

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՐ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

XIV, № 3

1951

Խմբագրական կոլեգիա

Գ. Ս. ԴԱՎԹՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ իսկական անդամ,
Ա. Լ. ԹԱԽՏԱԶՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ թղթակից անդամ,
Մ. Մ. ԼԵԲԵԴԵՎ (պսև. փառալուր), Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐ-
ՋՈՒՄՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ իսկական անդամ (պսև. խմբա-
գիր), Ա. Լ. ՄՆԶՈՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ թղթակից անդամ,
Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՐ ԳԱ թղթակից անդամ,
Մ. Գ. ՆԵՐՍԻՍՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ իսկական անդամ:

Редакционная коллегия

В. А. АМБАРЦУМЯН, действ. чл. АН Арм. ССР
(отв. редактор), Г. С. ДАВТЯН, действ. чл. АН
Арм. ССР, М. М. ЛЕБЕДЕВ (отв. секретарь),
А. Л. МНДЖОЯН, чл.-корресп. АН Арм. ССР,
А. Г. НАЗАРОВ, чл.-корресп. АН Арм. ССР,
М. Г. НЕРСИСЯН, действ. чл. АН Арм. ССР,
А. Л. ТАХТАДЖЯН, чл.-корресп. АН Арм. ССР.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՐ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿԶՈՒԹՅՈՒՆ

Ե Ր Ե Վ Ա Ն

Е Р Е В А Н

ԲՈՎԱՆԻԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

եջ

Մեխանիկա

Ն. Խ. Հարությունյան—ՀՍՍՌ ԳԱ իսկական անդամ—Սողքի տեղության մի քանի հարցեր 63

Շինարարական ռեխնիկա

Լ. Գ. Սեդրակյան—Ձգման և մաքուր ծռման ժամանակ բևտոնի աշխատանքի առանձնահատկությունների մասին 75

Օրգանակաճ ֆիմիա

Վ. Հ. Բաբայան—Լեռնի նաթթվի էթիլէսթերի փոխադրեցությունը մագնիում-զալոգենիդների հետ 83

Կենդանաբանություն

Ս. Կ. Դալ—Անդրկովկասի գայլերի սիստեմատիկայի մասին 87

Հիդրոբիոլոգիա

Տ. Մ. Մեելով—Սևանա լճի պերլադիկ դաֆնիայի գաղնան ժամանակաշրջանում ճնշված զրություն պատճառների մասին 93

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Механика

- Н. Х. Арутюнян*, действ. чл. АН Арм. ССР—Некоторые вопросы теории ползучести 65

Строительная техника

- Л. Г. Седракян*—Об особенностях работы бетона при осевом растяжении и чистом изгибе 75

Органическая химия

- В. О. Бабаян*—Взаимодействие этилового эфира и левоулиновой кислоты с арилмагний галогенами 83

Зоология

- С. К. Даль*—К систематике волков Закавказья 87

Гидробиология

- Т. М. Мешкова*—О причине угнетенного состояния пелагической дафнии оз. Севан в весенний период 93

МЕХАНИКА

Н. Х. Арутюнян, действ. чл. АН Армянской ССР

Некоторые вопросы теории ползучести

(Представлено 22 IX 1951)

В предыдущих работах (^{1,2}) была развита теория ползучести бетона, основанная на представлении о бетоне, как о линейном упруго-ползучем теле, т. е. предполагалось, что между деформациями ползучести и соответствующими напряжениями имеется линейная связь. По отношению мгновенных деформаций и соответствующих упруго-мгновенных напряжений также принималось наличие линейной зависимости.

Как показывают многочисленные экспериментальные данные (^{3,6}), линейная зависимость между деформациями ползучести и соответствующими напряжениями справедлива для напряжений, не превышающих половины временного сопротивления бетона $\frac{R}{2}$.

Что же касается мгновенных деформаций, то из целого ряда опытов (^{4,7}) следует, что мгновенные деформации остаются прямо пропорциональными напряжениям вплоть до величин, почти соответствующих моменту разрушения.

Настоящая работа представляет дальнейшее развитие основных результатов теории ползучести бетона, полученных в предыдущих исследованиях, для более широкого диапазона изменений напряжений (т. е. и при $\sigma > \frac{R}{2}$), а именно, когда линейная зависимость между величиной напряжения и деформацией ползучести нарушается.

Таким образом, бетон рассматривается как нелинейное упруго-ползучее тело и принимается только, что для деформации его имеет место закон наложения.

Последние исследования показали (⁴), что закон наложения для деформации ползучести бетона достаточно хорошо подтверждается в случае монотонно возрастающих нагрузок, т. е. для активной деформации.

1. *Продольная деформация.* Полную относительную деформацию бетонного бруса к моменту времени t под действием единичного од-

ноосного напряженного состояния, приложенного в некотором возрасте τ , как и прежде, будем определять зависимостью:

$$\delta(t, \tau) = \frac{1}{E(\tau)} + C(t, \tau), \quad (1)$$

где $\frac{1}{E(\tau)}$ — упругая часть деформации от единичного напряжения, приложенного в возрасте τ , а $C(t, \tau)$, называемая мерой ползучести бетона, представляет деформацию ползучести в момент времени t от единичного одноосного напряжения, возникшего в возрасте бетона τ .

Допустим, что к бетонному брусу в возрасте $\tau = \tau_1$ было приложено напряжение $\sigma_x = \sigma_x(\tau_1)$ и что в последующее время $t \geq \tau_1$ это напряжение сохраняется постоянным.

Тогда будем иметь:

$$\varepsilon_x(t) = \frac{\sigma_x(\tau_1)}{E(\tau_1)} + \Omega[\sigma_x(\tau_1)] C(t, \tau_1), \quad (2)$$

где $\Omega[\sigma_x(\tau_1)]$ — некоторая функция от $\sigma_x(\tau_1)$, характеризующая нелинейную зависимость между напряжением и деформацией ползучести.

При этом, как было указано, для бетонов имеет место соотношение:

$$\Omega(\sigma) = \begin{cases} \sigma & \text{при } \sigma \leq \frac{R}{2}, \\ \omega(\sigma) & \text{при } \sigma \geq \frac{R}{2}, \end{cases} \quad (3)$$

где R — временное сопротивление бетона, причем

$$\omega\left(\frac{R}{2}\right) = \frac{R}{2}. \quad (4)$$

Если положить, что мера ползучести бетона $C(t, \tau)$ и его модуль упругости $E(\tau)$ не зависят от возраста τ , $E(\tau) = E_0$, $C(t, \tau) = F(t)$ (т. е. не учитывать процесс старения материала), а функция $\omega(\sigma)$ является степенной функцией вида $\omega(\sigma) = \sigma^m$, где m — постоянное число, то выражение (2) примет вид:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma}{E_0} + \sigma^m F(t). \quad (5)$$

Соотношение (5) известно в теории ползучести как зависимость, на которой базируется так называемая теория „старения“.*

* Следует отметить, что теория „старения“, которая излагается в различных работах, посвященных вопросам ползучести, не имеет никакого отношения к явлению старения материалов. Это объясняется тем, что пока нет установленной твердой терминологии.

Здесь следует отметить, что соотношение (5) справедливо только при постоянных напряжениях, однако часто многие авторы (Рош, Шепк) распространяют его на случай напряжений, изменяющихся во времени. Такая ошибочная трактовка уравнений (5) может привести к ложным результатам.

Рассмотрим случай, когда в момент времени $\tau = \tau_1$ к бетонному брусу приложено напряжение $\sigma_x = \sigma_x(t)$, которое меняется с течением времени. Тогда, на основании соотношения (2) и принципа наложения, полная относительная деформация выразится зависимостью

$$\begin{aligned} \varepsilon_x(t) = & \frac{\sigma_x(\tau_1)}{E(\tau_1)} + \Omega[\sigma_x(\tau_1)] C(t, \tau_1) + \int_{\tau_1}^t \frac{1}{E(\tau)} \frac{\partial \sigma_x(\tau)}{\partial \tau} d\tau + \\ & + \int_{\tau_1}^t C(t, \tau) \frac{\partial \Omega[\sigma_x(\tau)]}{\partial \tau} d\tau. \end{aligned} \quad (6)$$

Это уравнение справедливо для значений напряжения в диапазоне от нуля до величины временного сопротивления бетона R .

Интегрируя (6) по частям, получим:

$$\varepsilon_x(t) = \frac{\sigma_x(t)}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \sigma_x(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[\frac{1}{E(\tau)} \right] d\tau - \int_{\tau_1}^t \Omega[\sigma_x(\tau)] \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial \tau} d\tau. \quad (7)$$

Пользуясь условием (3), соотношение (7) запишем в следующем виде:

$$\varepsilon_x(t) = \frac{\sigma_x(t)}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \sigma_x(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[\frac{1}{E(\tau)} + C(t, \tau) \right] d\tau, \quad (8)$$

$$\text{если } \sigma_x(t) \leq \frac{R}{2}$$

и

$$\varepsilon_x(t) = \frac{\sigma_x(t)}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \sigma_x(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[\frac{1}{E(\tau)} \right] d\tau - \int_{\tau_1}^t \omega[\sigma_x(\tau)] \frac{\partial}{\partial \tau} C(t, \tau) d\tau \quad (9)$$

$$\text{если } \sigma_x(t) > \frac{R}{2}$$

при всех значениях t .

Полученное соотношение (9) представляет основное уравнение теории ползучести бетона, рассматриваемого как нелинейное упруго-ползучее тело, справедливое для напряжения в диапазоне от нуля до R .

Если в (9) $\omega(\sigma) = \sigma$, то оно переходит в уравнение для линейного упруго-ползучего тела (8), полученное ранее.

Как показывают опыты, мера ползучести бетона при растяжении и сжатии почти одинакова, поэтому уравнение (9), будучи справедливым для деформации растяжения $\sigma > 0$, может быть применено также

к деформации сжатия, только в этом случае нужно в уравнение (9) вместо σ положить $-\sigma$ и $\omega[-\sigma] = -\omega[\sigma]$, т. е. в область отрицательных σ функция $\omega[\sigma]$ продолжается нечетным образом.

2. *Поперечная деформация.* Пусть к бетонному брусу возраста $\tau = \tau_1$ в продольном направлении было приложено напряжение $\sigma_x(t) = \sigma_x(\tau_1)$, которое в последующее время $t \geq \tau_1$ остается постоянным. Тогда деформации в поперечном направлении могут быть разделены на две части: упруго-мгновенную, равную $\nu_1(\tau_1) \frac{\sigma_x(\tau_1)}{E(\tau_1)}$ и ползучую, равную $\nu_2(t, \tau_1) \omega[\sigma_x(\tau_1)] C(t, \tau_1)$, где $\nu_1(\tau)$ и $\nu_2(t, \tau)$ — соответственно коэффициенты Пуассона для упругой и ползучей частей деформации бетона.

Коэффициент Пуассона для упругой части деформации $\nu_1(\tau)$ зависит только от возраста бетона τ , а коэффициент Пуассона для ползучей части $\nu_2(t, \tau)$ — как от возраста бетона τ , так и от продолжительности действия данной нагрузки t .

Полная поперечная деформация будет:

$$-\varepsilon_y(t) = -\varepsilon_z(t) = [\nu_1(\tau_1) \frac{\sigma_x(\tau_1)}{E(\tau_1)} + \nu_2(t, \tau_1) \omega[\sigma(\tau_1)] C(t, \tau_1)]. \quad (10)$$

Если осевое напряжение $\sigma(t)$, приложенное в возрасте бетона $\tau = \tau_1$ меняется с течением времени, для поперечных деформаций будем иметь следующее выражение:

$$\begin{aligned} \varepsilon_y(t) = \varepsilon_z(t) = & -\frac{\nu_1(t)}{E(t)} \sigma_x(t) + \int_{\tau_1}^t \sigma_x(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \frac{\nu_1(\tau)}{E(\tau)} d\tau + \\ & + \int_{\tau_1}^t \omega[\sigma_x(\tau)] \frac{\partial}{\partial \tau} [\nu_2(t, \tau) C(t, \tau)] d\tau. \end{aligned} \quad (11)$$

3. *Деформация сдвига.* Деформацию сдвига так же, как и осевую деформацию, можно разделить на две части: упруго-мгновенную и ползучую.

