

АЗƏРБАЙЧАН ССР ƏЛМƏР АКАДЕМИЯСЫ  
АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

---

МƏ'РУЗƏЛƏР  
ДОКЛАДЫ

ТОМ VIII

№ 5

1952

---

АЗƏРБАЙЧАН ССР ƏЛМƏР АКАДЕМИЯСЫНЫН НƏШРИЙЯТЫ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР  
БАКЫ—БАКУ

П-168

АЗƏРБАЙЧАН ССР ЭЛМЛƏР АКАДЕМИЯСЫ  
АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

---

# МƏРУЗƏЛƏР ДОКЛАДЫ

ТОМ VIII

№ 5

1952

---

АЗƏРБАЙЧАН ССР ЭЛМЛƏР АКАДЕМИЯСЫНЫН НƏШРИЯТЫ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР  
БАКЫ — БАКУ

А. Ф. ГУСЕИНОВ

СМЕШАННАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ГАРМОНИЧЕСКОЙ  
ФУНКЦИИ

(Представлено действ. членом АН Азербайджанской ССР  
И. Г. Есьманом)

Пусть дана некоторая область  $D$ , граница которой разбита на две части  $S$  и  $S'$ , имеющие общую границу  $F$ . Предполагается, что граница области  $D$  является поверхностью Ляпунова.

Рассмотрим смешанную краевую задачу для гармонической функции.

Требуется определить функцию  $U$ , непрерывную в замкнутой области  $\bar{D}$ , гармоническую внутри этой области и удовлетворяющую следующим условиям:

$$Uc' = f(S) \text{ на } S \quad (1)$$

и

$$\left(\frac{du}{dn}\right)_1 + h U_1 = \varphi(S') \quad (2)$$

во всякой точке поверхности  $S'$ , лежащей на положительном расстоянии от границы этой части. Причем,  $f(S)$  и  $\varphi(S')$  — данные ограниченные и непрерывные функции,  $h$  — число,  $h \leq 0$ .

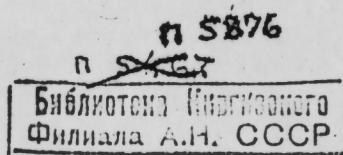
В настоящей работе эта задача рассматривается в трехмерном пространстве.

При  $h = 0$  эта задача в трехмерном пространстве впервые была исследована С. Зарембой [1].

Отметим, что С. Заремба свою задачу исследовал для класса поверхностей, являющихся частным случаем более общего класса поверхностей Ляпунова.

Рассматриваемая в настоящей работе задача соответствует, например, задаче о стационарном тепловом поле при нагревании по  $S$  и охлаждении по  $S'$  [5].

Кроме того, наша задача имеет значение для некоторых проблем теории фильтрации, если рассматривается задача о стационарной филь-



трации жидкости внутри пористой среды, когда на одном участке границы задано давление, а другой части—связь между скоростью фильтрации и давлением [6].

Обозначим через  $D'$  область, состоящую из точек внешних по отношению к  $D$ . Производная  $\frac{du}{dn}$  взята по внутренней нормали к поверхности  $S'$ .

**Теорема единственности.** При указанных выше условиях, если поставленная задача имеет решение, то оно единственное.

В самом деле, обозначим через  $\psi$  разность двух функций, удовлетворяющих всем условиям поставленной задачи. Функция  $\psi$  удовлетворяет всем условиям задачи с той лишь разницей, что (1) и (2) должны быть заменены следующими:

$$\psi_1 = 0 \quad \text{на } S \quad (3)$$

$$\left(\frac{d\psi}{dn}\right)_1 = -h\psi_1 \quad (4)$$

в точках поверхности  $S'$ .

Если  $\psi$  тождественно не равно нулю во всей области  $D+S+S'+F$ , то она должна иметь положительный максимум или отрицательный минимум, который будет достигаться ею в некоторой точке  $A$ , лежащей на границе области  $D$ .

Но в силу условия (3), точка  $A$  не может принадлежать ни  $S$ , ни общей границе поверхностей  $S$  и  $S'$  и поэтому она будет находиться на  $S'$ .

Пусть в точке  $A$  имеем положительный максимум. Тогда по лемме, доказанной С. Зарембой [1], в точке  $A$  имеем:

$$\left(\frac{d\psi}{dn}\right)_1 < 0,$$

что противоречит неравенству

$$\left(\frac{d\psi}{dn}\right)_1 = -h\psi_1 \geq 0,$$

которое должно выполняться в точке  $A$  на  $S'$ .

Пусть теперь в точке  $A$  имеем отрицательный минимум. Тогда, в силу той же леммы, в этой точке должно быть

$$\left(\frac{d\psi}{dn}\right)_1 > 0,$$

что противоречит неравенству

$$\left(\frac{d\psi}{dn}\right)_1 = -h\psi_1 \leq 0,$$

которое выполняется в точке  $A$  на  $S'$ .

Итак, функция  $\psi$  может быть лишь тождественно равной нулю, что доказывает единственность решения задачи.

Легко убедиться в существовании функции  $\Phi$ , гармонической и непрерывной во всей замкнутой области  $\bar{D}$  и такой, что ее значения на куске  $S$  границы области  $D$  совпадают со значениями  $f(S)$  и  $\left(\frac{d\Phi}{dn}\right)_1 + h\Phi_1$  будет ограниченная и непрерывная на  $S'$ .

В этом случае замена

$$U_1 = U - \Phi$$

сводит задачу к тому частному случаю, когда

$$f(S) = 0$$

Итак, не ограничивая общности, условие (1) можно взять в следующем виде:

$$U = 0 \quad \text{на } S \quad (5)$$

Обозначим через  $\lambda$  параметр, не зависящий от координат, и попробуем определить Ньютонов потенциал простого слоя, несомого общей границей областей  $D$  и  $D'$  такой, что

$$(v)_e = (v)_i = 0 \quad \text{на } S, \quad (6)$$

$$\left(\frac{dv}{dn}\right)_e - \left(\frac{dv}{dn}\right)_i + \lambda \left[ \left(\frac{dv}{dn}\right)_e + \left(\frac{dv}{dn}\right)_i \right] + 2(\varphi - hv_i) = 0 \quad (7)$$

во всякой точке  $S'$ , находящейся на положительном расстоянии от общей границы поверхностей  $S$  и  $S'$ .

Положим

$$\sigma' = \left(\frac{dv}{dn}\right)_e - \left(\frac{dv}{dn}\right)_i \quad (8)$$

Известна формула, выведенная С. Зарембой [1]

$$V(A) = \int_{S'} \sigma'(B) G(A, B) dS_B, \quad (9)$$

где  $G(A, B)$ —функция Грина в смысле § 7 [1].

Положим

$$K(A, B) = \left(\frac{dG(A, B)}{dn}\right)_e + \left(\frac{dG(A, B)}{dn}\right)_i.$$

Если точка  $A$  лежит на  $S'$ , то

$$\left(\frac{dG}{dn}\right)_e = \left(\frac{dG}{dn}\right)_i, \quad (10)$$

так что

$$K(A, B) = 2\left(\frac{dG}{dn}\right)_e = 2\left(\frac{dG}{dn}\right)_i. \quad (10)$$

Внеся (9) в уравнение (7) и принимая во внимание равенство (10), определяющее функцию  $K(A, B)$ , получим

$$\sigma'(A) + \int_{S'} [\lambda K(A, B) - 2h G(A, B)] \sigma'(B) dS_B + 2\varphi = 0 \quad (11)$$

Таким образом, мы получили интегральное уравнение типа Фредгольма с ядром  $K_0(x, S) + \lambda K(x, S)$ , рассмотренное З. И. Халиловым [2]. Для  $K(A, B)$  и  $G(A, B)$  имеют место неравенства:

$$|K(A, B)| < \frac{C}{2\pi AB^{2-\delta}}, \quad 0 < \delta < 1,$$

$$|G(A, B)| < \frac{C}{2\pi AB}$$

Следовательно, к уравнению (11) применима основная теорема Фредгольма.

Обозначим через  $\lambda_0$  характеристическое значение комплексного параметра  $\lambda$ .

Этому значению  $\lambda_0$  соответствует потенциал  $v_0$  простого слоя, обладающий следующими свойствами: в каждой точке поверхности  $S$  имеем:

$$(v_0)_e = (v_0)_i = 0, \quad (12)$$

а во всякой точке поверхности  $S'$ , расположенной на положительном расстоянии от общей границы  $F$  поверхностей  $S$  и  $S'$ , имеет место равенство

$$\left(\frac{dv_0}{dn}\right)_e - \left(\frac{dv_0}{dn}\right)_i + \lambda \left[\left(\frac{dv_0}{dn}\right)_e + \left(\frac{dv_0}{dn}\right)_i\right] - 2h(v_0)_i = 0 \quad (13)$$

Положим

$$\lambda_0 = \alpha + i\beta, \quad v_0 = P + iQ$$

Равенства (12) и (13) дадут

$$(P)_e = (P)_i = (Q)_e = (Q)_i = 0$$

на  $S$ ,

$$\left(\frac{dP}{dn}\right)_e - \left(\frac{dP}{dn}\right)_i + \alpha \left[\left(\frac{dP}{dn}\right)_e + \left(\frac{dP}{dn}\right)_i\right] - \beta \left[\left(\frac{dQ}{dn}\right)_e + \left(\frac{dQ}{dn}\right)_i\right] - 2hP_i = 0$$

$$\left(\frac{dQ}{dn}\right)_e - \left(\frac{dQ}{dn}\right)_i + \alpha \left[\left(\frac{dQ}{dn}\right)_e + \left(\frac{dQ}{dn}\right)_i\right] + \beta \left[\left(\frac{dP}{dn}\right)_e + \left(\frac{dP}{dn}\right)_i\right] - 2hQ_i = 0 \quad (14)$$

на  $S'$ .

Рассмотрим следующие интегралы:

$$\int \left[ \left(\frac{\partial P}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial z}\right)^2 \right] d\tau,$$

$$\int \left[ \frac{\partial P}{\partial x} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial P}{\partial y} \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial P}{\partial z} \frac{\partial Q}{\partial z} \right] d\tau,$$

$$\int \left[ \left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial z}\right)^2 \right] d\tau,$$

где  $d\tau$ —элемент объема, и интеграция распространяется на область  $D$  или на область  $D'$ .

В первом случае значения этих интегралов мы обозначим через  $A, B, C$ , во втором через  $A', B', C'$ .

Из равенств (14) получаем:

$$B' + B + \alpha(B' - B) - \beta(C' - C) - 2h \int PQ dS = 0,$$

$$B' + B + \alpha(B' + B) + \beta(A' - A) - 2h \int PQ dS = 0,$$

откуда

$$\beta(A' + C' - A - C) = 0 \quad (15)$$

С другой стороны, из тех же уравнений (14) следует, что

$$A' + A + \alpha(A' - A) - \beta(B' - B) - 2h \int P^2 dS = 0,$$

$$C' + C + \alpha(C' - C) + \beta(B' - B) - 2h \int Q^2 dS = 0,$$

откуда

$$A' + A + C' + C + \alpha(A' + C' - A - C) - 2h \int (P^2 + Q^2) = 0 \quad (16)$$

Равенства (15) и (16) дают

$$\beta[A' + A + C' + C - 2h \int (P^2 + Q^2) dS] = 0$$

Так как величина, стоящая в скобке, отлична от нуля, то получаем:

$$\beta = 0.$$

Следовательно, все характеристические значения действительны. Так как величины  $A', A, C', C$  положительны и  $h \leq 0$ , то из (16) следует, что все характеристические значения  $\lambda$  по абсолютной величине меньше 1. Легко заметить, что не может быть  $\lambda_0 = -1$ . В самом деле, равенство (16) дало бы в этом случае

$$A + C - 2h \int (P^2 + Q^2) dS = 0$$

Следовательно,  $V_0$  была бы равной нулю во всем пространстве, что невозможно.

Этим доказано, что в уравнении (7) можно положить  $\lambda = -1$ . Но в этом случае функция  $V$  совпадает с функцией  $U$ , т. е. с решением рассматриваемой нами задачи.

Таким образом, существование решения задачи доказано в силу теории интегральных уравнений.

Решение задачи сводится к решению интегрального уравнения

$$\sigma'(A) - \int_{S'} [K(A, B) + 2h G(A, B)] \sigma'(B) dS_B + 2\varphi = 0$$

Определяя  $\sigma'(A)$  из последнего и составляя по формуле (9)  $V(A)$ , получим решение задачи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Заремба—Об одной смешанной задаче, относящейся к уравнению Лапласа „Успехи математических наук“, т. 1, вып. 3—4 (13—14), 1946.
2. З. И. Халилов—Об интегральном уравнении Фредгольма с ядром, линейным относительно параметра. Доклады АН СССР, т. LIV, № 7, 1946.
3. И. И. Привалов—Интегральные уравнения. 1937.
4. С. Л. Соболев—Уравнения математической физики. Гостехиздат, 1950.
5. Х. С. Карслоу—Теория теплопроводности. ОГИЗ, 1947.
6. М. Маскет—Течение однородных жидкостей в пористой среде. Гостехиздат, 1949.

Поступило 7. III. 1952

Э. Ф. Нусейнов

#### Гармоник функция үчүн гарышыг сәрһәд мәсәләси

#### ХУЛАСӘ

Мәгалә, гармоник функция үчүн гарышыг сәрһәд мәсәләсинин тәдгигинә һәср әдилмишдир.

Һапалы  $D$  областында кәсилмәйән, бу областын дахилиндә гармоник олан вә онун  $S+S'$  сәрһәддинини  $S$  һиссәсиндә

$$U_i = f(S),$$

$S'$  һиссәсиндә исә

$$\left(\frac{du}{dn}\right)_i + hu_i = \varphi(S')$$

шәртини өдәйән  $U$  функциясынын тапылмасы тәләб олунур. Бурада  $f(S)$  вә  $\varphi(S')$  мәһдуд вә кәсилмәйән мә'лум функциялардыр,  $h$  исә әдәддир,  $h \leq 0$ .

Мәгаләдә бу мәсәләнин үчөлчүлү фәзада һәллінин варлығы вә еканәлиийн сүбут әдилдир.

Г. М. САРКИСОВ и Ю. А. АМЕНЗАДЕ

**К ВОПРОСУ О КРУЧЕНИИ ПРАВИЛЬНЫХ МНОГОГРАННЫХ  
 ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ**

(Представлено действ. членом АН Азербайджанской ССР  
 И. Г. Есьманом)

Точное и приближенное решения стержней с полигональным сечением рассмотрены различными авторами [1, 2]. Общие формулы, полученные в указанных работах, ввиду их громоздкости, вызывают часто необходимость обращения к рассмотрению отдельных конкретных случаев.

В настоящей работе мы ставим своей задачей нахождение приближенного решения кручения правильного  $n$ -угольника с согласованием этого решения с имеющимися решениями для частных значений  $n$  [2, 3] и переходящего при  $n \rightarrow \infty$  в решение для круглого сечения.

Полученные нами формулы, в отличие от указанных выше общих формул, представляют значительный интерес для расчетов в машиностроении.

При составлении таблиц введем следующие обозначения:  $a$ —длина стороны правильного многоугольника,  $\tau_{\max}$ —наибольшее напряжение,  $c$ —жесткость при кручении,  $\mu$ —модуль сдвига,  $M$ —скручивающий момент.

Таблица I

Число сторон $n$	Напряжение	Жесткость при кручении	Примечание
3	$\frac{20 M}{a^3}$	$0,01217 \mu a^4$	Точное значение
4	$\frac{4,8 M}{a^3}$	$0,141 \mu a^4$	" "
6	$\frac{M}{a^3}$	$1,04 \mu a^4$	Приближенное значение
8	$\frac{0,4 M}{a^3}$	$3,48 \mu a^4$	" "

Выразив  $a$  через радиус  $R$  вписанной в многоугольник окружности, получим для  $\tau_{\max}$  и  $C_1$  значения, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Число сторон $n$	Напряжение $\tau_{\max}$	Жесткость $C_1$
3	$\frac{0,48 M}{R^3}$	$3,11 \mu R^4$
4	$\frac{0,6 M}{R^3}$	$2,26 \mu R^4$
6	$\frac{0,65 M}{R^3}$	$1,85 \mu R^4$
8	$\frac{0,70 M}{R^3}$	$1,61 \mu R^4$

Для односвязных сечений Сен-Венан [3] предложил следующую общую формулу жесткости при кручении, точную для круглого и эллиптического сечений и приближенную для остальных видов сечений

$$C = \frac{\mu F^4}{4 \pi^2 J_p}, \quad (1)$$

где

$F$ —площадь сечения;

$J_p$ —полярный момент инерции площади сечения.

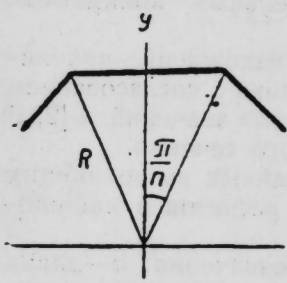


Рис. 1

Применим эту формулу к правильному  $n$ -угольнику. Из рис. 1 имеем:

$$a = 2R \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}; F = n R^2 \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}$$

$$J_p = n(J_x + J_y) = n \left( \frac{aR^3}{4} + \frac{Ra^3}{48} \right) =$$

$$= \frac{n R^4 \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}}{2} \left( 1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \frac{\pi}{n}}{3} \right)$$

Подставляя значения  $F$  и  $J_p$  в формулу (1) получим:

$$C = \frac{\left( n \operatorname{tg} \frac{\pi}{n} \right)^3}{2 \pi^2 \left( 1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \frac{\pi}{n}}{3} \right)} \cdot \mu R^4 \quad (2)$$

В таблице 3 приводятся значения  $C_2$ , вычисленные по формуле (2), которые сравниваются со значениями  $C_1$  из таблицы 2.

Как видно из таблицы 3, значения жесткости по формуле 2 преувеличены по сравнению со значениями из таблицы 2, причем, с уве-

личением числа сторон это расхождение уменьшается. Нарушение последнего положения для восьмиугольника объясняется, повидимому, тем, что значение  $C$  для  $n=8$  (таблица 2) грубо приближенно.<sup>1</sup>

Таблица 3

Число сторон $n$	Жесткость по таблице 2 $C_1$	Жесткость по формуле 2 $C_2$	$K \frac{C_1}{C_2}$	$\tau$	Жесткость по формуле 3 $C$
3	$3,11 \mu R^4$	$3,55 \mu R^4$	0,88	0,85	$3,02 \mu R^4$
4	$2,26 \mu R^4$	$2,44 \mu R^4$	0,93	0,94	$2,29 \mu R^4$
6	$1,85 \mu R^4$	$1,89 \mu R^4$	0,95	0,97	$1,84 \mu R^4$
8	$1,61 \mu R^4$	$1,74 \mu R^4$	0,93	0,98	$1,69 \mu R^4$

Попытаемся уточнить формулу (2) внесением в нее поправочного коэффициента, зависящего от числа сторон  $n$  и стремящегося при  $n \rightarrow \infty$  к единице, следующего вида:

$$\eta = \sqrt{\frac{\pi}{n \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}}}$$

Тогда значения  $C_1$ , как это видно из таблицы, будут близки и к точным при  $n=3$ ,  $n=4$  и более достоверными по сравнению с данными таблицы 2 для  $n=6$ ,  $n=8$ .

