

Г. М. Гарибян

Тормозное излучение и рождение пар в поле электрона (общий случай)

В работе рассматриваются три эффекта третьего порядка: радиационное столкновение электрона с позитроном, электрона с электроном и рождение пар γ -квантом в поле электрона.

1. Изучаемые нами системы состоят из электронов (положительных и отрицательных энергий) и поля излучения. Как известно, выражения для полных матричных элементов переходов рассматриваемых процессов могут быть получены как методом Фейнмана-Дайсона, так и с помощью цепочек переходов.

Кулоновская энергия взаимодействия двух электронов, когда один электрон переходит из состояния m в m' , а другой — из n в n' , и при этом изменение величины импульса у обоих электронов равно p и противоположно по направлению, равно¹:

$$V_{n,n'}^{m,m'} = \frac{4\pi e^2}{Vp^2} (a_n^* a_n) (a_m^* a_m) (u_n^* u_n) (u_m^* u_m) e^{i(E_m + E_n - E_{m'} - E_{n'})t} \quad (1)$$

где a_n^* и a_n — операторы уничтожения и рождения электронов, u_n — дираковские амплитуды волновых функций электронов, E_n — соответствующие энергии, V — нормировочный объем.

Энергия взаимодействия электрона с полем излучения, при переходе электрона из состояния m в состояние n с испусканием или поглощением кванта $\vec{k}$ поляризации r , будет равна:

$$H_{mn}^{(r)} = - \frac{e}{V^{1/2}} \int \frac{2\pi}{k} (a_m^* a_n) (u_m^* \alpha_r u_n) \left(a_k^{(r)} e^{i(E_m - E_n - k)t} + a_k^{(r)} e^{i(E_n - E_m + k)t} \right) \quad (2)$$

где α_r — проекция дираковской матрицы $\vec{\alpha}$ на направление поляризации кванта $\vec{k}$, $a_k^{(r)*}$ и $a_k^{(r)}$ — операторы уничтожения и рождения фотонов импульса $\vec{k}$ и поляризации r .

¹ Мы пользуемся системой единиц, где $\hbar = c = m_e = 1$. Импульсы будем измерять в энергетических единицах.

Вероятность перехода системы в единицу времени из состояния i в состояние f , как известно, равна:

$$w = 2\pi |H_{if}|^2 \rho, \quad (3)$$

где ρ — плотность числа энергетических уровней конечной системы на единичный энергетический интервал, H_{if} — полный матричный элемент перехода.

Для получения поперечника процесса надо разделить w на плотность потока взаимодействующих частиц.

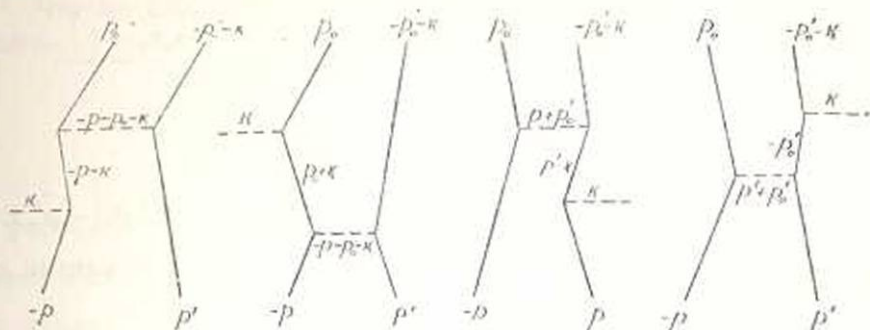
Рассмотрение задачи будем проводить в приближении плоских волн (борновское приближение). При кулоновском взаимодействии частиц это означает, что скорости их до и после столкновения должны удовлетворять неравенству $v \gg \frac{1}{137}$.

2. Выражение для полного матричного элемента перехода, как отмечалось выше, можно получить двумя способами. При расчете с цепочками переходов каждый из трех рассматриваемых эффектов будет иметь 32 цепочки, из них 16 прямых и 16 обменных (отметим, что в случае радиационного столкновения электрона с позитроном обмен будет идти через посредство электронов отрицательных энергий). Из 16-ти прямых цепочек 12 цепочек состоят только из поперечных переходов, т. е. дают запаздывающее взаимодействие, а 4 цепочки имеют по кулоновскому члену. Цепочки с запаздыванием можно разбить на группы по 3 цепочки в каждой, характеризуемые одинаковыми значениями импульсов электронов в промежуточных состояниях, которые, объединяясь по тому же признаку с кулоновскими цепочками, дают, после суммирования по поляризациям обменного кванта и промежуточным состояниям, 4 относительно компактных выражения для прямого взаимодействия и 4 — для обменного.

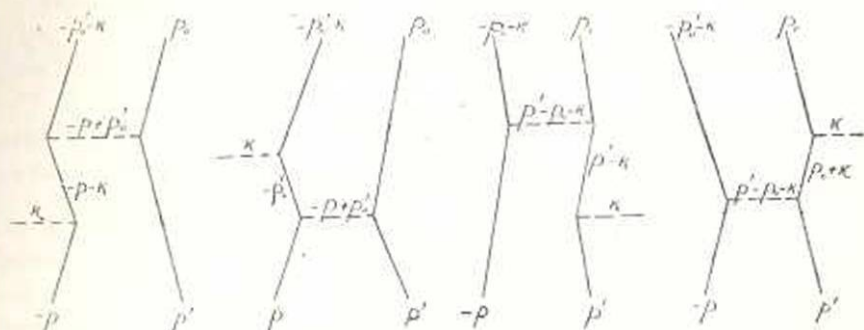
При получении выражения для полного матричного элемента перехода методом Феймана-Дайсона для каждого из эффектов необходимо построить 8 диаграмм (4 прямых и 4 обменных). Так, например, при описании процесса радиационного столкновения электрона с электроном, когда два начальных электрона с импульсами $\vec{p}$ и $-\vec{p}$ переходят в электроны с импульсами $-\vec{p}'_0 - \vec{k}$ и $\vec{p}'_0$, испустив квант $\vec{k}$, будем иметь диаграммы указанные на фиг. 1 и 2.

Восемь выражений, соответствующих диаграммам Феймана, совпадают с восемью выражениями, полученными с помощью цепочек переходов указанным выше способом, для всех 3 эффектов.

После этих замечаний напишем выражение для полученного таким образом полного матричного элемента перехода радиационного столкновения электрона $(-\vec{p}, E)$ с позитроном $(\vec{p}, E')$, в результате которого образуется электрон $(\vec{p}'_0, E_0)$ и позитрон $(-\vec{p}'_0 - \vec{k}, E'_{ок})$ и испускается квант $\vec{k}$:



Фиг. 1. Диаграммы прямых процессов.



Фиг. 2. Диаграммы обменных процессов.

$$H = a \sum_{i=1}^8 I_i, \quad (4)$$

$$a = \frac{1}{1-k} \left(\frac{\pi \alpha}{V} \right)^2, \quad (5)$$

$$I_1 = u^*(-\vec{p}, E) u^*(\vec{p}_0 + \vec{k}, -E'_{\text{ок}}) \frac{z_{1r} K_1^{(1)}(\vec{z}_1 \vec{z}_2 - 1)}{-a_1 g_1} \cdot u(\vec{p}_0, E_0) u(-\vec{p}', E'), \quad (6)$$

причем индекс 1 у дираковских матриц указывает, что они связывают дираковские амплитуды состояний электронов $(-\vec{p}, E)$ и $(\vec{p}_0, E_0)$, а индекс 2 — $(\vec{p}_0' + \vec{k}, -E'_{\text{ок}})$ и $(-\vec{p}', -E')$. Что же касается I_2 , I_3 и I_4 , то они будут иметь только другие ядра, которые соответственно равны

$$\frac{(\vec{z}_1 \vec{z}_2 - 1) K_1^{(1)} z_{1r}}{a_2 g_1}, \quad \frac{z_{1r} K_2^{(2)} (\vec{z}_1 \vec{z}_2 - 1)}{-a_2 g_2}, \quad \frac{(\vec{z}_1 \vec{z}_2 - 1) K_2^{(1)} z_{2r}}{a_4 g_2}. \quad (7)$$

В случае обменных членов будем иметь:

$$I_0 = u^* \left(-\vec{p}, E \right) u^* \left(\vec{p}'_0 + \vec{k}, -E'_{ок} \right) \frac{\alpha_{1r} K_1^{(1)} (\vec{\alpha}_1 \vec{\alpha}_2 - 1)}{a_1 g_1} \cdot \\ \cdot u \left(-\vec{p}', -E' \right) u \left(\vec{p}_0, E_0 \right), \quad (8)$$

причем индекс 1 теперь уже связывает состояния $(-\vec{p}, E)$ и $(-\vec{p}', E')$, а 2 — $(\vec{p}'_0 + \vec{k}, -E'_{ок})$ и $(\vec{p}_0, E_0)$. I_0, I_2, I_3 имеют своими ядрами следующие выражения:

$$\frac{(\vec{\alpha}_1 \vec{\alpha}_2 - 1) K_1^{(1)} \alpha_{1r}}{-a_1 g_1}, \quad \frac{\alpha_{2r} K_2^{(2)} (\vec{\alpha}_1 \vec{\alpha}_2 - 1)}{a_2 g_2}, \quad \frac{(\vec{\alpha}_1 \vec{\alpha}_2 - 1) K_3^{(3)} \alpha_{2r}}{-a_3 g_3}. \quad (9)$$

При этом нами были введены обозначения:

$$K_1^{(1)} = E - \kappa + H_1 \left(-\vec{p} - \vec{k} \right), \\ K_1^{(2)} = E_0 + \kappa + H_1 \left(\vec{p}_0 + \vec{k} \right), \\ K_1^{(3)} = -E'_{ок} - \kappa + H_1 \left(\vec{p}'_0 \right), \\ K_1^{(4)} = -E' + \kappa + H_1 \left(-\vec{p}' + \vec{k} \right), \\ \left(\text{здесь } H_1 \left(\vec{p} \right) = \vec{\alpha}_1 \vec{p} + \beta_1 \mu; j = 1, 2 \right) \quad (10)$$

$$a_1 = E \kappa + \vec{p} \vec{k}, \\ a_2 = E_0 \kappa - \vec{p}_0 \vec{k}, \\ a_3 = -E'_{ок} \kappa - \left(\vec{p}'_0 + \vec{k} \right) \vec{k}, \\ a_4 = -E' \kappa + \vec{p}' \vec{k}, \\ g_1 = \left(E'_{ок} - E' \right)^2 - \left| \vec{p}' + \vec{p}'_0 + \vec{k} \right|^2, \\ g_2 = \left(E - E_0 \right)^2 - \left| \vec{p} + \vec{p}_0 \right|^2, \\ g_3 = \left(E'_{ок} + E_0 \right)^2 - \left| \vec{p}_0 - \vec{p}'_0 - \vec{k} \right|^2, \\ g_4 = \left(E' + E \right)^2 - \left| \vec{p}' - \vec{p} \right|^2. \quad (11)$$

Матричный элемент перехода радиационного столкновения электрона с электроном, описанного диаграммами Фейнмана, получится из (4) при замене

$$\vec{p}'_0 + \vec{k}, -E'_{ок} \rightarrow \vec{p}', \quad E' \\ -\vec{p}', \quad -E' \rightarrow -\vec{p}'_0 - \vec{k}, E'_{ок}. \quad (13)$$

Что же касается рождения пар γ -квантом в поле электрона, то замена

$$\begin{aligned} \vec{p}'_0 + \vec{k}, -E'_{ок} &\rightarrow \vec{p}', & E' \\ -\vec{p}', &-E' \rightarrow -\vec{p}'_0 - \vec{k}, -E'_{ок} \end{aligned} \quad (14)$$

в формулах (4) даст полный матричный элемент процесса, когда квант импульса $\vec{k}$, столкнувшись с электроном $(\vec{p}_0, E_0)$, образует пару: электрон $(\vec{p}', E')$ и позитрон $(\vec{p}'_0 + \vec{k}, E'_{ок})$, а первоначальный электрон переходит в состояние $(-\vec{p}, E)$.