Пусть на бетонный образец в возрасте $\tau = \tau_1$ действует касательное напряжение $\tau_{xy}(t) = \tau_{xy}(\tau_1)$, которое в последующее время $t \geq \tau_1$ остается постоянным. В этом случае полная относительная деформация сдвига будет:

$$\gamma_{xy}(t) = \frac{\tau_{xy}(\tau_1)}{G(\tau_1)} + \omega[\tau_{xy}(\tau_1)] D(t, \tau_1), \quad (12)$$

где $G(\tau)$ — мгновенный модуль сдвига, равный $\frac{E(\tau)}{2[1+\nu_1(\tau)]}$,

$D(t, \tau)$ — мера ползучести чистого сдвига для бетона.

При действии напряжения $\tau_{xy}(t)$ в возрасте $\tau = \tau_1$ и меняющегося с течением времени для полной деформации сдвига будем иметь следующее выражение:

$$\gamma_{xy}(t) = \frac{\tau_{xy}(t)}{G(t)} - \int_{\tau_1}^t \tau_{xy}(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \frac{1}{G(\tau)} - \int_{\tau_1}^t \omega[\tau_{xy}(\tau)] \frac{\partial}{\partial \tau} D(t, \tau) d\tau. \quad (13)$$

Таким образом, деформация ползучести бетона, когда последний рассматривается как нелинейное упруго-ползучее тело, характеризуется тремя физическими величинами: мерами ползучести $C(t, \tau)$ и $D(t, \tau)$ для одноосного напряженного состояния и чистого сдвига и коэффициентом Пуассона $\nu_2(t, \tau)$ для ползучей части деформации.

Все эти величины являются функциями как возраста бетона, так и продолжительности действия нагрузки. Однако нет необходимости определять экспериментально все три функции $\nu_2(t, \tau)$, $C(t, \tau)$ и $D(t, \tau)$, характеризующие ползучие свойства данного бетона, достаточно знать какие-нибудь две из них, третья же определяется аналитическим путем совершенно аналогично, как это делается в упруго-мгновенной задаче для установления связи между E , G и ν_1 .

В самом деле, в случае чистого сдвига в плоскости XOY при действии постоянных тангенциальных усилий $\tau_{xy}(\tau_1)$ главные напряжения будут:

$$\sigma_x(\tau_1) = \tau_{xy}(\tau_1), \quad \sigma_y(\tau_1) = -\tau_{xy}(\tau_1) \text{ и } \sigma_z(\tau_1) = 0. \quad (14)$$

Относительная деформация сдвига согласно (12) есть

$$\gamma_{xy}(t) = \frac{\tau_{xy}(\tau_1)}{G(\tau_1)} + \omega[\tau_{xy}(\tau_1)] D(t, \tau_1). \quad (15)$$

Относительное удлинение диагонали выделенного элемента в силу (2) и (10) будет:

$$\begin{aligned} \epsilon_x(t) = & \left[\frac{\sigma_x(\tau_1)}{E(\tau_1)} + \omega[\sigma_x(\tau_1)] C(t, \tau_1) \right] - \left\{ \frac{\sigma_y(\tau_1) + \sigma_z(\tau_1)}{E(\tau_1)} \nu_1(\tau_1) + \right. \\ & \left. + \left[\omega[\sigma_y(\tau_1)] + \omega[\sigma_z(\tau_1)] \right] \nu_2(t, \tau_1) C(t, \tau_1) \right\}. \end{aligned} \quad (16)$$

Подставляя значение $\sigma_x(\tau_1)$, $\sigma_y(\tau_1)$ и $\sigma_z(\tau_1)$ из (14) в (16) и замечая, что $\omega(\sigma) > 0$, $\omega(-\sigma) = -\omega(\sigma)$, получим:

$$\begin{aligned} \epsilon_x(t) = & \frac{\tau_{xy}(\tau_1)}{E(\tau_1)} + \omega(\tau_{xy}) C(t, \tau_1) + \frac{\tau_{xy}(\tau_1)}{E(\tau_1)} \nu_1(\tau_1) + \\ & + \omega(\tau_{xy}) \nu_2(t, \tau_1) C(t, \tau_1) = \frac{\tau_{xy}(\tau_1)}{2G(\tau_1)} + \omega(\tau_{xy}) C(t, \tau_1) [1 + \nu_2(t, \tau_1)]. \end{aligned} \quad (17)$$

Вместе с тем имеет место известная геометрическая зависимость

$$\epsilon_x(t) = \frac{\gamma_{xy}(t)}{2}, \quad (18)$$

которая должна выполняться при сдвиге для любых значений t .

Подставляя значение $\varepsilon_x(t)$ и $\gamma_{xy}(t)$ из (17) и (15) в (18), получим следующую аналитическую зависимость между мерами ползучести $C(t, \tau)$, $D(t, \tau)$ и $\nu_2(t, \tau)$:

$$D(t, \tau) = 2[1 + \nu_2(t, \tau)] C(t, \tau), \quad (19)$$

если $\nu_1(\tau) = \nu_2(t, \tau) = \nu = \text{const}$, то будем иметь:

$$\frac{D(t, \tau)}{C(t, \tau)} = \frac{E}{G} \quad (20)$$

т. е. при равенстве коэффициентов Пуассона упругой и ползучей частей деформации, мера ползучести бетона $C(t, \tau)$ при одномерно напряженном состоянии с точностью до постоянного множителя равна мере ползучести $D(t, \tau)$ при чистом сдвиге.

4. *Объемное напряженное состояние.* Пользуясь соотношениями (9), (11) и (13), можно получить основные зависимости для случая пространственного напряженного состояния, если, следуя Ю. Н. Работнову⁽⁵⁾, воспользоваться теорией малых упруго-пластических деформаций.

Зависимость между напряжениями $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ и деформациями $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}$ в теории малых упруго-пластических деформаций, когда сжимаемостью материала можно пренебречь,* дается формулами:

$$\begin{aligned} \sigma_x - \sigma &= \frac{2\sigma_i}{3\varepsilon_i} \varepsilon_x & \tau_{xy} &= \frac{\sigma_i}{3\varepsilon_i} \gamma_{xy} \\ \sigma_y - \sigma &= \frac{2\sigma_i}{3\varepsilon_i} \varepsilon_y & \tau_{xz} &= \frac{\sigma_i}{3\varepsilon_i} \gamma_{xz} \\ \sigma_z - \sigma &= \frac{2\sigma_i}{3\varepsilon_i} \varepsilon_z & \tau_{yz} &= \frac{\sigma_i}{3\varepsilon_i} \gamma_{yz} \end{aligned} \quad (21)$$

Здесь $\sigma = \frac{1}{3} [\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z]$, а σ_i и ε_i — интенсивности тензора напряжения и тензора деформации.

Если считать, что интенсивности напряжения σ_i и деформации ε_i при объемном напряженном состоянии связаны между собой той же зависимостью, что и напряжения и деформации в одномерной задаче, а именно:

$$\varepsilon_i(t) = \frac{\sigma_i(t)}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \sigma_i(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \frac{1}{E(\tau)} d\tau - \int_{\tau_1}^t \omega(\sigma_i) \frac{\partial}{\partial \tau} C(t, \tau) d\tau, \quad (22)$$

то, присоединяя это соотношение с граничными условиями

$$\begin{aligned} \sigma_x \cos(nx) + \tau_{xy} \cos(ny) + \tau_{xz} \cos(nz) &= F_{nx} \\ \tau_{xy} \cos(nx) + \sigma_y \cos(ny) + \tau_{yz} \cos(nz) &= F_{ny} \\ \tau_{xz} \cos(nx) + \tau_{yz} \cos(ny) + \sigma_z \cos(nz) &= F_{nz} \end{aligned} \quad (23)$$

* Заметим, что условие несжимаемости материала не является существенным.

к уравнениям (21), приходим к полной системе нелинейной теории ползучести бетона в напряжениях.

5. Приведение интегральных соотношений теории ползучести (9), (22) к дифференциальным уравнениям. Будем определять меру ползучести бетона $C(t, \tau)$ функцией вида:

$$C(t, \tau) = \varphi(\tau) [1 - e^{-\gamma(t-\tau)}]. \quad (24)$$

Здесь $\varphi(\tau)$ — некоторая функция только возраста τ , определенная из опыта и характеризующая процесс старения данного бетона.

Тогда интегральное уравнение (9), связывающее напряжение $\sigma_x(t)$ с учетом ползучести и переменного модуля упругости бетона с соответствующей деформацией $\varepsilon_x(t)$, примет вид:

$$\varepsilon_x(t) = \frac{\sigma_x(t)}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \sigma_x(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \frac{1}{E(\tau)} d\tau - \int_{\tau_1}^t \omega[\sigma(\tau)] \frac{\partial}{\partial \tau} \varphi(\tau) [1 - e^{-\gamma(t-\tau)}] d\tau. \quad (25)$$

Принятое выражение (24) для $C(t, \tau)$ позволяет свести решение уравнения (25) к решению нелинейного дифференциального уравнения второго порядка с переменными коэффициентами.

В самом деле, дифференцируя обе части уравнения (25) по t , получим:

$$\varepsilon'_x(t) = \frac{\sigma'_x(t)}{E(t)} + \gamma \varphi(t) \omega[\sigma_x(t)] - \gamma \int_{\tau_1}^t \omega[\sigma_x(\tau)] [\varphi'(\tau) + \gamma \varphi(\tau)] e^{-\gamma(t-\tau)} d\tau. \quad (26)$$

Исключая значение интеграла $\int_{\tau_1}^t \omega[\sigma_x(\tau)] [\varphi'(\tau) + \gamma \varphi(\tau)] e^{-\gamma(t-\tau)} d\tau$

из соотношений (26) и (25) и дифференцируя полученный результат еще раз по t , после некоторых преобразований придем к следующему дифференциальному уравнению:

$$\begin{aligned} \sigma''(t) + \sigma'(t) \left[\gamma - \frac{E'(t)}{E^2(t)} \right] + \gamma E(t) \varphi(t) \omega'[\sigma] \sigma'(t) = \\ = E(t) [\varepsilon''(t) + \gamma \varepsilon'(t)] \end{aligned} \quad (27)$$

с начальными условиями при $t = \tau_1$, $\sigma(\tau_1) = E(\tau_1) \varepsilon(\tau_1)$

$$\sigma'(\tau_1) = \varepsilon'(\tau_1) E(\tau_1) - \gamma E(\tau_1) \varphi(\tau_1) \omega[\varepsilon(\tau_1) E(\tau_1)]. \quad (28)$$

Если модуль упругости бетона изменяется во времени незначительно и практически его можно считать постоянным, то уравнение (27) примет вид:

$$\sigma''(t) + \gamma \sigma'(t) + \gamma E_0 \varphi(t) \omega'[\sigma] \sigma'(t) = E_0 [\varepsilon''(t) + \gamma \varepsilon'(t)]. \quad (29)$$

Начальные же условия будут:

$$\begin{aligned} \sigma(\tau_1) &= E_0 \varepsilon(\tau_1), \\ \sigma'(\tau_1) &= E_0 \varepsilon'(\tau_1) - \gamma E_0 \varphi(\tau_1) \omega[E_0 \varepsilon(\tau_1)]. \end{aligned} \quad (30)$$

Если в соотношении (29) заменить функцию $\varphi(t)$ ее предельным значением $\varphi(\infty) = C_0$, то полученное уравнение будет характеризовать состояние ползучести для стареющих бетонов.

Согласно (29) и принимая во внимание второе из условий (30), будем иметь:

$$\sigma'(t) + \gamma \sigma(t) + \gamma E_0 C_0 \omega[\sigma] = E_0 [\varepsilon'(t) + \gamma \varepsilon(t)], \quad (31)^*$$

с начальным условием

$$\sigma(\tau_1) = E_0 \varepsilon(\tau_1). \quad (32)$$

Перепишем уравнение (31) в следующем виде:

$$\frac{\sigma'(t)}{E_0} + \gamma \frac{\sigma(t)}{E_0} + \gamma C_0 \omega[\sigma] = \varepsilon'(t) + \gamma \varepsilon(t). \quad (33)$$

Отбросим в этом уравнении слагаемые, относящиеся к скорости упругой деформации, считая ее малой по сравнению с деформацией ползучести при больших значениях t . Тогда из (33) будем иметь:

$$\varepsilon^0(t) + \gamma \varepsilon^0(t) = \gamma C_0 \omega[\sigma] + \gamma \frac{\sigma(t)}{E}, \quad (34)$$

или

$$\varepsilon^0(t) = \frac{\gamma}{E} \int_{\tau_1}^t [\sigma(\tau) + C_0 E \omega[\sigma]] e^{-\gamma(t-\tau)} d\tau. \quad (35)$$

Если в уравнении (33) пренебречь как скоростью, так и величиной упругой деформации, то из соотношения (35) получим:

$$\varepsilon^0(t) = \gamma C_0 \int_{\tau_1}^t \omega(\sigma) e^{-\gamma(t-\tau)} d\tau. \quad (35')$$

Здесь $\varepsilon^0(t)$ — деформация ползучести при больших значениях t .