На этом основании принимаем, что для правильного  $n$ -угольника, беря за основу формулу Сен-Венана и внося в нее коэффициент  $\eta$ , можно предложить следующую формулу жесткости при кручении:

$$C = \eta^n \sqrt{\frac{\pi}{n \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}}} \cdot \frac{\left( n \operatorname{tg} \frac{\pi}{n} \right)^3}{2 \pi^2 \left( 1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \frac{\pi}{n}}{3} \right)} \cdot \mu R^4 \quad (3)$$

Эта формула хорошо согласуется с точными значениями для  $n=3$ ,  $n=4$ , и при  $n \rightarrow \infty$  приводится к формуле для круглого сечения.

Перейдем к напряжениям.

Известно, что по контуру многоугольника наибольшие напряжения имеют место на серединах сторон, а в вершинах напряжения равны нулю.

На рисунке 2 дается примерная эпюра напряжений на половине одной стороны  $n$ -угольника. Принимая наибольшее напряжение за  $\tau_{\max}$ , можем написать следующее выражение для площади ABC

$$K \tau_{\max} R \operatorname{tg} \frac{\pi}{n},$$

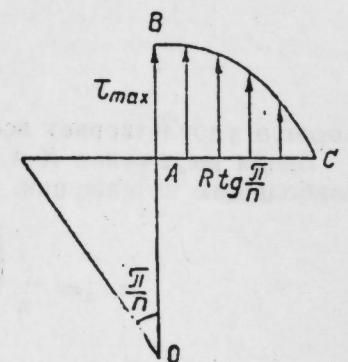


Рис. 2

где  $K$ —отношение площади ABC к площади прямоугольника со сторонами  $\tau_{\max}$  и  $R \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}$ .

<sup>1</sup> При  $n=8$ ,  $C=1,61 \mu R^4$ , что очень близко к жесткости ( $1,57 \mu R^4$ ) для круглого сечения, а это вряд ли возможно.

Воспользуемся теоремой о циркуляции скалывающих напряжений:

$$\oint \tau ds = 2\mu \theta F$$

где  $\tau$  — тангенциальное напряжение;  
 $ds$  — элемент длины контура;

$\theta$  — единичный угол закручивания ( $\theta = \frac{M}{C}$ ).

Так как циркуляция в пределах половины стороны  $n$ -угольника численно равна площади  $ABC$ , то

$$2n K \tau_{\max} R \operatorname{tg} \frac{\pi}{n} = 2\mu \theta F.$$

Подставляя значения  $F$  и  $\theta$ , имеем:

$$\tau_{\max} = \frac{1}{K} \frac{2\pi^2 \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \frac{\pi}{n}}{3}\right)}{\left(n \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}\right)^3 \sqrt{\frac{\pi}{n \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}}}} \cdot \frac{M}{R^3} \quad (4)$$

Для определения коэффициента  $K$  имеются следующие условия.

При  $n \rightarrow \infty$ ,  $\tau_{\max} \rightarrow \frac{2}{\pi} \cdot \frac{M}{R^3}$ , для чего необходимо, чтобы при  $n \rightarrow \infty$ ,  $K \rightarrow 1$ .

Далее, сопоставляя точные величины напряжений (таблица 2), с величинами напряжений из формулы (4) для  $n=3$  и 4, находим соответственно  $K=0,70$  и  $0,73$ .

Наконец, при  $n > 4$  значение  $\tau_{\max}$  должно быть близким к напряжению для круглого сечения.

Оказывается, что выражение типа:

$$K = \left(\frac{\pi}{n \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}}\right)^{\frac{3n-7}{n}}$$

хорошо удовлетворяет всем этим условиям.

Вводя выражение  $K$  в формулу (4), получим следующую формулу наибольших напряжений.

$$\tau_{\max} = \frac{2}{\pi} \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \frac{\pi}{n}}{3}\right) \cdot \left(\frac{\pi}{n \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}}\right)^{\frac{6}{n}} \frac{M}{R^3} \quad (5)$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. П. Куфарев — К вопросу о кручении и изгибе стержней полигонального сечения. Прикладная математика и механика, т. 1, вып. 1. 2. Ф. О. Кузьмин — О кручении однородных изотропных цилиндров. ДАН СССР, т. LI, № 1, 1946. 3. А. Н. Динник — Кручение. 1935.

Поступило 19. I. 1952

Г. М. Саркисов и Ю. Э. Эмэнзаде

## Чохүзлү призматик чубугларын бурулмасы наггында

### ХҮЛАСЭ

Мүэллифлэр мегалэда, дүз кэсикли  $n$  бучаглы призматик чубугларын бурулмасы налын,  $n$ -ин мүййән гиймэтләриндэ мө'лум һәллә уйғун кәлән,  $n \rightarrow \infty$  налында исә, кәсийи даирә олан чубугларын бурулмасыны тәхмини һәллини кәстәрирләр.

Сен-Венан, бурулмада даирәви, эллиптик кәсикләр үчүн дүзкүн, нәтичә верән бирһүдудлу мүхтәлиф кәсикләрдә исә, сәртлийи тәхмини мүййән әдән дүстур тәклиф әтмишдир.

Мүэллифләр, Сен-Венанья тәклиф әтдийи дүстура, дүз кәсикли  $n$ -бучаглы призматик чубугларын бурулмасында, сәртлийи дүзкүн әкс әтдирмәк мөгсәдилә әмсал әләвә әтмишләр.

Бундан башга, танкенснәл кәркинликләри циркулясиясы теореминә әсасән  $n$ -бучаглы кәсикләрдә максимум танкенснәл кәркинликләри мүййән әтмәк үчүн дә дүстур тәклиф әдилир.



Х. М. ХАЛИЛОВ

**О РАЗРЫВЕ СТЕКЛЯННЫХ ТРУБОК И КАПИЛЛЯРОВ  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ**

(Представлено действ. членом АН Азербайджанской ССР  
Ю. Г. Мамедалиевым)

**1. Введение**

Как в научно-исследовательских лабораториях, так и в технике, при визуальных наблюдениях за уровнем жидкости, часто приходится применять стеклянные трубки и капилляры. При этом и в измерительной аппаратуре и на промышленных установках эти трубки находятся под действием значительного внутреннего давления; например, в приборах, предназначенных для изучения физических свойств жидкостей и газов [1—3], в дифманометрах [4], в паровых котлах, в аппаратуре нефтеперерабатывающих заводов и т. п. широко применяются стеклянные приборы и трубки. Естественно, во всех этих случаях требуются определенные сведения о прочности стеклянных трубок.

В 1873 г. Д. И. Менделеевым [1] были произведены наблюдения над разрывом стеклянных трубок, испытанных им для устройства манометра, предназначенного для измерения сжимаемости газов при высоких давлениях. Оказалось, что трубки с наружным диаметром от 12,5 до 11,4 мм и толщиной стенок в 3—4 мм разрывались под давлением от 100 до 140 атм, а при толщине стенок 3—1,9 мм — при давлении от 140 до 200 атм.

Наши наблюдения преследовали цель получения данных не только об оптимальной толщине стенок стеклянных трубок, но и о зависимости их предела прочности от внутреннего диаметра.

**2. Детали эксперимента**

На рис. 1 схематически представлено устройство для ведения наблюдений над разрывом стеклянных трубок под действием внутреннего давления. Эта установка состоит из плунжерного выжимного пресса, к которому подключен манометр термостата, ниппельного

соединения стеклянного капилляра со стальной трубкой 8, защитного сосуда 12 и соединительных стальных трубок.

Испытуемый образец 11 припаивается к капилляру 9 в участке 10. Внутренний диаметр этого капилляра равен 0,04 см. Его верхний конец завершается сферическим наконечником. Как со стороны полусферического углубления стального ниппеля 8, так и с противоположной стороны от накидной гайки, сферический конец стеклянного капилляра 9 защищен прокладками из фибры, имеющими в середине отверстия. Подробности ниппельного соединения стеклянных и стальных трубок даны в работе [5].

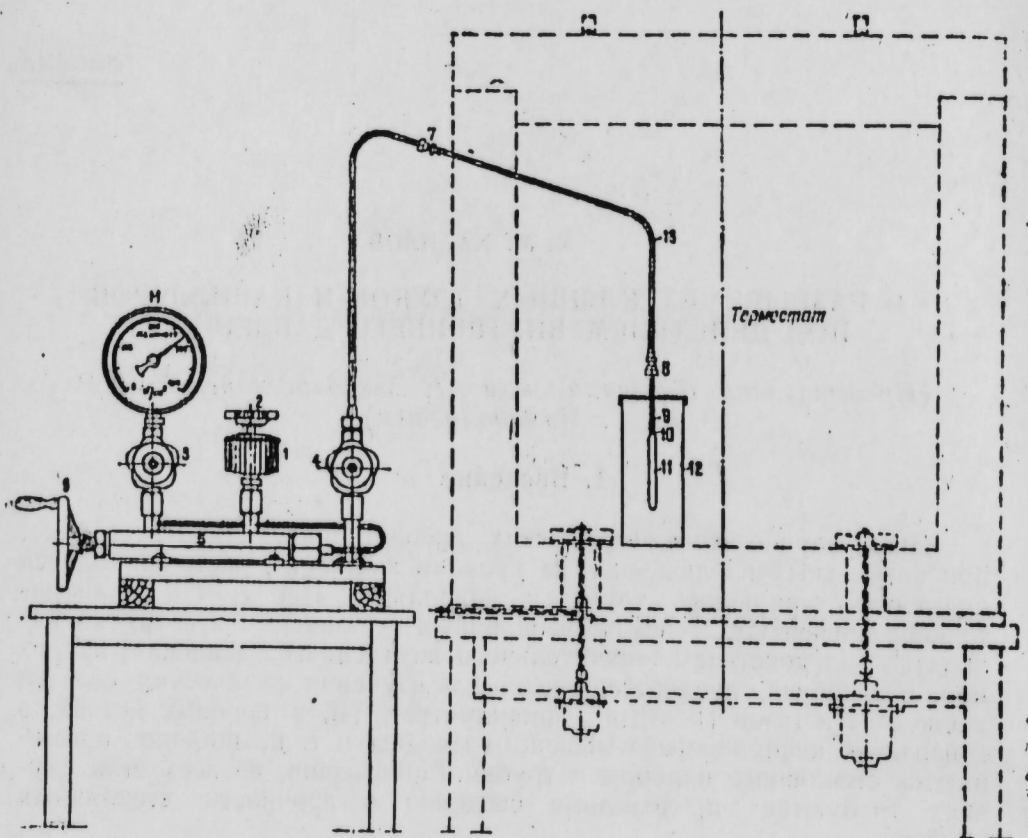


Рис. 1

Разрыв стеклянных трубок производился под давлением масла, поступающего из плунжерного пресса.

Открывая вентиль 2, вращением рукоятки 6 смещаем плунжер выжимного пресса влево, чтобы перевести некоторое количество масла из сосуда 1 в цилиндр 5. Когда вентиль 2 закрыт, а вентиль 4 открыт и плунжер смещается вправо, масло, вытесняющееся из цилиндра 5, поступает в испытуемый образец 11, предварительно заполнив промежуточные трубки. Если теперь открыть вентиль 2, то часть воздуха, находящегося в сжатом состоянии внутри детали 11, выйдет в атмосферу.

То уплотняя оставшуюся часть воздуха, то выпуская ее в атмосферу, можно почти совершенно заполнить образец 11 маслом. При соблюдении этой предосторожности при разрывах трубок не происходит сильного разбрызгивания масла. При разрывах осколки стекла

выливающееся масло остаются в защитном сосудике 12. Разрыв испытуемых образцов производится при медленном повышении давления. При этом необходимо непрерывно следить за показанием манометра.

Припайвание нового образца к капилляру 9 производится вне термостата после разъединения конца трубки 13 в стыке 7.

### 3. Результаты

Были произведены наблюдения над разрывом 23 трубок и капилляров из молибденового стекла продукции завода № 591 и 3 трубок из стекла пирекс. Полученные при этом результаты представлены на рис. 2. Здесь по оси абсцисс отложены давления в атмосферах, при

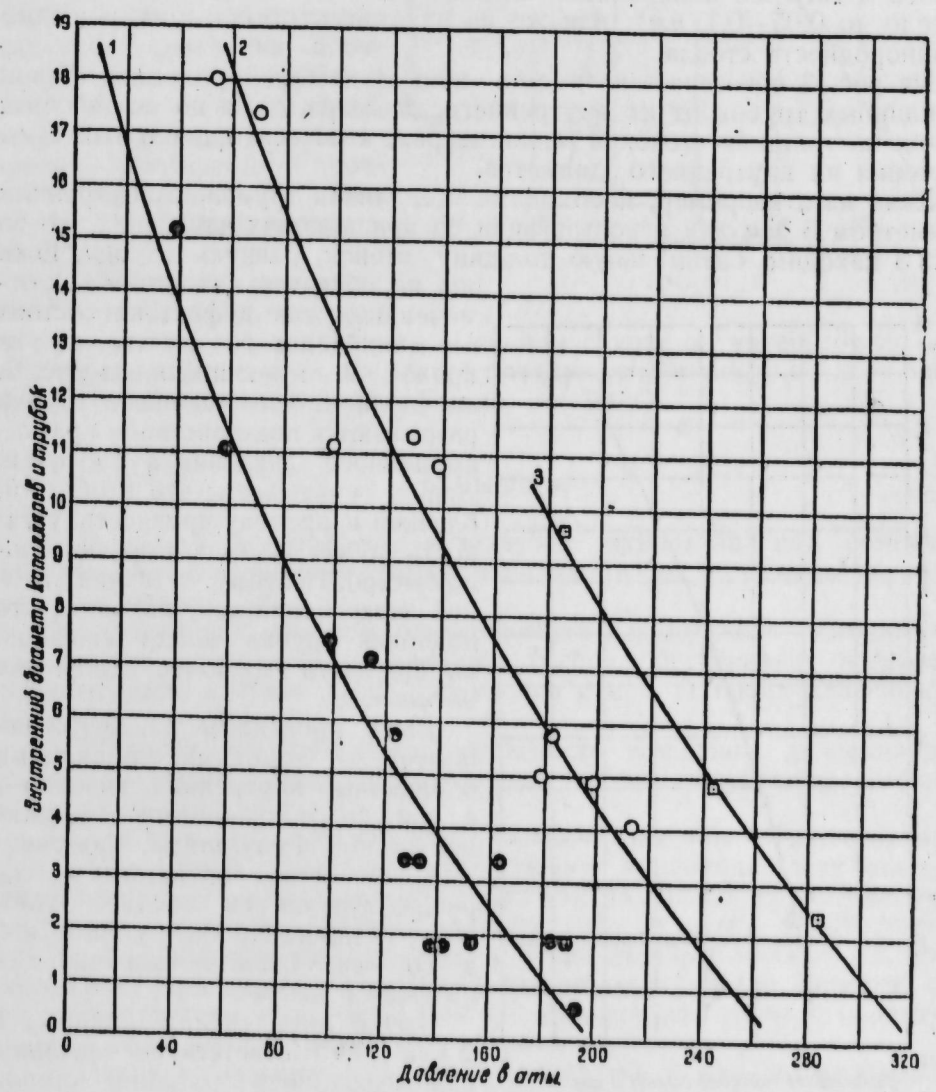


Рис. 2

значениях которых произошли разрывы трубок, а по оси ординат нанесены значения их внутренних диаметров в миллиметрах. Кривые 1 и 2 относятся к трубкам из молибденового стекла, а кривая 3—к трубками из стекла пирекс.

Для каждого значения внутреннего диаметра стеклянных трубок и капилляров существует определенная наиболее выгодная толщина их стенок, при которой они выдерживают сравнительно большее давление, чем более толстостенные и менее толстостенные образцы трубок. При одном и том же значении внутреннего диаметра они разрываются тем легче, чем больше отступление от этой оптимальной толщины стенок. На рис. 2 кривые 2 и 3 относятся как раз к трубкам с оптимальной толщиной стенок. В этом случае разрыв происходит по продольным трещинам, которые местами сопровождаются мелкими трещинами в виде елочки.

Кривая 1 характеризует разрыв таких трубок, у которых была избыточная толщина стенок, или имелись расхождения в диаметрах одного и того же поперечного сечения (это расхождение иногда доходило до 0,05—0,1 мм) или же на их стенках были едва заметные неоднородности стекла.

На рис. 3 показана зависимость наиболее выгодной толщины стенок стеклянных трубок от их внутреннего диаметра. Здесь по оси абсцисс отложена толщина стенок в миллиметрах, а по оси ординат нанесены значения их внутреннего диаметра.

Если нам, например, необходима стеклянная трубка с внутренним диаметром 5 мм для использования ее при высоких давлениях, то из рис. 3 находим оптимальную толщину стенок, равную 1,5 мм. Если

она не обладает ни одним из отмеченных выше дефектов и состоит из молибденового стекла, то из кривой 2, имеющейся на рис. 2, определяем, что подобные трубки разрываются под действием кратковременного давления в 186 атм. Далее, учитывая, что в области, близкой к пределу прочности, усталость стекла наступает сравнительно быстро. Поэтому, оставляя двойной запас прочности, находим, что подобная трубка может свободно выдерживать рабочее давление 93 атм.

Были проведены также серии опытов с трубками, имеющими одинаковый внутренний диаметр—4 мм, но отличающимися толщиной стенок. Результаты, полученные при этом, представлены на рис. 4, где по оси абсцисс отложена толщина стенок трубок в мм, а по оси ординат—давление их разрыва в кг/см<sup>2</sup>.

Точка пересечения линий 1 и 2 как раз соответствует значению наиболее выгодной толщины стенок стеклянных трубок—1,32 мм, при котором они выдерживают максимальное давление.

Поверхностный слой стекла играет важную роль при разрывах трубок. Наличие даже незаметных на глаз штрихов на внутренних стенках трубок уменьшает их прочность в 5—6 раз.