Наша дальнейшая задача будет заключаться в вычислении $\frac{1}{4} \sum_{x,y} SS_0 S' S'_0 |H|^2$, т. е. в суммировании по поляризациям тормозного кванта $\vec{k}$ и усреднении по начальным и суммировании по конечным спинам электронов в случае радиационных столкновений, или же в усреднении по поляризациям кванта $\vec{k}$ и по спинам электрона в начальном состоянии и в суммировании по спинам электронов и позитрона в конечных состояниях в случае рождения пар. Расчеты можно упростить произведя в I_1 некоторые преобразования. Именно, удобно пронести матрицы α_j через $K_j^{(i)}$, учитывая происходящие при этом изменения, что поведет к уменьшению числа членов в $K_j^{(i)}$, а затем раскрыть в I_1, I_2, I_3, I_4 и I_5, I_6, I_7, I_8 их ядра и произвести приведение подобных членов.

При вычислении следов матриц мы пользовались заранее вычисленными таблицами значений следов следующих образований из матриц, которые являются постоянными элементами всех расчетов:

$$\begin{aligned} \alpha_i \dots (E \pm H(\vec{p})) \alpha_k \dots (E' \pm H(\vec{p}')), \\ \alpha_i \dots (E \mp H(\vec{p})) \alpha_k \dots (E' \pm H(\vec{p}')), \end{aligned} \quad (15)$$

где $\alpha_i \dots$ и $\alpha_k \dots$ представляют собой всевозможные комбинации из дираковских матриц $\vec{\alpha}$ и β .

В конечном итоге для радиационного столкновения электрона с позитроном для $\frac{1}{4} \sum_{x,y} SS_0 S' S'_0 |H|^2$ было получено следующее выражение:

$$\frac{1}{4} \sum_{x,y} SS_0 S' S'_0 |H|^2 = \frac{a^2}{EE_0 E' E'_{ок}} \left\{ J_{пр} + J_{об} + J_{инт} \right\}, \quad (16)$$

где члены в фигурных скобках появляются за счет прямого взаимодействия, обменного и их интерференции. Если ввести обозначения

$$b_1 = -E_0 E' + \vec{p}_0 \vec{p}',$$

$$b_2 = -E E'_{ox} + \vec{p} (\vec{p}'_0 + \vec{k}), \quad (17)$$

$$b_3 = -E_0 E'_{ox} - \vec{p}_0 (\vec{p}'_0 + \vec{k}),$$

$$b_4 = -E E' - \vec{p} \vec{p}'$$

$$A_x = \frac{p_x}{g_1 a_1} + \frac{p_{ox}}{g_1 a_2} - \frac{p'_{ox}}{g_2 a_3} - \frac{p'_x}{g_2 a_4},$$

$$B_x = \frac{p_x}{g_2 a_1} - \frac{p'_x}{g_3 a_4} - \frac{p'_{ox}}{g_4 a_3} + \frac{p_{ox}}{g_4 a_2}, \quad (18)$$

то для J_{np} будем иметь следующее выражение:

$$J_{np} = 2 \left[\left(\frac{1}{g_1 a_1} - \frac{1}{g_2 a_3} \right)^2 a_1 a_3 b_1 + \left(\frac{1}{g_1 a_2} - \frac{1}{g_2 a_4} \right)^2 a_2 a_4 b_2 + \left(\frac{1}{g_1 a_1} - \frac{1}{g_2 a_4} \right)^2 a_1 a_4 b_3 + \right. \\ \left. + \left(\frac{1}{g_1 a_2} - \frac{1}{g_2 a_3} \right)^2 a_2 a_3 b_4 \right] + (a_1 a_2 - a_3 a_4) \left[\frac{1}{g_1^2} \left(\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_4} \right)^2 - \frac{1}{g_1^2} \left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_3} \right)^2 \right] - \\ - (a_1 a_2 + a_3 a_4) \left(\frac{1}{g_1 a_1} + \frac{1}{g_1 a_2} - \frac{1}{g_2 a_3} - \frac{1}{g_2 a_4} \right)^2 + \sum_{x,y} A_x^2 (2b_1 b_2 + 2b_3 b_4 + g_1 + g_2) - \\ - 2 \sum_{x,y} A_x \left[b_3 (a_1 p'_x - a_4 p_x) \left(-\frac{1}{g_1 a_1} + \frac{1}{g_2 a_4} \right) + b_2 (a_1 p_{ox} + a_3 p_x) \left(\frac{1}{g_1 a_1} - \frac{1}{g_2 a_3} \right) + \right. \\ \left. + b_2 (a_2 p'_x + a_4 p_{ox}) \left(-\frac{1}{g_1 a_2} + \frac{1}{g_2 a_4} \right) + b_4 (a_2 p'_{ox} - a_3 p_{ox}) \left(\frac{1}{g_1 a_2} - \frac{1}{g_2 a_3} \right) + \right. \\ \left. + (a_1 p_{ox} + a_2 p_x) \left(\frac{1}{g_1 a_2} - \frac{1}{g_2 a_1} \right) + (a_3 p'_x + a_4 p'_{ox}) \left(\frac{1}{g_2 a_3} - \frac{1}{g_2 a_4} \right) \right]. \quad (19)$$

J_{00} получится из J_{np} , очевидно, заменой друг друга $\vec{p}_0$, E_0 и $-\vec{p}'$, $-E'$. Наконец, J_{int} будет равно:

$$J_{int} = 4b_1 \left(\frac{a_3}{g_1 g_3 a_1} + \frac{a_1}{g_2 g_3 a_3} - \frac{1}{g_3 g_4} - \frac{1}{g_3 g_3} \right) + 4b_2 \left(\frac{a_4}{g_1 g_4 a_2} + \right. \\ \left. + \frac{a_2}{g_2 g_3 a_4} - \frac{1}{g_1 g_3} - \frac{1}{g_2 g_4} \right) + 2 \left[\frac{1}{g_1 g_3} \left(\frac{a_1^2}{a_2 a_1} + \frac{a_3}{a_1} - \frac{a_3 a_4}{a_1 a_2} - \frac{a_2 a_3}{a_1 a_4} \right) + \right. \\ \left. + \frac{1}{g_1 g_4} \left(\frac{a_2^2}{a_1 a_3} + \frac{a_4}{a_2} - \frac{a_3 a_4}{a_1 a_2} - \frac{a_1 a_4}{a_2 a_3} \right) + \frac{1}{g_2 g_3} \left(\frac{a_1^2}{a_1 a_3} + \frac{a_2}{a_4} - \frac{a_1 a_2}{a_3 a_1} - \frac{a_2 a_3}{a_1 a_4} \right) + \right. \\ \left. + \frac{1}{g_2 g_4} \left(\frac{a_3^2}{a_2 a_4} + \frac{a_1}{a_3} - \frac{a_1 a_2}{a_3 a_4} - \frac{a_1 a_4}{a_2 a_3} \right) \right] + \sum_{x,y} A_x B_x (4b_1 b_2 + \\ + g_1 + g_2 + g_3 + g_4 - 2b_1 - 2b_2 - 4) +$$

$$\begin{aligned}
& + 2 \sum_{x,y} A_x \left[b_1(a_1 p_{ox} + a_2 p_x) \left(-\frac{1}{g_3 a_1} + \frac{1}{g_4 a_3} \right) + b_2(a_2 p_x + a_3 p_{ox}) \right. \\
& \left. \left(-\frac{1}{g_3 a_4} + \frac{1}{g_4 a_2} \right) \right] + 2 \sum_{x,y} B_x \left[b_1(a_1 p_{ox} + a_2 p_x) \left(-\frac{1}{g_1 a_1} + \frac{1}{g_2 a_3} \right) + \right. \\
& \left. + b_2(a_2 p_x + a_3 p_{ox}) \left(-\frac{1}{g_3 a_4} + \frac{1}{g_4 a_2} \right) \right] + \sum_{x,y} A_x \left(\frac{1}{g_3 a_1} - \frac{1}{g_3 a_4} + \right. \\
& \left. + \frac{1}{g_4 a_2} - \frac{1}{g_4 a_3} \right) (a_1 p_x + a_2 p_{ox} - a_3 p_{ox} - a_4 p_x) + \sum_{x,y} B_x \left(\frac{1}{g_1 a_1} - \right. \\
& \left. - \frac{1}{g_1 a_2} + \frac{1}{g_2 a_3} - \frac{1}{g_2 a_4} \right) (a_1 p_{ox} + a_2 p_x - a_3 p_x - a_4 p_{ox}) + \sum_{x,y} A_x \left(\frac{1}{g_3 a_1} + \right. \\
& \left. + \frac{1}{g_3 a_4} - \frac{1}{g_4 a_2} - \frac{1}{g_4 a_3} \right) \left[(p_x + p_x) (a_2 + a_3) + (p_{ox} + p_{ox}) (a_1 + a_4) \right] \\
& + \sum_{x,y} B_x \left(\frac{1}{g_1 a_1} + \frac{1}{g_1 a_2} - \frac{1}{g_2 a_3} - \frac{1}{g_2 a_4} \right) \left[(p_x - p_{ox}) (a_3 + a_4) + \right. \\
& \left. + (p_{ox} - p_x) (a_1 + a_2) \right]. \quad (20)
\end{aligned}$$

Таким образом, для каждого из рассматриваемых эффектов будем иметь выражение для поперечника в следующем виде:

$$d\Phi = 2\pi \frac{V}{v + v'} \cdot \frac{1}{4} \sum_{x,y} S S_0 S' S'_0 |H|^2 \rho, \quad (21)$$

где v и v' — скорости сталкивающихся частиц (электронов, позитронов или квантов). Для двух других процессов $\frac{1}{4} \sum S S_0 S' S'_0 |H|^2$ получается из (16) посредством (13) и (14).

