до нуля в сильных магнитных полях), если при измерении Q закорачивать термоЭДС образца.

Пусть ЭДС в образце шунтировано на сопротивление $r_{ш}$. Будем считать, что ось x совпадает с направлением градиента температуры, а вдоль оси y возникает ЭДС Н—Э. Магнитное поле направлено по оси z . Обозначим длину образца через l , ширину — b , толщину — d .

В таком случае вдоль образца потечет ток I_x , вызванный полем термоЭДС. Ток I_x создаст ЭДС Холла

$$V = \frac{RH I_x}{10^8 d} = \frac{RH}{10^8 d} \frac{z_H \cdot \Delta T}{r_H + r_{ш}}, \quad (1)$$

где z_H — термоЭДС образца в магнитном поле, r_H — сопротивление образца в магнитном поле вдоль оси x . ЭДС (1) накладывается на физическую ЭДС Н—Э. В результате измеряется их сумма, как ЭДС Н—Э

$$V_{Н-Э}^{общ} = V_{Н-Э}^{физ} + V_{Н-Э}. \quad (2)$$

Постоянную Н—Э определим как

$$Q_{общ} = \frac{V_{Н-Э}^{общ}}{\frac{\Delta T}{l} b H} = \frac{V_{Н-Э}^{физ} + V_{Н-Э}}{\frac{\Delta T}{l} b H} = Q_{физ} + Q, \quad (3)$$

где

$$Q = \frac{10^{-8} R z_H}{r_H r_{ш}} \left(\frac{l}{b d} \right). \quad (4)$$

Знак Q как видно, всегда отрицательный. Видно также, что при $r_{ш} \rightarrow \infty$ $Q \rightarrow 0$. При нулевом сопротивлении нагрузки ($r_{ш}=0$) получим максимальное значение Q для данного материала

$$Q_{\text{макс}} = -\frac{10^{-8} R \alpha_H}{r_{ш}} = -\frac{10^{-8} \mu \alpha_H}{r_{ш} / \rho_0} \quad (5)$$

Для чистой InSb при 300°K с $\rho_n = 78\,000$, $\mu_p = 780$ см²/в сек., $\alpha_H = 320$ мкВ/град и $H = 10$ кэ получим $Q_{\text{макс}} = -15,5$ CGSM. Это Q превышает $Q_{\text{физ}}$ при 300°K в $15,5/0,7 = 22$ раза.

Из (5) следует, что в случае примесных полупроводников Q слабо зависит от H .

2. Результаты измерений постоянной Н—Э в InSb для четырех образцов с закороченными термоЭДС приведены на рис. 1.

Электрические характеристики образцов приведены в таблице. Закорачивание термоЭДС в образцах 1—3 производилось индиевыми полосками, нанесенными на поверхность образца паяльником, а в образце 4 — закорачиванием проводкой нагревателя и холодильника.

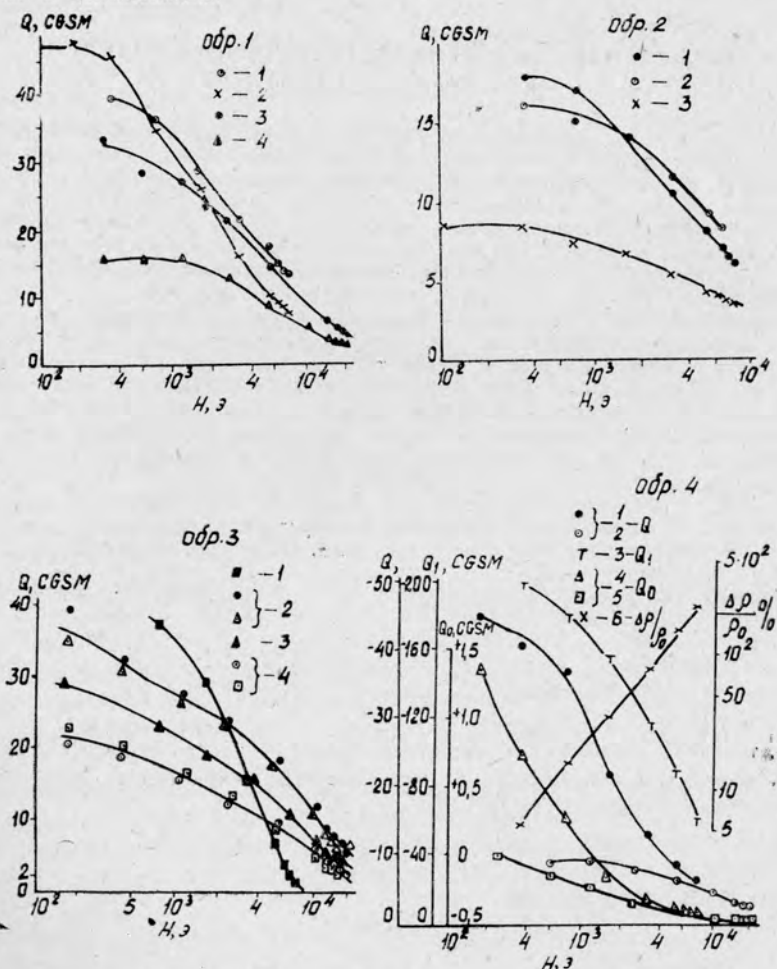


Рис. 1. Зависимость постоянной Н—Э Q от напряженности магнитного поля для образцов электронного антимонида индия при разных температурах. Обр. 1. $T^\circ\text{K}$: 1—110; 2—123; 3—297; 4—315. Обр. 2. $T^\circ\text{K}$: 1—210; 2—235; 3—310. Обр. 3. $T^\circ\text{K}$: 1—172; 2—221; 3—238; 4—254. Обр. 4. $T^\circ\text{K}$: 1—114,5; 2—314,5. (Q_1 — вычисленные значения по (5) при $T=100^\circ\text{K}$; Q_0 — измеренные значения постоянной Н—Э без закорачивания термоЭДС в образце, $T^\circ\text{K}$: 4—119, 5—319; $\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ — магнетосопротивление при $T=97^\circ\text{K}$).