Соотношение (34) или (35) — есть уравнение установившейся ползучести бетона, понимаемого в более общем смысле, чем обычно, т. к. скорости деформации здесь оказываются уже не постоянными, а переменными.

Заметим, что уравнения (34) — (35') справедливы при постоянстве действующих внешних нагрузок.

Положим, что $\omega[\sigma]$ является степенной функцией вида

$$\omega[\sigma] = \sigma + \beta \sigma^2. \quad (36)$$

Опыты показывают, что функция вида (36) хорошо описывает данные экспериментов и характерна тем, что в большинстве случаев обладает слабой нелинейностью, т. е. параметр β оказывается малым ($\beta \ll 1$).

Подставляя значения $\omega[\sigma]$ из (36) в (27), приведем последнее к следующему виду:

* Следует особо отметить, что решение уравнения (31) представляет асимптотическое решение уравнения (29) при достаточно больших t .

$$\sigma''(t) + \sigma'(t) \left[\gamma [1 + E(t) \varphi(t)] - \frac{E^1(t)}{E^2(t)} \right] + 2\beta\gamma \varphi(t) \sigma(t) \sigma'(t) = E(t) [\varepsilon''(t) + \gamma \varepsilon'(t)]. \quad (37)$$

При постоянном модуле упругости уравнение (37) примет вид:

$$\sigma''(t) + \sigma'(t) \gamma [1 + E_0 \varphi(t)] + 2\beta\gamma E_0 \varphi(t) \sigma'(t) \sigma(t) = E_0 [\varepsilon''(t) + \gamma \varepsilon'(t)]. \quad (38)$$

Для состояния ползучести при старом и стареющем возрасте бетона, согласно (31) и (36), получим следующее уравнение:

$$\sigma'(t) + a\sigma(t) + b\sigma(t)^2 = E_0 [\varepsilon'(t) + \gamma \varepsilon(t)], \quad (39)$$

где

$$a = \gamma [1 + E_0 C_2];$$

$$b = \beta\gamma E_0 C_0 = \beta(a - \gamma),$$

которое представляет обобщенное уравнение Риккати и может быть представлено в форме:

$$\frac{d^2 u(t)}{dt^2} + \frac{a du(t)}{dt} = b E_0 [\varepsilon'(t) + \gamma \varepsilon(t)], \quad (40)$$

где

$$\sigma(t) = \frac{u'(t)}{b u(t)}.$$

Приложение полученных результатов к решению конкретных задач по расчету элементов инженерных сооружений на ползучесть составляет содержание следующего сообщения.

Сектор математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Ն. Խ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Սողբի ճեղքայան մի բանի հաղցեք

Տվյալ աշխատանքում զարգացվում ու ընդհանրացվում են բետոնի սողբի տեսութայան այն հիմնական արդյունքները, որոնք ստացված են մեր նախորդ հետազոտություններում:

Դիտելով բետոնը որպես ոչ գծային առաձգա-սողբային մարմին, այսինքն երբ նրա մեջ լարումների և դեֆորմացիաների գծային կապը խախտվում է, աշխատանքում տրված են բետոնի սողբի տեսության հիմնական հավասարումները պարզ և բարդ լարված վիճակների դեպքում:

Ստացված հավասարումները կիրառելի են լարումների փոփոխման լայն դիապազոնում սկսած գերոյից մինչև բետոնի ժամանակավոր R դիմադրությունը:

Նշված է սողբի չափի ֆունկցիայի այն տեսքը, որը հնարավորություն է տալիս հաշվի առնել բետոնի ծեղացման պրոցեսի հատկությունները և սողբի հիմնական ինտեգրալ հավասարումները բերել ոչ գծային դիֆերենցիալ հավասարումների:

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

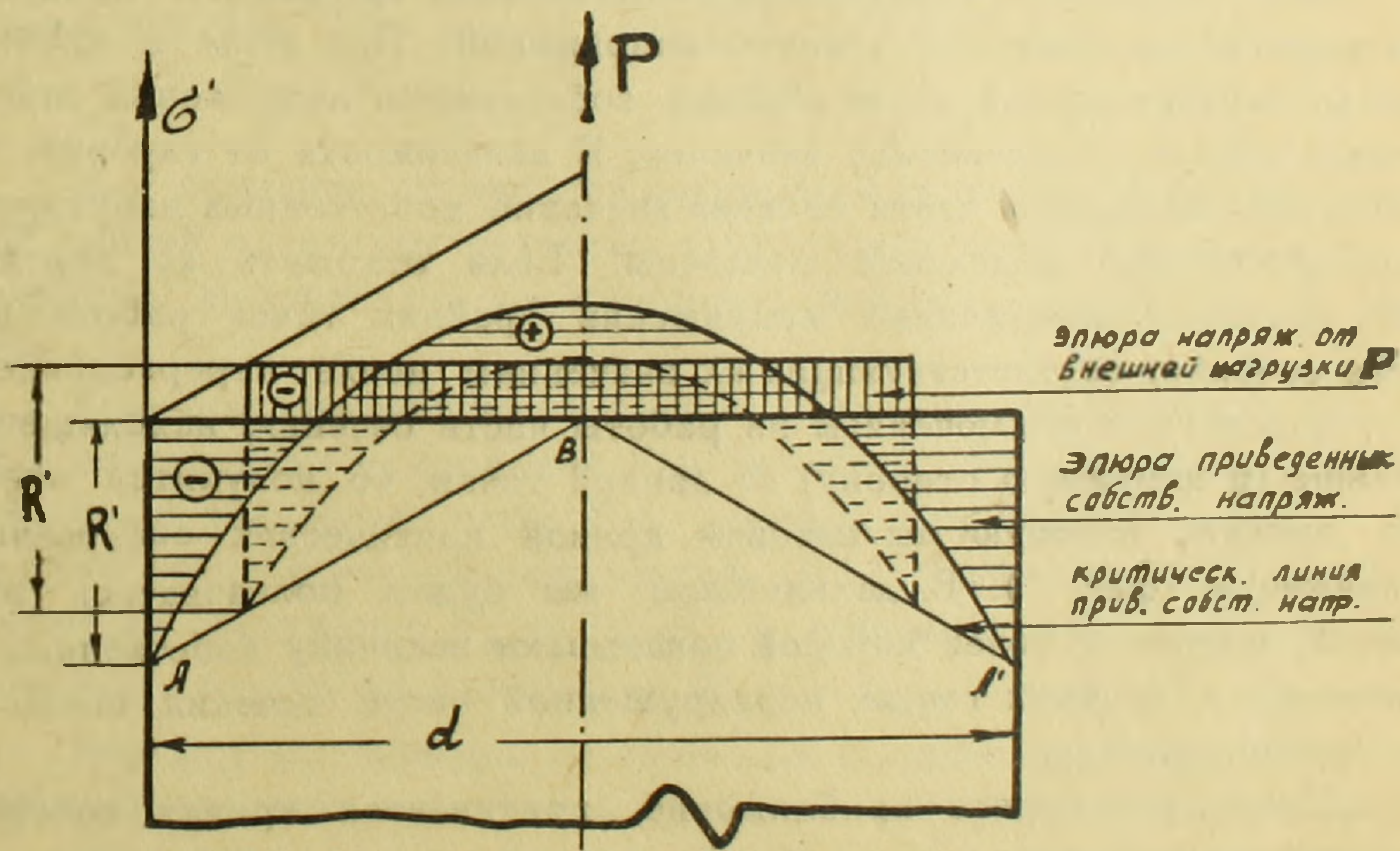
- ¹ Н. Х. Арутюнян, ПММ т. XIII, в. 6. 1949. ² Н. Х. Арутюнян, ДАН Арм. ССР, VII, № 5, 1947. ³ Я. Столяров, Введение в теорию железобетона, 1941. ⁴ П. И. Васильев, Пластические свойства бетона при сжатии и их влияние на работу некоторых элементов бетонных и железобетонных конструкций. (Автореферат), 1951. ⁵ Ю. Н. Работнов, Вестник Моск. Гос. Ун-та им. Ломоносова № 10, 1948. ⁶ И. И. Улицкий, Ползучесть бетона, 1948. ⁷ С. Е. Фрайфельд, Собственные напряжения в железобетоне, 1941.

Л. Г. Седракян

Об особенностях работы бетона при осевом растяжении и чистом изгибе

(Представлено А. Г. Назаровым 3 X 1951)

Приведем, для упрощения построений, пространственную эпюру собственных напряжений (^{1.2}) в поперечном сечении бетонного бруса, вызванных неравномерным распределением влажности, к плоскостной эпюре (фиг. 1). Для этой цели мы осредняем собственные напряжения в каждом сечении, нормальном к плоскости фиг. 1. Поперечное сечение бруса — прямоугольное.



Фиг. 1,

При растяжении образца в определенных частях наружных слоев сечения напряжения от первых ступеней нагрузки, суммируясь с собственными напряжениями, превышают временное сопротивление бетона растяжению, и эти части сечения выключаются из работы. Это приводит к нарушению равновесного состояния собственных напряжений (сумма растягивающих напряжений станет меньше суммы сжимающих),

а, следовательно, и к их перераспределению. Перераспределение собственных напряжений, в свою очередь, вызывает увеличение растягивающих напряжений неразрушенной части сечения, что приводит к выключению из работы новых точек сечения. Вследствие этого уменьшается площадь работающей части сечения, увеличивается напряжение от внешней нагрузки, снова нарушается равновесие собственных напряжений, что приводит к их новому перераспределению. Описываемый процесс продолжается до тех пор, пока наступит равновесие между собственными напряжениями, напряжениями от внешней нагрузки и внешней нагрузкой. При этом сумма внешних и собственных напряжений в крайних точках неразрушенной части сечения равняется предельному значению напряжения бетона на растяжение (R').

Повышение внешней нагрузки на новую ступень сопровождается повторением описанного процесса. Если величина внешней нагрузки такова, что после перераспределения несущая способность неразрушенной части сечения не увеличивается, а остается постоянной или же уменьшается, то происходит разрыв элемента.

Очевидно, что процесс растяжения должен сопровождаться остаточными деформациями, вызванными перераспределением собственных напряжений, и кажущимся уменьшением модуля деформации, получаемым вследствие уменьшения площади рабочей части сечения.

Как говорилось, выключение части сечения из работы приводит к перераспределению собственных напряжений. При этом в крайних точках неразрушенной части сечения собственные напряжения приобретают вполне определенное значение. В зависимости от глубины выключенной из работы части сечения значение собственных напряжений после их перераспределения различны. Если отложить по вертикалям значения собственных напряжений крайних точек работающей части сечения, соответствующих их значениям после перераспределения, вызванного выключением из работы части сечения, находящегося дальше (в наружную сторону) от данной точки, то получится некоторая кривая, которую мы назовем кривой критических собственных напряжений (фиг. 1). В дальнейшем мы будем пользоваться этой кривой, ординаты точек которой показывают величину собственных напряжений в крайних точках неразрушенной части сечения после их перераспределения.