Для ρ , в случае радиационного столкновения электрона с позитроном, имеем выражение:

$$\rho = \frac{V^2}{(2\pi)^6} \cdot \frac{\kappa^2 p_0^2 d\Omega_x d\Omega_y}{\frac{\partial}{\partial p_0} \left[\frac{p_0}{E_0} + \frac{|\vec{p}'_0 + \vec{\kappa}|^2}{2E_{0x}} \right]} \quad (22)$$

В случае радиационного столкновения электрона с электроном

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{V^2}{(2\pi)^6} \cdot \frac{\kappa^2 p_0^2 d\Omega_x d\Omega_y}{\frac{\partial}{\partial p_0} \left[\frac{p_0}{E_0} + \frac{|\vec{p}'_0 + \vec{\kappa}|^2}{2E_{0x}} \right]} \quad (23)$$

Наконец, в случае рождения пар

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{V^2}{(2\pi)^6} \cdot \frac{\rho' \left[\rho' + k \right] \frac{d\Omega' d\Omega''}{d\rho^2}}{\left[\rho' + k \right] + \frac{\partial \left[\rho' + k \right]}{2E}} \quad (24)$$

Коэффициенты $1/2$ в двух последних случаях появляются из-за наличия в конечном состоянии системы двух одинаковых частиц (двух электронов). Для получения значений поперечников в см^2 (21) надо умножить на $\left(\frac{\hbar}{mc} \right)^2$. Отметим еще, что поперечники получены в произвольной системе координат.

Для проверки полученных формул масса позитрона в случае радиационного столкновения электрона с позитроном была устремлена к бесконечности. Для этого мы воспользовались несколько более длинным выражением, чем (19) (не приводимым здесь), где было проведено различие между массой электрона и массой позитрона, и в результате получили хорошо известную формулу Бете-Гайтлера для тормозного излучения электрона в поле неподвижного ядра с $Z=1$.

Вычисление значений поперечников в общем случае весьма трудно из-за чрезвычайной громоздкости полученных формул. Однако полученные результаты позволяют произвести исследование граничных случаев малых и больших энергий. Рассмотрение их будет проведено отдельно.

Физический институт
АН Армянской ССР

Поступило 8 IV 1952

Գ. Մ. Ղաթիբջան

ԱՐԳԵԼԱԿՄԱՆ ՀԱՌԱԳԱՅՈՒՄ ԵՎ ԶՈՒՅԳԻ ԾՆՈՒՆԴԸ ԷԼԵԿՏՐՈՆԻ ԴԱՇՏՈՒՄ (ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԴԵՊԲ)

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Ներկա աշխատության մեջ դիտվում են երրորդ կարգի երեք էֆեկտներ՝ էլեկտրոնի սողիացիոն բախումը սողիարոնի հետ, էլեկտրոնի բախումը էլեկտրոնի հետ և էլեկտրոնի դաշտում զույգի ծնունդը չ-կվանտով:

Պրոցեսների համաժամօրենքի արտահայտությունները ստացված են ինչպես փոխանցման օգտկների, նույնպես և Ֆեյման-Դայսոնի մեթոդով: Ընդամենը փոխարկման հաշվառումով գոյություն ունի 32 օղակ, կամ ֆեյմանի 8 գրադրամ:

Ընդհանուր ֆորմուլայի ստացման համար էլեկտրոնի՝ սողիարոնի հետ ունեցած սողիացիոն բախման համաժամօրենքի արտահայտության մեջ

պողիտրոնի մասնան ձգտեցվել է անվերջության և ստացված արտանայ-
տությունը համընկել է Բեռն-Հայտլերի ֆորմուլայի հետ:

Նկատի ունենալով ստացված արտանայտությունների չափազանց բարդ
տեսքը, նրանց մանրամասն հետազոտությունը ընդհանուր դեպքի համար
անհնարին եղավ: Մեծ և փոքր էներգիաների համար եզրային դեպքերի
հետազոտությունը կկատարվի առանձին:

Г. И. Тер-Степанян

Об условии равновесия капиллярной системы с внешней средой

Условия равновесия жидкости в капиллярной системе, находящейся в гравитационном поле, требуют, чтобы средняя кривизна K поверхности жидкости в любой точке равнялась бы отношению высоты этой точки, отсчитанной от пьезометрического уровня жидкости в системе, к капиллярной постоянной a^2 этой жидкости [1,2], т. е.

$$K = - \frac{z - z_0}{a^2}, \quad (1)$$

где z — высота рассматриваемой точки относительно горизонтальной координатной плоскости, z_0 — высота пьезометрического уровня капиллярной системы относительно той же координатной плоскости.

Если, однако, возможно взаимодействие капиллярной системы с внешней газообразной средой, то в результате должны создаться новые условия равновесия, учитывающие также это взаимодействие.

Следствием молекулярного обмена, происходящего между жидкой фазой капиллярной системы и внешней газообразной средой, может явиться изменение количества жидкости в системе, что отразится на положении ее пьезометрического уровня. В настоящей статье рассматриваются условия равновесия капиллярной системы с внешней изолированной газообразной средой, в которой, помимо изучаемой системы, могут находиться также свободная поверхность жидкости и другие капиллярные системы.

Поместим капиллярную систему в замкнутую, лишенную воздуха, изотермическую камеру, в которой находится сосуд с той же жидкостью, что заполняет поры капиллярной системы, и изучим условия равновесия в этом случае. Естественно, что жидкость будет испаряться как с поверхности капиллярной системы, так и из сосуда; по мере испарения жидкости давление пара в камере будет увеличиваться, а скорость испарения — уменьшаться. Когда пар сделается насыщенным, дальнейшее испарение прекратится и установится равновесие.

Общее количество жидкой фазы в капиллярной системе будет также уменьшаться, вследствие чего произойдет понижение пьезометрического уровня в системе. Определим, какое соотношение

установится между положением пьезометрического уровня системы и свободной поверхностью жидкости в сосуде.

Прекращению дальнейшего испарения жидкости в камере соответствует установление состояния насыщенного пара; обозначим его давление через p_0 . Строго говоря, таким давлением будет обладать только тонкий слой пара, находящийся непосредственно над поверхностью жидкости в сосуде. На высоте z' от этой поверхности давление пара p , в силу закона гидростатического равновесия, будет меньшим и составит:

$$p = p_0 - \rho_2 g z', \quad (2)$$

где ρ_2 — среднее значение плотности пара в камере,
 g — ускорение силы тяжести.

Обратимся к поверхности менисков. Как известно, одним из следствий искривления поверхностей менисков является изменение величины давления насыщенного пара. Согласно формуле Кельвина, это изменение равно избытку капиллярного давления, вызванному кривизной поверхности, уменьшенному в отношении плотности пара и жидкости [3]. Поэтому давление насыщенного пара над менисками составит:

$$p = p_0 + \alpha \left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{R''} \right) \frac{\rho_2}{\rho_1 - \rho_2}, \quad (3)$$

где R' и R'' — радиусы главной кривизны поверхности мениска,
 ρ_1 — плотность жидкости.

В состоянии равновесия давление насыщенного пара над мениском должно равняться величине давления пара в окружающей среде. Действительно, если бы это не имело места, то под действием разности давлений происходило бы испарение жидкости, или же ее конденсация, в зависимости от знака этой разности. В обоих случаях не имело бы места равновесие жидкости, находящейся в капиллярной системе с окружающей средой. Поэтому условием равновесия должно быть равенство давления пара в среде, определяемое уравнением (2), с давлением пара над поверхностью менисков, определяемым уравнением (3).

Приравнявая их и выражая радиусы главной кривизны поверхности через ее среднюю кривизну, получим:

$$K = - \frac{\rho_1 - \rho_2}{2\alpha} g z' = - \frac{z'}{a^2}. \quad (4)$$

Сравнивая (4) с (1), заключаем, что условием равновесия жидкости, заполняющей поры капиллярной системы и свободной поверхностью той же жидкости, находящейся в изотермической изолированной камере, является совпадение пьезометрического уровня жидкости в капиллярной системе с уровнем жидкости в сосуде.

Таким образом, нет никакой разницы между случаем, когда жидкость в сосуде непосредственно сообщается с жидкостью, за-

полняющей капиллярную систему и тем случаем, когда такого непосредственного сообщения нет. В последнем случае связь осуществляется через атмосферу насыщенного пара.

Если в изолированной камере находится не одна капиллярная система, как это было рассмотрено выше, а несколько таких систем, то и в этом случае положение пьезометрических уровней всех этих систем должно измениться таким образом, чтобы они совпали с уровнем жидкости в сосуде, находящимся в той же камере. Таким образом, результат был бы тот же, как если бы все капиллярные системы непосредственно сообщались друг с другом и с жидкостью в сосуде.

Отсюда не трудно видеть, что если в камере находятся одни только капиллярные системы, т. е. отсутствует сосуд с жидкостью, то и в этом случае у них устанавливается один общий пьезометрический уровень, т. е. происходит нивелирование пьезометрических уровней. При этом пьезометрический уровень одних систем понижается, а других повышается.

Вовсе не является обязательным, чтобы понижался пьезометрический уровень более высоко расположенных систем и повышался уровень низко расположенных. В этом процессе сами потенциалы гравитационных сил систем не имеют никакого значения. Существенны только гравитационные потенциалы пьезометрических уровней этих систем, так как происходит нивелирование именно этих уровней всех систем, находящихся в рассматриваемом замкнутом пространстве.

Если окажется, что более высоко расположенная система обладает также и более высоким пьезометрическим уровнем, то при нивелировании произойдет понижение этого уровня. Однако возможен и такой случай, когда капиллярная система, расположенная на низком горизонте, обладает относительно более высоким пьезометрическим уровнем по сравнению с другой системой, гравиметрически расположенной выше. В этом случае, при нивелировании пьезометрических уровней у первой системы пьезометрический уровень опустится, а у второй поднимется. Физически это означает, что жидкость будет испаряться из пор более низко расположенной капиллярной системы и конденсироваться в пустотах системы, расположенной на большей высоте.

Можно представить себе и такой случай, когда несколько капиллярных систем, заключенных каждая в отдельную камеру, могут находиться в равновесии с окружающей их средой; если эти камеры получают сообщение друг с другом, то с течением времени установится новое состояние равновесия. При этом жидкость будет покидать системы, пьезометрический уровень которых обладает большим потенциалом силы тяжести и переходить в системы с меньшим потенциалом пьезометрического уровня.

Из предыдущего видно, что и здесь могут быть такие случаи, когда жидкость будет мигрировать из гипсометрически низко расположенных систем в гипсометрически высоко расположенные, т. е. перемещаться в направлении, обратном направлению действия силы тяжести. Обязательным является лишь установление общего пьезометрического уровня.