Электрические характеристики образцов

Номер образца	n , см ⁻³	μ_n , см ² в ⁻¹ сек ⁻¹	T , °K
1	$2,8 \cdot 10^{15}$	159000	106
2	$2,5 \cdot 10^{16}$	157000	114
3	$1,56 \cdot 10^{16}$	75000	300
4	$5 \cdot 10^{14}$	418000	97

В образцах 1, 2, 4 измерялись также значения постоянной Н—Э без закорачивания термоЭДС. Указанные значения для образцов 1 и 2 приводятся в работе [3].

Как видно из сравнения, закорачиванием термоЭДС можно получить очень большие значения постоянной Н—Э.

На рис. 1 приведены значения Q , вычисленные по (5) для образца 4 по экспериментальным значениям магнетосопротивления $\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ (рис. 1, обр. 4), $\mu_n = 418\,000$ см²/в сек.

$\alpha = 500 \frac{\text{мкВ}}{\text{град}}$ (при 113°K).

Как видно, вычисленные и измеренные значения постоянной Н—Э имеют одинаковую зависимость от магнитного поля, но абсолютные значения их различны. Это различие, по-видимому, связано с неполным закорачиванием термоЭДС.

Выводы

Показано, что путем закорачивания термоЭДС в образцах можно увеличить в несколько десятков раз постоянную Н—Э. Это явление может быть применено для увеличения эффективности преобразователей Н—Э.

Физико-технический институт
АН Туркменской ССР

Поступило
16 февраля 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ure R. W. — Proc. IEEE, 51, № 5, 699, 1963.
2. Delves R., T. — Brit. j. Appl. Phys, 13, № 9, 440, 1962.
3. Агаев Я., Мосанов О., Исмаилов О. — ФТП, 1, № 8, 1169, 1967.

УДК 621.472

Р. Байрамов
К. Тойлиев

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ СОЛНЕЧНОГО ОПРЕСНИТЕЛЯ С РАСЧЕТНЫМИ ДАННЫМИ

В работах [1, 2] предложены общий и упрощенный методы расчета нестационарного теплового режима солнечных опреснителей парникового типа.

Предлагаемый метод проверен путем сравнения расчетных результатов конкретных случаев с результатами экспериментов, проведенных нами специально и с данными других авторов. Так, например, на рис. 1 представлена зависимость производительности (1), температуры воды (3), стекла (4) от интенсивности солнечной радиации, полученная американскими исследователями (1) в результате полевого испытания глубоководного опреснителя-бассейна [3] и нами на основе расчетов по предлагаемому методу (2 кривая). Как видно из графика, характер хода обеих линий почти один и тот же. Отклонение их друг от друга, по-видимому, объясняется неодинаковостью исходных данных.

В ноябре 1967 г. мы испытали 2-х скатный глубоководный опреснитель-бассейн длиной 12 м, шириной 1 м. Ориентация юг—север. Северный скат имел угол накло-

на 75, южный — 30°. Прозрачное покрытие представляло собой оконное стекло толщиной 3 мм производства Ашхабадского стекольного комбината им. В. И. Ленина. Опреснитель установлен прямо на грунт. В качестве изоляции дна использован сухой песок, покрытый сверху разведенным битумом. В качестве конструктивного материала использован пескобетон (одна третья часть — цемент, две трети части — песок Кара-Кумов). Герметизация добивалась применением изола. Толщина слоя соленой воды в среднем была равна 150 мм, площадь зеркала испарения около 12 м². Опреснитель имел некоторый наклон в сторону стекания дистиллята, который собирался с концов желобок с двух сторон.

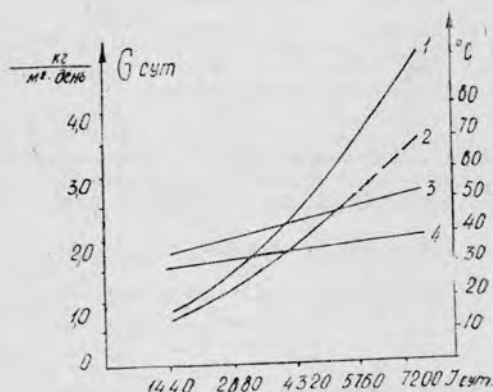


Рис. 1. Влияние интенсивности солнечной радиации на производительность (2), температуру воды (3) и стекла (4) (при толщине слоя воды в опреснителе равной 300 мм) по предлагаемому методу и по полювому испытанию американских исследователей (1) [3].