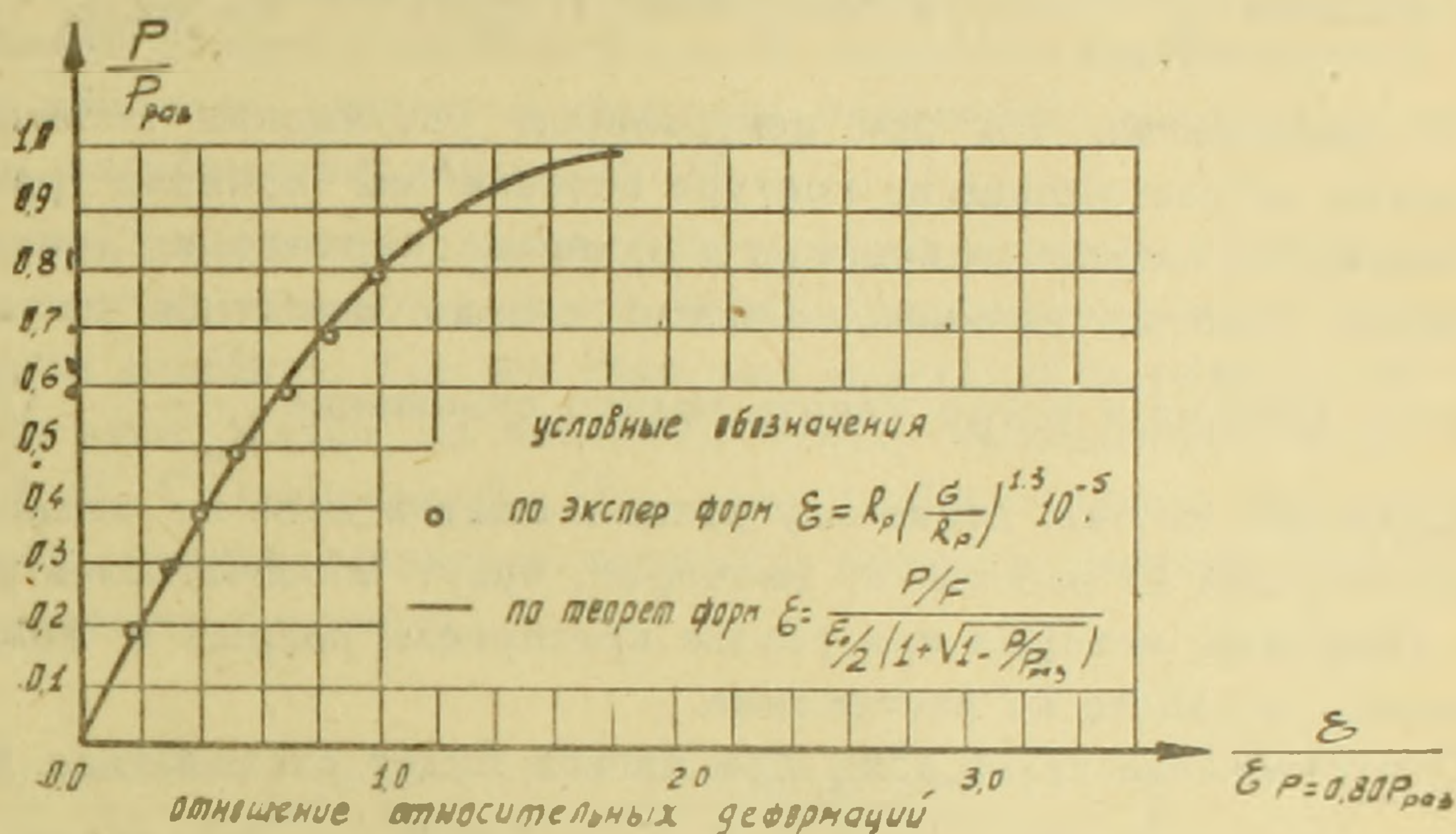
Пусть, как первое приближение, критическая кривая собственных напряжений для элементов обычно применяемых размеров в возрасте одного-двух месяцев будет линия АВ (фиг. 1). В крайних точках сечения значения собственных напряжений на основании работ (2,3,4,5 и др.) приняты равными предельному.

Максимальному значению несущей способности сечения при принятой линии критических собственных напряжений будет соответствовать выключение части сечения глубиной равной $0,25d$ (от краев), при этом напряжение от внешней нагрузки в работающей части сечения равно $0,5 R'$.

Измеренная величина среднего модуля деформации, в предположении, что модуль деформации работающей части сечения постоянен и равен E_0 , в зависимости от степени нагрузки, будет выражаться формулой:

$$E_{\text{ср}} = \frac{E_0}{2} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{P}{P_{\text{раз}}}} \right] \quad (1)$$

Кривая деформации растяжения изображена на графике фиг. 2.



Фиг. 2.

Для проверки сходимости полученной кривой деформации с опытной кривой на фигуре нанесены также точки кривой деформации растяжения, полученные по экспериментальной формуле Г. Д. Цискрели⁽⁵⁾.

Величина разрушающей нагрузки, при принятой линии критических собственных напряжений, $P_{\text{раз}} = 0,25 \cdot R' \cdot F$, т. е. при осевом растяжении используется всего 25% несущей способности сечения, свободного от собственных напряжений. При этом измеренная прочность бетона на растяжение $R'_{\text{ос}} = 0,25 R'$, а действительная (теоретическая) прочность бетона на растяжение $R' \approx 4 \cdot R'_{\text{ос}}$.

Чем меньше значение собственных напряжений, тем больше измеренная величина предельной прочности на растяжение. Очевидно, что собственные напряжения при влажном хранении, (наружные волокна сжимаются, внутренние растягиваются), значительно меньше по сравнению с собственными напряжениями, получаемыми при сухом хранении, и измеренная прочность бетонных образцов, хранившихся во влажных условиях, должна значительно превышать прочность того же бетона на растяжении, но хранившегося в сухих условиях.

Г. Д. Цискрели⁽⁵⁾, изучая в ТНИСГЭИ работу бетона на растяжение, приводит следующие коэффициенты, выражающие влияние условия хранения на величину прочности на растяжение:

- а) водное хранение — 1,10,
- б) влажное хранение — 1,00,
- в) смешанное хранение — 0,70,
- г) сухое хранение — 0,45.

$$\text{Отношение } \frac{R'_{\text{ос (вод. хр)}}}{R'_{\text{ос (сух-хр)}}} = \frac{1,10}{0,45} = 2,45,$$

т. е. отношение $\frac{R'}{R'_{\text{ос}}} \approx 4$ — реально имея в виду, что $R'_{\text{ос (вод. хр)}} < R'$.

Обстоятельство, что при центральном растяжении собственные напряжения на растяжение на контуре сечения мы приняли равными предельному, а, следовательно, при начальных напряжениях допустили, что сечение работает целиком, не могло сильно сказаться на общем поведении сечения и могло менять только отношение $\frac{R'}{R'_{\text{ос}}}$. Однако при изгибе это не так, поскольку здесь в сжатой зоне не только будут выключаться из работы, а, наоборот, будут включаться в работу новые площадки, которые при усадке претерпели разрыв и вовсе не участвовали в работе на растяжение.

Существование такой зоны при изгибе будет сказываться как на величине отношения $\frac{\epsilon_{\text{сж}}}{\epsilon_{\text{раст}}}$, так и на величине $\frac{R'}{R'_{\text{изг}}}$, а, следовательно, и на отношении $\frac{R'_{\text{изг}}}{R'_{\text{ос}}}$.

Из сказанного очевидно, что кривая критических собственных напряжений при изгибе не будет совпадать с кривой критических собственных напряжений для центрального растяжения.

Допуская, что при изгибе предельное состояние наступает тогда, когда глубина выключенной части в растянутой зоне равна $0,35d$, а напряжение растяжения от внешней нагрузки достигает значения R' , получим:

$$R'_{\text{изг}} = \frac{bd^2(1-0,35)^2 \cdot R'}{6} : \frac{bd^2}{6} = 0,422 \cdot R'.$$

Отношение измеренных прочностей на растяжение при изгибе и осевом растяжении равно $\frac{0,42 R'}{0,25 R'} = 1,70$, что совпадает с экспериментально установленным средним значением этого отношения (^{4,6,7}).

Для построения кривых деформаций сжатия и растяжения в зависимости от величины изгибающего момента, разделим глубину максимального выключенного из работы сечения на n частей

$\left(c' = \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, \frac{n-1}{n}, 1 \right)$ и примем, что кривая критических собственных напряжений прямолинейна.

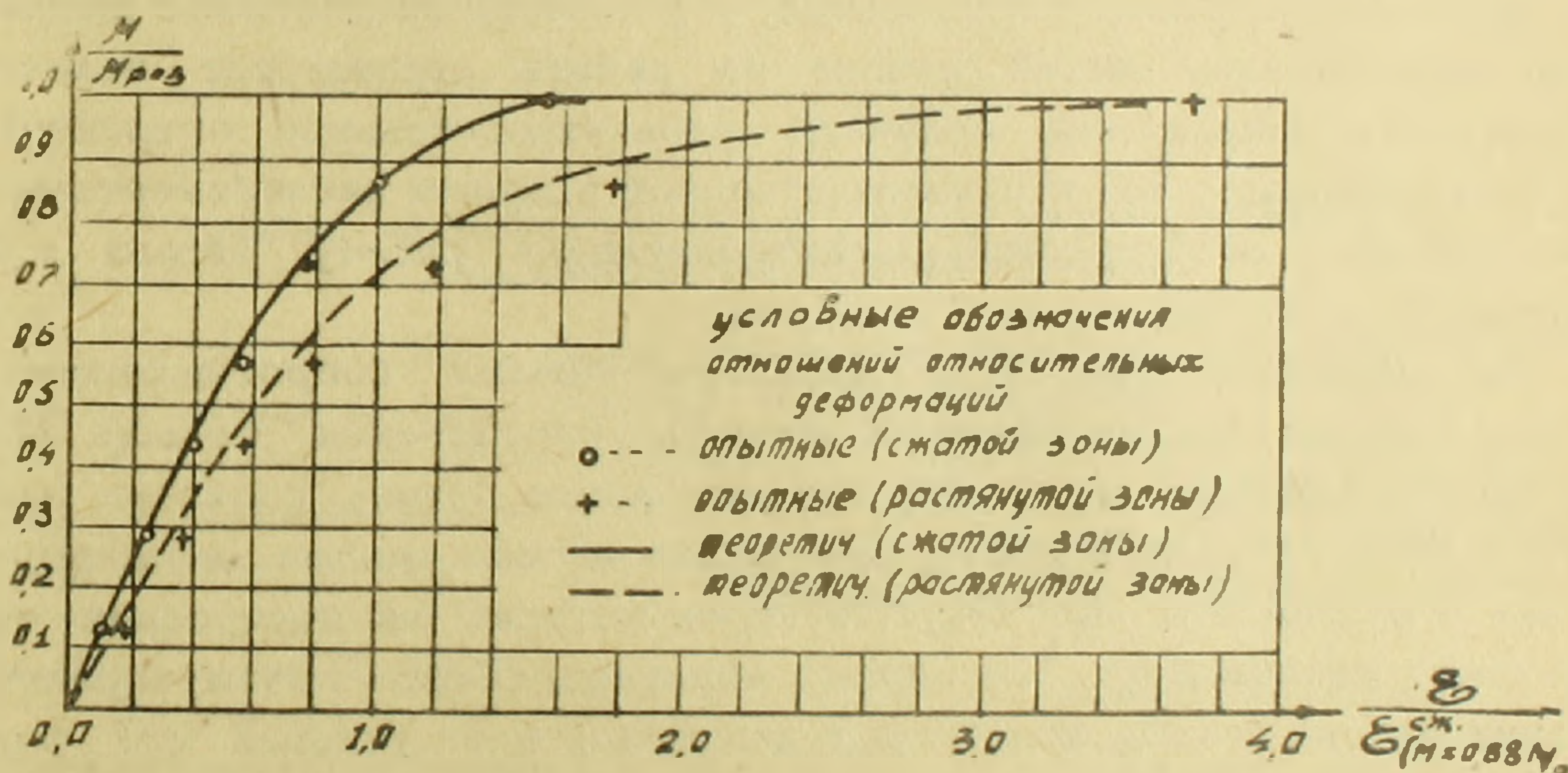
Тогда получим:

$$M_{c'} = \frac{bd^2(1-0,35c')^2c' \cdot R'}{6},$$

$$\epsilon_{(сж.)c'} = \frac{c' R'}{E_0}, \quad (2)$$

$$\epsilon_{(раст.)c'} = \epsilon_{(сж.)c'} \cdot \frac{1+0,35c'}{1-0,35c'}, \quad \text{где } M_{c'} \text{ — изгибающий момент, вызывающий выключение части сечения в растянутой зоне глубиной равной } c' \cdot 0,35d. \epsilon_{(сж.)c'} \text{ и } \epsilon_{(раст.)c'} \text{ — относительные деформации наиболее сжатых и наиболее растянутых волокон сечения, вызванные изгибающим моментом } M_{c'}.$$

На фиг. 3 построены кривые деформации наиболее сжатых и наиболее растянутых волокон сечения балки в зависимости от степени изгибающего момента. Там же нанесены характерные результаты испытания на изгиб одной из бетонных балок, проведенного В. Г. Лукиным и Я. В. Столяровым⁽⁴⁾. При этом в обоих случаях деформации сжатой зоны, соответствующие значению момента равному $0,88 M_{раз}$, приняты равными единице.



Фиг. 3.

Незначительное отступление теоретической кривой деформации растяжения от экспериментальной является следствием наличия в растянутой зоне, еще до начала испытания, неучтенных нами трещин (образец испытывался в возрасте 90 дней). Это легко усматривается из отношения деформации растянутой зоны к сжатой при начальных ступенях нагрузки.