После того, как произойдет нивелирование пьезометрических уровней отдельных капиллярных систем, установится новое состояние равновесия. Оно будет удовлетворять сформулированному выше условию: средние кривизны поверхности в любой точке всех капиллярных систем должны равняться отношению высоты этой точки, отсчитанной от общего пьезометрического уровня жидкости всех капиллярных систем, к капиллярной постоянной жидкости. Это представляет собой условие равновесия жидкости, заполняющей капиллярные системы с внешней изолированной газообразной средой.

Заметим, что полученные результаты могут быть выведены на основании положения термодинамики о том, что на установление равновесия в сообщающихся средах механизм перехода не оказывает никакого влияния.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступило 16 VII 1951

ЛИТЕРАТУРА

1. Тер-Степанян Г. И. ДАН Армянской ССР, т. XII, № 4, 1950.
2. Тер-Степанян Г. И. ДАН Армянской ССР, т. XIII, № 1, 1951.
3. Хвольсон О. Д. Курс физики, т. III, Берлин, 1923.

Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյան

ԱՐՏԱՔԻՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՇԵՏ ԿԱՊԻԼԱՐ ՍԻՍՏԵՄԻ ՉԱՎԱՍԱՐԱԿՇՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Կապիլար սիստեմում զանազան հեղուկի համատարակչությունը պայմանները [1, 2] պահանջում են, որ հեղուկի մակերևույթի ջանկարքած կետում միջին կորությունը չի համասար լինի աչյու կետի բարձրության ($z - z_0$) (հաշված պիկոմետրիկ մակարդակից) հարաբերությանը հեղուկի կապիլար հաստատուն մեծությունը՝ α^2 (տես (1) ֆորմուլան):

Եթե կապիլար սիստեմը կարող է փախազգել մեկուսացված զազային միջավայրի հետ, որում գտնվում է նաև նույն հեղուկով անոթի, ապա սակզմում են համատարակչության նոր պայմաններ, որոնք պահանջում են, որ կապիլար սիստեմի պիկոմետրիկ մակարդակը համընկնի անոթում գտնվող հեղուկի մակարդակի հետ (տես (1) և (4) ֆորմուլաները, որտեղ $z' - z_0$ ստանալիս կետի բարձրությունն է հեղուկի մակարդակից):

էթե մեկուսացված տարածութիւնում գտնվում են մի քանի կապիլար սխառններ, ապա հեղուկով անոթի ներկայութիւնից անկախ պետք է կատարվի պիեզոմետրիկ մակարդակների համաստրեկում:

Անհրաժեշտ է, որ համաստրեկման բնթացքում բարձր գիրք ունեցող սխառնմի պիեզոմետրիկ մակարդակն իջնի, կամ ցածր գիրք ունեցող սխառնմինը՝ բարձրանաւ: Այդ սխառններն զրաբխացիոն պատենցիալը ոչ մի նշանակութիւն չունի, էական է միայն նրանց պիեզոմետրիկ մակարդակի պատենցիալը: Այդ իսկ պատճառով նշարարոր է, որ ցածր գիրք ունեցող կապիլար սխառնմը ունենա համեմատաբար բարձր պիեզոմետրիկ մակարդակ, իսկ բարձր գիրք ունեցող սխառնմը՝ ցածր մակարդակ: Համաստրեկման բնթացքում առաջին սխառնմի պիեզոմետրիկ մակարդակը կիջնի, իսկ երկրորդինը՝ կբարձրանա: Ֆիզիկական դա կնշանակի, որ առաջին սխառնմից հեղուկը կզոլորշիանա, իսկ երկրորդի միւս՝ կկուտակվի: Այլ կերպ ասած հեղուկը կը անդադրիմով ծանրութիւն ուժի հակառակ ուղղութիւնում:

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

М. В. Дарбинян

Изыскание методов переработки доломитов

Сообщение II. О получении хлористого магния переработкой
доломита раствором хлористого кальция и
углекислым газом

Раствор хлористого магния в больших количествах употребляется в производстве магнезиального цемента для получения безводного хлористого магния, металлического магния и т. д. Магнезиальный цемент, как известно, имеет исключительно большое значение, особенно в малолесных и безлесных районах, как заменитель древесины в некоторых строительных работах (магнезиальные или ксилолитовые полы, фибролитовые плитки и др.). Потребность хлористого магния в промышленности большей частью удовлетворяется за счет естественных ресурсов—соляных озер и др. Но в тех районах, где нет природных источников хлористого магния, его готовят химической переработкой магнеиновых руд.

Ранее нами проведено несколько работ по получению хлористого магния [1, 2, 3, 4 и 5]. Одна из них [5] посвящена разработке комплексного метода получения окиси магния из доломита. При этом переработку декарбонизированного доломита проводили раствором хлористого магния. Наряду с окисью магния получали большое количество раствора хлористого кальция, для которого нужно искать пути утилизации. Более целесообразно его использовать для получения вновь хлористого магния. В ранее разработанной схеме [5] указано несколько способов переработки хлористого кальция в хлористый магний.

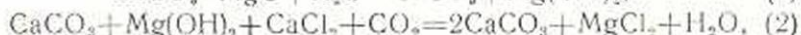
Для обратного получения хлористого магния мы воспользовались известным методом обработки доломита хлористым кальцием и углекислым газом. Так как в имеющихся работах и патентах описываются разнообразные, часто противоречащие друг другу условия и режим переработки [6, 7], то мы считали необходимым опробование получения хлористого магния этим методом из доломитов. Для исследования были взяты доломиты Д₆ и Д₁₁, химический состав которых приведен в таблице 1.



Таблица 1

№№	С ы р ь е	п п.п.	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
1	Доломит Д ₀ —сырой	43,93	5,94	1,57	29,25	18,76
2	То же, прокаленный при 750—800°	29,31	7,48	2,07	37,28	23,97
3	То же—при 1100°	0,52	10,79	2,93	51,78	33,23
4	Доломит Д ₁₁ —сырой	47,21	0,88	0,87	30,82	20,93
5	То же, прокаленный при 750—800°	29,89	1,09	1,15	40,09	27,21
6	То же—при 1100°	—	1,55	1,63	57,66	39,01

Предварительные опыты показали, что сырой, вовсе недекarbonизированный доломит с хлористым кальцием и углекислым газом заметно не реагирует. При применении полу- или полностью декarbonизированных доломитов в основном происходят нижеследующие реакции:



(Здесь возможны также образования бикарбонатов и др.)

Для практического осуществления этих реакций обработку проводили в автоклаве [8], с допустимым рабочим давлением до 12 атмосфер. По стехиометрическим расчетам для обработки 100 г доломита необходимы нижеследующие количества хлористого кальция и углекислого газа (таблица 2):

Таблица 2

	Доломит Д ₀		Доломит Д ₁₁	
	Полудекarbonизированный CaO · MgO 2MgO = 23,93%	Полностью декarbonизированный CaO · MgO MgO = 33,23%	Полудекarbonизированный CaCO ₃ · MgO MgO = 27,21%	Полностью декarbonизированный CaO · MgO MgO = 39,01%
Хлористый кальций (считая на безводный)	66 г	92 г	74 г	108 г
Углекислый газ	26 г	77 г	29 г	88 г
	или 13 л	или 39 л	или 15 л	или 45 л

При этом, теоретически должны получить нижеследующие количества хлористого магния (считая на безводный).

Из полудекarbonизированных доломитов Д₀ — 56,6 г
Д₁₁ — 63,3 г.

Из полностью декarbonизированных доломитов Д₀ — 78,5 г
Д₁₁ — 92,3 г.

Для проведения опытов навеску измельченного доломита загружали в автоклав, добавляли воду и оставляли на двое суток для завершения гидротации окиси магния, при этом время от времени

№№ опытов	Д о л о м и т				У с л о в и я о б р а б о т к и							
	проба	температура обжига в °С	просеяно через сито с отв/см ²	навеска в г	Прибавлено воды в мл	теоретически необход. колич. СаСl ₂ (считая на безводн.)	прибавлено раствора СаСl ₂ в мл	содержание СаСl ₂ в прибавл. растворе в г	температура в автоклаве в °С	продолжительность обр. в часах	давление СО ₂ в атм.	выход MgCl ₂ в %
1	Д.	сырой	2500	200	600	115	200	120	комнат.	2	8	нет
2	"	750—800	625	"	"	133	230	140	"	"	11—12	36,9
3	"	"	2500	"	"	"	"	"	"	"	4	25,4
4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	8	40,5
5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	11—12	56,3
6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4	"	59,9
7	"	"	"	"	1200	"	"	"	"	6	"	59,3
8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2	"	58,9
9	"	"	"	"	"	"	"	"	"	5	"	67,5
10	"	"	"	"	600	"	"	"	80	2	"	35,1
11	"	"	6400	"	"	"	"	"	комнат.	"	"	60,3
12	"	1050—1100	2300	"	"	184	311	190	"	"	"	43,9
13	Д ₁₁	750—800	"	"	"	149	262	155	"	"	"	55,0
14	"	1050—1100	"	"	"	216	262	220	"	"	"	50,2

массу размешивали. Далее добавляли раствор хлористого кальция, герметически закрывали автоклав и при постоянном перемешивании (мотор с мешалкой) массу обрабатывали углекислым газом, в условиях, указанных в таблице 3.

Из приведенных данных прежде всего следует, что в противоположность сырому—недекарбонизированному доломиту, полу- и полностью декарбонизированные доломиты реагируют с хлористым кальцием и углекислотой, образуя хлорид магния. Выходы в обоих случаях почти одинаковы, но расход углекислого газа для реакции (4), по сравнению с (2), больше в два раза. Применение полностью декарбонизированного доломита невыгодно еще и потому, что при этом для обжига расходуется больше тепла и вместе с хлористым магнием в раствор попадает значительное количество двууглекислого кальция. Таким образом, целесообразно доломит обжигать только до полудекарбонизированного состояния.

Далее, из приведенных опытов следует, что с увеличением давления углекислого газа в реакторе выход хлористого магния резко повышается, но за исключением автоклава, выдерживающего более высокие давления, в своих опытах мы ограничились давлениями в пределах до 12 атмосфер. Максимальный выход $MgCl_2$ при этом получен 67,5%. Следует полагать, что при дальнейшем увеличении давления углекислого газа выход будет увеличиваться еще больше.

Продолжительность обработки и тонина помола доломита также увеличивают выход. При увеличении количества воды в реакторе выход повышается, что объясняется получением менее насыщенного раствора хлористого магния. Нагревание массы при обработке и применение качественного доломита заметно не влияют на выход хлористого магния.

В ы в о д ы

Проведен ряд опытов обработки сырого и декарбонизированного, при разных температурах, доломитов раствором хлористого кальция и углекислым газом в водной среде, применением разных условий, что приводит к следующим выводам.