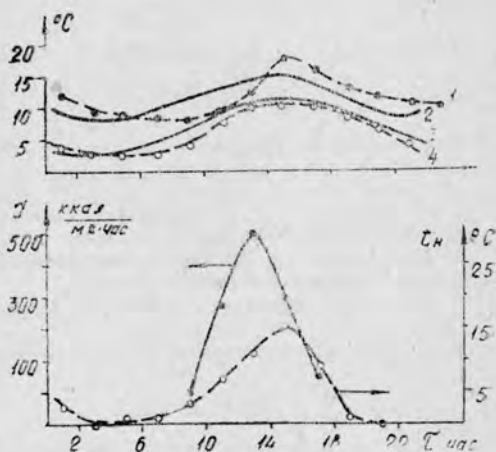


Рис. 2. Сравнение расчетных данных по предлагаемому методу (2, 3 кривые) с результатами натурного испытания, проведенного нами специально с глубководным опреснителем-бассейном (1, 4 кривые).

При проведении опытов измерялись производительность, температура воды и стекла в условиях, когда процесс можно было рассматривать как периодический. Для этого выбирались дни, которым предшествовали приблизительно одинаковые погодные условия.

Температура воздуха измерялась с точностью до 0,1°C. Для измерения температуры элементов установки применялся термоэлектрический термометр, изготовленный из пары медь—константант. Приходящая солнечная радиация измерялась при помощи актинометра и термоэлектрического пиранометра.

Внешние условия (температура воздуха и суммарная солнечная радиация), которые наблюдались во время проведения опытов, представлены на рис. 2 (нижние кривые).

Используя те же внешние условия, что и в опыте, произведен расчет теплового режима солнечного опреснителя с теми же геометрическими и физическими параметрами, что и у испытанного. Для этого внешние условия представлены в виде ограниченных тригонометрических рядов

$$I \approx 100 - 175 \cos \omega\tau;$$

$$t_{\text{в}} \approx 4,2 - 5 \cos (\omega\tau - 45^\circ)$$

и использовались уравнения (17) и (18) [2]. В результате получили выражения функций $t_{\text{в}}(\tau)$ и $t_{\text{с}}(\tau)$. Для сравнения расчетные (2, 3 кривые) и опытные (1, 4 кривые) данные нанесены на один и тот же график (рис. 2, верхние кривые).

Как видно из графика, совпадение расчетных данных с результатами натурного испытания можно считать удовлетворительным.

Физико-технический институт
АН Туркменской ССР
Туркменский государственный университет
им. А. М. Горького

Поступило
11 апреля 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баум В. А., Байрамов Р., Тойлиев К. — Известия АН ТССР, сер ФТХиГН, № 2, 1967.
2. Баум В. А., Байрамов Р., Тойлиев К. — Гелиотехника, № 5, 1967.
3. Bloemer I. W., Eilling I. A. и др. — Solar Energy, v. 9, № 4, 1965.

УДК 537.32

О. П. Астахов
Л. И. Бергер
К. Довлетов

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ СПЛАВОВ Ag_2GeTe_3 И Ag_2SnTe_3 В ТВЕРДОМ И ЖИДКОМ СОСТОЯНИЯХ

Нами проведено исследование веществ, отличающихся от изученных в [1] заменой меди на серебро.

Сплавы состава Ag_2GeTe_3 и Ag_2SnTe_3 были синтезированы обычным методом сплавления элементарных компонентов особой чистоты в вакуированных и отпаянных кварцевых ампулах. Исследование температурной зависимости электропроводности и термоЭДС проводилось на установке, описанной в [2], под давлением инертного газа в 2 атм.

На образцах Ag_2GeTe_3 обнаружен рост электропроводности в твердом состоянии, характерный для примесного полупроводника. Наклон кривой $\lg \sigma - 1/T$ (рис. 1), возрастает при переходе в жидкое состояние. Рассчитанная по этой кривой энергия активации проводимости оказалась равной 0,07 эв в твердой фазе (вблизи точки плавления) и 0,5 эв в жидкой фазе. ТермоЭДС в твердом состоянии растет с ростом температуры. После плавления наблюдается снижение термоЭДС, характерное для электронного полупроводника. При нагреве расплава, начиная примерно с 770°K, наблюдается рост термоЭДС, которому соответствует возрастание наклона кривой $\lg \sigma - 1/T$. Это явление может быть объяснено диссоциацией расплава с выделением компонентов, обладающих заметной ионной составляющей проводимости [3] (например, Ag_2Te).

Температурный ход электропроводности образцов Ag_2SnTe_3 аналогичен Ag_2GeTe_3 (рис. 2). Отличие состоит в том, что в ходе плавления образцов Ag_2SnTe_3 наблюдается скачкообразное возрастание электропроводности (примерно на 20%).

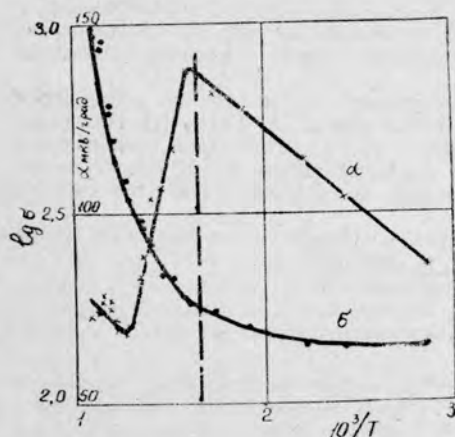


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности (σ) и термоЭДС (α) сплавов Ag_2GeTe_3 .