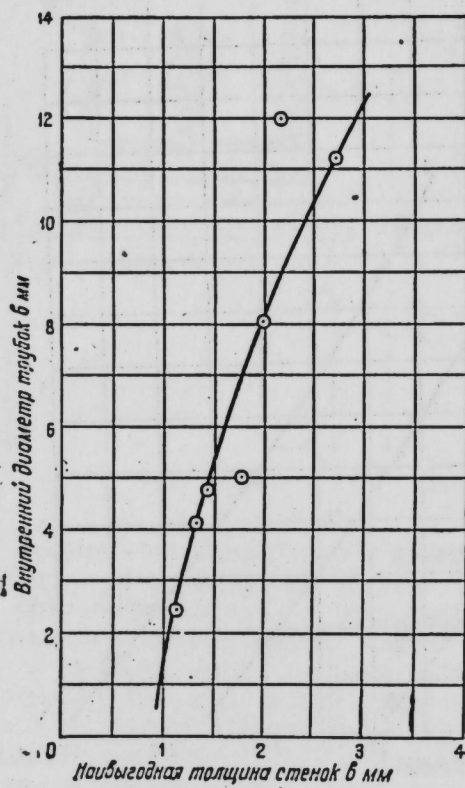


Рис. 3

Термические напряжения, обусловленные резким неравномерным нагреванием и остыванием стекла, приводят не только к растрескиванию при повторном нагревании, но и уменьшают сопротивление механическому воздействию.

Молибденовое стекло, будучи более устойчивым по отношению к термическому воздействию, уступает стеклу пирекс по прочности.

В интервале от 20 до 140°C нами не обнаружено заметного изменения прочности стеклянных трубок в зависимости от нагревания, если не считать небольшого увеличения прочности на разрыв у трех трубок из десяти испытанных.

Уменьшение прочности стекла в области, близкой к температуре его плавления, в данном случае не интересовало нас, ибо опыты, описанные выше, были предприняты в связи с изучением физических параметров нефтей лишь до 140°C.

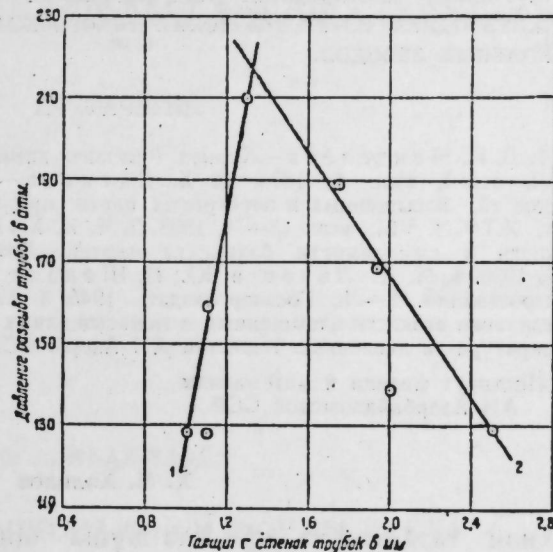


Рис. 4

#### 4. Выводы

1. В статье рассмотрены результаты наблюдений над разрывом 41 различной стеклянной трубки и капилляров под действием внутреннего давления.

Предложенное автором своеобразное ниппельное соединение стеклянных капилляров и стальных трубок обеспечивает надежную герметичность в стыке этого соединения и при больших давлениях и облегчает эксперимент.

2. Установлена графическая зависимость изменения давления разрыва стеклянных трубок и капилляров от их внутреннего диаметра и толщины их стенок.

3. Для каждого значения внутреннего диаметра стеклянных трубок и капилляров существует определенная наиболее выгодная толщина их стенок, при которой они обладают максимальным сопротивлением на разрыв; так что и более толстостенные и менее толстостенные трубки и капилляры рвутся легче, чем при этой оптимальной толщине их стенок. При одном и том же значении внутреннего диаметра они разрываются тем легче, чем больше отступление от этой наиболее выгодной толщины стенок.

4. Наличие пузырьков и неоднородностей в стекле, штрихов на внутренних стенках трубок, даже незаметных на глаз, расхождения в диаметрах одного и того же их поперечного сечения и термические напряжения сильно уменьшают сопротивление трубок на разрыв. Слабое сопротивление на разрыв более толстостенных трубок обусловлено термическими напряжениями, вызванными обработкой стекла.

5. При одинаковых условиях трубки из стекла пирекс выдерживают

вают кратковременное давление приблизительно на 70—80 атм больше, чем трубки из молибденового стекла.

6. Метод наблюдения над разрывом стеклянных трубок может служить одним из видов технического контроля качества продукции стекольных заводов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Д. И. Менделеев—Журнал Русского химического и физического общества, т. VI, отд. I, вып. 1, 1874. 2. Х. Халилов—Методы исследования вязкости жидкостей, насыщенных и перегретых паров при высоких температурах и давлениях, ЖТФ, т. VIII, вып. 13—14, 1938. 3. М. Х. Халилов—Исследование плотности, вязкости и сжимаемости бакниских нефтей. Доклады АН Азерб. ССР, т. VI, № 7, 1950. 4. М. А. Львов и Ю. Н. Шендлер—Приборы теплового контроля электростанций. М.—Л., Госэнергоиздат, 1945. 5. Х. М. Халилов—Аппаратура для определения вязкости насыщенных и ненасыщенных газом жидкостей при различных температурах и давлениях. Известия АН Азерб. ССР, № 3, 1950.

Институт физики и математики  
АН Азербайджанской ССР

Поступило 14. III. 1952

Х. М. Халилов

Дахили тэзйинги тэ'сири илэ шүшэ боруларын вэ капиллярларын партламасы һаггында

#### ХУЛАСӘ:

Мәгаләдә 41 мұхтәлиф шүшә бору вә капиллярын партламасы үзәриндә апарылмыш мұшаһидәләрин нәтичәләриндән бәһс әдилір. Һәмин мұшаһидәләрә әсасән мұәллиф, шүшә бору вә капиллярларын партлама тәзйингләринин дахили диаметрләри вә диварларынын галынлығындан асылылығыны графיקи олараг мұәййән этмишдир. Дахили диаметри мұхтәлиф олан һәр шүшә бору вә капиллярын дивары үчүн ән әлвәришли сайылан мұәййән галынлыг тапылмышдыр. Шүшә борунун вә я капиллярын дивары бу галынлыгда олдугда, партламая гаршы мұгавимәти ән йүксәк олур, бундан галын вә я назик олдугда исә даһа асанлыгла партлайыр.

Мұәййән әдилмишдир ки, галан шәртләр әйни олдугда, перексли шүшәдән гайрылмыш борулар молибденли шүшәдән гайрылмыш боруларә нисбәтән 70—80 атмосфер артыг тәзйингә давам кәтирир.

Шүшә боруларын партламасы үзәриндә мұшаһидә апарылмасы үсулу, шүшә заводларында һазырланан мәһсулун кейфиһийәтини мұәййән этмәк үчүн техники нәзарәт нөвләриндән бири ола биләр.

Ю. А. ИБАД-ЗАДЕ

#### ПОСТРОЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ФОРМЫ РУСЛА

(Представлено действ. членом АН Азербайджанской ССР  
К. А. Михайловым)

Основной особенностью руслового процесса, по проф. М. А. Великанову [1], является непрерывное взаимодействие потока и формы русла.

Форма берегов и дна направляет движение речных струй и как бы „управляет потоком“ (Н. С. Лелявский). Наряду с этим, конфигурация речного ложа, в свою очередь, находится в тесной зависимости от структуры течения, которое является основным естественным фактором происходящих в русле изменений.

В естественных руслах *поток сам создает русло* соответствующей формы, и, в свою очередь, русло своей формой влияет на скоростное поле потока.

Таким образом, в русловых процессах *причина* (течение) и *следствие* (форма русла) тесно связаны между собой и взаимно друг друга определяют. Русло, с одной стороны, и лоток, с другой, находятся между собой в определенном взаимодействии и дают пример

*единства двух сторон одного и того же явления.*

Для построения формы русла пользуемся основным законом гидростатики (рис. 1). Отметим, что распределение гидростатического давления, предусматривающее устойчивое равновесие, во всех случаях естественного русла может и не иметь места. Однако, как увидим далее, совпадение с опытными данными получается достаточно точное.

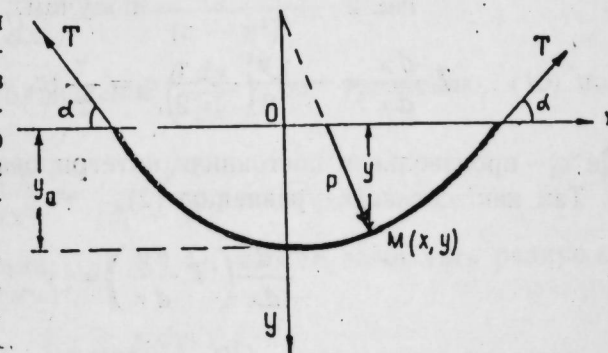


Рис. 1

На элемент периметра  $dx$  (рис. 2), расположенный на глубине  $y$ , действует элементарная сила давления

$$dP = \rho dx = \gamma y dx, \quad (1)$$

нормальная к периметру.

Проекция этой силы на ось  $y$  равна

$$dP \cos \delta = \gamma y \cos \delta dx = \gamma y \sin \delta' dx$$

но  $\sin \delta' = -\frac{dy}{dx}$ , следовательно  $dP \cos \delta = -\gamma y dx$ .

Обозначим поверхностное напряжение по периметру русла, возникающее от действия давления воды, в начальной точке элемента смоченного периметра  $dx$  через  $T$ , тогда в конечной точке этого элемента поверхностное напряжение будет равно  $T + dT$ , а соответствующие проекции на ось  $y$  будут:

$$-T \cos \delta' = -T \frac{dy}{dx}; \quad T \frac{dy}{dx} + d\left(T \frac{dy}{dx}\right),$$

так как (рис 2),

$$\cos \delta' = \frac{dy}{dx}$$

Из условий равновесия перечисленных сил находим:

$$d\left(T \frac{dy}{dx}\right) - \gamma y dx = 0 \quad (2)$$

Подобным же путем, но только проектируя силы на ось  $x$ , найдем второе дифференциальное уравнение:

$$d\left(T \frac{dx}{dx}\right) + \gamma y dy = 0 \quad (3)$$

Интегрируя последнее уравнение получим:

$$T \frac{dx}{dx} = -\frac{\gamma y^2}{2} + \frac{\gamma}{2} c_1 = \frac{\gamma}{2} (c_1 - y^2) \frac{dx}{dx}, \quad (4)$$

где  $c_1$  — произвольная постоянная интегрирования.

Так как, согласно уравнению (2),

$$\frac{d}{dx} \left( T \frac{dy}{dx} \right) = \gamma y \quad (4')$$

то, вставляя в уравнение (4') выражение  $T$  по уравнению (4), найдем:

$$\frac{d}{dx} \left[ (c_1 - y^2) \frac{dy}{dx} \right] = 2y,$$

откуда получаем:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} - \frac{2y}{c_1 - y^2} \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 = -\frac{2y}{c_1 - y^2} \quad (5)$$

Делая подстановку

$$\frac{dy}{dx} = u, \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{du}{dy} \frac{dy}{dx} = u \frac{du}{dy},$$

понижим порядок полученного дифференциального уравнения:

$$u \frac{du}{dy} - \frac{2y}{c_1 - y^2} u^2 = -\frac{2y}{c_1 - y^2} \quad (6)$$

В свою очередь, уравнение (6) подстановкой

$$u^2 = z$$

приводится к виду:

$$\frac{dz}{dy} - \frac{4y}{c_1 - y^2} z = \frac{4y}{c_1 - y^2} \quad (7)$$

Разделяя переменные в уравнении (7) получим:

$$\frac{dz}{1+z} = \frac{4y dy}{c_1 - y^2}$$

или

$$d[\ln(1+z)] = -2d[\ln(c_1 - y^2)],$$

что, после интегрирования, дает:

$$\ln(1+z) = -2 \ln(c_1 - y^2) + \ln c_2 \quad (8)$$

или

$$\ln(1+z) = \ln \frac{c_2}{(c_1 - y^2)^2}, \quad (8')$$

откуда получаем:

$$z = \frac{c_2 - (c_1 - y^2)^2}{(c_1 - y^2)^2} \quad (9)$$

где  $c_2$  — новая произвольная постоянная интегрирования. Возвращаясь к прежним обозначениям, т. е. полагая

$$z = u^2 = \left( \frac{dy}{dx} \right)^2,$$

найдем

$$\left( \frac{dy}{dx} \right)^2 = \frac{c_2 - (c_1 - y^2)^2}{(c_1 - y^2)^2} \quad (10)$$

Внося в уравнение (5) значение  $\left( \frac{dy}{dx} \right)^2$  по уравнению (10) получим:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{2y}{(c_1 - y^2)^2} c_2 \quad (11)$$

Пользуясь уравнениями (10) и (11), можем вычислить радиус кривизны  $r$  смоченного периметра:

$$r = \frac{\left[ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{3/2}}{\frac{d^2 y}{dx^2}} = \frac{\sqrt{c_2}}{2y} \quad (12)$$

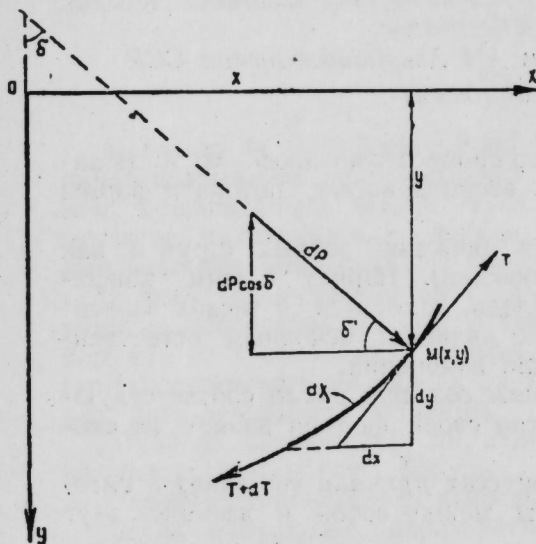


Рис. 2

Из уравнения (12) видно, что радиус кривизны смоченного периметра в какой-либо его точке обратно пропорционален глубине погружения последней.

Пользуясь теми же уравнениями (10) и (11) можем найти производную от дуги смоченного периметра.

$$\frac{dx}{dx} = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = \sqrt{1 + \frac{c_2 - (c_1 - y^2)^2}{(c_1 - y^2)^2}} = \frac{\sqrt{c_2}}{c_1 - y^2} \quad (13)$$

Обращаясь теперь к уравнению (4) и подставляя в него выражение производной  $\frac{dx}{dx}$  из уравнения (13) получим:

$$T = \frac{\gamma}{2} (c_1 - y^2) \frac{dx}{dx} = \frac{\gamma}{2} \sqrt{c_2} \quad (14')$$

В силу уравнения (12) окончательно будем иметь:

$$T = \gamma yr = pr = \text{const} \quad (14)$$

т. е. в силу того же уравнения (12) имеем:

$$ry = \text{const} \quad (15)$$

Так как  $y = h$ , где  $h$ —обычное в гидравлике обозначение глубины, то уравнение (15) можно представить еще в виде:

$$r_0 h_0 = rh \quad (15')$$

где  $r_0$  и  $h_0$ —радиус кривизны и глубина в наинизшей точке смоченного периметра;

$r$  и  $h$ —соответственные величины в какой-либо другой точке параметра.

В результате получен „закон площадей“ для распределения давлений вдоль смоченного периметра естественного русла, аналогичный известному „закону площадей“ для распределения скоростей на изгибе потока.

Определим радиус кривизны  $r_0$ , для чего найдем горизонтальную составляющую силы давления на правую половину смоченного периметра:

$$P_x = \int_0^{y_0} p dy = \gamma \int_0^{y_0} y dy = \frac{1}{2} \gamma y_0^2$$

С другой стороны (рис. 3.)

$$P_x = T - T \cos \alpha = T(1 - \cos \alpha) = \gamma y_0 r_0 (1 - \cos \alpha),$$

следовательно:

$$\frac{1}{2} \gamma y_0^2 = \gamma y_0 r_0 (1 - \cos \alpha) \quad (16')$$

откуда:

$$r_0 = \frac{y_0}{2(1 - \cos \alpha)} \quad (16)$$

Горизонтальная составляющая силы давления  $\int_0^y p dy$  на часть  $[AB$  (рис. 4) равна:

$$\int_0^y p dy = T(\cos \beta - \cos \alpha) \quad (17')$$

или

$$\frac{1}{2} \gamma y^2 = \gamma y_0 r_0 (\cos \alpha - \cos \beta) \quad (17'')$$

откуда

$$y = \sqrt{2y_0 r_0 (\cos \beta - \cos \alpha)} = y_0 \cos \varphi \quad (17''')$$

где:

$$\cos \varphi = \frac{\sqrt{1 - \left(\sin \frac{\beta}{2}\right)^2}}{K} \quad (18)$$

$$\sin \varphi = \frac{\sin \frac{\beta}{2}}{K} \quad (18')$$

$$K = \sin \frac{\alpha}{2} \quad (18'')$$

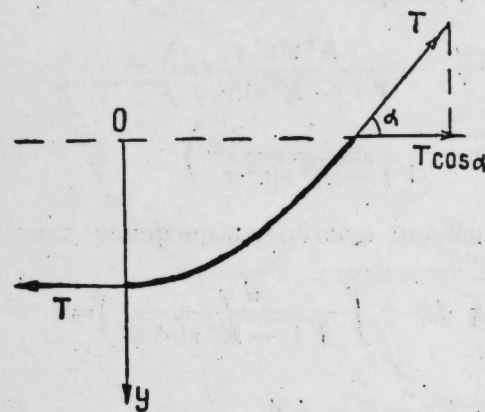


Рис. 3.

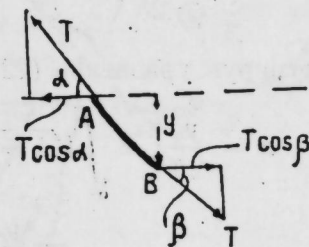


Рис. 4.

Для нахождения выражения для другой координаты возьмем вертикальную составляющую силы давления на часть смоченного периметра от наинизшей точки дна до некоторой другой точки с текущими координатами  $x, y$ , в которой угол наклона касательной к горизонту равен  $\beta$ .