1. Для обработки целесообразно применять полудекарбонизированный доломит, обожженный при 750—800° С.
2. Обработку нужно проводить при комнатной температуре.
3. Выход хлористого магния повышается при увеличении:
 - а) давления углекислого газа в реакторе,
 - б) тонины помола доломита,
 - в) продолжительности обработки,
 - г) количества воды в реакторе.
4. Максимальный выход хлористого магния получен 67,5%. При дальнейшем увеличении давления углекислого газа в реакторе выход хлористого магния можно увеличить еще больше.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дорбинян М. В. Известия АН Армянской ССР (естеств. науки), № 4, 1945.
2. Дорбинян М. В. и Погосян Р. У. Там же, стр. 19—30.
3. Дорбинян М. В. Известия АН Армянской ССР (естеств. науки), № 8, 1946.
4. Дорбинян М. В. Известия АН Армянской ССР (естеств. науки), № 4, 1947.
5. Дорбинян М. В., Шехоян С. Г., Погосян Р. У. Известия АН Армянской ССР (естеств. науки), № 8, 1946.
6. Шалалгин В. В. Магнезиальный цемент. Госстройиздат, 1933.
7. Zbl. IV, 572, 1921; Zbl. I, 428, 1929; Zbl. II, 2177, 1933; Zbl. I, 664, 1937; Zbl. II, 1616, 1934 и др.
8. Дорбинян М. В. и Аветисян А. М. Известия АН Армянской ССР (естеств. науки), № 8, 1946.

Մ. Վ. Դորբինյան

ԴՈԼՈՄԻՏԻ ՎԵՐԱՄՇԱԿՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

ՀԱՂՈՐԴՈՒՄ II. Մագնեզիում քլորիդի ստացման մասին՝ դոլոմիտը կալցիումի քլորիդի լուծույթով և ածխաթթու գազով վերամշակելու եղանակով

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Կատարված է հում և տարրեր ջերմաստիճաններում գեկարրոնիզացիայի ենթարկված դոլոմիտը կալցիումի քլորիդի ջրային լուծույթով և ածխաթթու գազով վերամշակման ենթարկելու մի շարք փորձեր, ըստ որում կիրառված են մշակման տարրեր պայմաններ:

Կատարված փորձերից պարզվել է, որ.

1. Նպատակահարմար է մշակման համար կիրառել կիսագեկարրոնիզացիայի ենթարկված դոլոմիտ ($MgO \cdot CaCO_3$ -ը 750—800°):

2. Մշակումը պետք է կատարել սենյակի ջերմաստիճանում:

3. Մագնեզիում քլորիդի ելուրդը մեծանում է, երբ ածուծ է՝

ա) ածխաթթու գազի ճնշումը սեպտորում,

բ) դոլոմիտի մանրացման աստիճանը:

4. Մագնեզիում քլորիդի ելուրդը ստացվել է մինչև 67,5%:

Ռեակտորում ածխաթթու գազի ճնշման հետագա ավելացմամբ հնարավոր է մեծացնել մագնեզիում քլորիդի ելուրդը:

СТРАТИГРАФИЯ

В. Л. Егоян

О возрастном положении хосровской свиты порфиритов бассейна р. Веди (Армянская ССР, Вединский район)

Эффузивные породы имеют довольно широкое распространение в бассейне р. Веди. Они занимают большие площади в верхнем течении р. Веди и в бассейне ее первого притока — р. Хосров, а также в ядре Вединской антиклинальной складки к западу северо-западу от с. Веди.

Эффузивный характер порфиритов в ядре Даргалу-Вединской антиклинали был установлен еще К. Н. Паффенгольцем, который условно относил их к лейясу. В 1949 г. А. Т. Асланяном в известняках, обнажающихся среди порфиритов в ядре этой складки, были найдены несколько экземпляров трех видов рудистов, на основании которых порфириты были отнесены им к верхнему сантону; автор по этому поводу пишет: „Верхнесантонский возраст толщи определяется найденными впервые автором рудистами *Vaccinites ex gr. grossouvrei* Douv., *Plagioplychus sevanensis* Renng. и *Mitrocaprina cf. bayani* Douv. (определение В. П. Ренгартена), слагающими многочисленные банки известняков, подчиненные порфиритовой толще“ [1, стр. 145].

Таким образом, нижним возрастным пределом эффузивной свиты в ядре Даргалу-Вединской антиклинали считался по последним данным верхний сантон.

Работы 1950—1951 гг. заставляют, однако, пересмотреть этот вопрос и внести существенную поправку. Выводы, приведенные ниже, основываются на изучении пяти разрезов верхнемеловых отложений: в бассейне р. Хосров, у с. Карабахлар, восточнее с. Азизкенд и на южных склонах Бозбурунского массива. Наибольшее значение для установления возраста и структурного положения порфиритов имели хосровские разрезы. В связи с этим свита порфиритов бассейна р. Веди и была названа хосровской.

Полевые наблюдения и изучение материалов хосровских разрезов позволили установить следующие факты.

1. На обоих крыльях северо-северо-западного погружения Ахсунской антиклинали на нижнетуронских массивных рудистовых известняках залегают порфириты и карбонатные мандельштейновые порфириты, замыкающиеся на периклинали.

2. Породы эти обладают типичной витрофировой и витрофиро-микролитовой структурой. Миндалины мандельштейновых разностей их выполнены кальцитом (фиг. 1). Микролиты, судя по более крупным кристаллам, представлены основными плагиоклазами.

3. На значительной площади—по крыльям и на периклинах складки—порфиры трансгрессивно перекрываются горизонтом пес-



Фиг. 1. Мандельштейновый порфирит хосровской свиты. Миндалины выполнены кальцитом (р. Хосров).

чаников и конгломераторов, содержащих гальку и неокатанные обломки порфиритов и мандельштейновых порфиритов (фиг. 2). Среди песчаников этого горизонта были найдены: *Baculites bohemicus* Fritsch et Schloenb., *Trigonarca* aff. *quadrans* Renng., *Tr. sp.*, *Neithea quadricostata* Sow., *Pinna sp.*, *Modiola sp.* и др.

4. Над горизонтом песчаников, согласно с ним, залегает свита красноцветных пелитоморфных известняков и мергелей (айриджинский горизонт), очень сходных с известняками и мергелями, обнажающимися у с. Карабахлар.

В этом горизонте на р. Хосров были найдены: *Inoceramus* cf. *köeneri* Müll., *In.* cf. *wandereri* Andert, *In. sp.* (В. П. Ренгартеном здесь же был найден *In. wandereri* Andert.).

Таким образом, структура порфиритов, условия их залегания (в особенности присутствие гальки этих порфиритов в перекрывающих их конгломератах) и наличие мандельштейновых разностей ясно указывают на эффузивный характер вулканогенных пород бассейна р. Веди, ранее считающихся интрузивными (в районе восточнее с. Карабахлар)¹.

Возрастное положение эффузивной хосровской свиты определяется как по редкой фауне, в разрезах р. Хосров, так и параллелизацией этих разрезов с разрезами Агверана, Мисханы и Азизкенда. Терригенная свита мисханского разреза относилась в послед-



Фиг. 2. То же. Галька из песчаников, залегающих на хосровской свите (р. Хосров).

¹ Основные интрузии постсреднеэоценового возраста развиты в районе с. Джерманис.

нее время к коньякскому ярусу [3], однако, несколько ранее [2] она относилась к турону. В. П. Ренгартен приводил в свое время следующий список фауны из этой свиты [2, стр. 206]: *Anisoceras ellipticum* Mont., *Baculites* cf. *baculoides* Mant., *Bac. incurvatus* Dujar., *Bac.* cf. *bohemicus* Fritsch, *Puzosia dschumiensis* Sim., *Inoceramus cunioformis* d'Orb., *In.* cf. *pictus* Sow., *Pecten* (*Camptonectes*) *curvatus* Gein., *P. (Aequipecten) decemcostatus* Goldi.

Не имея своих сборов фауны из разреза Мисханы, мы беремся лишь утверждать, что свита эта синхронна терригенной свите Агверанского разреза. В песчаниках этой свиты в 1951 году были собраны: *Baculites bohemicus* Fritsch et Schloenb., *Trigonoarca* aff. *quadrans* Renng., *Panopea rustica* Zitt., *Neithea quadricostata* Sow., *Pinna armenocretacea* sp. nov. (in coll.), *P. armenopiramidata* sp. nov. (in coll.), *Modiola* sp., *Inoceramus costellatus* Woods, *In. frechi* Flegel, *In. subdepressus* sp. nov. (in coll.), *In. gratus* sp. nov. (in coll.), *Hemiaster* sp. (Представители рода *Hemiaster* Desor, как нам любезно сообщила О. И. Шмидт, в Туркмении характерны для турона и коньяка и выше коньякского яруса не встречаются).

В сборах В. Н. Котляра, хранящихся в музее ЦНИГР (Ленинград), среди образцов мисханского разреза имеются бакулиты, иноцерамы и нейтеи, совершенно идентичные, на наш взгляд, с представителями этих родов из агверанского разреза.

В нижней части терригенной свиты последнего разреза был отмечен мощный пласт туфопесчаников и туфоконгломератов с многочисленной, большей частью мелкой, галькой эффузивных пород. Эта свита параллелизуется нами также и с разрезами Аргичи (Айриджа) и Ераноса и относится к ераносской свите.

В разрезе Азиз-кенда на эффузивных породах хосровской свиты залегает мощная пачка песчаников и песчаных глин и алевролитов. В низах ее была найдена единичная *Rostellinda* sp., сходная с *R. ferganensis* Pchel. В средней части ее была собрана богатая фауна иноцерамов и аммоней: *Baculites bohemicus* Fritsch et Schloenb., *Scaphites praearnaudi* sp. nov. (in coll.), *Bostrychoceras* sp., *Inoceramus lusatie* Andert, *In. glatziae* Andert, *In. kleini* Müll., *In. subdepressus* sp. nov. (in coll.), *In. gratus* sp. nov. (in coll.), *In. elevatus* sp. nov. (in coll.), *In. singularis* sp. nov. (in coll.). Фауна эта содержит элементы и верхнего турона и нижнего коньяка. На предельный возраст — верхний турон — нижний коньяк — указывает *Scaphites praearnaudi* sp. nov. (ex gr. *arnaudi* Grossouvre), чрезвычайно близкий к скафитам, описанным А. Гроссувром из нижнеконьякских отложений Франции [4]. По сравнению с ними наш вид является, вероятно, несколько более древним, судя по степени раскручивания раковины. По своей скульптуре и измерениям он очень сходен со *Sc. arnaudi* Grossouvre и, в меньшей степени, со *Sc. meslei* Grossouvre. От обоих этих видов и от близкого к ним *Sc. potieri* Grossouvre наш вид отличается чрезвычайно узким пупком и деталями

скульптуры. От *Sc. meslei* Grossouvre он отличается также и по измерениям—отношение ширины к высоте у сравниваемого вида вдвое больше.