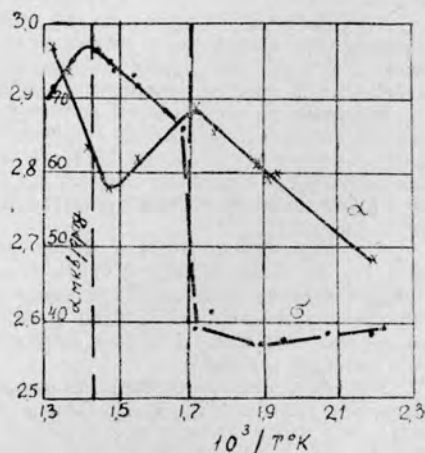


Рис. 2. Температурная зависимость электропроводности (σ) и термоЭДС (α) сплавов Ag_2SnTe_3 .

Энергия активации проводимости оказалась близкой к 0,06 эв в твердой и 0,18 эв в жидкой фазах. Начиная с 700°K, электропроводность образцов Ag_2SnTe_3 падает с ростом температуры при одновременном росте термоЭДС. Этот факт может быть

отнесен за счет диссоциации расплава при температурах, больших 700°K . Обнаруженный эффект на жидких полупроводниках наблюдается впервые.

Сопоставление значений электропроводности и термоЭДС исследованных сплавов в твердом состоянии свидетельствует об отсутствии собственной проводимости вплоть до температуры плавления.

Все исследованные образцы обладают дырочной проводимостью. Рассчитанная по энергии активации проводимости и температурной зависимости термоЭДС величина отношения подвижностей электронов и дырок в жидкой фазе оказалась близкой к 0,05 (Ag_2GeTe_3) и 0,33 (Ag_2SnTe_3).

Выводы

Впервые исследована температурная зависимость электропроводности и термоЭДС сплавов Ag_2GeTe_3 и Ag_2SnTe_3 в интервале температур, включающем в себя температуру плавления. Оба сплава обнаруживают полупроводниковые свойства в твердом и жидком состояниях. Оценена энергия активации проводимости, рассмотрена специфика температурной зависимости исследованных свойств при высоких температурах.

Физико-технический институт
АН Туркменской ССР

Поступило
24 января 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов О. П., Бергер Л. И., Довлетов К., Ковалева Э. И. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 3, 1968.
2. Астахов О. П., Лобанков В. В. — Измерительная техника, № 9, 22, 1965.
3. Глазов В. М., Чижевская С. Н., Глаголева Н. Н. — Жидкие полупроводники. Изд-во «Наука», М., 1967.

УДК 550.340+341

М. КУРБАНОВ
Э. С. ВОРОНЦОВА

О НЕКОТОРЫХ СВЯЗЯХ СЕЙСМИЧНОСТИ С КОСМИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ

С давних пор ученые искали причины катастрофических землетрясений в геологических процессах в зависимости числа землетрясений от фаз и положения Луны, а в последнее время сейсмичность связывают также с циклами солнечной активности и другими явлениями природы.

Впервые на зависимость количества землетрясений от положения и фаз Луны обратил внимание в прошлом столетии французский ученый А. Перре [1]. Проанализировав материал с 1751 по 1872 гг., он пришел к выводу, что «закон преобладания землетрясений к периодам сизигий все больше подтверждается» и что землетрясения чаще происходят при нахождении Луны в сизигиях, чем в квадратурах, и в перигее, чем в апогее [2].

На связь сейсмичности с положениями Луны и Солнца указывали А. П. Орлов (1887 г.), М. Ален (1936 г.), Н. Н. Павлов, Г. П. Тамразян и др.

Все большее внимание уделяется изучению зависимости различных явлений природы от воздействия Солнца в период 11, 22-летних и т. д. циклов. Именно в максимумы этих циклов Солнце наиболее активно «вмешивается» во многие явления, происходящие на Земле.

На связь изменения скорости вращения Земли с циклами солнечной активности указывали Данжон [3], Н. Н. Павлов и Г. Брусенцов, которые высказали предположение, что именно изменение скорости вращения Земли может иметь некоторое влияние на ее сейсмичность.

Немецкий же ученый М. Босолазко сделал попытку установления связи последовательного перемещения землетрясений в пространстве с общей циркуляцией атмосферы [4].

Японские сейсмологи установили статистическую связь между атмосферными явлениями и землетрясениями [5].

В 1956 г. Г. П. Тамразяном был проведен анализ туркменских землетрясений за 1917—1951 гг., в результате которого им были не только подтверждены выводы

А. Перре и др., но и построена кривая, показывающая наиболее и наименее благоприятные космические условия для возникновения наибольшего числа землетрясений на ближайшие 4 года (1956—1959 гг.) [6].

Мы решили продолжить исследования Г. П. Тамразяна и проанализировали 305 землетрясений, происшедших на территории Туркмении за период с 1953 по 1965 гг. с энергией 10^{10} джоулей и более, что соответствует, приблизительно, magnitude $M \geq 3,5$ [7, 8]. Для всех землетрясений было вычислено время между перигеем и сизигиями Луны [9].

На основании имеющихся данных нами составлена табл. 1, характеризующая распределение частоты землетрясений в зависимости от продолжительности промежутка времени между прохождением Луны через перигей орбиты и ближайшим новолунием или полнолунием лунных фаз (который называется перигей—сизигий).

Как видно из табл. 1 и рис. 1, из числа всех землетрясений на интервал времени перигей—сизигий 0—2 дня приходится 53%, а на интервал 0—3 дня — приблизительно 69%.