Тогда из условия равновесия найдем:

$$\gamma \int_0^x y dx = T \sin \beta = \gamma y_0 r_0 \sin \beta \quad (19)$$

Подставляя в уравнение (19) величину  $r_0$  из (16) найдем:

$$\begin{aligned} \int_0^x y dx &= \frac{y_0^2 \sin \beta}{2(1 - \cos \alpha)} = \frac{y_0^2 \sin \frac{\beta}{2} \cos \frac{\beta}{2}}{1 - \cos \alpha} \\ &= \frac{y_0^2 \sin \frac{\beta}{2} \cos \frac{\beta}{2}}{1 - (1 - 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2})} \end{aligned} \quad (20')$$

Пользуясь уравнением (18) и (18'), напишем окончательно:

$$\int_0^x y dx = \frac{y_0^2}{2K} \sin \varphi \cdot \sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi} \quad (20)$$

Дифференцируя обе части полученного уравнения по  $\varphi$  и помня, что

$$d\omega = y dx \text{ и } \frac{d}{d\varphi} \int_0^x y dx = \frac{d\omega}{d\varphi} = \frac{y dx}{d\varphi},$$

найдем

$$\frac{y dx}{d\varphi} = \frac{y_0^2}{2K} \left( \cos \varphi \sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi} - \frac{K^2 \sin^2 \varphi \cdot \cos \varphi}{\sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi}} \right) \quad (21)$$

Используя уравнение (17,1)  $y = y_0 \cos \varphi$  и подставляя это значение  $y$  в уравнение (21) после некоторых преобразований, получаем:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{d\varphi} &= \frac{y_0}{2K} \left( \sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi} - \frac{K^2 \sin^2 \varphi}{\sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi}} \right) = \\ &= \frac{y_0}{2K} \left( 2 \sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi} - \frac{1}{\sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi}} \right) \end{aligned} \quad (22)$$

Интегрируя уравнение (22) по  $\varphi$ , найдем искомое выражение для  $x$ :

$$\begin{aligned} x &= \frac{y_0}{2K} \left( 2 \int_0^\varphi \sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi} d\varphi - \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi}} \right) = \\ &= \frac{y_0}{2K} [2E(\varphi, K) - F(\varphi, K)], \end{aligned} \quad (23)$$

где

$$E(\varphi, K) = \int_0^\varphi \sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi} d\varphi; \quad F(\varphi, K) = \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi}}$$

—эллиптические интегралы соответственно второго и первого рода, для вычисления которых можно воспользоваться таблицами XVI и XVII в „Гидравлическом справочнике“ акад. Н. Н. Павловского [2].

Формулу (23) с достаточной точностью можно записать в следующем приближенном виде:

$$\begin{aligned} x &= \frac{y_0}{2K} \left\{ \left( 1 - \frac{3}{4} K^2 - \frac{15}{64} K^4 \right) \varphi + \right. \\ &\left. + \left( \frac{3}{8} K^2 - \frac{5}{32} K^4 \right) \sin 2\varphi - \frac{5}{256} K^4 \sin 4\varphi \right\} \end{aligned} \quad (23')$$

Следовательно, форма русла на прямолинейном участке реки зависит лишь от максимальной глубины потока и грунта ложа, поэтому ее можно построить при известной глубине  $h_0$  и заложению откосов у уреза воды  $m = \text{ctg } \alpha$  по уравнениям (17) и (23).

По этим зависимостям нами построена форма русла (рис. 5). Сплошной линией на нем показана наблюдаемая форма русла, а пунктирной линией (кружочки)—подсчитанная по уравнению (23).

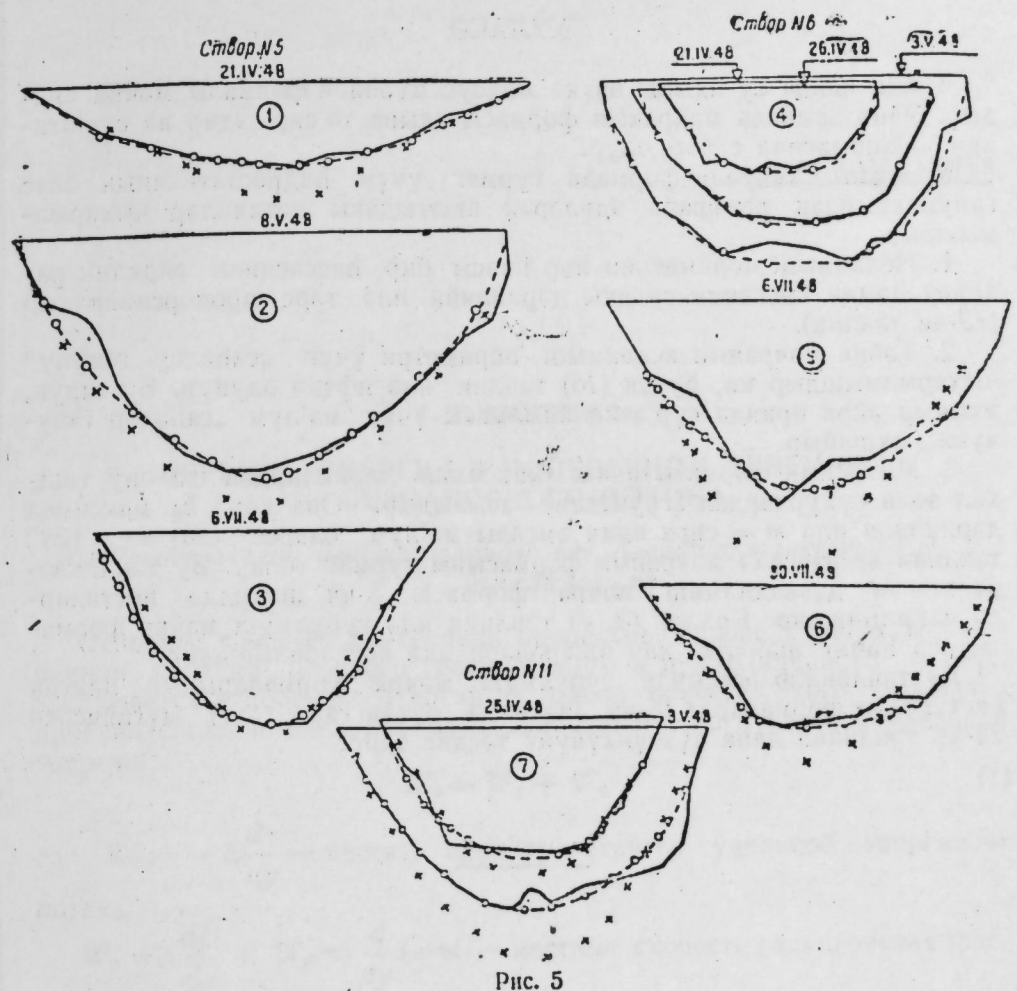


Рис. 5

Рис. 5 говорит о достаточно точном совпадении теоретических подсчетов с натурными данными.

Форма русла, построенная по формуле Кохлена [3, 4] (на рис. 5 показана крестиками), значительно расходится с натурными данными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Великанов—Динамика русловых потоков. 1947.
2. Н. Н. Павловский—Гидравлический справочник. 1937.
3. Справочник по мелиорации и гидротехнике, т. 1, под ред. К. А. Михайлова, ВНИИГиМ, 1934.
4. R e n e K o c h l e n—M e c a n i s m e d e l ' e a u e t p r i n c i p e s g e n e r a u x p o u r l ' e t a b l i s s e m e n t d ' u s i n e s h y d r o e l e c t r i q u e s. P a r i s, 1924.

Поступило 5. III. 1952

## Мэчранын сэмэрэли формада дүзэлдилмәси

## ХҮЛАСӘ

Тәбни һалда су ахыны өзүнә мэхсус мүййән формалы мәчра ярадыр. Эйни заманда мэчранын формасы ахына тә'сир эдир вә сүр'әтинин дәйишмәсинә сәбәб олур.

Мэчраны сэмэрэли формада гурмаг үчүн гидростатиканын әсас гануунларындан истифадә эдиләрәк ашағыдакы нәтичәләр чыхарылмышдыр:

1. Исланмыш периметрин һәр һансы бир һиссәсинин әйрилиг радиусу һәмнин һиссәнин судақы дәринлиийн илә тәрс пропорционалдыр (12-чи тәнлик).

2. Тәбни мэчранын исланмыш периметри үчүн „саһәләр гануну“ чыхарылмышдыр ки, бу да (15) тәнлик илә ифадә олунур. Бу ганун, ахынын әйри ериндә сүр'әтин яйылмасы үчүн мә'лум „саһәләр гануна“ охшайыр.

3. Мэчранын формасы анчаг максимал дәринликдән вә ону тәшкил эдән сүхурлардан (грунтдан) асылдыр. Она көрә  $h_0$  максимал дәринлиийн илә  $m = \text{ctg } \alpha$  ямач әмсалы мә'лум оларса (23) вә я (23') тәнлиийн васитәсилә мэчранын формасыны гурмаг олар. Бу тәнликләрә әсасән дүзәлдилмиш мэчра формасы 5-чи шәкилдә нөгтәләрлә чәкилмишдир. Кохлен (3, 4) тәнлиийн илә гурулмуш мэчра формасы илә һәмнин шәкилдә хач ишарәләри илә көстәрилмишдир.

Бу тәнликләр әсасында гурулмуш мэчра формаларынын һәятда раст кәлән формаларла (5-чи шәкилдә бүтөв гара хәтт) мүгайисәси 23-чү тәнлиийн даһа дүзкүнлүйүнү тәсдиг эдир.

## ГИДРОМЕХАНИКА

Г. Т. ДМИТРИЕВ

ПЕРЕНОС ЭНЕРГИИ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ  
БЕЗНАПОРНОГО ПОТОКА

(Представлено действ. членом АН Азербайджанской ССР  
К. А. Михайловым)

Основное свойство внутренних процессов, происходящих в поперечном сечении плоского равномерного и прямолинейного потока, заключается в передаче энергии из одной области этого сечения в другую, согласно следующему уравнению местного баланса удельной энергии:

$$W_0 = W_p + W_n \quad (1)$$

где:  $W_0 = -U \frac{d\tau}{dy}$  — местная скорость отнятия удельной энергии от потока,

$W_p = \tau \frac{dU}{dy}$  и  $W_n = \frac{d}{dy} (-\tau U)$  — местные скорости расходования (рассеяния) и передачи той же энергии;

$U$  — местная скорость в поперечном сечении потока на расстоянии  $y$  от дна,

$\tau = \tau_0 (1 - \eta)$  — внутреннее напряжение трения в том же сечении и на том же расстоянии  $y$  от дна;

$\tau_0$  — напряжение трения у дна;

$$\eta = \frac{y}{h};$$

$h$  — глубина потока.

Так как знак  $y$  градиента напряжения трения  $\frac{d\tau}{dy}$  должен быть отрицательным,  $y$  самого же напряжения трения  $\tau$  знак должен совпадать со знаком градиента скорости  $\frac{dU}{dy}$ , то величины  $W_0$  и  $W_p$  всегда положительны. Нетрудно при этом видеть, что в придонной области местная скорость расходования (рассеяния) энергии  $W_p$  больше местной скорости отнятия энергии  $W_0$ , т. е.  $W_p > W_0$ , в основной же



области потока, наоборот,  $W_p < W_0$  и, следовательно, избыток энергии из основной области, где  $W_n = W_0 - W_p > 0$ , передается в придонную область, где  $W_n = W_0 - W_p < 0$ .

Так как на природу факторов, вызывающих напряжение  $\tau$ , не накладываются какие-либо ограничения, то уравнение (1) и вытекающие из него следствия являются вполне общими и применимыми ко всем основным состояниям потока: ламинарному, турбулентному и сверхтурбулентному. В случае ламинарного движения  $W_p$  дает скорость рассеяния удельной энергии вязкостью жидкости, в случае турбулентного движения — среднюю скорость рассеяния энергии вследствие «турбулентной диффузии».

Также и величина  $W_n$  может отражать как молекулярный, так и турбулентный перенос энергии в поперечном сечении потока.

Факт пространственного несовпадения отнятия энергии от потока с ее окончательным рассеянием в виде молекулярного тепла был отмечен в работах Тейлора [1], и лишь недавно был подробно исследован в напорных потоках. Ниже приводятся результаты исследования этого факта в безнапорных потоках, полученные на основе опытов Базена в искусственных каналах.

Различные распределения скоростей в поперечном сечении потока (эпюры скоростей), получавшиеся в опытах Базена, можно представить формулой вида:

$$U = U_0 + 2mN(1 - \eta) - N(1 - \eta)^2, \quad (2)$$

где  $\eta = \frac{y}{h}$  — относительное расстояние от дна;

$U$  — местная скорость на том же расстоянии;

$U_0$  — то же на свободной поверхности;

$m = 1 - \frac{y_m}{h}$  — относительное заглубление под свободной поверхностью точки с максимальной скоростью  $U_m$ ;

$h$  — глубина потока;

$2N$  — величина, равная кривизне эпюры скоростей в точке с  $U_m$ , а также разности градиентов скорости у свободной поверхности и у дна потока [3].

Величины  $m$  и  $N$  можно представить также в виде:

$$m = \frac{\frac{U_g}{V} + 2\frac{U_0}{V} - 3}{3\left(\frac{U_g}{V} + \frac{U_0}{V} - 2\right)} \quad (3)$$

$$\frac{N}{U_0} = \frac{i - \frac{V}{U_0}}{1/3 - m}, \quad (4)$$

где, в соответствии с (2),  $V = U_0 + mN - 1/3 N$  — средняя скорость потока,  $U_g = U_0 + 2mN - N$  — донная скорость (при  $\eta = 0$ ).

Если максимальная скорость  $U_m$  на свободной поверхности ( $m = 0$ ), т. е.  $U_m = U_0$ , то вместо (2) и (4) будем иметь:

$$U = U_0 - N(1 - \eta)^2 \quad (2,1)$$

$$\frac{N}{U_0} = 3 \left(1 - \frac{V}{U_0}\right); \quad (4,1)$$

Из формулы же (3) при этом получим:

$$\frac{U_g}{V} = 3 - 2\frac{U_0}{V} \quad (5)$$

По опытам Базена в этом случае (т. е. при  $m = 0$ )

$$\frac{U_0}{V} = \frac{C + 8}{C}, \quad (6)$$

где  $C$  — коэффициент в формуле равномерного движения  $V = CV\sqrt{Ri}$ . Тогда уравнение (5) принимает вид:

$$\frac{U_g}{V} = \frac{C - 16}{C} \quad (7)$$

При  $U_g = 0$  будем иметь, согласно (4,1) и (5),  $N = U_0 = U_m$ ,  $\frac{U_0}{V} = \frac{3}{2}$  и формула (2,1) перейдет в формулу распределения скоростей в плоском ламинарном потоке:

$$U = U_m [1 - (1 - \eta)^2], \quad (2,2)$$

при этом по (7) будем иметь  $C = 16$ .

Пользуясь перечисленными выше формулами распределения скоростей, находим соответствующие формулы распределения энергии по поперечному сечению потока:

$$W_0 = \gamma i [U_0 + 2mN(1 - \eta) - N(1 - \eta)^2], \quad (8)$$

$$W_p = 2N\gamma i [(1 - \eta)^2 - m(1 - \eta)], \quad (9)$$

$$W_n = \gamma i [U_0 + 4mN(1 - \eta) - 3N(1 - \eta)^2]. \quad (10)$$

При  $m = 0$  имеем:

$$W_0 = \gamma i [U_0 - N(1 - \eta)^2], \quad (8,1)$$

$$W_p = 2N\gamma i (1 - \eta)^2, \quad (9,1)$$

$$W_n = \gamma i [U_0 - 3N(1 - \eta)^2], \quad (10,1)$$

Для определения относительной толщины придонного слоя  $\eta_c = \frac{y_c}{h}$  с недостатком энергии приравняем друг другу величины  $W_0$  и  $W_p$  и тогда получим:

$$\eta_c = 1 - 2/3 m - \sqrt{4/9 m^2 + \frac{m - 1/3}{3\left(\frac{V}{U_0} - 1\right)}} \quad (11)$$

Из (4) видно, что величины  $m$  и  $\frac{V}{U_0}$  должны удовлетворять либо условию а)  $m < \frac{1}{3}$ ,  $\frac{V}{U_0} < 1$ , либо условию б)  $m > \frac{1}{3}$ ,  $\frac{V}{U_0} > 1$ , поэтому проведем исследование формулы (11) для каждого из этих случаев отдельно.

Случай (а). При  $\frac{V}{U_0} = \text{const}$  величина  $\eta_c$  увеличивается с увеличением  $m$ , и наоборот, при  $m = \text{const}$  величина  $\eta_c$  увеличивается с

уменьшением  $\frac{V}{U_0}$ . Наибольшее значение  $\eta_c = 1 - \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,423$  достигается при  $m = 0$ ,  $\frac{V}{U_0} = \frac{2}{3}$  и  $\frac{U_g}{V} = 0$ , наименьшее же значение  $\eta_c = 0$  достигается при  $m = 0$ ,  $\frac{V}{U_0} = \frac{8}{9}$  и  $\frac{U_g}{V} = \frac{3}{4}$ . Наибольшие значения  $m$  при любом значении  $\frac{2}{3} < \frac{V}{U_0} < 1$  определяются формулой:

$$m = \frac{3 - 2 \frac{U_0}{V}}{6 - 3 \frac{U_0}{V}} \quad (3,1)$$

получающейся из (3) при  $\frac{U_g}{V} = 0$ .

Случай (б). При  $\frac{V}{U_0} = \text{const}$  величина  $\eta_c$  уменьшается с увеличением  $m$ , и наоборот, при  $m = \text{const}$  величина  $\eta_c$  увеличивается с увеличением  $\frac{V}{U_0}$ . Величина  $\eta_c$  ведет себя, как видим, противоположно случаю (а). Наибольшее значение  $\eta_c = \frac{1}{3} = 0,333$  получается при  $m = \frac{1}{2} \frac{V}{U_0} = \infty$  и  $\frac{U_g}{V} = 0$ ; наименьшее же значение  $\eta_c = 0$  для любого из значений  $\frac{V}{U_0} > 1$  достигается при

$$m = \frac{9 \frac{V}{U_0} - 8}{12 \frac{V}{U_0} - 9} \quad (3,2)$$

получающемся из (11) при  $\eta_c = 0$ . Наибольшие значения  $m$  при любом из значений  $\frac{V}{U_0} > 1$  получаются по формуле (11,1).

Самый простой вид формула (11) принимает при  $m = 0$ :

$$\eta_c = 1 - \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{V}{U_0}}} \quad (11,1)$$

или, в силу (6),

$$\eta_c = 1 - \frac{1}{3} \sqrt{\frac{C+8}{8}} \quad (11,2)$$

В этом случае наибольшее значение  $\eta_c = 1 - \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,423$  достигается при  $\frac{V}{U_0} = \frac{2}{3}$  или  $C = 16$  и совпадает по своей величине с относительной толщиной придонного слоя  $\eta_{u-v} = \frac{y_{u-v}}{h}$ , получаемой из условий  $U = V$ . Так как, кроме того, из формулы (5) получаем при

этих условиях  $U_g = 0$ , то мы имеем здесь дело с эпюрой распределения скоростей в ламинарном потоке; в остальных случаях  $\eta_c \neq \eta_{u-v}$ , и при  $\frac{V}{U_0} = \frac{8}{9}$ , или  $C = 64$ ,  $\eta_c = 0$ .