Кроме того, здесь были найдены также: *Latidorsella ponsiana* Grossouvre (коньяк). *Lat. (?) sugnata* Forbes (коньяк-сантон) и *Gaydriceras* cf. *rouvillei* Grossouvre¹ (нижний сантон). Определения этих трех видов были сделаны по нашей просьбе В. П. Ренгартеном².

Над песчаниками залегает горизонт красноцветных известняков и мергелей, в которых был найден одиночный *Inoceramus inconstans* Woods.

Над горизонтом красноцветных известняков и мергелей залегает мощная пачка массивных светложелтых, частью перекристаллизованных известняков. В подошве этой пачки залегает горизонт известняков с частыми и крупными гальками. В верхах пачки также залегают крупногальечные конгломераты—известняки.

В разрезе у с. Карабахлар, в подошве его, залегают порфириды (фиг. 3) и их карбонатно-мандельштейновые разности (фиг. 4).



Фиг. 3. Порфирит хосровской свиты (с. Карабахлар).



Фиг. 4. Карбонатный мандельштейновый порфирит хосровской свиты (с. Карабахлар).

По структуре и составу они неотличимы от их аналогов в бассейне р. Хосров. На порфиридах залегает маломощная пачка известняков. Нижняя часть ее складывается красноцветными пелитоморфными известняками с богатой фауной ежей и иноцерамов. Среди последних были определены: *Inoceramus lamarki* Park. (var. ?), *In. ex. gr. hercynicus* Petrachek, *In. crassus* Petrachek, *In. köneni* Müll., *In. incons-*

¹ Сохранность экземпляров последних двух видов, особенно второго из них неудовлетворительна.

² Упомянутый выше *Scaphites praearnaudi* sp. nov. был первоначально определен В. П. Ренгартеном как *Sc. meslei* Grossouvre (нижний коньяк), но указанные в тексте отличия заставили нас несколько изменить это определение.

tans Woods, *In. humboldti* var. *zeltberyensis* Heinz (?), *In. schloenbachi* Böhm. и др.

Выше располагается горизонт желтых известняков. Раздел между горизонтами не четкий—красная окраска нижнего горизонта сплошь и рядом проникает в верхний—полосами и пятнами. В верхнем горизонте были найдены: *Inoceramus lamarki* Park. (var. ?), *In. wandereri* Andert, *In. inconstans* Woods, *In. cf. involutus* Sow., *In. gradatus* sp. nov. (in coll.) и др.

Очевидно, что и в этой пачке присутствуют элементы и верхнетуронской и, главным образом, коньякской фауны.

Выше залегает довольно мощная пачка песчаников и мергелей, которые перекрываются среднеэоценовыми отложениями.

На большей части обнажений в районе сс. Карабахлар-Дагнас на порфиритах лежат красноцветные известняки или же более низкие (в разрезе) желтоватые мергели. Но на одном участке мощность красного горизонта резко понижается, доходя до нуля, и порфириты в разрезе перекрываются желтым горизонтом.

Порфириты эти следует, повидимому, считать сингенетичными нижней части горизонта красноцветных известняков и мергелей. Отложения основных, жидких лав в карбонатноилистой фации объясняет образование здесь именно карбонатных разностей мандельштейновых порфиритов, которые, кстати сказать, обычно встречаются лишь в верхах хосровской свиты. Деталь эта является лишним подтверждением эффузивного характера этой свиты. Наличие пласта порфиритов, подошва которого не обнажена, объясняет, с нашей точки зрения, уменьшение мощности горизонта красноцветных известняков и мергелей (айриджинский горизонт) в этом разрезе.

На южных склонах Бозбурунского массива в 1950 г. в песчаниках и микроконгломератах, кроющих хосровскую свиту, удалось обнаружить кусты четко ребристых, колониальных (вернее кустовых) рудистов, сходных, с нашей точки зрения, с *Vaccinites grossouvrei* Douv. (верхний турон)¹. Рудисты здесь, судя по заполнению внутренностей раковин микроконгломератом, хорошей сохранности кустов и их ненарушенному положению в породе, находятся „in situ“ (не переотложены).

В 1951 г., здесь же, в красноцветных мергелях, залегающих на терригенной свите (ераносской), были найдены два экземпляра гастропод из рода *Trochactaeon* Meek, определенные как *Tr. pseudocameratus* sp. nov. (in coll.).

В этой же свите известняков, в восточных обрывах в. Гяуркадасы были найдены многочисленные обломки иноцерамов и среди них один экземпляр *Inoceramus subquadratus* Schluter (нижний сенон).

¹ Эти рудисты В. П. Ренгратен относит к виду *Vaccinites giganteus* d'Hombrès Firmas (коньяк).

Фациальная аналогия разреза южного склона Боз-Буруна с разрезами бассейна р. Хосров не позволяет сомневаться в синхронности порфиритов обоих этих участков.

* * *

Учитывая приведенные выше данные, приходим к следующим выводам.

1. Магматические породы на большей части верхнего течения р. Веди аналогичны порфиритам ядра Даргалу-Вединской антиклинали и относятся к одной и той же хосровской свите.

2. В пределах исследованного района хосровская свита кроется обычно верхними горизонтами ераносской свиты (турон-нижний коньяк) и, реже — айриджинским горизонтом (коньяк).

3. По возрастному положению хосровскую свиту следует в настоящее время относить к верхнему турону — нижнему коньяку. Дальнейшие исследования и сборы фауны позволят уточнить и, возможно, сузить стратиграфический интервал этой свиты.

Институт геологических
наук АН Армянской ССР

Поступило 25 IV 1952

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асаян А. Т. Стратиграфия вулканогенных пород Приереванского района (Армянской ССР). Доклады АН Армянской ССР, том XI, № 5, 1950.
2. Ренгартен В. П. Верхнемеловые отложения Восточного Закавказья. Геология СССР, том X, Закавказье, часть I, 19 I.
3. Тихомиров В. В. Малый Кавказ в верхнемеловое время. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, вып. 123, геол. серия (№ 44), 1950.
4. Grossouvre A. Les ammonites de la craie supérieure. II partie. Paléontologie. Mémoire pour servir à l'explication de la carte Géologique détaillée de la France. Paris, 1894.

Վ. Լ. Եղոյան

ՎԵՂԻ ԳԵՏԻ ԱՎԱԶԱՆԻ (ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ՎԵՂՈՒ ՌԱՅՈՆ) ԽՈՍՐՈՎԻ ՇԵՐՏԱԽՄԲԻ ՀԱՍԱԿԱՅԻՆ ԴԻՐՔԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Վեղի գետի ավազանում հրալին ապարներն ունեն բավական մեծ տարածում:

Մինչև վերջին ժամանակներս նրանց մի մասը, Վեղի գյուղից արևմուտք, գետի ստորին հոսանքում, վերագրվում էր վերին սանտոնի էֆֆուզիվ շերտախմբին, ըստ հոսանքի գեպի վեր՝ Ղարաբաղար-Խոսրով հատվածում, համարվում էր պալեոգենի հասակի:

Հեղինակի կողմից 1950—51 թթ. հավաքված փաստերը էապես փոխում են այդ ապարների մասին նախկինում եղած պատկերացումը:

Հաջորդեց հաստատել, որ խոսքով գետի ավազանի հրաշին ապարները, որոնք մինչև այդ համարվում էին ինտրուզիվ ապարներ, իրականում վերին կավճի հասակի պորֆիրիտներ են:

Նրանց էֆֆուզիվ բնույթը այդ հատվածում ապացուցվում է այդ ապարների տիպիկ վիտրոֆիրաշին և վիտրոֆիրո-միկրոլիտաշին ստրուկտուրայով, նրանց մեջ կարբոնատային մագնեզիտային և տարրերակների առկայությամբ: Դա ապացուցվում է նաև նրանց տեղադրմամբ Ադ-սուի անտիկլինալի թևերի և պերիկլինալային մասի երանոսի շերտախմբի (սուրոն-սուրին կոնյակ) վերին մասի հիմնային հորիզոնի տակ և, վերջապես, խոսքով շերտախմբի կարբոնատային մանգեզիտային և պորֆիրիտների բեկորների և գլաքարերի առկայությամբ այդ (հիմնային) հորիզոնի կոնգլոմերատների և ավազաքարերի մեջ:

Խոսքով շերտախմբի ստրատիգրաֆիական գիրքը հաստատվում է մի շարք փաստերով՝

ա) Վեդի գյուղից արևմուտք այդ շերտախմբի պորֆիրիտները ծածկված են կոնգլոմերատներով և ավազաքարերով թվումային ուղղիտների պարունակությամբ, որոնք նման են վերին տուրնի *Vaccinites grossouvrei* Douv. իսկ վերը տեղադրված կարբոնատային շերտախմբի ստորին մասերում գտնվել է կոնյակի հասակի *Ynoceramus subquadratus* Schüter.

բ) Ղարաբաղյար գյուղի մոտ Խոսքով շերտախմբի պորֆիրիտները և մագնեզիտները սինգենետիկ շերտով տեղադրված են վերին տուրնի կրաքարերի և մերգելների մեջ, որոնք պարունակում են բնորոշ ինոցերամիտների ֆաունա:

գ) Աղիզ-քենդ գյուղի մոտ և Խոսքով գետի ավազանում այդ պորֆիրիտները ծածկվում են երանոսի շերտախմբի վերին մասերի տերրիգեն նստվածքներով, որի ստրատիգրաֆիական վերին սահմանը (այդտեղ հավաքված լառա ֆաունայի և այս կտրվածքների և Բուլ-բուբանի, Երանոսի, Ալիջայի, Աղվերանի և Միսխանայի կտրվածքների համեմատությամբ հիման վրա) հանդիսանում է սուրին կոնյակը:

Բոլոր վերը նշված փաստերը թույլ են տալիս բավականաչափ բնական խոսքով շերտախմբի առամասն սահմանները, որ նախկինում սահմանափակվում էր միայն Վեդու անտիկլինալի միջուկով (Վեդի գյուղից արևմուտք) և ճշտել նրա ստրատիգրաֆիական գիրքը — այն է՝ վերին տուրն — սուրին կոնյակ:

Н. А. Картвелишвили

О гидравлическом ударе и колебаниях жидких масс в напорных сооружениях гидроэлектрических станций¹

В теории переходных режимов гидроэлектрических станций принято различать две формы неустановившегося движения жидкости в напорных сооружениях: гидравлический удар и колебания жидких масс.

Под гидравлическим ударом понимают те быстрые и резкие изменения давлений и скоростей течения в напорных сооружениях, которые имеют место в процессе закрытия или открытия регулирующих органов турбин при сбросах или набросах нагрузки и в течение некоторого ближайшего последующего времени.