Таблица 1

Зависимость количества энергии землетрясений от интервала времени перигей—сизигий

Интервал времени перигей—сизигий, в днях	Количество землетрясений	Энергия землетрясений в джоулях, 10^{-10}
0—1	91	2619
1—2	71	1937
2—3	47	619
3—4	34	383
4—5	33	259
5—6	18	261
6—7	7	124
7—8	4	22
Итого	305	6224

Кроме того, построен график зависимости между количеством землетрясений и количеством энергии, освобождающейся при этом. Рис. 2 показывает, что на протяжении с 1952 по 1965 гг. количество землетрясений возрастает, а количество освобожденной энергии уменьшается. Какой же процент времени в одной фазе Луны (новолуния или полнолуния) составляет интервал времени перигей—сизигия в днях?

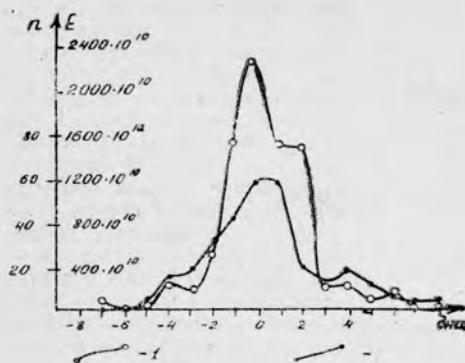


Рис. 1. Распределение количества и энергии землетрясений Туркмении в зависимости от продолжительности промежутка времени между прохождением Луны через перигей и ближайшим сизигием за период с 1953 по 1965 гг. 1 — Кривая зависимости количества землетрясений от промежутка времени перигей—сизигий (в днях); 2 — кривая зависимости энергии от промежутка времени перигей—сизигий (в днях).

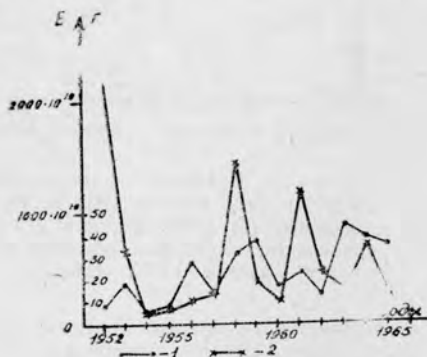


Рис. 2. График сопоставления количества землетрясений с энергией, освобождающейся в результате этих землетрясений (1952—1965 гг.) 1 — Кривая распределения количества землетрясений по годам; 2 — кривая распределения энергии землетрясений по годам.

За период с 1912 по 1966 гг. прошло 20 циклов новолуния и полнолуния. Из них было определено процентное распределение во времени интервалов перигей—сизигий для одного цикла.

Один цикл новолуния (полнолуния), равный $\approx 7-8$ месяцам, составляет 100%, тогда на промежуток времени перигей—новолуние (полнолуние), равный 0 ± 1 дню, приходится 32% времени всего цикла, на интервал 1 ± 2 дня — 25% (см. табл. 2). Таким образом, на больший процент времени года приходится большее количество землетрясений и энергии, освободившейся в результате их, что вполне естественно. Чтобы более наглядно представить себе картину распределения количества и энергии землетрясений в интервалах времени перигей—сизигий, были построены графики (рис. 3), причем интервалы времени перигей—сизигий мы откладывали не равномерно, а с таким расчетом, чтобы каждый из интервалов 0 ± 1 , 1 ± 2 и т. д. дней соответствовал своему процентному отношению в цикле перигей—сизигий, взятом за 100%.

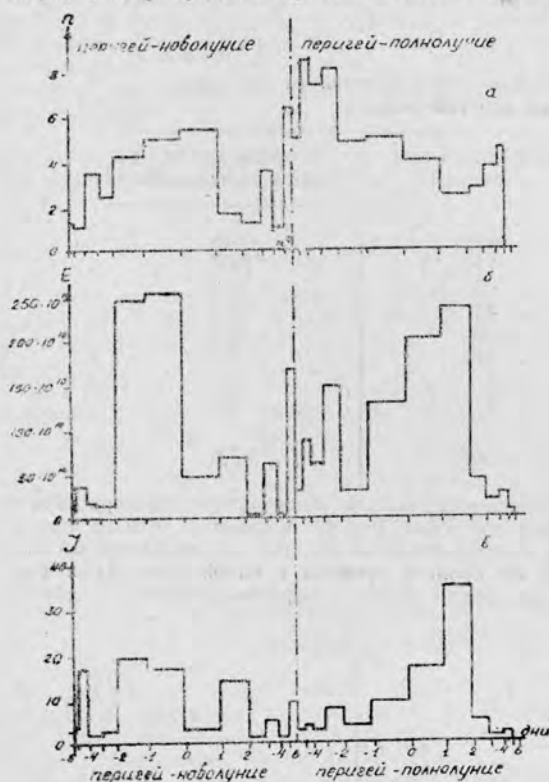


Рис. 3. Графики распределения частоты (а), энергии (б) и интенсивности (в) землетрясений в год в различные интервалы времени перигей—сизигия (1952—1965 гг.).

Выводы. Энергия выделяется за интервал 0—2 дня после прохождения момента совпадения перигея с полнолунием. Причем наибольшая интенсивность землетрясений приходится на интервал 1—2 дня фазы полнолуния, что хорошо видно из графика 3 (в).