Зная толщину придонного слоя  $\eta_c$  с недостатком энергии, можно подсчитать величину энергии, транспортируемой из основной области потока для пополнения недостающей энергии в придонном слое:

$$|W_{n/g}| = \int_{y_c}^{(1-m)h} w_n dy = W_0 \frac{3 \left(1 - \frac{U_0}{V}\right)}{m - \frac{1}{3}} \left[ \frac{2}{3} \left( \frac{4}{9} m^2 + \frac{m - 1/3}{3 \left(\frac{V}{U_0} - 1\right)} \right)^{3/2} - \frac{1}{3} m \left( \frac{11}{27} m^2 + \frac{m - 1/3}{3 \left(\frac{V}{U_0} - 1\right)} \right) \right] \quad (12)$$

где  $W_0 = \gamma ihV$  — полная работа потока, идущая на преодоление сопротивления трения за единицу времени на единице ширины и длины потока.

Из анализа формулы (12) вытекает следующий чрезвычайно важный и на первый взгляд парадоксальный факт: величина  $|W_{n/g}|$  увеличивается с уменьшением  $\eta_c$  и наоборот. Аналогичный факт был обнаружен при напорном движении в круглых трубах [2], однако, в нашем случае обнаруживается другой не менее важный факт, имеющий место в условиях, рассмотренных в § 3: как при условии (а), так и при условии (б) — величина  $|W_{n/g}|$  при  $\frac{V}{U_0} = \text{const}$  уменьшается с увеличением  $m$  (т. е. с увеличением заглубления точки с максимальной скоростью), и, наоборот, при  $m = \text{const}$  величина  $|W_{n/g}|$  уменьшается с увеличением  $\frac{V}{U_0}$ .

Простейший вид формула (12) принимает в случае  $m = 0$ , т. е. в случае широкого прямоугольного канала:

$$|W_{n/g}| = \frac{2}{9} W_0 \frac{\frac{U_0}{V}}{\sqrt{1 - \frac{V}{U_0}}} \quad (12,1)$$

Положив

$$\alpha = \frac{|W_{n/g}|}{W_0}, \text{ имеем:}$$

$$\alpha = \frac{2}{9} \frac{\frac{U_0}{V}}{\sqrt{1 - \frac{V}{U_0}}} \quad (12,2)$$

Это в свою очередь можно представить либо в виде

$$\alpha = 6 \frac{(1 - \eta_c)^3}{9(1 - \eta_c)^2 - 1} \quad (12,3)$$

либо в виде

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\left(1 - \frac{U_E}{3V}\right)^{3/2}}{\sqrt{1 - \frac{U_E}{V}}} \quad (12,4)$$

либо, наконец в виде

$$\alpha = \frac{1}{9} \frac{C+8}{C} \sqrt{\frac{C+8}{2}} \quad (12,5)$$

Согласно (12,3) и (12,4) минимальное значение

$$\alpha_{\min} = \left\{ \frac{0}{\sqrt{3}} \right\} = 0,577$$

получается соответственно при

$$\frac{U_E}{V} = \left\{ \frac{3}{0}, \frac{U_0}{V} = \left\{ \frac{0}{\frac{3}{2}} \right. \right. \text{ и } \eta_c = \left\{ \frac{1}{1 - \sqrt{3}} = 0,423.$$

Первый случай ( $\alpha_{\min} = 0$ ) можно представить себе, например, в условиях сильного низового ветра, когда поверхностные скорости  $U_0$  затормаживаются ветром; второй случай, как уже указывалось, соответствует ламинарному распределению скоростей по вертикали.

Наибольшее значение  $\alpha = \frac{3}{4} = 0,750$  получается согласно (12,3) при  $\eta_c = 0$ .

Полную картину распределения энергии в поперечном сечении широкого прямоугольного канала при различных режимах потока и различной шероховатости стенок можем, согласно опытам Базена, представить в виде следующей таблицы:

C	16	20	30	40	45	50	55	60	64
$\frac{U_0}{V}$	$\frac{3}{2}$	1,399	1,266	1,198	1,177	1,159	1,144	1,133	$\frac{9}{8}$
$\frac{U_E}{V}$	0	0,200	0,467	0,600	0,645	0,680	0,710	0,734	$\frac{3}{4}$
$\eta_c$	0,423	0,376	0,273	0,1790	0,1390	0,100	0,061	0,025	0
$\alpha$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	0,582	0,598	0,656	0,676	0,696	0,716	0,736	$\frac{3}{4}$

Теперь можно объяснить отмеченный ранее парадоксальный факт увеличения  $\alpha$  с уменьшением  $\eta_c$ . Из приведенной таблицы видно, что это происходит одновременно с уменьшением шероховатости стенок или увеличением коэффициента  $C$ , но известно [4], что с уменьшением коэффициента шероховатости стенок и увеличением коэффициента  $C$  увеличивается коэффициент турбулентного обмена. Таким образом, увели-

чение переноса энергии в поперечном сечении потока тесно связано с увеличением турбулентного обмена, т. е. обмена водных масс местами. Известно, далее [5], что с переходом потока к сверхтурбулентному состоянию турбулентный обмен прекращается. Этим объясняется и другой парадоксальный факт в опытах Базена: совпадение картины переноса энергии при  $C=16$  с картиной переноса энергии в ламинарном потоке. Значения  $\eta_c = 0,423$  и  $\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$  можно было бы принять с этой

точки зрения, за критерии перехода потока от турбулентного состояния к сверхтурбулентному.

Опыты Базена не отражают картину переноса энергии в каналах с гладкими стенками. В этом случае можно было бы воспользоваться степенной формулой распределения скоростей.

$$U = U_0 \eta^n \quad (15)$$

Тогда имели бы:

$$\frac{U_0}{V} = 1 + n, \quad \eta_c = \frac{n}{1+n} \text{ и } \alpha = (1-n) (\eta_c^n - \eta_c^{n+1}) \quad (16)$$

Формулы (15) и (16) дают при  $n = 0,1250$  хорошее совпадение с результатами наблюдения над глубокими полноводными реками.

Приведенные выше результаты имеют важное значение при исследовании процессов руслообразования и движения шуги, донных и взвешенных наносов, а также при исследовании местных размывов русла в гидротехнических сооружениях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Современное состояние гидроаэродинамики вязкой жидкости, т. II. ГИИЛ, М. 1948.
2. Boris A. Bakhmeteff and William Allan—The Mechanism of Energie Loss in Fluid Friction. Proceedings of Am Soc. Civ. Eng. 71. № 2 (1945).
3. И. И. Агроскин и Г. Т. Дмитриев.—Изучение кинематической структуры руслового потока при обтекании вертикального цилиндра. Научные записки МГМИ. вып. XVII. М., 1947.
4. А. В. Карашев—Распределение скоростей и коэффициентов турбулентного обмена по вертикали. Тр. ГГИ, вып. 2 (56). Гидрометеониздат. Л., 1947.
5. О. К. Блумберг—Проблема смешения водных масс в современном освещении. Тр. ГГИ, вып. 1. Смешение водных масс. ЦУЕГМС, Л.—М., 1936.

Поступило 15. II. 1952

К. Т. Дмитриев

Тээйнгсиз ахынын энинэ кэсийиндэ энержинин бир хиссэдэн башга хиссэйэ кечмэси

#### ХҮЛАСЭ

Мае ахынларынын энинэ кэсиклэриндэ кедэн дахили просеслэрин эсас хассэси, энержинин эйни кэсийин бир хиссэсиндэн дикэр хиссэсинэ вермэсидир. Маени сакит вэ дүзхэтли ахынында бу хассэ, энержинин ерли балансы тэнлийн илэ (I) ифадэ олунур вэ бу тэнлик, ахынын хэм ламинар, хэм дэ турбулент халы үчүн тэтбиг олуна билэр.

Белэ мэлум олур ки, ахынын энинэ кэсийинин дибэ яхын хиссэсиндэ энержинин яйылмасынын ерли сүр'эти  $W_p$ , ахындан энержи алынмасы сүр'этиндэн  $W_0$  бөйүкдүр. Ахынын энинэ кэсийинин эсас

нессәсиндә исә бунун әкси мүшәһидә әдиләр. Әсас һиссәдә ахындан алынған әнержи  $W_0$  илә ййылан әнержи  $W_p$  арасындакы фәрг һесабына ахынын дибә яхын һиссәсиндә чатышмаян әнержинин ери долдурулу.

Үмуми һалда, йә'ни мүнәтәзәм вә дүзхәтли ахынын әнинә кәсипиндә (сүн'и вә мүхтәлиф дәрәчәдә кәлә-көтүр каналлар үзәриндә Базен тәчрүбәләри) сүр'әтләр бөлкүсү, (2) формулая табе олуб, параметрләри (3) вә (4) формулаларындан алыныр. Сакит ахында, йә'ни шагул үзрә максимал сүр'әт  $U_m$  сәтһ сүр'әтинә  $U_0$  бәрабәр олдугда, (2) формуласы (2,1) шәклини алыр, онун параметрләри дә мувафиг сурәтдә дәйишир (4,1), диб сүр'әти  $U_g$ , сәтһ сүр'әти  $U_0$  вә шагул үзрә орта сүр'әти  $V$  арасында (5), (6) вә (7) формулалары илә ифадә әдилән бир мүнәсибәт алыныр.

$U_g=0$  олдугда (4,1) формуласы, мүнәтәзәм ахын сүр'әтләринин ламинар ахын һалындакы формуласы (2,2) шәклини алыр. Бу, Базен формуласына (7) әсасән,  $C$  әмсалы мүййән гиймәт алдыгда, йә'ни  $C=6$  олдугда баш вермәлидир.

Базен тәчрүбәләриндә мүшәһидә әтдийимиз сүр'әт бөлкүсү һалларына, йә'ни (2) вә (2,1), ахынын шагули кәсипи үзрә әнержи бөлкүсү һаллары (8), (9), (10) вә (8,1), (9,1), (10,1) тәнликләринә уйғун кәлир.

Сүр'әт вә әнержинин шагул үзрә бөлкүсү һалларына дибә яхын гатын  $\eta_c$ , әнержиси чатышмаян мүййән нисби галылыглары уйғун кәлир. Бунлар (11) вә (11,1), (11,2) тәнликләри илә ифадә әдиләр.

Һәмин гата верилән әнержинин гиймәти (12) вә (12,1), (12,2), (12,3), (12,4), (12,5) формулалары илә кәстәрилир. Бу заман илк нәзәрдә парадоксал көрүнән бир факт гаршыя чыхыр: дибә яхын гата верилән әнержинин гиймәти  $|W_n|_g$  һәмин гат  $\eta_c$  назикләшдикдә артыр.

Мүнәтәзәм ахында (әнли, дүзбучаглы каналлар) дибә яхын гата верилән әнержинин минимал гиймәти шагул үзрә сүр'әтләрин ламинар бөлкүсүнә ( $C=16$  олдугда), максимал гиймәти исә  $C=64$  вә  $\eta_c=0$  һалларына уйғун кәлир.

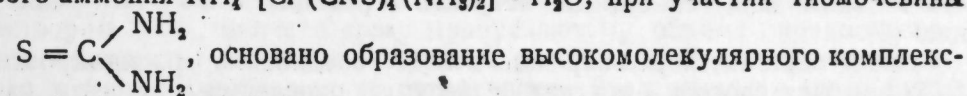
Дибә яхын гата верилән әнержинин гиймәти  $|W_n|_g$  көрүнүр ки, су күтләләринин турбулент мүбадиләси вә ахынын вәзийәти илә сых әлагәдардыр.

И. Л. БАГБАНЛЫ

ОБЪЕМНО-ИОДАТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
КАДМИЯ

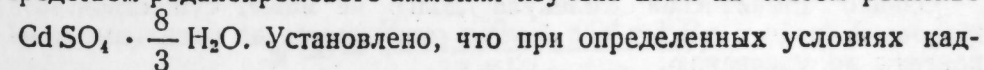
(Представлено действ. членом АН Азербайджанской ССР  
Ю. Г. Мамедалиевым)

На принципе метода осаждения кадмия посредством роданохромого аммония  $NH_4 [Cr (CNS)_4 (NH_3)_2] \cdot H_2O$ , при участии тиомочевины



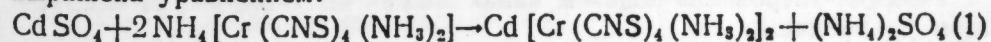
ного осадка с сравнительно малой растворимостью, что позволяет использовать его для количественного определения кадмия весовым способом [1, 2]. При массовых анализах, требующих применения большого количества осадителя и промывной жидкости, этот метод практически становится неприменимым из-за дороговизны некоторых реактивов (спирта и тиомочевины).

Реакция осаждения кадмия в виде комплексного соединения посредством роданохромого аммония изучена нами на чистом реактиве

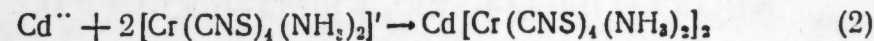


мий осаждается количественно без участия тиомочевины.

Реакция осаждения кадмия без участия тиомочевины может быть выражена уравнением:



или



На основании этой реакции разработан новый весовой метод определения кадмия. Присутствие большого количества железа и цинка отрицательно не влияет [3].

В настоящей работе изучен процесс окисления роданохромого кадмия  $Cd [Cr (CNS)_4 (NH_3)_2]_2$  иодатом калия  $KJO_3$ , с целью разработки объемного метода определения малого количества кадмия в присутствии других элементов.

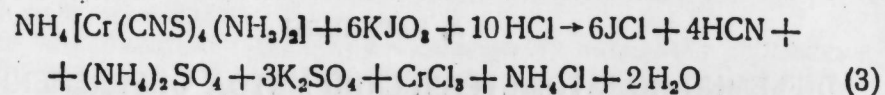
Нашими предыдущими исследованиями было установлено, что при действии раствора иодата калия на роданохромоый аммоний

$\text{NH}_4[\text{Cr}(\text{CNS})_4(\text{NH}_3)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$  в кислой среде происходит полное разрушение комплексной молекулы. Разрушение последней происходит в результате окисления роданида, который является одним из основных компонентов комплексной молекулы. При этом CNS превращается в серную и синильную кислоту [4].

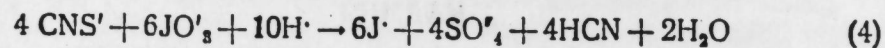
Роданохромовый аммоний, как исходное вещество, образует ряд солей, из которых состоит рассматриваемый класс комплексов, отдельные представители которого являются предметом изучения в данной работе. Эти комплексы отвечают общей формуле  $M[\text{Cr}(\text{CNS})_4(\text{NH}_3)_2]_n$ , где „M“—одновалентный, двухвалентный или же трехвалентный металл и „n“—число валентности катиона [5].

Производные роданохромового аммония ведут себя по отношению к воде различно: большинство из них легко растворяется в ней, но некоторые не растворяются или же растворяются очень мало.

Растворимые производные роданохромового аммония способны окисляться в водном растворе иодатом калия в кислой среде по реакции:



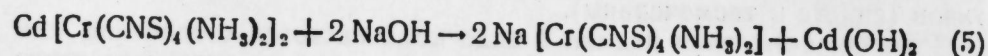
или



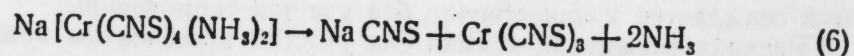
Нерастворимые комплексные соединения, примером которых может служить кадмиевый осадок, легко растворяются в едких щелочах с полным разрушением комплексной молекулы. При этом CNS освобождается от соединений комплекса и существует в растворе как самостоятельный ион, способный вступить в реакцию с  $\text{JO}'_3$  по уравнению (4).

Таким образом, нерастворимые в воде соединения роданохромового аммония способны вступать в реакцию окисления с иодатом калия. Следовательно, на основании реакции CNS с  $\text{KJO}_3$  можно найти количественное содержание кадмия, который находится в строго определенных соотношениях с роданидом.

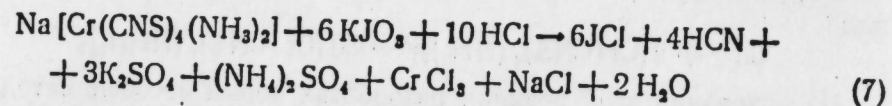
При растворении кадмиевого осадка в едких щелочах происходит следующая реакция:



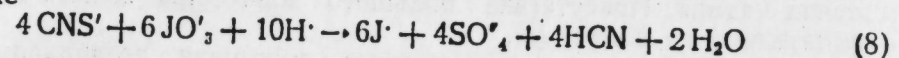
Однако комплексная молекула долго не может существовать в щелочной среде и потому она быстро разрушается на отдельные компоненты по уравнению:



Реакция титрования иодатом калия может быть выражена следующим уравнением:



или же



Следовательно, реакция протекает аналогично реакции растворимых солей.

Таким образом, из уравнений (7) и (8) вытекает, что один атом кадмия способен соединиться с восемью радикалами роданида, которые эквивалентны двенадцати молекулам  $\text{KJO}_3$ .

Следовательно, один атом кадмия эквивалентен 48 окислительным единицам. Это показывает, что данный метод обладает большой чувствительностью; из уравнения (4) видно, что в окислительной реакции участвуют только ионы CNS. Зная количество CNS, по расходу рабочего раствора вычисляется содержание кадмия в испытуемом растворе.

Ход анализа. Испытуемый раствор кадмия, взятый пипеткой в объеме от 1 до 10 мл, переносят в стакан емкостью не больше 50 мл. Раствор подкисляют серной или соляной кислотой с таким расчетом, чтобы концентрация кислоты в растворе была не больше, чем двунормальная. К раствору прибавляют 10 мл свежеприготовленного 2,5% раствора осадителя  $\text{NH}_4[\text{Cr}(\text{CNS})_4(\text{NH}_3)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$  (несколько в избытке); общий объем раствора не превышает 25 мл. Стакан помещают в ледяную воду, где выдерживают около 30 мин. при частичном перемешивании.