При принятых критических линиях собственных напряжений предельная растяжимость, соответствующая осевому растяжению, равна $\frac{0,5 R'}{E_0}$, а при изгибе величина его, доступная измерению, равна

$$\frac{R'}{E_0} \cdot \frac{1+0,35}{1-0,35} = \frac{2,08 R'}{E_0}.$$

Следовательно, хотя предельная растяжимость фактически работающих частей сечений остается постоянной (равной $\frac{R'}{E_0}$), измеренная меняется, и, в частности, при изгибе $\varepsilon_{(раст.) пр'}^{из} = \frac{2,08 R'}{E_0} : \frac{0,5 R'}{E_0} \approx \approx 4 \cdot \varepsilon_{ос. пр.}$, что также бесспорно подтверждается многочисленными опытами. При этом раскрытие трещин в растянутой зоне перед разрушением может достигь 10—40 микрон.

Необходимо упомянуть, что полученные величины характеристик бетона не являются окончательными и единственными. Например, достаточно учесть возможный разрыв на определенной глубине сечения до воздействия нагрузки, или, наоборот, принять во внимание, что при нулевых нагрузках значение крайних напряжений меньше предельного, чтобы прийти к другим линиям критических собственных напряжений и получить для характеристик бетона значения, отличные от полученных выше.

Итак принимаем, что материал имеет определенную прочность на растяжение и модули деформации как на растяжение, так и на сжатие постоянны и равны между собой, и учитывая постепенное выключение определенных частей сечения из работы вследствие наличия собственных напряжений, получаем удовлетворительное объяснение как с качественной, так и с количественной стороны экспериментально установленных особенностей, характеризующих работу бетона при растяжении и изгибе.

В частности становится понятным—почему сопротивляемость бетона в балке, при ее обычных методах определения, больше чем при осевом растяжении, почему приписываемое бетону свойство пластической растяжимости кажущееся, и при изгибе кривые деформации сжатия и растяжения при существующих методах их построения существенно различаются. Становится понятным также—почему характеристики бетона сильно меняются в зависимости от условий его формирования, от возраста и т. д.

Правда, кроме описанного закономерного выключения из работы элементарных площадок, в сечении происходят также элементарные выключения, вызванные наличием в сечении собственных напряжений второго рода. Но учет их не может существенно сказаться на затронутых выше характеристиках бетона. Они могут несколько сдвинуть кривые деформации в ту или другую сторону или менять измеренные величины прочностей в сторону их повышения или понижения. Но как первые, так и вторые не являются принципиальными и носят чисто уточняющий характер.

Влияние на деформацию собственных напряжений второго рода можно учесть, используя зависимость между величиной среднего модуля деформации и нагрузкой, установленную для сжатых элементов ⁽¹⁾ $E_{ср} = E_0 \left(1 - A \frac{P}{P_{раз.}} \right)$.

Например, при изгибе, заменив отношение $\frac{P}{P_{раз}}$ отношением

$\frac{\sigma_{сж. край}}{\sigma_{сж. край. пр}}$ и учитывая, что фибровые напряжения сжатия не доходят

до их предельного значения, можно определить значения произведе-

ния $A \frac{\sigma_{из. край. пр}}{\sigma_{сж. край. пр}} = A'$, соответствующего максимальному фибровому

напряжению при изгибе и пользоваться уравнением деформации сжа-
тия. В частности при $R' \approx 4 \cdot R'_{ос}$

$$A' \approx 0,65 \frac{4 \cdot 0,1 \cdot 1,25 \cdot R_{пр}}{(1 + 2) R_{пр}} \approx 0,30 \div 0,15,$$

и для неразрушенной части сечения изгибаемого элемента

$$E_{ср} = E_0 \left(1 - A' \cdot \frac{\sigma_{из. край}}{\sigma_{из. край. пр}} \right). \quad (3)$$

Институт стройматериалов и сооружений

Академии наук Армянской ССР

L. Գ. ՍԵՂՐԱԿՅԱՆ

Ձգման եւ մաքուր ծռման ժամանակ բետոնի առանձնահատկությունների մասին

Հոգւածում բետոնի աշխատանքը ձգման և մաքուր ծռման ուսումնասիրելիս, ի նկատի է առնված բետոնում առաջացող սեփական լարումները:

Ցույց է տրված, որ կտրվածքի ձգմանը ղուգակցում է նրա արտաքին ձգված շերտերի աստիճանաբար աշխատանքից դուրս գալը, որը բերում է մնացորդային դեֆորմացիայի առաջացման՝ սեփական լարումների վերաբաշխման հետևանքով և դեֆորմացիայի գործակցի մեծության թվացող փոքրացման, որը ստացվում է կտրվածքի աշխատող մակերեսի փոքրացման շնորհիվ:

Ցույց է տրված, որ բետոնի կենտրոնական ձգման փորձարկումից որոշվող դիմադրությունը զգալի չափով փոքր է նրա իրական ձգման դիմադրությունից (հոգւածում բերված օրինակում մոտ 4 անգամ):

Նյութին վերագրելով որոշակի դիմադրողականություն ձգող ուժերին և դեֆորմացիայի գործակցի նույն մեծություն՝ ինչպես սեղման, այնպես էլ ձգման ժամանակ, ու ի նկատի ունենալով սեփական լարումների առկայության պատճառով ձգված շերտերի աստիճանաբար աշխատանքից դուրս գալը, տրվում են միանգամայն բավարար բացատրություններ ինչպես որակական, այնպես էլ բանական, փորձերով հաստատված՝ բետոնի աշխատանքը ձգման և ծռման ժամանակ բնորոշող առանձնահատկությունների համար:

Հասկանալի էն դառնում, թե ինչու բետոնի դիմադրությունը ձգման, որը ստացվում է հեծանի փորձարկումից, պետք է լինի ավելի մեծ, քան կենտրոնական ձգման դեպքում, թե ինչու բետոնին վերագրվող պլաստիկ երկարացման հատկությունը ծռման ժամանակ թվացող է և ինչու են զգալի կերպով տարբերվում սեղմված և ձգված եզրերի համար հայտնի մեթոդներով կառուցված դեֆորմացիայի կորերը: Հասկանալի են դառնում թե ինչու բետոնի հատկությունները զգալիորեն կախված են՝ նրա, որպես կրող նյութի ձևավորման պայմաններից, հասակից և այլն:

Ծովող էլիմենտի կտրվածքի աշխատանքին մասնակցող մասի դեֆորմացիոն հատկությունների վրա երկրորդ կարգի սեփական լարումների ազդեցությունը ի նկատի է առնված (3) բանաձևի օգնությամբ:

ЛИТЕРАТУРА--ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Л. Г. Седракян, ДАН Арм. ССР т. XIV, № 1, 1951 ² А. В. Белов, Опыт математической теории усадки бетона, Известия ВНИИГ, т. 35, 1948. ³ Ю. А. Нилер, Поверхностная прочность бетона и связь ее с появлением трещин, Труды конференции по коррозии бетона, 1937. ⁴ Я. В. Столяров, Введение в теорию железобетона, 1941. ⁵ Г. Д. Цискрели, Вопросы расчета железобетонных конструкций на трещинообразование, Сборник статей, „Бетон и железобетонные конструкции“, 1948. ⁶ Б. Г. Скрамтаев, Исследование прочности бетона и пластичности бетонной смеси, 1936. ⁷ В. П. Манжаловский, Исследование изгиба бетонных балок, 1938.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. О. Бабаян

**Взаимодействие этилового эфира левулиновой кислоты
с арилмагнийгалогенидами**

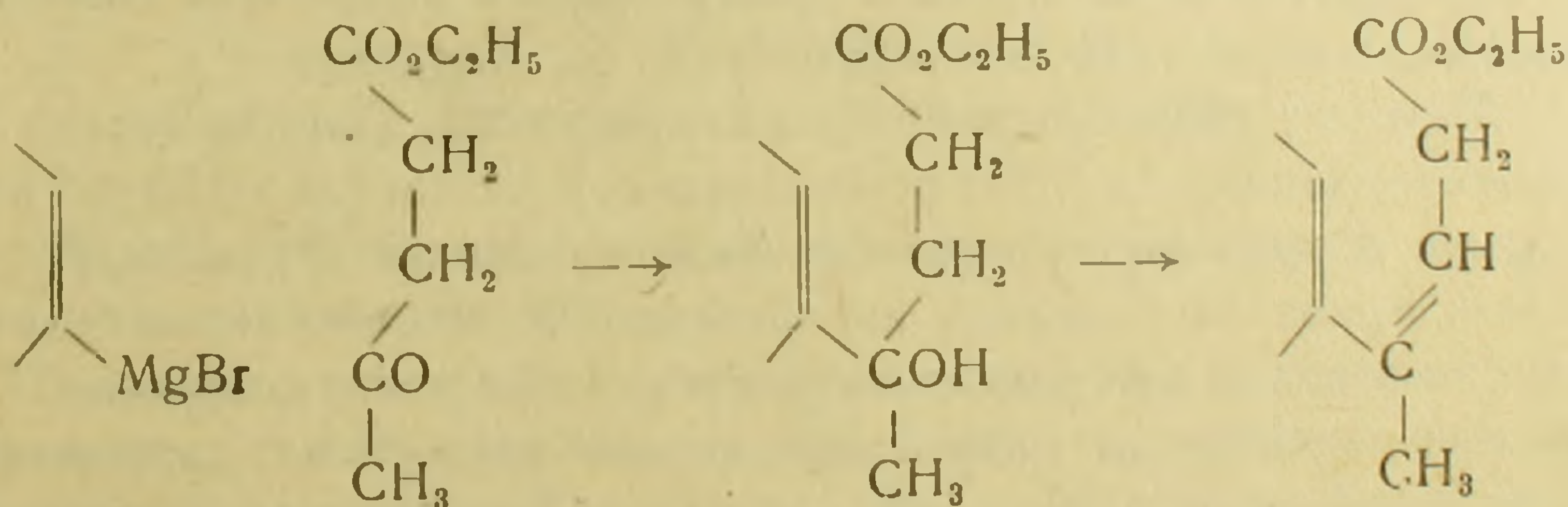
(Представлено А. Л. Миджояном 5 XI 1951)

Одним из наиболее употребительных способов получения много-
ядерных соединений является реакция внутримолекулярного ацилиро-
вания γ -арилмасляных кислот.

Основной задачей при пользовании этим способом является по-
строение бокового остатка масляной кислоты. Чаще всего этот оста-
ток строится путем конденсации ароматического углеводорода с ян-
тарным ангидридом с последующим восстановлением полученной β -
-ароилпропионовой кислоты в γ -арилмасляную кислоту.

γ -арилмасляные кислоты получают также путем малонового
синтеза из β -арилэтилбромидов, которые обычно готовятся взаимо-
действием магниевых производных галоидных арилов с окисью этилена
или же восстановлением с помощью натрия и спирта арилуксусных
эфиров, получаемых по реакции Реформатского.

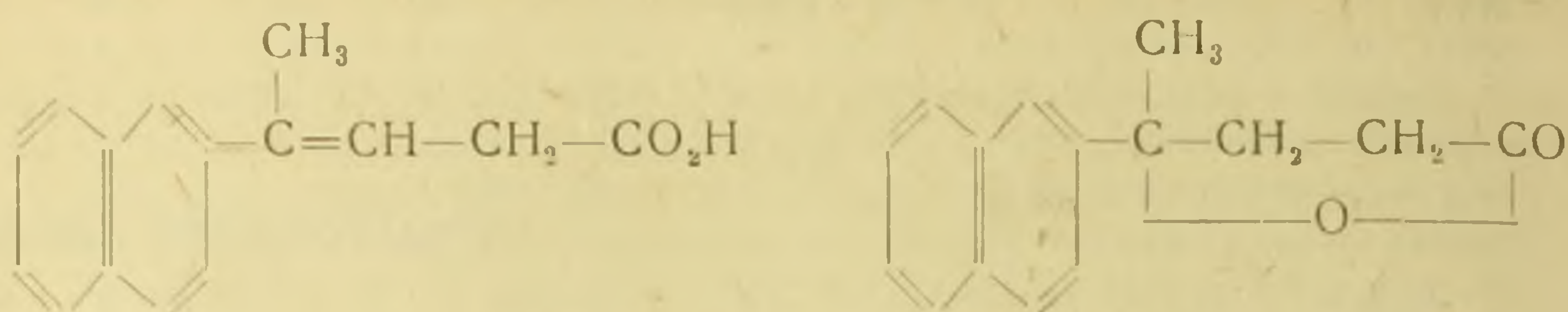
Представлялось интересным выяснить возможность построения
боковой цепи путем взаимодействия магниевых производных некото-
рых арилов с левулиновым эфиром, являющимся сравнительно доступ-
ным веществом



В литературе имеется только одно указание о такого рода по-
пытке.