На основании табл. 1, 2 можно сказать, что за интервал времени перигей—сизигий, равный 0—2 дням, соответствующий 57% времени одного цикла, произошло 53% всех землетрясений, в результате которых освободилось 73% всей сейсмической энергии.

Эти данные подтверждают результаты, полученные ранее Г. П. Тамразяном для территории Туркмении: с уменьшением интервала перигей—сизигий количество и энергия землетрясений сильно возрастают, что указывает на общую закономерную связь усиления сейсмической активности недр Туркмении с лунно-солнечными приливами.

Выводы

1. Отмечена некоторая связь возникновения землетрясений с $M > 3,5$ с положением Луны и Солнца относительно Земли.

Таблица 2
Процентное распределение во времени интервалов перигей—сизигий

Интервал перигей-сизигий, в днях	Время интервалов перигей-сизигий, %
0—1	32,0
1—2	25,0
2—3	16,0
3—4	12,0
4—5	10,0
5—6	4,0
6—7	1,0
того	100 %

График (а) показывает распределение во времени количества землетрясений за год, деленное на процент времени. График (б) построен точно так же, но только для энергии землетрясений; график (в) показывает интенсивность одного землетрясения в интервалы времени перигей—сизигий с учетом фаз Луны. Интенсивность землетрясений получаем в результате деления процентного выражения энергии на процентное выражение времени. На основании анализа данных графиков можно сказать: наибольшее количество энер-

2. Наибольшее количество землетрясений происходит в интервале времени 0—3 дня между перигеем лунной орбиты и ближайшим сизигием.
3. В этот же период освобождается наибольшее количество сейсмической энергии.

Институт Физики Земли и атмосферы
АН Туркменской ССР

Поступило
29 сентября 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Perrey A. — Mémoire sur les rapports qui peuvent exister entre la fréquence de tremblement de terre et l'âge de la lune. Comptes Rendus de séance de l'Académie de Sciences, v. XXXVI, № 12, 1853.
2. Нестеренко П. Г., Стовас М. В. — Информационный бюллетень «Геофизика и астрономия», № 5, 1963.
3. Природа, № 4, апрель, 1960.
4. Bossolasco M. — Über meteorologische Ursachen der Auslösung von Erdbeben. «Gerlands Beitr. Geophys», 72, № 5, 1963.
5. Gerwin R. — Vorhersage von Erdbeben. «Naturwiss. Rundschau» 17, № 1, 1964.
6. Тамразян Г. П. — Известия АН ТССР, № 5, 1956.
7. Бюллетень сети сейсмических станций СССР за 1952—1961 гг. Изд. АН СССР, Москва.
8. Землетрясения в СССР в 1962, 1963, 1964, 1965 и 1966 гг. Изд. АН СССР, Москва.
9. Астрономические ежегодники на 1953—1956 гг. ИТА АН СССР.

И. Н. ЛЕПЕШКОВ
С. Р. СЕРГИЕНКО

СЕДЕЛЬНИКОВ ГЕОРГИЙ СТЕПАНОВИЧ

(некролог)

25 мая 1968 г. в Ашхабаде на 64-м году жизни скоропостижно скончался академик Академии наук Туркменской ССР доктор химических наук лауреат Государственной премии Георгий Степанович Седельников, один из виднейших представителей Курнаковской научной школы физико-химического анализа и крупный специалист в области исследования природных солей.

Г. С. Седельников родился 2 мая 1905 г. в семье крестьянина д. Пашичи Верховинского района Кировской области. Здесь, в крае богатой яркими красками суровой природы Северного Урала, протекали детские и юношеские годы Георгия Степановича. Уже в школьные годы в нем развились такие важные для естествоиспытателя черты, как умение внимательно и терпеливо наблюдать явления природы, удивляться их красоте и мощи, выработалась способность делать практические выводы из своих наблюдений.

В 1923 г. Седельников окончил среднюю школу и свою трудовую деятельность начал в качестве учителя начальной сельской школы. Годы учительствования, экскурсии с школьниками в лес и в поле, рассказы малышам о жизни животных и растений еще больше обострили способность Георгия Степановича к восприятию и тонкому пониманию природы.

Желание к продолжению образования приводит Георгия Степановича в Ленинград. В 1926 г. он поступает на естественное отделение Ленинградского педагогического института имени Герцена, который успешно заканчивает в 1930 г. Первый учебный год (1930/31 г.) молодой учитель преподает химию на рабфаке Новосибирского института народного хозяйства.

В 1931 г. Седельников переходит работать в качестве научного сотрудника Западно-Сибирской краевой научно-исследовательской химической лаборатории, в то время единственной химической научно-исследовательской ячейки Новосибирска. В этой лаборатории, занимавшейся изучением минерального сырья Западной Сибири, Георгий Степанович в течение 6 лет с большим увлечением ведет исследования по выяснению запасов и состава солей соляных озер Сибири. Этот начальный период работы молодого исследователя в значительной мере определил его научные интересы и основное направление его дальнейших исследований.

В 1937 г. Г. С. Седельникову было присуждено ученое звание старшего научного сотрудника. В том же году он переезжает в Москву и поступает на работу в качестве старшего научного сотрудника лаборатории химии и технологии природных солей в Институт общей и неорганической химии (ИОНХ) им. Н. С. Курнакова Академии наук СССР. Научная деятельность Г. С. Седельникова в значительной мере связана с физико-химическим изучением соляных озер Западной Сибири. Научные результаты этих исследований легли в основу кандидатской диссертации, защищенной Г. С. Седельниковым в 1940 г.