Колебания же уровня воды в уравнивательных резервуарах, совершающиеся сравнительно медленно, и столь же медленные колебания скоростей течения в напорных деривационных сооружениях, имеющие место теоретически неограниченное, а практически — довольно долгое время после окончания процесса закрытия или открытия регулирующих органов турбин, принято называть колебаниями жидких масс.

На первый взгляд физическая природа этих двух явлений представляется совершенно различной. Эта точка зрения, высказывавшаяся известными иностранными специалистами [3, 5], твердо укоренилась в гидравлике. Только в 1938 году, после того, как М. А. Мостков [2] дал графическое решение задачи о колебаниях масс, исходя из уравнений гидравлического удара, ее ошибочность стала очевидной. В данной работе мы рассмотрим гидравлический удар и колебания масс с более общей точки зрения, не связывая вопрос с тем или иным техническим приемом решения этих задач.

Уравнения одномерного неустановившегося движения в трубе круглого сечения в самом общем виде могут быть написаны так [1]:

$$\frac{\partial}{\partial s} \left(y + \frac{v^2}{2g} \right) = - \frac{1}{g\omega} \frac{\partial Q}{\partial t} - i, \quad (1)$$

¹ В данной работе мы имеем в виду напорные сооружения гидроэлектрических станций, однако почти все сказанное ниже о неустановившемся движении в этих сооружениях относится и ко всяким напорным гидравлическим системам вообще, в частности к водопроводным системам.

$$\frac{\partial Q}{\partial s} = \frac{g\omega}{a^2} \frac{\partial y}{\partial t}. \quad (2)$$

Здесь: y — пьезометрический напор,
 ω — площадь живого сечения трубы,
 Q — расход жидкости,
 v — скорость течения,
 s — координата, отмеряемая по оси трубы,
 t — время,
 g — ускорение силы тяжести,
 i — гидравлический уклон,
 a — скорость распространения волн удара.

Уравнения (1) и (2) охватывают все факторы, влияющие на неустановившееся движение. Если граничные и начальные условия составить в столь же общем виде и выполнить интегрирование уравнений (1) и (2) при этих условиях, то получится общее решение задачи, пригодное для любого момента времени, т. е. охватывающее как явления, называемые гидравлическим ударом, так и явления, известные под названием колебаний масс. Принципиальная возможность такого подхода к вопросу непосредственно свидетельствует о единой природе рассматриваемых явлений. Однако этот подход сложен и практически не целесообразен.

Рассмотрим возможные упрощения постановки задачи.

Представим уравнение (2) в виде:

$$\frac{\partial Q}{\partial s} = - \frac{g\omega}{a} \cdot \left(\frac{1}{a} \frac{\partial y}{\partial t} \right). \quad (3)$$

При быстро протекающих процессах, каким является гидравлический удар, скорость изменения напора $\frac{\partial y}{\partial t}$ значительна и ощутима по сравнению со скоростью распространения ударных волн a , составляющей кругло 1000 м/с. В этом случае величина $\frac{\partial Q}{\partial s}$ отличается от нуля, т. е. расход в различных сечениях трубы не одинаков. Это значит, что в трубе происходит некоторая аккумуляция жидкости за счет сжатия последней и расширения стенок трубы. Вместе с тем, гидравлический удар характеризуется не только большой скоростью изменения величины y , но и большими абсолютными значениями этого изменения, по сравнению с которыми изменение скоростного напора $\frac{v^2}{2g}$ весьма мало, и им можно пренебречь. Пренебрегая далее и влиянием сил трения, которые в подавляющем большинстве гидроэлектрических установок слабо влияют на гидравлический удар, отбросим в уравнении (1) и величину i . Уравнение (1) и (2) имеют в этом случае известное общее решение (для трубы постоянного сечения):

$$y - y_0 = F \left(t - \frac{s}{a} \right) + f \left(t + \frac{s}{a} \right), \quad (4)$$

$$v - v_0 = - \frac{g}{a} \left[F \left(t - \frac{s}{a} \right) - f \left(t + \frac{s}{a} \right) \right], \quad (5)$$

где F и f — произвольные функции, а y_0 и v_0 — значения y и v до нарушения установившегося режима.

Исключая из уравнений (4) и (5) произвольные функции, можно получить так называемые сопряженные уравнения гидравлического удара [2], складывая которые будем иметь:

$$y_t^M + y_{t-\mu}^M - 2y_{t-\frac{\mu}{2}}^N = - \frac{a}{g} \left(v_t^M - v_{t-\mu}^M \right), \quad (6)$$

где верхние индексы обозначают те сечения, а нижние — те моменты времени, к которым относятся значения переменных, и, кроме того, $\mu = 2 \frac{s^M - s^N}{a}$ есть так называемая фаза гидравлического удара.

Уравнения (4) и (5) или уравнение (6) обычно и служат для исследования гидравлического удара.

При медленно протекающих процессах колебания масс скорость изменения напора $\frac{\partial y}{\partial t}$ мала по сравнению со скоростью ударных волн a , и потому, на основании уравнения (3), можно считать, что $\frac{\partial Q}{\partial s} = 0$, как было бы, если бы скорость распространения ударных волн была бесконечно велика. Равенство $\frac{\partial Q}{\partial s} = 0$ означает, что в каждый данный момент времени расход одинаков во всех сечениях трубы, т. е. что аккумуляции жидкости в трубе не происходит, и явление протекает так, как если бы жидкость была несжимаема, а стенки трубопровода абсолютно жестки. При $\frac{\partial Q}{\partial s} = 0$ в уравнении (1) вместо $\frac{\partial Q}{\partial t}$ можно написать $\frac{dQ}{dt}$. Интегрируя его по s , получим

$$\left(y^M + \frac{v^{M^2}}{2g} \right) - \left(y^N + \frac{v^{N^2}}{2g} \right) + \frac{1}{g} \frac{dQ}{dt} \int_N^M \frac{ds}{\omega} + h_{MN} = 0, \quad (7)$$

где h_{MN} — потеря энергии от сечения N до сечения M . Это уравнение, называемое обычно общим уравнением одномерного неустановившегося движения жидкости, и применяется в исследовании колебаний масс.

Заметим, что если в уравнении (7) отбросить скоростные напоры и считать трубу цилиндрической ($\omega = \text{const}$), то это дифферен-

циальное уравнение оказывается частным случаем конечно-разностного уравнения (6), соответствующим значению $a \rightarrow \infty$.

Искусственное расчленение задачи о неустановившемся режиме на задачу о гидравлическом ударе и задачу о колебаниях масс, которое принципиально совсем не является необходимым, оправдывается тем, что серьезно упрощает математическую сторону исследования: гораздо проще исследовать гидравлический удар с помощью уравнений (4) и (5), или вытекающего из них уравнения (6), а колебания масс — с помощью уравнения (7), чем исходить из общей постановки вопроса и интегрировать уравнения (1) и (2). Однако дело не ограничивается только упрощением уравнений: серьезные упрощения исследования достигаются также за счет упрощения начальных и граничных условий.

Рассмотрим уравнильный резервуар простейшей цилиндрической формы (фиг. 1). Обозначим через l разность отметки уровня воды в резервуаре при установившемся режиме и отметки оси деривации, а через $z = z(t)$ — подъем уровня воды в резервуаре в некоторый момент t неустановившегося режима над первоначальным (установившемся) уровнем. Расстояния s будем отсчитывать вверх от точки M пересечения осей деривации и резервуара. Тогда на свободной поверхности будем иметь:



Фиг. 1

$$s = l + z, \quad v^N = \frac{dz}{dt}.$$

* Скорость v_0 для любого сечения уравнильного резервуара равна нулю. На основании уравнения (5) напомним:

$$\frac{dz}{dt} = -\frac{g}{a} \left[F \left(t - \frac{l+z}{a} \right) - f \left(t + \frac{l+z}{a} \right) \right]. \quad (8)$$

Далее, так как на свободной поверхности уравнильного резервуара давление всегда постоянно и равно атмосферному, то изменение пьезометрического напора на этой поверхности $y - y_0$ всегда равно нулю; значит, на основании уравнения (4), имеем:

$$F \left(t - \frac{l+z}{a} \right) + f \left(t + \frac{l+z}{a} \right) = 0. \quad (9)$$

Из уравнений (8) и (9):

$$F \left(t - \frac{l+z}{a} \right) = -\frac{a}{2g} \frac{dz}{dt}, \quad f \left(t + \frac{l+z}{a} \right) = \frac{a}{2g} \frac{dz}{dt}. \quad (10)$$

Считая поперечные размеры деривации и уравнильного резервуара малыми по сравнению с длиной l , как это обычно и прини-

мается, можем написать для ближайшего к точке М сечения уравнительного резервуара, на основании уравнений (4) и (5):

$$y^M - y_0^M = F(t) + f(t),$$

$$v^M = - \frac{g}{a} [F(t) - f(t)].$$

Подставляя сюда значения $F(t)$ и $f(t)$ из выражений (10), получим:

$$y^M - y_0^M = - \frac{a}{2g} \frac{d}{dt} \left\{ z \left[t - \frac{l+z(t)}{a} \right] - z \left[t + \frac{l+z(t)}{a} \right] \right\}, \quad (11)$$

$$v^M = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \left\{ z \left[t - \frac{l+z(t)}{a} \right] + z \left[t + \frac{l+z(t)}{a} \right] \right\}. \quad (12)$$

Из этих уравнений движения в уравнительном резервуаре мы должны были бы исходить в том случае, если бы хотели, пренебрегая силами трения и изменениями скоростных напоров, получить общее решение задачи о гидравлическом ударе и колебаниях масс. Уравнения (11) и (12) являются весьма сложными функциональными уравнениями, и поэтому их использование для описания неустановившегося движения создает серьезные математические затруднения. Но при исследовании гидравлического удара пренебрегают изменениями уровня воды в уравнительном резервуаре, считая, что за то короткое время, в течение которого гидравлический удар достигает максимума, уровень воды в резервуаре не успевает сколько-нибудь заметно переместиться. Это значит, что в (11) и (12) величина $z(t)$ пренебрежимо мала по сравнению с l . Пренебрегая ею, получим*

$$y_t^M - y_0 = - \frac{a}{2g} \left(v_{t-\frac{\mu}{2}}^N - v_{t+\frac{\mu}{2}}^N \right), \quad ** \quad v_t^M = \frac{1}{2} \left(v_{t-\frac{\mu}{2}}^N + v_{t+\frac{\mu}{2}}^N \right),$$

где $\mu = \frac{2l}{a}$. Отсюда

$$v_{t-\frac{\mu}{2}}^N = v_t^M - \frac{g}{a} (y_t^M - y_0), \quad (13)$$

$$v_{t+\frac{\mu}{2}}^N = v_t^M + \frac{g}{a} (y_t^M - y_0). \quad (14)$$

Определяя значение v_t^N из выражений (13) и (14) и приравнивая их друг другу, получим:

$$y_{t-\frac{\mu}{2}}^M + y_{t+\frac{\mu}{2}}^M - 2y_0 = - \frac{a}{g} \left(v_{t+\frac{\mu}{2}}^M - v_{t-\frac{\mu}{2}}^M \right),$$

* Заметим, что из малости z отнюдь не следует малость $\frac{dz}{dt}$.