Для ускорения анализа процесс фильтрации можно производить под вакуумом. Плотную фильтровальную бумагу помещают в маленькую воронку, вставленную в склянку Бунзена. Осадок переносят на фильтр и слабо отсасывают водяным или же ручным насосом. Осадок трижды промывают охлажденной водой, применяя каждый раз не больше 5 мл. Воронка с осадком переносится на эрленмейеровскую колбу; к осадку на фильтре приливают 5 мл 5% горячего раствора NaOH и растворяют осадок. По растворении осадка фильтр протыкают стеклянной палочкой и тщательно промывают горячей водой в количестве не больше 15—20 мл. Затем к раствору прибавляют 20 мл HCl ( $d=1,19$ ) и охлаждают под краном. После охлаждения прибавляют 5 мл бензола, очищенного от тиофенов, и титруют 0,1 N раствором  $\text{KJO}_3$ . Вначале сразу пропускают  $1/2$  объема предполагаемого количества рабочего раствора и ожидают 2—3 минуты, после чего содержимое колбы сильно встряхивают. В зависимости от количества выделившегося иода бензольный слой окрашивается от слабо-розового до темнубурого цвета. Дальше титрование продолжают по каплям и после каждой капли содержимое колбы сильно встряхивают. По мере титрования окраска бензольного слоя слабеет и после прибавления последней капли бензольный слой полностью обесцвечивается, что показывает конец титрования. Процентное содержание кадмия определяется по следующей формуле:

$$\% \text{Cd} = \frac{V_{\text{KJO}_3} \cdot T_{\text{KJO}_3} \cdot \text{Cd} \cdot 100}{12 \text{KJO}_3 \cdot \text{Нав.}}$$

где  $V$ —объем израсходованного рабочего раствора;

$T$ —титр рабочего раствора.

Результаты опытов приводятся в таблице 1.

Из приведенных данных видно, что при указанных условиях кадмий определяется с большой точностью. Количество найденного кадмия, при концентрации 0,067 мг/мл, составляет 99,40%, что является удовлетворительным. Преимущество объемного способа определения кадмия, кроме быстроты и точности, заключается еще в том, что загрязнение осадка кадмия другими примесями не оказывает отрицательного влияния на точность анализа. Присутствие ряда других катионов и анионов не осложняет ход анализа.

Таблица 2 характеризует влияние некоторых примесей, сопровождающих кадмий в его природных соединениях.

Таблица 1

Взято Cd в мг	Расход 0,1 N раств. $K_2O_3$ в мл		Найдено Cd в %
	теоретич. вычисл.	практич. израсход.	
11,24	47,54	47,50 47,40	99,91 99,73
5,62	23,77	23,70 23,80	99,64 100,20
2,81	12,09	12,00 12,00	99,28 99,28
1,69	7,25	7,20 7,20	99,40 99,40

Примечание: Кадмий осаждался из раствора с известной концентрацией, приготовленного на чистом реактиве.

Таблица 2

Взято катионов в мг				Расход 0,1 N раст. $K_2O_3$ в мл		Найдено Cd в %
Cd	Zn	Fe <sup>+++</sup>	Al	теоретич. вычисл.	практич. израсход.	
5,6	18	9	45	23,91	23,90	100,00
•	36	18	90	•	23,90	100,00
•	54	27	135	•	23,90	100,00
•	72	36	180	•	23,00	100,00

Из результатов опытов, приведенных в таблице 2, ясно, что присутствие ионов цинка, железа, алюминия в растворе в небольшом избытке по отношению к кадмию не влияет на точность анализа.

### Выводы

Количественное осаждение кадмия роданохромовым аммонием протекает в кислой или нейтральной среде при охлаждении.

Установлено, что воднорастворимая соль роданохромового аммония, т. е. комплексный ион  $[Cr(CNS)_4(NH_3)_2]'$ , окисляется иодатом калия  $KIO_3$  в солянокислой среде количественно. Разрушение комплексного иона происходит за счет окисления роданида, который является одним из основных компонентов комплексной молекулы.

Разработанный новый объемный метод определения кадмия дает точные результаты как в присутствии, так и в отсутствии катионов I, II и III аналитической групп.

Кадмиевый осадок растворяется в слабом горячем растворе едкого натра, подкисляется соляной кислотой, титруется 0,1N раствором иодата калия с применением бензола в качестве индикатора.

Присутствие железа, цинка, алюминия не влияет отрицательно на точность определения кадмия разработанным иодатометрическим методом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Арунна—Журн. завод. лабор. № 1, 1939. 2. G. Mar—Zeit. anorg. allg. chemie, v. 225, 1935. 3. И. Л. Багбанлы—Труды Института химии АН Азерб. ССР, т. VI, 1946. 4. И. Л. Багбанлы—Известия АН Азерб. ССР № 9, 1948. 5. Гмелин-Краут—Handbuch der anorganischen chemie, v. III.

Институт химии  
АН Азербайджанской ССР

Поступило 14. II. 1952

И. Л. Багбанлы

### Кадмиумун ени аналитик үсулла тәйини

### ХУЛАСӘ

Кадмиуму комплекс бирләшмә шәклиндә тәйин этмәк үчүн тәклиф әдилән үсул бөйүк граммолекулалы вә һәллолма габиллийәти һисбәтән аз олан роданохромнат-кадмиум чөкүнтүсүнүн әмәлә кәлмәсинә әсасланыр. Чөкүнтүнүн тәркибинә роданохромнат-аммонийдан башга бир дә, бир чөкдүрүчү кими, тиокарбамид дахил олур.

Гиймәтчә баһалы вә чәтин тапылан тиокарбамид вә спирт кими реактивләрлә кимйәви анализләри тәйин этмәк ишиндә гаршыя чыхан чәтинликләр бу үсулун кениш тәтбигинә мане олур.

Кимйәви саф кадмиум-сулфатдан истифадә әдәрәк апарылан тәчрүбәләр көстәрир ки, мүййән шәрантдә, тиокарбамид иштирак этмәдән дә, кадмиуму комплекс бирләшмә шәклиндә чөкдүрмәклә, гәнаәтләндиричи нәтичә алмаг мүмкүндүр. Һәмин реаксия әсасында кадмиуму тәйин этмәк үчүн ени чәки үсулу тәклиф әдилмишдир.

Апарылан тәдгигатдан мәгсәд, роданохромнат-аммоний илә каллиум-иодат арасында кедән реаксия әсасланараг кадмиуму тәйин этмәк үчүн бир һәчм үсулу тәртиб этмәкдән ибарәтдир.

Апарылан тәдгигат нәтичәсиндә мәлум олмушдур ки, роданохромнат-аммонийума дуз туршусу мүнтиндә каллиум-иодат васитәсилә тәсир этдикдә комплекс дуз тамамилә парчаланыр, роданид илә сулфат вә һидроген-сианид туршулары верир.

Роданохромнат-кадмиумун тәркибиндәки 1 атом кадмиума 8 роданид вә буна да өз нөвбәсиндә 12 каллиум-иодат тәвафүг этдийини һәзәрә алараг, комплекс дуз шәклиндә чөкмүш кадмиумун мигдарыны һесабламаг олар.

$Cd [Cr(CNS)_4(NH_3)_2]_2$  чөкүнтүсү гәләви әсасларын зәиф мәнсулларында вә гайнар суда асан һәлл олунур. Бу заман комплекс молекуланын диссоциациясы дәринләшәрәк мәнлула сәрбәст роданид ионлары верир вә беләликлә дә, иодатла кедән реаксия зәмин һазырланмыш олур.

Титрләмә просеси дуз туршусу мүнтиндә апарылыр вә индикатор олараг бензолдан истифадә әдилир.

Кимйәви саф кадмиум-сулфат дузундан истифадә әдәрәк апарылан тәчрүбәләр көстәрир ки, кадмиумун аз мигдарыны иодатометрия үсулу илә дәгиг сурәтдә тәйин этмәк олар.

Дәмир, синк вә бир сыра башга металлларын мәнлулда олмасы анализин нәтичәсинә мәнфи тәсир көстәрмир.

ПЕТРОГРАФИЯ

А. Г. АЛИЕВ, Э. А. ДАНДБЕКОВА, Б. М. ИБРАГИМОВА

О ПРИСУТСТВИИ ДИСТЕНА В МАЙКОПСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ  
АЗЕРБАЙДЖАНА

(Представлено действ. членом АН Азербайджанской ССР  
Ш. А. Азизбековым)

В. П. Батурин в работе „О дистене в осадочных породах Европейской части СССР“ отмечал, что „в майкопских отложениях восточного окончания Главного Кавказского хребта и Закавказья дистен не был обнаружен или отмечается очень редко“ [3].

Со времени опубликования этой статьи прошло 7 лет. Сделаны новые успехи в изучении осадочных пород Азербайджана и, в особенности, майкопских отложений, широко развитых на территории республики.

Первые сведения о присутствии дистена в майкопских отложениях Азербайджана приведены в работе П. П. Авдусина, который считает нахождение его в этих отложениях случайным [1].

В дальнейшем более подробные данные о присутствии этого минерала в майкопских слоях приводятся в работе А. Г. Алиева [2]. На основании этих данных им был сделан ряд палеогеографических допущений о возможном источнике интересующего нас минерала.

В настоящее время, в результате изучения многочисленных разрезов майкопских отложений Азербайджана представляется возможным сообщить о присутствии дистена в ряде пунктов и оконтурить площадь его распространения.

Обобщение этих данных поможет вскрыть отдельные детали палеогеографии майкопского бассейна Азербайджана и наметить ряд моментов, которые могут быть использованы при корреляции разрезов.

Прежде всего следует отметить значительное различие в количественном содержании дистена в отдельных районах, а также в морфологических особенностях его зерен.

На Апшеронском полуострове, в разрезах Учтепе и Фатьман можно констатировать присутствие дистена обычно в количестве  $< 1,0\%$ , реже до  $1\%$  веса тяжелой фракции. Здесь он выражен мелкими (до  $0,01 \text{ м.м.}$ ), тонкими, часто разрушенными зернами, представленными в виде вытянутых по главной оси кристаллов (рис. 1).

В тех же количествах и формах встречается дистен в разрезах Тассы и Ахсу Шемахинского района. В наиболее повышенных количествах отмечается этот минерал в песчаных породах майкопа юго-западного и центрального Кобыстана (Загирдаг, Ченлдаг, Кубалы, Аджавели и Сунди), где содержание дистена составляет 2—3%, а иногда достигает 8% (Аджавели) тяжелой фракции. В названных разрезах зерна дистена (рис. 2 и 3) в основном представлены удлиненными призматическими кристаллами, вытянутыми по третьей оси,

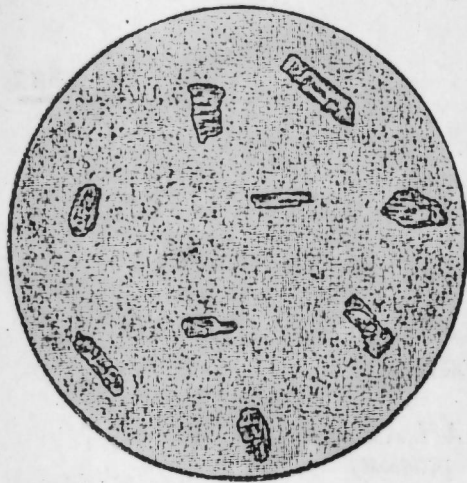


Рис. 1  
Увел. 1×24

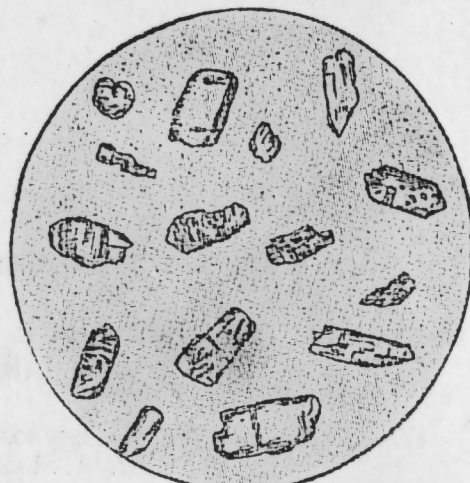


Рис. 2  
Увел. 1×24

иногда с сохранившимися верхушками. Кроме того, встречаются также округленные зерна и редко обломки. Почти все зерна—толстые, свежие, с преобладающим размером 0,1—0,2 мм; поверхность их гладкая, прозрачная, редко шероховатая. Очень редко отмечаются отдельные разрушенные зерна.

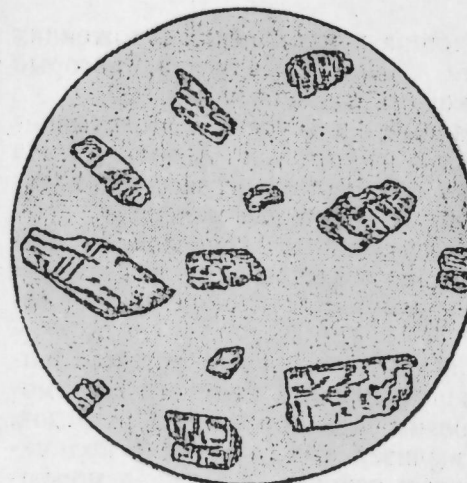


Рис. 3  
Увел. 1×24

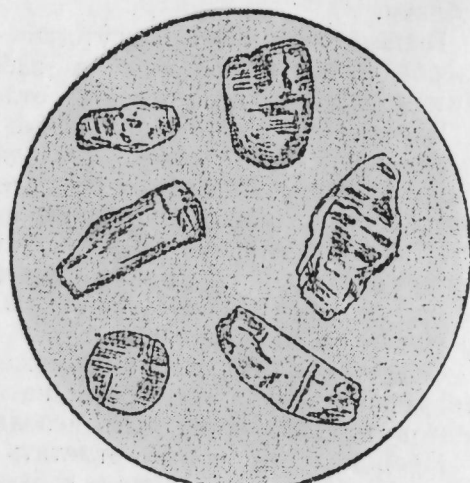


Рис. 4  
Увел. 1×24

В отдельных случаях встречаются включения пузырьков газа. Во фракции 0,25—0,1 мм зерна дистена толстые, свежие. Форма зерен—угловатая, иногда округлая. Встречаются также призматические разности. Размер зерен колеблется в пределах 0,15—0,25 мм (рис. 4).

Количественное содержание дистена находится в тесной зависимости от гранулометрического и минералогического состава пород. Как правило, наибольшее содержание его связано прежде всего с песчаными, реже алевритовыми разностями пород, сложенными, в основном, из кварца, содержание которого в разрезах юго-западного Кобыстана (Аджавели, Сунди) достигает 75—80% легкой фракции, уменьшаясь в разрезах Апшеронского полуострова (Фатьман, Учтепе) и Шемахинского района (Тассы, Ахсу) до 25—30%.

Значительный интерес представляет вопрос установления источников сноса этого минерала и связи с ними дистенсодержащих пород майкопской свиты Азербайджана.

Рассмотрим, во-первых, возможность поступления этого минерала с севера—путь, по которому, согласно В. П. Батурину, следовал терригенный материал, слагающий дистенсодержащие породы продуктивной толщи Апшеронского полуострова и, во-вторых, возможность присутствия дистена в майкопских отложениях Азербайджана за счет разрушения подстилающих, более древних пород палеогенового и мезозойского возраста.

Многочисленные петрографические исследования ряда авторов за последние годы показали, что в комплексе пород, начиная с палеозойских и кончая эоценом в Азербайджане и сопредельных областях юго-восточного Кавказа дистен отсутствует, не считая присутствия его в виде единичных зерен в отложениях кюлюлинских песчаников верхнего альба в разрезе Дибрара.

Также маловероятной представляется возможность приноса дистена с севера в связи с тем, что ни в одном из разрезов майкопа северных районов Азербайджана (Ялама, Сназань, Чондагар-Зорат, Совет-абад и др.) этот минерал не отмечен.

В противоположность этому обращает на себя внимание тот факт, что наибольшее количество дистена, представленного в виде крупных, свежих зерен, отмечено в майкопских отложениях юго-западного Кобыстана (Кубалы, Аджавели, Сунди), а уменьшение его наблюдается в северном (Ахсу, Тассы) и северо-восточном (Учтепе, Фатьман) направлениях, где он выражен мелкими разрушенными зернами.

Эти данные, а также значительное увеличение кварца в майкопских отложениях Аджавели и Сунди и, в равной степени, обогащение этих разрезов песчаным и алевритовым материалом, показывает, что материнские породы, за счет размыва которых могли образоваться осадки майкопа, содержащие дистен, следует искать к юго-западу от указанных районов. Это обстоятельство еще раз подтверждает мнение, высказанное в свое время рядом авторов [2, 4, 5, 6] о том, что источники сноса терригенного материала, принимающего участие в сложении майкопских, а также среднемиоценовых отложений Кобыстана, связаны с сушей, находившейся в северо-восточной части Куринской впадины, и что присутствие дистена в породах майкопской свиты Азербайджана обязано разрушению слагающих эту сушу метаморфических или образовавшихся за счет переотложения последних дистенсодержащих осадочных пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. П. Авдусни—Грязевые вулканы. Петрографические исследования. Изд. АН СССР, 1948.
2. А. Г. Алиев—Петрография третичных отложений Азербайджана. Азнефтеиздат, 1949.
3. В. П. Батурина—О дистене в осадочных породах Европейской части СССР.
4. В. В. Вебер—Проблема нефтеносности палеогеновых и миоценовых слоев Кабристана. Тр. НГРИ, 1939.
5. В. Е. Ханин—К истории Закавказья.



казья на границе олигоцена и миоцена. АНХ № 8—9, 1937. 6. В. Е. Ханн и И. С. Мустафаев—К палеогеографии восточного Азербайджана в чокракскую эпоху. Доклады АН Азерб. ССР № 9, 1947.

Поступило 25. II. 1952.

Институт геологии им. акад. И. М. Губкина  
АН Азербайджанской ССР

Э. Н. Әлиев, Э. Н. Дандбәйова, Б. М. Ибраһимова  
Азербайчанын майкоп чөкүнтүләриндә дистен  
олмасы һаггында

### ХУЛАСӘ

Азербайчанда майкоп лай дәстәсинин бир чох кәсилишләрини петрографик чәһәтдән өйрәнмә нәтижәсиндә мүәллифләр, һәмин чөкүнтүләрдә дистен олдуғу һаггында биринчи дәфәдир ки, мүфәссәл мә'лумат верирләр.

Майкоп чөкүнтүләринин һәртәрәfli тәдгиги сайәсиндә мүәййән әдилмишдир ки, Азербайчанын мүхтәлиф районларында дистенин фаизлә мигдары вә морфоложи хүсусийәтләри мүхтәлифдир. мәсәлән, Абшерон ярымадасы вә Шамахи районунда чох яйылмыш Майкоп чөкүнтүләриндә дистенин чәкиси ағыр фраксиянын чәкисинин 1%-индән артыг дейилдир, һәм дә әксәрән назик вә позулмуш дәнәләр шәклин дәдир.