Во всех своих исследованиях соляных озер Советского Союза, включая и Кара-



Богаз-Гол. Георгий Степанович широко использовал методы физико-химического анализа. Вместе со своими учениками и сотрудниками он уделял большое внимание исследованию фазовых равновесий в водно-солевых системах, состоящих из карбонатов и биокarbonатов, сульфатов и хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов, в связи с выяснением условий образования солей в содовых и сульфатных озерах Западной Сибири и Кара-Богаз-Гола. Они составили научную основу при разработке технологии переработки и промышленного использования природных солей этих озер.

В докторской диссертации Г. С. Седельникова на тему «Исследование водно-солевых систем типа природных содовых растворов», которую он успешно защитил в 1954 г., дано критическое обобщение обширного опытного материала, собранного им и его сотрудниками более чем за 20 лет. На основе глубокого физико-химического изучения условий кристаллизации соды из природных рассолов были разработаны направления и способы их промышленного освоения. С конца 30-х гг. Г. С. Седельников вместе с Н. П. Лужной и Х. Б. Фрадковой начинают, под общим научным руководством проф. С. З. Макарова, разработку метода получения активного гипохлорита кальция.

Работа эта представляла большую народно-хозяйственную актуальность. Работа завершилась успехом. В 1941 г. «за разработку и внедрение процесса получения высокоактивного гипохлорита кальция» вышеупомянутым сотрудникам ИОНХа, в их числе и Г. С. Седельникову, была присуждена Государственная премия.

Много лет своей научной деятельности Г. С. Седельников посвятил исследованию гидрохимического режима уникального соляного бассейна Туркмении — залива Кара-Богаз-Гол. С 1950 по 1961 г. он был начальником и научным руководителем Карабогазской экспедиции ИОНХ АН СССР. При его непосредственном участии была разработана схема комплексной переработки рассолов залива, предложенная ИОНХ АН СССР и предусматривающая зарегулирование стока морской воды в залив и получение сульфатов натрия и калия, магниевых и других солей.

В феврале 1965 г. общее собрание Академии наук Туркменской ССР избирает Г. С. Седельникова действительным членом — академиком АН ТССР. В марте 1965 г. Георгий Степанович переехал в г. Ашхабад на постоянную работу и жительство. Он возглавляет лабораторию химии и технологии солей Института солей.

В трудных условиях, при отсутствии достаточного количества квалифицированных специалистов и приспособленных лабораторных помещений, Георгий Степанович в течение года подбирает хороший коллектив лаборатории и разрабатывает программу научных исследований. Гидрохимия Кара-Богаз-Гола, изучение физико-химических процессов, протекающих в этой огромной природной соляной лаборатории, становятся основным объектом научных исследований руководимой им лаборатории. Одновременно в лаборатории получают развитие исследования по химии и технологии йода и брома, крайне важные для йодо-бромной промышленности Туркмении.

Г. С. Седельников много времени проводит в Бек-Даше, где он, с группой своих сотрудников, проводит, совместно с работниками «Карабугазсульфата», работы по налаживанию полупромышленных установок по отдельным технологическим процессам схемы комплексного использования соляных богатств Кара-Богаз-Гола. Особое внимание уделяет Георгий Степанович полупромышленной проверке процесса получения из хлористого калия сульфата калия — бесхлористого калийного удобрения. Он достигает в этом деле значительного успеха. На опытной установке была получена партия сульфата в несколько сот килограммов.

Г. С. Седельников принимает активное участие в работе комиссии по утверждению запасов брома и других ценных видов химического сырья в рассолах залива Кара-Богаз-Гола.

Много сил и энергии отдал Г. С. Седельников подготовке и проведению в апреле 1968 г. в Ашхабаде 2-го Всесоюзного совещания по комплексной проблеме использования соляных богатств Кара-Богаз-Гола. Он выступил на этом совещании с рядом основных докладов.

Более 37 лет самоотверженного творческого труда отдал Г. С. Седельников развитию химико-технологического исследования в избранной им области — химии природных солей.

Вместе со своими сотрудниками Г. С. Седельников выполнил более 70 работ, из них свыше 40 опубликовано. Большая часть его работ относится к исследованию природных солей и фазовых равновесий в водносолевых системах. Часть его работ оформлена в виде авторских свидетельств. Он является соавтором сданной в печать большой монографии — «Соли Кара-Богаз-Гола».

В 1967 г. им была опубликована брошюра — «Графические расчеты солевых систем Кара-Богаз-Гола».

Творческая деятельность Г. С. Седельникова была тесно связана с подготовкой научных кадров. Будучи научным сотрудником ИОНХ АН СССР, он с 1937 по 1940 г. был, по совместительству, ассистентом кафедры аналитической химии Москов-

ского геолого-разведочного института, с 1949 по 1965 г. являлся доцентом кафедры технологии редких и рассеянных элементов Московского института тонкой химической технологии им. Ломоносова.

В г. Ашхабаде он заведует кафедрой технологии неорганических веществ Ашхабадского политехнического института.

Под его научным руководством многие защитили диссертации на ученую степень кандидата химических наук и выполнили большое число дипломных работ и проектов.

Г. С. Седельников был членом бюро отделения физико-технических и химических наук АН ТССР и принимал активное участие в научной и общественной жизни коллектива Академии наук ТССР.

Химическая наука понесла серьезную утрату, которую особенно сильно ощущают ученые, Академия наук Туркмении.