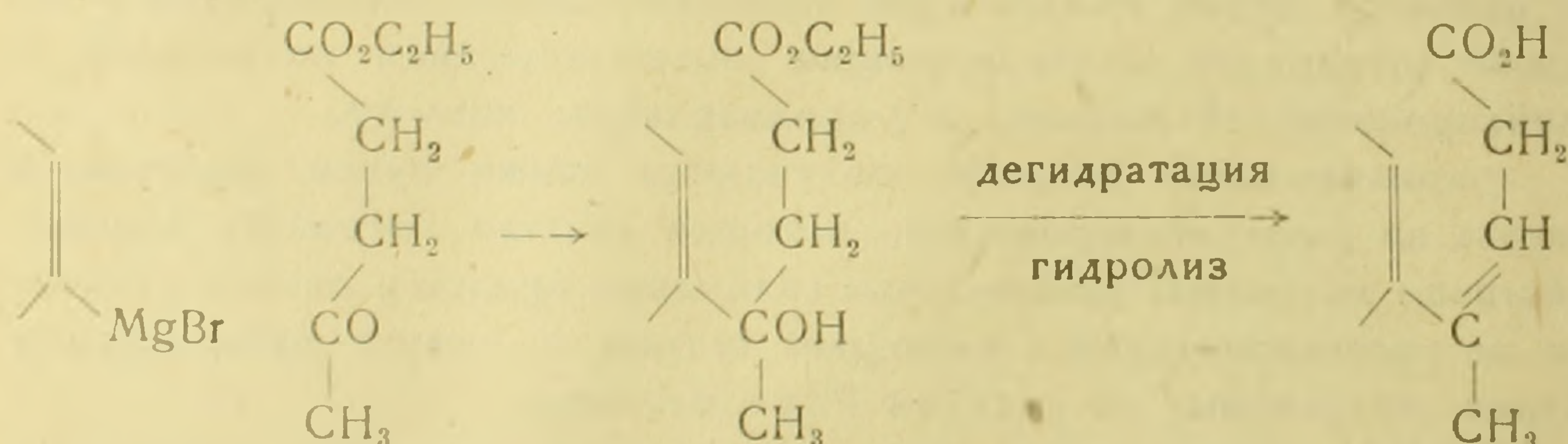
Робинзон и Слейтер⁽¹⁾ исследовали реакцию β -нафтилмагний-
бромида с левулиновым эфиром. Продукт оказался сложной смесью
нескольких веществ, из которой наряду с динафтилом были выделены

γ-метил-γ-(2-нафтил)—винилуксусная кислота и соответствующий ей лактон, образовавшийся с незначительным выходом



То обстоятельство, что эти вещества образовались с неудовлетворительными выходами, могло быть вызвано и тем, что Робинзон и Слейтер готовили гриньяровский реактив в присутствии воздуха. Между тем, β-нафтилмагнийбромид, как показал Ю. С. Залькинд⁽²⁾, чрезвычайно легко окисляется кислородом воздуха; поэтому его необходимо готовить в атмосфере инертного газа.

Исследовано взаимодействие левулинового эфира с фенил- и β-нафтилмагнийбромидами. В обоих случаях в результате реакции образовалась смесь нескольких продуктов, из которых была выделена соответствующая γ-метил-γ-арил винилуксусная кислота или ее лактон (в реакции с β-нафтилмагнийбромидом,



Выхода замещенных винилуксусных кислот оказались мало удовлетворительными. Побочные продукты реакции не исследованы.

Экспериментальная часть. Левулиновый эфир был синтезирован из 1,3-дихлорбутена-2 по прописи С. А. Варданяна⁽³⁾.

γ-Метил-γ-фенил-винилуксусная кислота. Гриньяровский реактив, приготовленный из 15,7 г бромбензола, 2,4 г магния и 150 см³ эфира, постепенно и при перемешивании был прибавлен к раствору 14,5 г этилового эфира левулиновой кислоты в 100 см³ абсолютного эфира. Реакционная смесь затвердела и получила светло-серую окраску. Смесь нагревалась на водяной бане 2 часа, после чего была разложена водой и соляной кислотой.

Продукт реакции был растворен в эфире, эфирный раствор промыт водой и высушен безводным сернокислым натрием. После удаления эфира осталось желтое масло, которое было растворено в спирте. Из спиртового раствора при медленном выпаривании выделились светло-

серые кристаллы. После перекристаллизации из петролейного эфира получено 0,7 г (3,95%) белых, блестящих, игольчатых кристаллов с т. пл. 76—78° (т. пл. γ -метил- γ -фенил-винилуксусной кислоты⁽⁴⁾).

0,1029 г вещ.: 0,3218 г CO₂; 0,0636 г H₂O

Найдено %: С 74,66; Н 6,94

C₁₁H₁₂O₂. Вычислено %: С 75,00; Н 6,82

Лактон γ -окси- γ -(2-нафтил)-валериановой кислоты. Реакция между 11 г левулинового эфира и 2-нафтилмагнийбромидом, приготовленным из 15,8 г β -бромнафталина и 2,8 г магния, проводилась аналогично реакции с фенилмагнийбромидом с той разницей, что гриньяровский реактив из β -бромнафталина готовился⁽²⁾ и вводился в реакцию с левулиновым эфиром в атмосфере водорода.

При разложении реакционной смеси, кроме растворимых в эфире продуктов, образовалось некоторое количество трудно растворимого кристаллического вещества. Вещество было отделено фильтрованием и промыто эфиром; оно оказалось ди- β -нафтилом с т. пл. 183—185°; получено 1,8 г этого вещества. Образование динафтила наблюдали и Робинзон и Слейтер.

Эфирный раствор продуктов реакции был тщательно промыт щелочью, водой и высушен. После удаления эфира осталось 5 г желтого масла, которое не было изучено. При подкислении щелочного раствора выделилось желтое маслообразное вещество, которое было растворено в эфире. После удаления эфира осталось 8,8 г густого масла. При перегонке в вакууме основная фракция в количестве 4,2 г (24,6% теории) перегналась при 196—198°/4 мм. При выпаривании эфирного раствора этой фракции или при подкислении ее щелочного раствора, продукт выделялся в виде светло-желтых кристаллов с т. пл. 74—75°. Для лактона γ -окси- γ -(2-нафтил)-валериановой кислоты Робинзон и Слейтер указывают т. пл. 77°.

0,1011 г вещ.: 0,2942 г CO₂; 0,0594 г H₂O

Найдено %: С 79,36; Н 6,52

C₁₅H₁₄O₂. Вычислено %: С 79,64; Н 6,20

Выводы. Исследовано взаимодействие левулинового эфира с фенил- и β -нафтилмагний бромидами.

Выяснено, что в двух исследованных случаях ожидаемые продукты реакции, γ -метил- γ -фенилвинилуксусная кислота и лактон γ -окси- γ -(2-нафтил)-валериановой кислоты, образуются с мало удовлетворительными выходами.

Химический институт АН Армянской ССР

Լեվուլինաթթվի էթիլեսթերի փոխազդեցությունը մագնիումհալոգենիդների հետ

Ուսումնասիրված է լեվուլինաթթվի էթիլեսթերի փոխազդեցությունը ֆենիլ-և β-նաֆթիլ մեգնեզիումբրոմիդների հետ:

Գարգված է, որ ուսումնասիրված երկու դեպքերումն էլ առաջացան պրոդուկտներ՝ γ-մեթիլ-γ-ֆենիլ-վինիլ-բացախաթթուն և γ-օքսի-γ-(2-նաֆթիլ)-վալերիա-նաթթվի լակտոնը գոյանում են ոչ բավարարելաբար:

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ P. Робинзон и С. Слейтер, J. chem Soc. II, 376, 1941. ² Ю. С. Залькинд ЖОХ, 4, 807, 1934. ³ С. А. Варданын, ЖПХ (в печати). ⁴ Ф. Майер, Stamm Ber. 56, 1424, 1923.

С. К. Даль

К систематике волков Закавказья

(Представлено В. О. Гулканяном 29 IV 51)

В своей монографии „Звери Восточной Европы и Северной Азии“ С. И. Огнев по структуре черепа отмечает „крайнюю близость закавказских и предкавказских волков“. Но в то же время упомянутым автором далее высказывается предположение, что значительные серии по закавказским волкам, может быть, позволят установить здесь особую географическую форму этих зверей.

В настоящее время в Зоологическом институте Академии наук Армянской ССР по местным волкам имеется следующий материал: № 366 череп взрослого самца из окрестностей Лермонтова (Кироваканский р-н), добытого 25. XI. 1938 г.; № 367 череп молодого волка из окр. сел. Севан, добытого 5. II. 1924 г.; № 368 верхняя и нижняя челюсти переярка из окр. Еревана; № 526 череп взрослой волчицы из Аванского ущелья в окр. Еревана, добытой 17. XI. 1945 г.; № 385 чучело и № 671 череп взрослого самца из окр. Еревана, добытого 17. I. 1947 г.; № 672 шкура с черепом взрослой волчицы из окр. Еревана, добытой 11. I. 1947 г.; № 682 череп взрослого волка из Аванского ущелья в окр. Еревана, добытого 14. XII. 1945 г.; № 683 череп взрослого волка из окр. Амагу (Микоянский р-н) 22. VI. 1946 г.; № 792 череп взрослого волка из окр. Лермонтова (Кироваканский р-н) 25. II. 1948 г. Шкура взрослого волка в полном зимнем наряде и вторая шкура волка, добытого весной (с частичной линькой меха конечностей и головы).

Кроме того, за срок 1938—41 г.г. и 1945—48 г. г. автором было просмотрено более 100 шкур волков из различных районов Армянской ССР, поступивших за приведенное время в склады пушнины в Ереване.

На основании изучения всего перечисленного материала мы имеем возможность дополнить сведения по систематике наших волков.

Размеры тела волков (в см) из Армянской ССР по трем экземплярам следующие:

	Самцы	Самка
Длина тела	115,0—123,5	100,0
Длина хвоста	39,0—40,0	33,5

	Самцы	Самки
Длина задней ступни	26,5	22,0.
Высота уха	13,5	10,2.
Высота плеч	57,0—83,5	72,0.
Высота крестца	81,0	71,0.

Размеры черепов пяти вполне взрослых самцов и двух самок (с хорошо развитыми сагиттальными гребнями и с разной стадией стирания зубов) приводим в таблице 1. Наиболее характерные средние цифры промеров для пяти самцов следующие: общая длина черепа 257,9 мм, основная длина 218,0, кондилобазальная—238,5, наибольшая ширина скул 144,5, ширина морды над клыками 47,6, длина носовых костей 100,1, высота черепа в области bullae osseae 85,5, длина верхнего ряда зубов 104,4 мм. В том же порядке средние размеры цифры для двух черепов волчиц: 233,3; 202,2; 217,6; 127,6; 41,4; 87,8; 76,9 и 95,5.

Таблица 1

Измерения черепов волков из Армянской ССР.

Инвентарные номера, место и время сбора материала	Самцы				Самки		
	Окр. Лермонтова (Кировакан. р—н), 25. XI. 38 И. И. Чичов	Окр. Еревана 17. I. 47 С. К. Даль	Окр. Еревана, Аванское ущелье 14. XII. 45 Н. П. Силантьев	Окр. Амагу (Микоянск. р—н) 26. VI. 46	Окр. Лермонтова (Кировакан. р—н) 25. II. 48 Н. П. Силантьев	Окр. Еревана, Аванск. шоссе 17. XI. 45, Силантьев	Окр. Еревана, 11. I. 47 С. К. Даль
Наименование промеров в мм	366	671	682	683	792	526	672
Общая длина черепа	264,1	264,3	261,0	243,0	257,0	282,2	238,5
Основная длина черепа	219,6	224,8	219,3	207,3	222,0	197,4	203,0
Кондилобазальная длина черепа	240,6	244,1	238,7	227,4	242,0	213,1	222,0
Наибольшая ширина скул	149,0	143,5	145,4	142,7	142,0	126,5	128,7
Ширина морды над клыками	49,0	47,6	47,7	44,0	49,4	41,2	41,7
" " " между надглазничными отверстиями	52,8	50,5	52,3	52,3	53,8	47,5	47,1
" " " между глазницами	54,4	52,0	47,2	47,8	46,7	39,0	46,1
" " " краями надглазничных отростков	72,9	67,9	67,0	66,1	68,5	53,8	64,0
Наибольшая ширина мозговой части черепа	84,0	81,2	83,6	80,0	80,7	77,7	75,0
Длина мозговой части черепа	84,1	88,6	85,8	84,5	87,2	81,5	82,5
" лицевой части черепа	115,7	116,0	114,8	105,8	112,6	98,7	104,5
" твердого неба	118,5	116,9	117,4	112,7	118,9	107,0	111,4
" носовых костей	101,2	105,5	96,6	93,4	101,8	84,2	91,5
Ширина носовых костей	26,2	22,8	27,4	21,6	22,3	19,9	23,4
" fossa mesopterygoidea	18,7	18,3	15,7	19,1	19,5	17,1	19,7
Высота черепа в области bullae osseae	86,0	89,4	87,5	82,3	82,5	76,0	77,0
Длина верхнего ряда зубов	106,0	105,0	101,4	100,6	106,1	94,0	97,0
" четырех верхних коренных зубов	61,2	60,3	57,5	56,2	60,9	53,4	56,6
Высота клыка верхней челюсти	35,5	33,9	31,5	30,7	33,8	29,3	27,3
Длина нижнего ряда зубов	118,1	119,0	117,3	113,8	118,3	107,1	90,5

Как видно из приведенных цифр и таблицы 1 измерений, волки самцы, встречающиеся на территории Армянской ССР, заметно крупнее самок, они обладают более массивными и шире расставленными скуловыми дугами, сильнее выраженным сагиттальным гребнем и более крупными зубами.