Гобустанын мәркәзи вә чәнуб-гәрби районларында (Заһирдағ, Кәнчдағ, Сунди вә с.) дистенин мигдары 2—3%-дир. һачивәли районунда исә 8%-ә чатыр. Бурада дистен дәнәләри узун призма шәкилли кристаллар олуб, сәтһи тәзә вә һамардыр.

Мәгаләнин сонунда мүәллифләр Гобустанын майкоп чөкүнтүләринин тәркибиндә иштирак әдән террикен материалларын кәтирилмә мәнбәләринин чәнубда ерләшән Күр материкасы илә әлагәдар олдуғуну сөйләйирләр. Тәркибиндә дистен олан сүхурлар һәмин материканын майкоп әсриндә интенсив ююлмасы нәтижәсиндә әмәлә кәлмишдир.

АЗӘРБАЙЧАН ССР ЭЛМЛӘР АКАДЕМИЯСЫНЫН МӘ'РУЗӘЛӘРИ  
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР  
ТОМ VIII

№ 5

1952

### СТРАТИГРАФИЯ

Д. М. ХАЛИЛОВ

### ПАЛЕОЦЕНО-ЭОЦЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ШАХБУЗСКОГО РАЙОНА НАХИЧЕВАНСКОЙ АССР

(Представлено действ. членом АН Азербайджанской ССР  
М. М. Алиевым)

В 1948 году нами были произведены исследования палеогеновых отложений в ряде пунктов Нахичеванской АССР.

В настоящей работе приводятся лишь результаты микрофаунистического изучения стратиграфии палеогеновых отложений на участке сел. Шадыкенд Шахбузского района.

Исследования большого количества образцов пород показали наличие богатейшей ассоциации мелких фораминифер, в основном сходных с таковыми из синхроничных образований Большого Кавказа. Лишь верхи среднего эоцена представлены здесь сравнительно редкой ассоциацией микрофауны. Присутствие характерных форм фораминифер дает возможность отнести часть исследованных отложений к палеоцену, а часть—к нижнему и среднему эоцену.

### I. Палеоцен

Слон нижнего палеоцена, залегающие выше мощной толщи конгломератов, чередуются с пачками слонистых мергелей и известковистых глин, хорошо охарактеризованных микрофауной. Указанные отложения конгломератов в районе сел. Аг-хач Армянской ССР и сел. Бадамлы Нахичеванской ССР прослеживаются по простиранию более 15 км.

Палеоценовые слон Шадыкенда делятся нами на два горизонта: нижний с *Globorotalia angulata* и верхний с *Globigerina velascoensis*.

1. Нижний горизонт характеризуется присутствием большого количества фауны *Globorotalia angulata* (White). Этот же горизонт был установлен нами и в палеогеновых отложениях северо-восточного Азербайджана, в некоторых разрезах северо-восточных предгорий Малого Кавказа и в Западной Туркмении. Все отмеченное несомненно констатирует наличие здесь регионально развитого горизонта нижнего палеоцена.

Литологически нижний горизонт палеоценовых отложений представлен чередованием белесоватых маломощных мергельных извест-

няков, серых, зеленовато-серых и известковистых глин и мергелей с отпечатками фукоидов. Мощность 27 м. Наряду с богатой фауной *Globorotalia angulata* (White) здесь в обильном количестве были встречены также особи *Globigerina*, в особенности *Globigerina pseudobulloides* Plummer. Из других обнаруженных форм отметим следующие:

*Gaudryina retusa* Cushman  
*Marssonella indentata* (Cushman et Jarvis)  
*Gumbelina crinita* Glaessner  
*Bulimina trinitatensis* Cushman et Jarvis  
*Bolivina plaita* Carsey  
*Gyroidina caucasica* Subbotina  
*Gyroidina globosa* Hagenow  
*Eponides megastomus* (Rzehak)  
*Allomorphina allomorphinoides* Reuss  
*Globigerina triloculinoides* Plummer  
*Globigerina compressa* Plummer  
*Globorotalia membranacea* (Ehrenberg)  
*Anomalina affinis* (Hantken)

2. Отложения верхнего горизонта с *Globigerina velascoensis* литологически выражены чередованием серых, зеленовато-серых известковистых глин, серых и белесоватых мергелей и прослойками мергелистых известняков с отпечатками фукоидов. Мощность 34 м.

Здесь появляется довольно характерная фауна *Globigerina velascoensis* Cushman var. *compressa* White, которая в больших количествах известна нам также из ряда других районов палеоценовых отложений северо-восточных предгорий Малого Кавказа, северо-восточного Азербайджана и западной Туркмении. В описываемых слоях встречается очень много особей *Globigerina triloculinoides* Plummer. Из других сопутствующих форм укажем следующие:

*Trochamminoides irregularis* White  
*Gaudryina retusa* Cushman  
*Textulariella varians* Glaessner  
*Bulimina pseudopuschi* Subbotina  
*Pleurostomella alternans* Schwager  
*Flabellina rugosa* d'Orb.  
*Globorotalia crassata* (Cushman)  
*Globorotalia angulata* (White)  
*Globorotalia membranacea* (Ehrenberg)  
*Anomalina affinis* (Hantken).

Приводимый комплекс видов фораминифер характеризует лишь верхнюю часть описываемого горизонта, низы же его представлены бедной ассоциацией микрофауны.

## II. Эоцен

Выше по разрезу мощная толща эоценовых отложений носит в основном флишевый характер. На основании изучения микрофауны удалось выделить нижние и средние слои эоцена.

1. Отложения нижнего эоцена представляют собой горизонт с *Globorotalia crassata* (Cushman) и литологически выражены серыми, зеленовато-серыми известковистыми глинами, с редкими прослойками серых и белесоватых мергелей, переходящими выше в чередо-

ванпе известковистых глин с тонкими прослойками гравелитов и песчаников, причем местами наблюдается преобладание последних. Мощность горизонта—53 м.

Описываемый горизонт характеризуется присутствием многочисленных особей *Globorotalia crassata* (Cushman). Указанный вид появляется значительно раньше в слоях верхнего палеоцена, где он встречался лишь изредка и единично. Другой характерной формой для этого горизонта является *Globorotalia subbotinae* Mогозова, имеющий близкое сходство как с *Globorotalia crassata* (Cushman), так и с *Globorotalia Cushmani* Mогов; вместе с этим он отличается от первого наличием большого числа камер, а от второго—фестончатым периферическим краем. Очень характерно также присутствие *Gumbelina subglabra* (Cushman) var. *dosularenis* Chalilov.

Из других видов отметим следующие:

*Rhizammina indivisa* Brady  
*Ammodiscus incertus* (d'Orb.)  
*Gaudryina retusa* Cushman  
*Heterostomella gigantea* Subbotina  
*Bulimina pseudopuschi* Subbotina  
*Bulimina pupoides* d'Orb.  
*Allomorphina allomorphinoides* Reuss  
*Globigerina triloculinoides* Plummer  
*Globigerina pseudobulloides* Plummer  
*Anomalina grosserugosa* (Gumbek)  
*Cibicides perlucidus* Wuttall  
*Pleurostomella alternans* Schwager.

Наряду с перечисленными формами фораминифер в отдельных образцах были встречены в обильном количестве раковины радиолярий.

В общем фауна нижнего эоцена, подобно многим другим разрезам синхроничных отложений Кавказа, не содержит датско-палеоценовых форм фораминифер (*Gyroidina globosa* Hagenow, *Gyroidina caucasica* Subbotina, *Flabellina rugosa* d'Orb., *Bolivina plaita* Carsey и др.). Горизонт с *Globorotalia crassata* распространен также в обширных областях северо-восточных предгорий Малого Кавказа, в северо-восточном Азербайджане и в западной Туркмении, что свидетельствует о региональном развитии описываемого горизонта.

2. Отложения среднего эоцена делятся нами на два горизонта—нижний с *Globorotalia aragonensis* Nuttall, верхний с *Globorotalia crassaformis* (Gall. et Wiss.).

а) Горизонт с *Globorotalia aragonensis* представлен серыми, зеленовато-серыми известковистыми глинами со следами червей, тонкослоистыми песчаниками, переходящими выше в мощную толщу нехроцветных тонкослоистых аргиллитов с прослойками туфопесчаников и редкими пластинами значительной мощности туфопесчаников. Мощность горизонта—160 м. Одной из наиболее характерных форм микрофауны для данного горизонта является *Globorotalia aragonensis* Nuttall, причем в нижней части этих слоев она по сравнению с верхней частью разреза встречается в малых количествах. Были встречены также и другие представители фораминифер:

*Pleurostomella alternans* Schwager  
*Globigerina aff. triloculinoides* Plummer  
*Globigerina aff. pseudobulloides* Plummer  
*Globorotalia crassaformis* (Gall. et Wiss.)

*Anomalina affinis* (Hantken)  
*Anomalina grosserugosa* (Gümbel)  
*Cibicides midwayensis* (Plummer) и т. д.

Кроме этих форм местами оказались многочисленные радиолярии. Аналогичный горизонту с *Globorotalia crassata*, горизонт с *Globorotalia aragonensis* имеет широкое развитие на Кавказе и в западной Туркмении. Как известно, стратиграфически он залегает между слоями с *Globorotalia crassata* с одной стороны, и горизонтом с *Globorotalia crassaformis* с другой, но вместе с тем вертикальное распространение *Globorotalia aragonensis* Nuttall в эоценовых отложениях Шадыкенда несколько увеличено за счет верхних слоев нижнего эоцена. Однако это фаунистически не подтверждается.

б) Горизонт с *Globorotalia crassaformis* представлен мергелистыми известняками желто-бурого, серого, белесоватого цветов с подчиненными известковистыми глинами, которые выше переходят в тонко- и среднеслоистые аргиллиты, причем в последнем наблюдается пласт туффита зеленого цвета. Мощность горизонта 67 м.

Заслуживает внимания присутствие пласта зеленого туффита, распространенного как на северо-западе, на участке сел. Аг-хач Армянской ССР, так и на юго-востоке, выше сел. Керим-Гулидизе, в направлении р. Гилянчай. Верхний горизонт среднего эоцена в основном содержит бедную микрофауну. Лишь в самых нижних слоях оказалось значительное количество раковин характерного вида *Globorotalia crassaformis* (Gall. et Wiss.). Из других форм часто встречались радиолярии, реже и единично были найдены *Globigerinella micra* (Cole), *Globigerina aff. pseudobulloides* Plummer, *Globigerinoides conglomeratus* (Bradley) и др.

Верхняя часть горизонта почти не содержит микрофауны и покрыта серией туфогенных пород и порфиритов более молодого возраста.

В заключение считаем необходимым отметить, что в палеогеновых отложениях ряда районов Нахичеванской АССР развита богатая фауна крупных фораминифер, в описываемом же разрезе бурный расцвет получила мелкая фауна фораминифер и радиолярий.

#### ЛИТЕРАТУРА

И. Н. Н. Суботина—Стратиграфия нижнего палеогена и верхнего мела Северного Кавказа по фауне фораминифер. Труды НГРИ, сер. А, 1936, 2. Д. М. Халилов—К стратиграфии палеогеновых отложений северо-восточных предгорий Малого Кавказа. Доклады АН Азерб. ССР, № 11, 1950. З. Д. М. Халилов—Стратиграфия третичных и меловых отложений Советабадского нефтеносного района. Азерб. нефт. хоз., № 3—4, 1939.

Институт геологии им. акад. И. М. Губкина  
АН Азербайджанской ССР

Поступило 21.11. 1952

Ч. М. Халилов

Нахчыван МССР-нин Шады-кэнд саһәсиндәки  
палеосен-эосен чөкүнтүләри

#### ХҮЛАСӘ

Нахчыван МССР-нин бир нечә районунда палеокен, хүсусән эосен вә олигосен лайлары кеннш яйылмышдыр. Бу мәгаләдә, Шаһбуз районунун Шады-кэнд саһәсиндә палеокен лайларынын микрофаунасы-

нын тәдгиги нәтичәсиндә мүхтәлиф нөвлү зәнкин фораминифера галыларынын тапылдығы гейд олунур, буна әсасән дә һәмнин гатларын палеосен вә эосен яшлы олдуғу көстәрилди.

Галын конгломерат гатлары үзәриндә ятан палеосен лайлары боз вә яшылымтыл-боз рәнкли карбонатлы килләр вә меркелләрдән вә бир гәдәр әһәнкдашларындан ибарәтдир. Бу лайлар алт вә үст горизонт олмагла ики горизонтта бөлүнүр: алт горизонт *Globorotalia angularata* (White), үст горизонт исә *Globigerina velascoensis* Cushman нөвләри илә характеризә олунур.

Кәсилиш боюнда микрофаунанын яйылмасына көрә эосен лайлары үч горизонтта бөлүнүр: бунлардан биринчиси алт, галам икиси исә орта эосенә дахилдир.

Алт эосен лайлары карбонатлы кил вә назик гравилитдән, гум дашлары вә саирәдән ибарәтдир. Кәсилишин мүәййән һиссәсиндә гум дашлары үстүнлүк тәшкил әдир. Бу горизонтта *Globorotalia crassata* (Cushman) вә бир сыра башга ибтиданләрин бөйүк стратиграфик әһәмийәти вардыр.

Орта эосен лайларынын алт горизонту мүхтәлиф рәнкли аркиллит, туфокен гумдашлары вә саирәдән ибарәтдир. Бунлар үмумийәтлә назик гатлар әмәлә кәтирир. Кәсилиш боюнда хейли галын, сейрәк туфокен гумдашлары да вардыр.

Тәсвир олуан горизонтта *Globorotalia aragonensis* Nuttall олдуғча характерик фораминифера нүмайәндәсидир.

Бу форма, гейд әтдийимиз фораминифера нүмайәндәләри кими, Гафгазын эйни яшлы лайларында кеннш яйылмышдыр.

Орта эосенин үст горизонтуну әһәнкдашлары, аркиллит вә башга сүхурлар тәшкил әдир. һәмнин лайларда ибтиданләрдән чохла мигдарда *Globorotalia crassaformis* (Gall. et Wiss.) яйылмышдыр. Бу горизонт туфокен сүхурларла өртүлмүшдүр.

АГРОХИМИЯ

А. Д. МАМЕДОВ

**ВЛИЯНИЕ СУПЕРФОСФАТА, ГРАНУЛИРОВАННОГО  
С ОТРАБОТАННЫМ ГУМБРИНОМ И БИТУМИНОЗНОЙ ПОРОДОЙ,  
НА УРОЖАЙ ХЛОПКА-СЫРЦА**

*(Представлено действ. членом АН Азербайджанской ССР  
А. И. Караевым)*

В целях изучения влияния гранулированных органо-минеральных удобрений на урожай хлопка-сырца в колхозе «Кызыл Орду» сел. Атакишли Кюрдамирского района в 1950 г. в производственных условиях был заложен полевой опыт. Удобрения были внесены 1 июля в виде подкормки по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрения).
2. Суперфосфат порошкообразный.
3. Суперфосфат гранулированный.
4. Суперфосфат, гранулированный с отработанным гумбрином.
5. Суперфосфат, гранулированный с битуминозной породой.

Эти удобрения вносились в почву во время вегетации хлопчатника при помощи машин для внесения удобрения «Сус». Опыт заложен на площади 5 га, причем каждый вариант на площади в 1 га (50×200 м) закреплялся за отдельными членами звена.

Каждый вид удобрения вносился из расчета 18 кг действующего начала  $P_2O_5$  на гектар.

Гранулированные удобрения с отработанным гумбрином и битуминозной породой содержали по 10% каждого из указанных компонентов и были приготовлены в Институте агрохимии и почвоведения Академии наук Азербайджанской ССР.

Примененная агротехника: глубокая зяблевая вспашка (22—25 см) с предварительным внесением 100 кг сульфата аммония и 200 кг суперфосфата на гектар.

Удобрение внесено осенью перед основной вспашкой.

В декабре произведен зимний арат, ранней весной—боронование. Предшественники: в 1948 г.—озимь, в 1949 г.—пар. За время вегетации проведены 4 мотыжения, 5 культиваций, 3 вегетационных полива, а также 2 обработки гексахлораном и ДДТ против вредителей.

Итоги сбора урожая хлопка-сырца отдельно по вариантам приводятся в таблице.

Влияние гранулированного суперфосфата с отработанным гумбрином и битуминозной породой на урожай хлопка-сырца

Варианты	Урожай хлопка-сырца в ц/га	Прибавка по сравнению с контролем		Прибавка по сравнению с порошкообразным суперфосфатом	
		в ц/га	в %	в ц/га	в %
Контроль	18,0	—	—	—	—
Суперфосфат порошкообразный	24,0	6	33	—	—
Суперфосфат гранулированный	26,5	8,5	47	2,5	10
Суперфосфат, гранулированный с отработанным гумбрином	28,4	10,4	58	4,4	18
Суперфосфат, гранулированный с битуминозной породой	28,6	10,6	59	4,6	19

Из таблицы видно, что внесение суперфосфата в гранулированном виде по сравнению с порошкообразным суперфосфатом увеличивает урожайность хлопчатника на 2,5 ц/га. Особенно большое значение для повышения урожая хлопчатника имеет внесение органо-минерального удобрения, приготовленного с суперфосфатом.

Суперфосфат, гранулированный с отработанным гумбрином, по сравнению с гранулированным чистым суперфосфатом увеличил урожай хлопка-сырца на 4,4 ц/га.

Аналогичный результат получен от внесения гранулированного суперфосфата с битуминозной породой; в этом случае урожай увеличивается на 4,6 ц/га.

Анализируя результаты урожая, полученного при внесении органо-минеральных удобрений, приготовленных с суперфосфатом, можно сделать следующие выводы:

1. Суперфосфат, гранулированный с отработанным гумбрином, а также с битуминозной породой, имеет явное преимущество перед порошкообразным и гранулированным суперфосфатом.

Увеличение урожая против контроля в первом случае достигает соответственно до 58 и 59%, а во втором лишь до 33 и 47%.

2. Урожай хлопка-сырца от внесения суперфосфата с отработанным гумбрином и битуминозной породой увеличился на 4,4 и 4,6 ц/га по сравнению с урожаем в варианте с внесением порошкообразного суперфосфата. От внесения же гранулированного суперфосфата урожай хлопка-сырца увеличился на 2,5 ц/га. Таким образом, прибавление в суперфосфат отработанного гумбрина и битуминозной породы в количестве 10% повышает эффективность действия гранулированного суперфосфата почти в два раза.

3. Гранулированный суперфосфат, приготовленный с 7% отработанного гумбрина, а также с 7,9% битуминозной породы, увеличивает урожай хлопка-сырца по сравнению с гранулированным удобрением, приготовленным из чистого суперфосфата.