От нас ушел крупный исследователь, человек высокого гражданского долга, беззаветно преданный советской науке и своему народу, душевный, скромный и отзывчивый человек.

Все, кто знал близко Георгия Степановича Седельникова, сохраняют о нем в своих сердцах добрую память.

МАЗМУНЫ

Мередов М. — Чэк меселелериниң гарышык типлериниң деңлемелериниң чөзү- лишиниң барлыгы барада	3
Баум В. А., Байрамов Р., Рыбакова Л. Е. — Бугарма ве конденсацияда парал- дель текизленмелериниң арасындакы йылылык хем-де масса чалшылмагы	11
Кулыев Я. — Ислендик формалы Холлың датчигиниң эквивалент схемасы	18
Аннаев Р. Г., Киренский Л. В., Суханова Р. В., Ахмедова Г. Ш., Заякин П. Н., Пержановская З. М. — Монокристал никелиң юка плёнкасында Холл эффектиниң хем-де магнит гаршылыгының дернелмеги	26
Сергиенко С. Р., Әрнепесов Х. Н. — Нефтиң ёкары молекуляр углеводородының өврүлмек угруна температураның ве гөврүм тизлигиниң тәсири	32
Карпеко Г. М., Сергиенко С. Р., Симеонов А. А., Зимина К. И. — Битков ве гнединцев нефтлериң ёкары молекуляр парафино-циклопарафин углево- дородларының химики тебигаты барада	39
Седельников Г. С., Пустильникова А. М., Байлыева Г. Г. — Гарабогазкөл гары- шык чөкүнди зоналарының минерал-петрограф дернелвери	46
Седельников Г. С., Андриясова Г. М. — Гарабогазкөл дузларындакы фтор, бром, йодлар	51
Гуцалюк В. Г., Яценко Э. А., Сдобнов Е. И., Холина Е. В., Невский В. М., Сал- тыбаев Д. К. — Селектив экстракция асфальтонларың бөлүнмеги	57
Алехин С. Н., Жданов Б. П. — Көйтендаг гершиниң гүнбатар эңцитлериндеки гидрогеохимики дернелвериң гечирилен тежрибеси	63
Непесов Р. Д., Маилян Р. А. — 1948-нжи йылдакы Ашгабат ер титремесиниң гайталаның сарсмаларының районың геологики гурлушына баглылыгы барада	69
Гендлер С. Л. — Меркези Гарагум ёкары хек чөкүндилериниң минералогик дүзүми ве корреляция алааматлары	73
Келембет Г. Р. — Арчиньян-Сув ве Лаин-Сув деряжыкларының чыкыш конус- ларындакы четвертичный чөкүндилериң гурлушы	82
Байков А. А., Седлецкий В. И., Худайкулыев Х. — Гүнорта-Гүндогар Гиссара- дакы мезозоя чөкүндилериң Говурдак гатлаклары билең өзара багла- нышыгы барада	87
Борисенко А. А. — Гарагум чөкетлигиниң гүнбатарындакы Черкезли галгын- лыгы барада	93
Туранов В. А., Самсонов Ю. В., Акмырадов К. — Гарагум гиңишлигиндеки юра чөкүндилериниң корреляциясы барада	97
Калугин П. И. — Гүнбатар Түркменистаның ёкары хек чөкүндилери	102
ГЫСГАЧА ХАБАРЛАР	
Мосанов О., Ысмайылов О. — Нернст-Эттингсгаузен өврүжилериң нетижелели- гини удалтмаклык барада	117
Байрамов Р., Тойлыев К. — Чуң сувлы (дамжаландырыжыларың) натур дернел- лериң нетижелелериниң хасапламалар билең денешдирилмеги	119
Астахов О. П., Бергер Л. И., Дөвлетов К. — Гаты ве сувук халлардакы Ag_2CeTe_3 ве Ag_2SnTe_3 ярымгечирижи гарынтгыларың (сплавларың) термоэлектрик хәсиетлери	121
Гурбанов М., Воронцова Э. С. — Сейсмикликлериң космики хадысалар билең кәбир баглылыклары барада	122
Лепешков И. Н., Сергиенко С. Р. — Георгий Степанович Седельников (некролог)	126

Ученый секретарь редколлегии С. П. Хрипунова
Техредактор Р. Санатулова

Сдано в набор 5/VI 68 г. Подписано к печати 19/VIII 68 г. Уч.-изд. л. 9,15. Физ. л. 8.
Привед. л. 11,2. Формат 70×108¹/₁₆. Зак. 119. Тираж 680. Цена 60 коп. И—01481.

Типография издательства «Ылым», г. Ашхабад, ул. Энгельса, 2.

Цена 60 коп.

Индекс
77978

Продолжается подписка
на журнал
**„ИЗВЕСТИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
ТУРКМЕНСКОЙ ССР“**
на 1968 год

ПО СЕРИЯМ:

физико-технических, химических
и геологических наук
биологических наук
общественных наук
и журнал „Проблемы освоения пустынь“

Периодичность каждой серии
6 номеров в год

Подписная плата

серия физико-технических,
химических и геологиче-
ских наук

на год 3 р. 60 к.

на 6 месяцев 1 р. 80 к.

цена отдельного
номера 60 к.

серии биологических,
общественных наук
и журнал „Проблемы
освоения пустынь“

3 р.

1 р. 50 к.

50 к.

Подписка принимается
во всех отделениях
„СОЮЗПЕЧАТИ“