Окраска зимнего мехового покрова волков Армении подвержена сравнительно небольшим колебаниям. Основной фон окраски их находится в пределах от светлого, белесого с сероватопалевым оттенком — до несколько более насыщенного белесо-сероватого с рыжеватым оттенком. Во всех случаях чернота по хребту выражена сильно. У взрослых экземпляров ость с наличием широких черных поясков в основном располагается по верху шеи и на передней части спины. Некоторые экземпляры в области плеч имеют длинную ость с черными поясками, свешивающуюся на лопатки и верхние части боков, отчего получается более или менее заметная широкая черная полоса, приближающаяся по своей форме к контуру седла (в этом случае участок вдоль хребта получается белесым, так как здесь обнажаются светлая подпушь и беловатые предвершинные участки ости). При несколько укороченном меховом покрове чернота на туловище волков Армении распределяется более равномерно вдоль всего хребта и верхней части боков. Меховой покров на боках туловища наших волков светлый, белесо-сероватый с равномерной и незначительной примесью черных окончаний ости. Брюхо и грудь белесые или белесо-светло-сероватые. Наружные стороны передних и задних лап светло-желтоватые. У некоторых экземпляров на передних лапах спереди, в области предплечья, черноватая продольная полоса. Весь верх головы от желтовато-белесого до желтовато-бурого цвета с равномерной примесью черных шерстинок. Губы белесые, задняя сторона ушей рыжевато или желтовато-охриста. Хвост сверху грязно-белесо-желтоват с значительной примесью черно-бурых вершин ости; бока хвоста светлее, низ грязно-беловат; конец хвоста черно-бурый.

Опушенность туловища густая и высокая. У январьского экземпляра по верху шеи остевой волос имеет длину 99,0—135,0 мм. Раскраска ости здесь следующая: основание белое, далее идет широкий черный пояс, выше располагается белесо-желтоватый участок и черная вершина. Пуховые волосы верха шеи до 58,5 мм, основания их беловатые, вершины с желтоватым оттенком. Длинная ость над лопатками и на передней части спины имеет длину 140—145 мм. Окраска ости этого участка тела следующая: основание белое, далее следует широкий черный пояс с охристым оттенком по своим обоим краям, выше располагается беловатый участок и черная вершина. Пуховые волосы над лопатками беловатые и имеют длину до 71 мм. Меховой покров крестцовой области с более грязно-белесым оттенком. Ость до 114 мм, пух до 58 мм. Пуховые волосы крестцовой области несколько интенсивнее окрашены чем на спине и на боках, в окраске их здесь имеется слабый желтоватый оттенок. Окраска ости этого участка та-

кая же, как и на передней части спины, но черные пояски здесь несколько уже. По середине бока ость имеет длину 47—50 мм, пух—до 43 мм; ость имеет белое основание и черную вершину, на месте перехода одного цвета в другой имеется желтовато-охристый оттенок. Пуховые волосы боков туловища с пепельно-серым основанием, беловатым предвершинным поясом и с охристо-беловой вершиной. Меховой покров середины брюха белесожелтоват: одноцветные остевые волосы здесь до 66 мм длиной, пух короче и имеет пепельно-сероватое основание. Пах и брюшная область около ног—белесые (почти белые), меховой покров здесь до 90 мм длины. Оброслость пальцев короткая и жесткая, беловато-охристая ость на них имеет длину до 19 мм, подпушь—до 8,5 мм. У некоторых экземпляров подпушь по низу лап и на пальцах коричневато-серого цвета. Концевые волосы хвоста до 126 мм, основания их на 0 мм беловатые, вершины черно-бурые.

По размерам тела и черепа волки, добытые в Армянской ССР, очень близки к кубанским (*Canis lupus cubanensis* Ogn.), это в свое время уже было отмечено С. И. Огневым. На основании сравнения средних измерений самцов нашей коллекции с таковыми кубанских волков, мы можем отметить между ними разницу лишь в соотношениях отдельных цифр, а именно: у волков из Армении отношение скуловой ширины к основной длине черепа составляет 66,28%, а у кубанского волка—64,18%*. Таким образом, скуловая ширина у наших волков в средних цифрах относительно больше, чем у волков кубанских. Заметно длиннее у описываемых животных верхний ряд зубов и размеры последних четырех коренных—первый из них составляет 47,89% основной длины черепа, последние 27,15%. У кубанского волка эти измерения в том же порядке составляют 47,20% и 26,3%. Незначительная разница имеется в соотношениях и некоторых других измерений. По всей вероятности при накоплении более обширного краниологического материала по кубанским и нашим волкам разница в индексах для них окажется еще меньше.

Несмотря на близость в размерах и строении черепа волков с территории Армянской ССР с волками кубанскими, между ними имеются значительные различия в окраске и длине зимнего мехового покрова. Для удобства сравнения приводим параллельные данные для обеих этих форм (таблица 2).

Приведенная в последней таблице разница между волками, встречающимися на северном Кавказе и в Закавказье, настолько значительна, что принадлежность последних к особой географической расе вряд ли вызовет сомнение. Реальность закавказского подвида волка находит основание также с географической и экологической точек зре-

* Нами использована таблица измерений черепов кубанских волков, приведенная в монографии С. И. Огнева „Звери Восточной Европы и Северной Азии“, т. II. Для сравнения из этой таблицы выбраны черепа вполне взрослых волков №№ 2039, 2042, 2028, 2034, 2036, 2032, 2033, 2037, 2050, 9066, 9059 и 9065.

ния. Разница в условиях местообитаний этих двух форм на Северном Кавказе и в Закавказье настолько велика, что идентичность их в систематическом отношении трудно допустить. К этому мнению склоняется и С. И. Огнев, видевший в 1948 г. нашу коллекцию черепов и чучело волка, хранящееся в Институте фитопатологии и зоологии Академии наук Армянской ССР.

Таблица 2

Кубанский волк	Волк с территории Армянской ССР
1. Окраска спины тусклая, серо-охристая со слабым развитием черноты.	1. Окраска спины яркая белесо-сероватая с палевым или рыжеватым оттенком и с сильным развитием черноты.
2. Черноватые окончания ости равномерно респределяются по всему туловищу.	2. Черноватые окончания ости численно резко преобладают по верху шеи и на передней части спины.
3. Мех грубый и короткий, наиболее длинная ость спины около 70 мм.	3. Мех сравнительно мягкий и длинный. Наиболее длинная ость спины 140—145 мм.

В связи со всем вышеприведенным, волка, населяющего южное Закавказье и, в частности, горные районы Армянской ССР, следует выделить как новую географическую расу *Canis lupus hajastanicus* subsp. nova.

Ареал нового закавказского подвида волка пока нами устанавливается только в пределах административных границ Армянской ССР (в соответствии с местами сбора материала). Дальнейшее изучение этих хищников несомненно расширит границы их ареала в Закавказье.

Диагноз *Canis lupus hajastanicus* subsp. nova:

Череп небольших размеров. Основная длина черепа самцов 207,3—224,8 мм, скуловая ширина 142,0—149,0 мм, межглазничная ширина 46,7—54,4 мм, длина верхнего ряда зубов 100,6—106,2. Размеры черепа у самок меньше.

Окраска спины яркая, белесо-сероватая с палевым или рыжеватым оттенком и сильным развитием черноты. Сильнее всего черноватые окончания ости выражены по верху шеи и на передней части спины. Зимний мех мягкий и длинный. Наибольшая длина ости на спине 140—145 мм.

Diagnosis *Canis lupus hajastanicus* subsp. nova:

Calvae proportionum parvarum. Longitudo suffiuldata calvae marum est 207—224,8 mm., latitudo genae 142,0—149,0 mm., latitudo interocularis 46,7—54,4 mm., longitudo superi ordinis dentium 100,6—106,2 mm. Proportiones calvae feminis minores sunt.

Tinctura dorsi perlucida, candida subgilva est cum adumbratione subflava aut subrufa et cum vehementi evolutione nigritatis. Vehementis-

sime finitiones subnigrae aculei expressae sunt in fustigio colli et in parte anteriore dorsi. Pellis hiemalis levis et longa est. Longitudo maxima aculei in dorso est 140,0—145,0 mm.

Тип *Canis lupus hajastanicus* subsp. nova добыт в окр. Еревана 17. 1. 47 г. Чучело № 385 и череп от него № 671. Самец. Длина тела 1235 мм, ухо 135 мм, задняя ступня 265 мм, хвост (без концевых волос) 390 мм. Основная длина черепа 224,8 мм., наибольшая ширина скул 143,5 мм, длина верхнего ряда зубов 105,0 мм, длина нижнего ряда зубов 119,0 мм. Тип хранится в коллекциях Института фитопатологии и зоологии Академии наук Армянской ССР.

Институт фитопатологии
и зоологии Академии наук Армянской ССР

Ս. Կ. ԴԱԼ

Անգրկովկասի գայլերի սիսեմաթիկայի մասին

Հայկական ՍՍՌ-ի տերիտորիայում հանդիպող գայլերը իրենց չափերով և գանգի կառուցվածքով մոտ են *Canis lupus cubanensis* Ogn.-ին:

Մեր գայլերը կուրանի գայլերից տարրերվում են այտոսկրների համեմատական մեծ լայնությամբ և առամների շարքի երկարությամբ: Հատկապես ուժեղ չափով տարրերվում է մորթու գունավորությամբ և մորթու ծածկոցի երկարությամբ:

Հայկական ՍՍՌ-ի գայլերի մեջքի գունավորումը սպիտակամոխրագույն է գաշտագույն կամ դեղնավուն նրբերանգով և կապտավունից փոխանցվող սև, բայց որում ուժեղ է պարանոցի վրա և մեջքի առջևի մասում կոշտ մազերի ծայրերի սեփազույնավորությունը: Չմեռային մորթին փափուկ է և երկար: Քիստամազերի երկարությունը հասնում է 140—145 մմ:

Այստեղի գայլերի առանձնահատկությունների հիման վրա մեր կողմից նրանց առանձնացնում ենք որպես նոր *Canis lupus hajastanicus* subsp. nova ենթատեսակ:

ГИДРОБИОЛОГИЯ

Т. М. Мешкова

**О причине угнетенного состояния пелагической дафнии оз. Севан
в весенний период**

(Представлено Г. Х. Бунятяном 2 XI 1951)

Обычно вопрос о взаимоотношениях между фито-и зоопланктоном рассматривается в гидробиологической литературе в свете пищевых связей, где фитопланктон выступает как пищевой объект, зоопланктон—как потребитель. Однако известно, что между ними имеются и иного рода отношения, при которых фитопланктон (особенно его массовые формы, вызывающие „цветение воды“) является фактором, тормозящим развитие зоопланктона. Этой стороне отношений между фито-и зоопланктоном до сего времени уделялось очень мало внимания.

При изучении весеннего планктона в море и пресных водоемах исследователи постоянно сталкиваются с фактом высокого количественного развития фитопланктона, обусловленного массовым развитием отдельных видов диатомовых водорослей и, наоборот, бедностью зоопланктона.