4. Наши опыты показали, что по урожайности наибольший эффект дал вариант с гранулированным суперфосфатом в смеси с битуминозной породой (28,6 ц/га), второе место занимает вариант—гранулированный суперфосфат в смеси с отработанным гумбрином (28,4 ц/га), третье—гранулированный суперфосфат без смеси (26,5 ц/га) и последнее место из серии испытанных удобрений принадлежит порошкообразному суперфосфату (24 ц/га).

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. М. Гусейнов—Удобрения из отходов нефтяной промышленности. Баку, 1949. 2. Д. М. Гусейнов—Применение отработанного гумбрина в целях повышения урожайности сельхозкультур. Баку, 1951.

Институт земледелия  
АН Азербайджанской ССР

Поступило 13. II. 1952

Э. Ч. Маммадов

Ишләнмиш гумбриндән вә я битумлу сүхурлардан һазырланан дәнәвэрләшдирилмиш суперфосфатын памбыг мәһсулуна тәсири

ХУЛАСӘ

Тәркибиндә 10% ишләнмиш гумбрин вә я битумлу сүхур олан дәнәвэрләшдирилмиш суперфосфат күбрәсинин памбыг мәһсулуна тәсирини әйрәнмәк мәгсәдилә 1950-чи илдә Күрдәмир районунун «Гызыл Орду» колхозунда истексалат тәчрүбәси апарылды.

Тәчрүбә саһәсинин үмуми бөйүклүйү 5 гектар олуб, һәр вариант үчүн бир гектар саһә айрылмышды. Бу саһәләрин һәр бири манганын айры-айры үзвләринә тәһким әдилмишди.

Һәр гектара 18 кг тәсирәдичи Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> һесабилә күбрә верилди. Топланан мәһсулдан мәлум олду ки, памбыга суперфосфат күбрәси дәнәвэрләшдирилмиш һалда верилдикдә мәһсул, тоз һалында верилән саһәдәкинә нисбәтән, һәр гектарда 2,5 сентнер артыр.

Мәһсулун артмасына суперфосфатла һазырланмыш үзви мәдән күбрәләри даһа яхшы тәсир әдир.

Мәсәлән, суперфосфатла һазырланмыш дәнәвәр күбрәсини тәсири илә һәр гектардан 8,5 сентнер артыг мәһсул алындығы һалда, ишләнмиш гумбрин гарышығы илә һазырланмыш дәнәвәр суперфосфат күбрәсиндән, һәр гектардан 10,4 сентнер, битумлу сүхур гарышығындан һазырланмыш дәнәвәр суперфосфат күбрәсиндән исә һәр гектардан 10,6 сентнер артыг памбыг мәһсулу алынды.

ИХТНОЛОГИЯ.

Ю. А. АБДУРАХМАНОВ

К БИОЛОГИИ КУРИНСКОЙ ШЕМАИ  
[*Chalcalburnus chalcoides* (G ü l d.)]

(Представлено действ. членом АН Азербайджанской ССР  
М. А. Топчибашевым)

Биология куринской проходной шемаи изучена крайне недостаточно. Имеющиеся об этой рыбе сведения отрывочны, они освещают главным образом систематику различных форм шемаи. В настоящей статье излагаются результаты изучения биологии и промысла куринской шемаи за период с 1945 по 1951 г., проведенные на Банке, в Мингечауре, р. Союхбулаг и на морских промыслах Каспия.

Шемая представлена в водах каспийского бассейна несколькими формами. Среди них проходная куринская шемая занимает особое место, обладая прекрасными вкусовыми качествами.

Промысел куринской шемаи сосредоточен, главным образом, на Куре. Первые статистические сведения об улове шемаи на Куре относятся к 1829—1854 гг. За этот период уловы шемаи в реке Куре колебались в пределах от 51 до 302 тыс. штук за год. Максимальный улов наблюдался в 1849 г. После 1854 г. статистика куринского улова прерывается и до 1880 г. сведения об уловах рыб нигде не приведены. За период с 1800 г. по 1900 г. уловы шемаи в водах Азербайджана колебались от 22 (в 1896 г.) до 355 тыс. штук (в 1889 г.), в среднем 134 тыс. штук. Эти годы характеризуются наиболее высокими уловами шемаи. Хищническая эксплуатация рыбных запасов в эти годы по всей Куре, начиная от ее притоков и до устья оказала свое отрицательное влияние на уловы рыб в последующем.

В период с 1901 по 1913 г. уловы шемаи на Куре стали снижаться, они колебались от 1,5 до 56 тыс. штук, в среднем 18,6 тыс. штук, т. е. по сравнению с предыдущим периодом уловы шемаи сократились примерно в семь раз.

После установления советской власти в Азербайджане, благодаря мерам, принятым для регулирования рыболовства и охраны рыбных запасов, уловы шемаи в общем увеличиваются, подвергаясь колебаниям в отдельные годы. В течение последнего тридцатилетия в сред-

нем ежегодно добывалось 45 тыс. штук; т. е. уловы увеличились более чем в два раза по сравнению с периодом 1901—1913 гг. Наибольший улов шемаи наблюдался в 1949 г. (146 тыс. штук, или 439 ц).

В настоящее время, в связи со строительством Мингечаурского гидроузла, путь рыбы к верхним нерестилищам закрывается, вследствие чего запасы некоторых проходных рыб, в том числе и шемаи, должны резко снизиться ввиду отсутствия нерестилищ ниже плотины. Поэтому для поддержания запасов и увеличения в дальнейшем уловов шемаи должны быть осуществлены широкие мероприятия по ее искусственному разведению.

На основании массовых измерений (свыше 13000 рыб) ходовой шемаи на Банковском рыбкомбинате им. С. М. Кирова в 1945—1951 гг. установлено, что линейные размеры шемаи, добываемой речным промыслом, колеблются от 14 до 34 см (средний размер—26,6 см). Основную массу улова (87%) составляют рыбы длиной от 24 до 30 см. Рыбы меньше 24 см составляют 7,0%, свыше 30 см—5,7%. Средний размер самок (на основании вскрытия 213 рыб)—26,7 см, при колебании от 21 до 34 см. Средний размер самцов (на основании вскрытия 196 рыб)—24,1 см, при колебании от 13 до 29 см.

В продолжение всего хода шемаи в Куру ее средние размеры несколько меняются. В начале хода идут более крупные рыбы, в конце—более мелкие.

Вес ходовой шемаи колеблется в пределах от 125 до 610 г, при среднем весе за исследуемые годы 286 г.

Размерный состав и вес шемаи в отдельные годы не остаются постоянными. Размер колеблется от 25,8 до 28,5 см, а средний вес—от 234 до 365 г. В 1945—1946 гг. промысел базировался, главным образом, на вылове рыб длиной от 24 до 28 см, в 1946—1947 гг. основную группу вылавливаемой шемаи составляли рыбы размерами от 27 до 30 см. Наименьший средний вес и размеры шемаи наблюдались в 1948—1949 гг.

Индивидуальная упитанность шемаи, вычисленная по формуле Фультона, из улова 1949—1950 гг. колеблется в пределах от 0,95 до 2,14, в среднем 1,51. Наиболее часто встречаются рыбы с упитанностью 1,36—1,65. Такие рыбы составляют около 80%. В течение хода шемаи в Куру упитанность меняется в слабой степени. Наблюдалось, что в начале хода идут более упитанные рыбы. Упитанность рыб различного размера неодинакова. Мелкие рыбы, длиной от 20 до 25 см, имеют более высокие показатели упитанности.

Упитанность шемаи в отдельные годы неодинакова, изменяясь в пределах от 1,37 до 1,61. Упитанность куринской шемаи в низовьях реки значительно выше по сравнению с рыбами, добываемыми на морских промыслах. В частности, упитанность куринской шемаи, прилавливаемой ставниками на Шиховском рыбном промысле, в среднем равна 1,17, т. е. на 22% меньше, чем у рыб в низовьях Куры.

Промысел шемаи в реке Куру базируется в основном на 3—4-летних рыбах, составляющих от 82 до 95% улова в отдельные годы. Самую молодую возрастную группу составляют 2-летки, которые встречаются в меньших количествах. Пятилетние рыбы в уловах также представлены небольшим процентом. Предельный возраст самок 5 лет, самцов—4 года.

По непосредственным измерениям рыбы в возрасте трех лет имеют размеры от 21 до 27 см, в среднем 24,4 см, в возрасте четырех лет—в среднем 26,9 см, с колебаниями от 24 до 31 см. Средние размеры пятилеток—30,4 см, с колебаниями от 27 до 32 см.

Рост шемаи, по данным обратного расчисления, характеризуется

следующими цифрами: 1-й год—12,07 см, 2-й год—18,70 см, 3-й год—24,26 см, 4-й год—27,98 см, 5-й год—30,39 см. Шемая наиболее интенсивно растет в течение первого года жизни. Падение прироста сказывается наиболее резко на четвертом году жизни. Куринская шемая, по сравнению с другими подвидами шемаи, растет быстрее.

Рост за первый и второй годы жизни у самцов и самок примерно одинаков. В последующие годы самцы начинают несколько отставать.

Установлено, что шемая в реке питается. В желудке шемаи, добытой на Банке и Мингечауре, нередко обнаруживаются остатки водных насекомых и мелких рыб. В садках она охотно поедает личинок насекомых, головастиков, сушеные куколки шелкопряда и фарш из свежей рыбы.

Куринская шемая достигает половозрелости с третьего года жизни. Ход шемаи в Куру начинается с конца октября. Массовый ход наблюдается обычно в третьей декаде ноября и достигает максимума во второй, третьей декаде января. Заканчивается ход в середине марта, редко тянется до марта, отдельные экземпляры продолжают идти даже в апреле. Продолжительность хода в отдельные годы колеблется от 116 до 142 дней.

Анализ уловов шемаи за последнее тридцатилетие показывает, что с 1921 по 1950 г. 25 раз максимальный улов шемаи происходил в декабре, а всего лишь 5 раз—в январе. В течение 1921—1940 гг. от 47 до 55% улова падало на ноябрь и декабрь, а за 1941—1950 гг. в эти же месяцы уловы доходят до 67%.

Шемая входит в Куру с неразвитыми половыми продуктами. Развитие их происходит на нерестилищах. Местами нереста являются верховье р. Куры с ее притоками и притоки Аракса. В родниковой речке Союхбулаг мы обнаружили ее в начале апреля. В это время половые железы ее были еще во II стадии зрелости. В конце июня самцы, в основном, становятся текучими, самки же имеют половые железы еще III—IV стадии зрелости.

С мая по сентябрь 1951 г. в Мингечауре, на рыбоводном пункте Южкаспирьвода, при близком участии рыбоведа М. Н. Кубрака, нам удалось проследить за развитием половых желез шемаи, скопившейся ниже донных труб плотины. Путем периодических вскрытий рыб выяснилось, что в мае половые железы самок продолжают оставаться в массе еще во II стадии зрелости. Самки, имеющие половые железы III стадии зрелости, в это время составляют лишь четвертую часть. Самцы созревают несколько раньше. В конце мая в редких случаях попадались рыбы с текучими молоками.

В июне самки с икрой IV стадии зрелости составляют 27%. В июле процент таких самок значительно увеличивается и достигает 50. Самцы с текучими молоками в это время составляют уже 83%.

В начале августа, в связи с сильным понижением уровня воды в Куру, шемая, а также и другие рыбы прошли вверх через донные трубы на верхние места нерестилища.

В августе и сентябре, за все время работы в Мингечауре, ниже донных труб удалось поймать только 24 экземпляра шемаи, из которых 7 оказались самками, остальные были самцами. Среди последних попадались и покатные. Самки же имели половые продукты в IV стадии зрелости. 24 сентября были пойманы 2 самки с икрой, близкой к V стадии зрелости. После этого поиски шемаи не дали положительных результатов.

Изучение состояния половых продуктов шемаи показало, что в 1951 году в Куру у Мингечаура, повидимому, ввиду отсутствия под-

ходящих мест, шема я не могла нереститься. В то же время необходимо отметить, что шема я, выдерживаемая в круглом бассейне Куринской рыбоводной станции на Банке, дала зрелую икру в конце июня.

Коэффициент зрелости самок в отдельные месяцы меняется следующим образом: в мае—1,45%, в июне—3,93%, в июле—5,15%, в августе—8,73%. Коэффициент зрелости самцов в те же месяцы соответственно—0,54; 1,03; 1,78; 1,94%.

Плодовитость у исследованных 49 рыб колеблется от 9.976 до 54.698 икринок (в среднем 30.000 икринок).

Икра состоит из двух генераций. Количество крупных икринок колеблется от 4.190 до 27.716 (в среднем 14.900), количество же мелких икринок колеблется от 3.937 до 34.258 (в среднем 15.100). Плодовитость шема я с возрастом увеличивается.

Диаметр крупных икринок на разных стадиях развития меняется в следующих пределах: III стадия—от 0,71 до 1,40 мм, (в среднем 1,059 мм), III—IV стадия—от 0,94 до 1,60 мм, (в среднем—1,24 мм), IV стадия—от 1,17 до 1,81 мм (в среднем 1,43 мм), IV—V стадия—от 1,33 до 1,94 мм (в среднем 1,64 мм).

Икрометание порционное. Икра клейкая. Инкубационный период при среднесуточной температуре от 18,3 до 21°,5 продолжается 70—72 часа. Длина личинки в первый день в среднем 4,8 мм, через три дня—5,5 мм, через 16 дней—10,6 мм.

Покатные самки появляются на Банке в конце июля и в августе. Скат молоди обратно в море еще не изучен. Часть молоди задерживается на нерестилищах до следующего года.

Кроме изучения биологии шема я нами проводятся опыты по ее искусственному разведению. Результатам этих опытов будет посвящена отдельная статья.

Институт зоологии  
АН Азербайджанской ССР

Поступило 7. III. 1952

Ю. Эбдурраманов

### Күр шамайысынын биолокиясына даир

#### ХҮЛАСӘ

Күр шамайысы Азербайчанын гиймәтли балыгларындан биридир, лачин онун биолокиясы һәлә чох аз өйрәнилмишдир. Бу мәгаләдә, шамайынын биолокиясы вә вәтәкә әһәмийәти һаггында сон илләрдә әлдә әдилмиш тәдгигат нәтичәләриндән гыса мә'лумат верилир.

Күр шамайысы Хәзәр дәнизиндә яшайыр вә күрү төкмәк үчүн ноябр—март айларында Күр чайына кечир. О, чай юхары 1000 км-дән артыг йол кедир. Шамайынын күрүтөкмә ерләри Күр вә Араз чайларынын юхары голларыдыр.

Шамайы, башлыча олараг, Күр чайынын ашагысында ерләшән Банкә вәтәкәсиндә тутулур. Бурада илдә орта һесабла 42 мин шамайы тутулур. Тутулан шамайынын узунлуғу 14 см-дән 34 см-ә гәдәр, орта һесабла 26,6 см, чәкиси исә 125 г-дан 610 г-а гәдәр, орта һесабла 286 г олур.

Шамайы, ән чоху беш ил яшайыр. Эркәкләри ики яшы тамам олуб, үч яша кечдикдә, дишиләри исә үч яшы тамам олуб, дөрд яша кечдикдә чая кирирләр. Тутулан балыгларын әсас һиссәсини (82-дән 95%-ә гәдәрини) үч вә дөрд яшы балыглар тәшкил әдир.

Тәрсинә һесаблама нәтичәсиндә мүййән әдилмишдир ки, шамайынын узунлуғу биринчи ил 12 см-ә, икинчи ил 18,7 см-ә, үчүнчү ил 24,3 см-ә, дөрдүнчү ил 28 см-ә, бешинчи ил исә 30,4 см-ә чатыр. Бир вә ики яшыларында эркәк вә диши балыглар тәхминән эйни сүр'әтлә бөйүүр, сонра исә эркәкләр бойча керидә галыр.

Шамайы чая кирдикдә чинси вәзиләри һәлә етишмәмиш олур, онларын чинси вәзиләри анчаг күрүтөкмә ерләриндә етишир. Май айында күрүләрни чәкиси шамайынын бәдәни чәкисинин орта һесабла 1,45%-инә, август айында исә 8,73%-инә гәдәр чатыр.

Шамайынын күрүвермә габилийәти, орта һесабла, 30 минә гәдәр дир. Бу күрүнүн тәхминән ярысы ири, ярысы исә хырда күрүдән ибарәт олур. Етишмиш күрүнүн диаметри 1,33 мм-дән 1,94 мм-ә гәдәр, орта һесабла 1,64 мм-дир.

Шамайы, күрүсүнү ики дәфәдә төкүр. Күрү маяландыгдан сонра суюн дибиндә олан чисимләрә япышыр.

Күрүнүн инкубасия дөвру 18,3—21,5° температурда 70—72 саат давам әдир. Күрүдән еничә чыхан сүрфә 4,8 мм узунлуғунда олур, ярым айдан сонра онун узунлуғу 10,5 мм-ә чатыр.



СОДЕРЖАНИЕ

**Математика**  
А. Ф. Гусейнов—Смешанная краевая задача для гармонической функции 209

**Теория упругости**  
Г. М. Саркисов и Ю. А. Амензаде—К вопросу о кручении правильных многогранных призматических стержней . . . . . 215

**Физика**  
Х. М. Халилов—О разрыве стеклянных трубок и капилляров под действием внутреннего давления . . . . . 221

**Гидравлика**  
Ю. А. Ибадзаде—Построение рациональной формы русла . . . . . 227

**Гидромеханика**  
Г. Т. Дмитриев—Перенос энергии в поперечном сечении безнапорного потока . . . . . 235

**Химия**  
И. Л. Багбанлы—Объемно-податометрический метод определения кадмия 243

**Петрография**  
А. Г. Алнев, Э. А. Даидбекова, Б. М. Ибрагимова—О присутствии дистена в майкопских отложениях Азербайджана . . . . . 249

**Стратиграфия**  
Д. М. Халилов—Палеоцено-эоценовые отложения Шахбузского района Нахичеванской АССР . . . . . 253

**Агрохимия**  
А. Д. Мамедов—Влияние суперфосфата, гранулированного с отработанным гумбрином и битуминозной породой, на урожай хлопка-сырца . . . . . 259

**Ихтиология**  
Ю. А. Абдурахманов—К биологии куринской шеман . . . . . 263

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:** Азизбеков Ш. А., Гавиев Г. П. (зам. редактора), Гусейнов Д. М., Кареев А. Н., Мустафаев П. Д. (редактор), Усейнов М. А., Ширалиев М. А.

Подписано к печати 13/V 1952 г. ФГ 14235. Бумага 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>—2  
Уч.-изд. листа 5,5. Печ. листа 5,48. Заказ № 105. Тираж 700.

Управление по делам полиграфической промышленности, издательства и книжной торговли при Совете Министров Азербайджанской ССР.  
Типография «Красный Восток», Баку, ул. Ази Асланова, 80.

4 руб.

7