В оз. Севан весенний фитопланктон пелагиали также характеризуется массовым развитием диатомовых водорослей, но рачковый зоопланктон не является абсолютно бедным; в нем достаточно высокого развития достигают копеподы, часть которых находится в стадиях метаморфоза, другая—в процессе размножения. В минимуме находится единственная пелагическая кладоцера—*Daphnia longispina sevanica eulimnetica*. Дафнии в этот период не размножаются, сильно сокращаются в численности и вообще, судя по слабо наполненным кишечникам и по совсем незначительному отложению жира в теле, находятся в угнетенном состоянии.

Возникает вопрос, чем же вызвано угнетенное состояние дафний весной? Из факторов среды—температура не играет решающей роли, так как дафнии размножаются в январе и феврале при таких же низких температурах воды ($4,0-2,0^{\circ}\text{C}$). Недостатком пищи также объяснить его нельзя, ибо другие компоненты зоопланктона, как диаптомусы, пищевые спектры которых, судя по содержимому кишечника, очень близки с таковыми дафний, имеют возможность нормально существовать и даже размножаться.

Результаты исследования этого явления послужили материалами для настоящей статьи.

Дафния в пелагиали оз. Севан является круглогодичной и почти ациклической формой. Размножается здесь партеногенетически в течение 10 месяцев. Размножение начинается с мая и заканчивается в первой половине февраля. В конце февраля в планктоне остается сравнительно малочисленная группа молодых дафний, достигающих половозрелости в первой половине марта. Однако к размножению эти дафнии не приступают; оно начинается в мае. Период времени с марта по апрель является для пелагической дафнии Севана самым неблагоприятным временем года.

Чтобы выяснить, почему указанный выше период является для дафнии неблагоприятным, сравним условия существования в марте-апреле и январе-феврале. Оз. Севан в зимне-весенний период как правило не покрывается льдом. В течение зимы и весны в озере наблюдается почти полная гомотермия; в январе температура воды во всей толще равна $4,0^{\circ}$, в феврале $2,0-2,5^{\circ}$, в марте $2,0^{\circ}$, в апреле, сходно с январской, около $4,0^{\circ}$ Ц. Содержание свободно растворенного в воде кислорода в течение зимы и весны является достаточно высоким. Различие между зимой и весной в пелагиали Севана имеется в составе фитопланктона. В январе-феврале в последнем доминирует диатомовая водоросль *Stephanodiscus astraea*, в значительных количествах встречаются зеленые *Oocystis solitaria*, *Pandorina morum*, *Gloeococcus Schroeteri*, в феврале кратковременную вспышку дает сине-зеленая водоросль *Aphanothece clathrata*. В марте-апреле *Stephanodiscus astraea* заменяется другой диатомеей *Asterionella formosa*, развивающейся в громадных количествах, а также имеются зеленые и сине-зеленые водоросли. Веретация *Asterionella formosa* продолжается до мая, в мае она начинает отмирать, постепенно спускаясь в нижние слои воды; процесс отмирания завершается в конце июня.

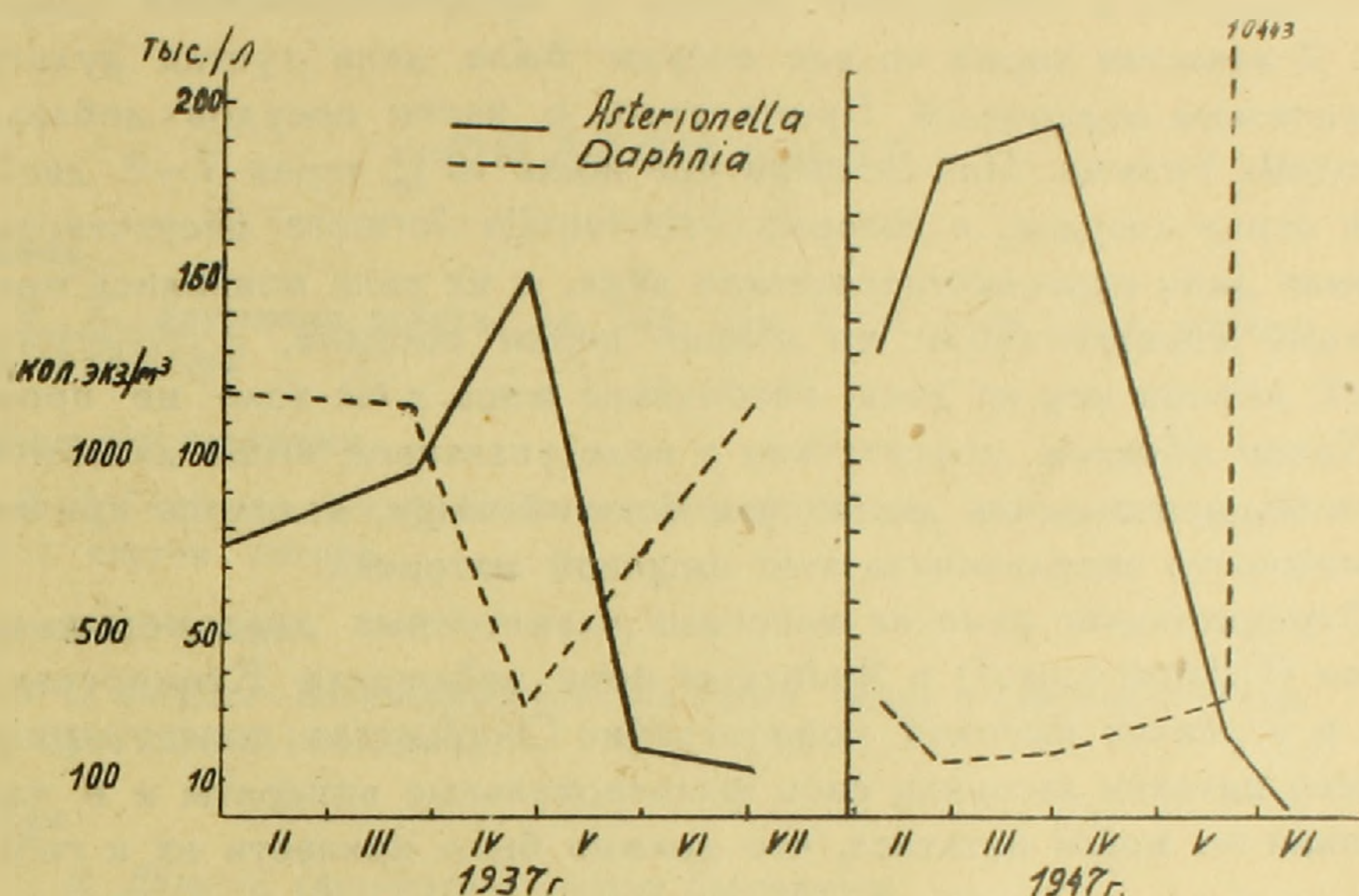
Анализ содержимого кишечника дафний показал, что пищевыми объектами для пелагической дафнии Севана являются все представители фитопланктона пелагиали за исключением *Asterionella formosa* (другие диатомеи—*Stephanodiscus astraea* и *Cyclotella Kützingiana*, наоборот, в периоды их максимумов находятся в кишечниках дафний в больших количествах).

Прекращение размножения и сокращение численности дафний на время массового развития *Asterionella formosa* и возобновление размножения и увеличение численности с момента ее отмирания заставило искать причину угнетенного состояния дафний в весенний период в массовом развитии этой диатомовой водоросли. О такого рода связи дафнии и *Asterionella formosa* свидетельствуют количественные данные 1937 и 1947 гг., изображенные в виде кривых на фиг. 1.

В 1937 г. максимум *Asterionella formosa* наблюдался в конце апреля, в это же время был минимум дафний. Увеличение числа дафний, в связи с возобновлением размножения, началось в мае с мо-

мента интенсивного процесса отмирания *Asterionella formosa*. В 1947 г. *Asterionella formosa* была особенно обильна и имела растянутый период максимума, в связи с чем дафнии в течение февраля-апреля представляли очень малочисленную группу особей.

В 1950 г. весной на оз. Севан был сплошной ледостав. Vegetация *Asterionella formosa* происходила и подо льдом, но максимум,



Фиг. 1. Количество *Asterionella formosa* и дафний в пелагиали оз. Севан в 1937 и 1947 гг.

в связи с ледоставом, запоздал, в этом году он наблюдался в конце мая-июня. Сильное сокращение числа дафний в планктоне пелагиали произошло в марте. В апреле-мае они встречались единичными экземплярами, а в июне выпали из него совсем. В виду позднего максимума *Asterionella formosa* восстановление популяции дафний в планктоне пелагиали произошло к концу июля (3).

Учитывая, что *Asterionella formosa* не используется севанской пелагической дафнией в качестве пищи, можно было бы объяснить угнетенное состояние дафний голоданием. Но это объяснение опровергается фактом процветания в это время копепод, пищевые спектры которых, как было указано выше, близки с таковыми дафний.

Чтобы выяснить механизм вредного действия *Asterionella formosa* на дафнию, были сравнены процессы фильтрации у диаптомусов и дафний по описаниям в литературе (1,4).

Сравнение привело к заключению, что диаптомусы имеют больше возможности в гуще колоний *Asterionella formosa* отфильтровывать пищевые частицы, так как процесс фильтрации у них прост. У дафний он осложняется тем, что ток воды с пищевыми частицами входит внутрь раковинки животного, и только там происходит концентрация пищевого материала. Сравнительно крупные звездчатые колонии *Aste-*

tionella formosa, попадая внутрь раковины, засоряют фильтры, что лишает возможности дафнию, при наличии пищи, нормально питаться, а это имеет последствием истощение ее, при котором размножение происходить не может.

Для проверки сказанного выше была произведена небольшая экспериментальная работа. Выловленные в озере в апреле дафнии были помещены в стеклянные сосуды с профильтрованной озерной водой. В качестве корма во все сосуды была дана густая культура протококковых водорослей. Кроме того, в часть сосудов добавлена *Asterionella formosa*. При температуре воды 10°C через 7—8 дней в первой серии сосудов, в которых *Asterionella formosa* отсутствовала, все самки дали партеногенетические яйца, в их теле появились многочисленные жировые капли; во второй серии сосудов, с *Asterionella formosa*, дафнии яиц не дали, накопление жира в их теле не произошло. Таким образом, присутствие в воде указанной выше диатомовой водоросли, при наличии достаточно богатой пищи, являлось причиной невозможности использовать этот пищевой материал.

Отрицательное влияние массовых планктонных диатомовых и на копепод (*Calanus tonsus*) в Японском море наблюдала Кусморская (³). Рачки в условиях высокой концентрации *Chaetoceras concavicornis* в процессе питания засоряли свои фильтровальные аппараты и в таком состоянии не могли питаться, что должно было привести их к гибели.

Севанская Гидробиологическая станция
АН Армянской ССР

S. U. ՄԵՇԿՈՎԱ

**Սեփանո լճի պելագիկ դաֆնիայի զարեան ժամանակացրոնում
ձնեված դրուրյան պատճառների մասին**

Սեփան լճի պելագիկ դոուլյանկտոնի հիմնական կոմպոնենտներից մեկը—*Daphnia longispina sevanica eulimnetica*—հանդիսանում է կլորամյա և ացիկլիկ ձև: Նա Սեփանում բաղմանում է պարտենոգենետիկ ձևով 10 ամսվա ընթացքում, մայիսից-փետրվար: Մարտ—ապրիլ ամիսներին չի բաղմանում և նրա քանակը խիստ կրճատվում է: Այդ ժամանակաշրջանը ամենաբարենպաստն է Սեփանի պելագիկ դաֆնիայի համար: Գոյության պայմանների ուսումնասիրությունը դուրյ տվեց, որ դաֆնիայի ճնշված դրության պատճառը հանդիսանում է դիատոմային ջրիմուռի—*Asterionella formosa*—մասսայական զարգացումը: Չհանդիսանալով կերի օբյեկտ նա խանգարում է դաֆնիային կերակրանյութ քսմել:

Դաֆնիայի և *Asterionella formosa* միջև եղած նման կապի մասին վկայում է դաֆնիայի բաղմանալու զաղարումը և քանակի կրճատումը՝ դիատոմային ջրիմուռի մասսայական զարգացման ժամանակաշրջանում և բաղմանալու վերականգնումն ու քանակական աճը՝ նրանց անէանալուց հետո:

ЛИТЕРАТУРА—ԴՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ А. Л. Бенинг, Кладоцера Кавказа, Грузмедгиз, 1941. ² А. Н. Кусморская, ДАН, VII, № 3, 293, 1947. ³ Т. М. Мешкова, Тр. Севанской Гидроб. ст. XII, 1951. ⁴ В. М. Рылов, Жизнь пресных вод, I, 1947.