** Очевидно, что если силы трения и скоростные напоры не учитываются то величина y_0 одинакова для всех сечений напорной системы, если пьезометрические напоры отсчитывать от одного общего для всех сечений уровня. Поэтому индекс и при y_0 можно опустить.

или:

$$y_1^M + y_{1-\mu}^M - 2y_0 = -\frac{a}{g} (v_1^M - v_{1-\mu}^M). \quad (15)$$

Этим уравнением и выражают неустановившийся режим в уравнительном резервуаре при исследовании гидравлического удара. Как видим, оно значительно проще уравнений (11) и (12). Однако уравнение (15) обычно проще получают непосредственно из уравнения (6), принимая в нем $y_{1-\frac{\mu}{2}}^N = y_0$.

Допущение о пренебрежимой малости перемещения уровня воды в уравнительном резервуаре, сильно упрощающее исследование гидравлического удара, конечно, совершенно не приемлемо для исследования колебаний масс даже в качестве самого грубого приближения. Но в этом исследовании принимаются иные упрощения, относящиеся к начальным условиям. Исходя из того, что процесс регулирования турбин совершается за весьма короткое, по сравнению с периодами колебаний уровня воды в резервуаре, время и что резкие колебания скоростей и давлений в трубопроводе быстро затухают, в исследовании колебаний масс принимают, что при изменении нагрузки расход воды в трубопроводах станции изменяется не в течение какого-то конечного времени, а мгновенно, от значения, соответствующего первоначальному установившемуся режиму, до значения, соответствующего изменившейся нагрузке, а скорости течения и пьезометрические напоры во всех сечениях деривации и уравнительного резервуара в момент этого изменения имеют значения, соответствующие первоначальному установившемуся режиму.

Помимо этого, в исследовании колебаний масс принимают еще и другие допущения, а именно:

1) пренебрегают инерцией массы воды, заключенной в резервуаре, потерями напора в нем (если, конечно, резервуар не имеет специальных сопротивлений для гашения колебаний) и скоростным напором, т. е. применяя уравнение (7) к движению воды в резервуаре, отбрасывают в нем члены

$$\frac{1}{g} \frac{dQ}{dt} \int_N^M \frac{ds}{\omega}, \quad h_{NM}, \quad \frac{v_N^2}{2g} \quad \text{и} \quad \frac{v_M^2}{2g},$$

иначе говоря, полагают $y^M = y^N$;

2) при определении амплитуд колебаний уровня воды в резервуаре (но не в вопросах устойчивости) обычно пренебрегают влиянием колебаний уровня на расход турбин, т. е. полагают, что расход турбин, изменившись мгновенно при изменении нагрузки, остается далее постоянным.

Таким образом, необходимо прийти к выводу, что если и есть различие между гидравлическим ударом и колебаниями масс, то

отножью не качественное, а количественное: те факторы, которые сильно влияют на неустановившийся режим в его начальные моменты (гидравлический удар), как, например, упругость воды и стенок напорных сооружений, в последующем (колебания масс) сказываются значительно слабее, уступая место другим факторам, влияние которых, слабое вначале, заметно сказывается в дальнейшем.

Подробно рассмотренное выше расчленение задачи о неустановившемся режиме на гидравлический удар и колебания масс целесообразно с практической точки зрения, так как вносит существенные упрощения в исследование неустановившихся режимов, в окончательные расчетные методы и формулы, а, стало быть, и в производство расчетов. Принципиально же возможное интегрирование общих уравнений (1) и (2) при общих начальных и граничных условиях, дающее сразу полную картину всего неустановившегося режима, но связанное с исключительными математическими и расчетными трудностями, не оправдывается теми незначительными уточнениями в расчетах, которое оно может дать.

Различие в допущениях, принимаемых в теории гидравлического удара и в теории колебаний масс, вносит очень существенные различия и в математические методы исследования. Это видно уже из одного того, что гидравлический удар может быть выражен (при малом влиянии сил трения) линейным конечно-разностным уравнением (6), а колебания масс выражаются нелинейными (из-за наличия членов $\frac{v^2}{2g}$ и нелинейной зависимости потерь напора h от скорости v) обыкновенным дифференциальным уравнением (7). Эти различия в допущениях и в математических методах и породили, по-видимому, ошибочное представление о различии природы явлений гидравлического удара и колебаний масс.

Опыты над колебаниями масс показывают, что теоретические расчеты дают преувеличенные (до 10—15%) значения амплитуд колебаний уровня воды в уравнительных резервуарах. В лабораторных условиях это обстоятельство было выявлено опытами В. А. Орлова для резервуаров с сопротивлениями и Эсканда [4] для цилиндрических и конических резервуаров, а в условиях природы — некоторыми опытами ТНЕСГЭИ. Для объяснения причин этого расхождения попытаемся выяснить погрешности, вносимые каждым из приближенных допущений теории колебаний масс в отдельности. При этом мы будем пока считать, что гидравлические сопротивления в системе отсутствуют.

Рассмотрим колебания уровня воды в резервуаре, учитывая упругость воды и стенок деривации, т. е. применяя к движению в деривации не уравнение (7), как это обычно делается, а уравнение (6), впервые использованное для этой цели Мостковым [2]. При этом мы не будем учитывать инерцию и упругость жидкой массы, заключенной в самом резервуаре, т. е. будем считать, что давление в

конце деривации вполне определяется высотой столба воды в уравнительном резервуаре. Учитывая, что у входа в деривацию (сечение N) давление всегда постоянно, т. е. что $y^N = y_0 = \text{const}$, напишем, на основании уравнения (6):

$$z_{t-\mu} + z_t = \frac{a}{g} (v_{t-\mu} - v_t), \quad (16)$$

где v — скорость течения в конце деривации,
 μ — фаза удара в деривации.

В силу условия неразрывности

$$Q = v\omega = \Omega \frac{dz}{dt} + Q^*, \quad (17)$$

где ω — площадь сечения деривации, Ω — площадь зеркала воды в резервуаре, Q^* — расход воды в начале трубопровода.

Из уравнений (16) и (17) легко получить:

$$z_{t-\mu} + z_t = \frac{a}{g\omega} \left[\dot{Q}_{t-\mu} - \dot{Q}_t + \Omega \frac{d}{dt} (z_{t-\mu} - z_t) \right]. \quad (18)$$

Считая, что в момент $t=0$ расход Q^* мгновенно изменяется от $Q^* = Q_1^*$ до $Q^* = Q_2^*$ и далее остается постоянным, будем иметь:

$$\dot{Q}_{t-\mu} - \dot{Q}_t = \Delta Q [1 - \sigma(t - \mu)], \quad (19)$$

где $\Delta Q = Q_1^* - Q_2^*$, а σ — широко применяемая в операторном исчислении единичная функция. Учитывая выражение (19), придадим уравнению (18) такой вид:

$$x_{\tau-1} + x_\tau = 1 - \sigma(\tau - 1) + \frac{z}{2} \frac{d}{d\tau} (x_{\tau-1} - x_\tau), \quad (20)$$

где $x = \frac{z}{j}$, $\tau = \frac{t}{\mu}$, $j = \frac{a\Delta Q}{g\omega}$, $z = \frac{a^2\Omega}{gL\omega}$.

Полагая $F(p) \rightarrow x_\tau$, из (20) найдем:

$$F(p) = \frac{e^p - 1}{e^p + 1 + \frac{z}{2} p (e^p - 1)} \quad (21)$$

и, следовательно,

$$x_\tau = \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{F_1(p_k)}{p_k F_2'(p_k)} e^{p_k \tau}, \quad (22)$$

где $F_1(p) = e^p - 1$, $F_2(p) = e^p + 1 + \frac{z}{2} p (e^p - 1)$,

а p_k — корни уравнения $F_2(p) = 0$, которое приводится к виду:

$$\alpha \frac{p}{2} = -\operatorname{cth} \frac{p}{2}.$$

Нетрудно убедиться в том, что это уравнение может иметь только чисто мнимые корни, поэтому, полагая $p = 2i\gamma$, где γ — вещественное число, приведем его к виду:

$$\alpha \gamma = \operatorname{ctg} \gamma. \quad (23)$$

Это уравнение легко решается графически. Обозначим его корни через γ_k ($k = 1, 2, \dots$). Теперь формулу (22) можно привести к окончательному виду:

$$x_2 = 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin \gamma_k \tau}{\gamma_k (1 + \alpha + \alpha^2 \gamma_k^2)}. \quad (24)$$

Сложность этого выражения в сравнении с известным решением для случая, когда упругость воды и стенок деривации не учитывается,

$$z = \Delta Q \sqrt{\frac{L}{g\omega\Omega}} \sin \sqrt{\frac{g\omega}{L\Omega}} t, \quad (25)$$

показывает, насколько нецелесообразно учитывать в расчетах уравнительных резервуаров фактор упругости, если без учета точность решения получается практически приемлемой. Но именно в силу своей сложности формула (24) мало пригодна для оценки этой точности, и поэтому мы пойдем по другому пути.

Рассмотрим так называемый идеальный двухкамерный резервуар, в котором весь объем каждой из камер сосредоточен на одной отметке, а соединение камер осуществлено шахтой нулевого сечения (фиг. 2). Уравнение неразрывности (17) для установки с такой камерой напишется так:

$$Q = v\omega = \frac{dW}{dt} + Q^*, \quad (26)$$

где W — объем воды, поступающей в уравнительный резервуар (или изливающийся из резервуара, когда $W < 0$). На основании уравнения (7), для деривации постоянного сечения, при отсутствии сил трения, имеем:

$$z + \frac{L}{g\omega} \frac{dQ}{dt} = 0, \quad (27)$$

где L — длина деривации. Из (26) и (27) совершенно элементарным путем получается формула для объема воды, изливающейся в камеру:

$$W = \frac{L\Delta Q^2}{2g\omega z_m}, \quad (28)$$



Фиг. 2.

где z_m — разность отметки уровня расположения камеры и отметки первоначального уровня воды в резервуаре.

Решим теперь задачу об идеальном резервуаре, выражая неустановившееся движение в деривации уравнением (6), которое представим в виде:

$$x_{t-1} + x_t = u_{t-1} - u_t, \quad (29)$$

где $x = \frac{z}{j}$, $\tau = \frac{1}{\mu}$, $u = \frac{v^m}{v_0} = \frac{Q}{Q_0}$, $\mu = \frac{2l}{a}$, $y = \frac{av_0}{g}$,

а v_0 и Q_0 — скорость и расход в деривации при полной нагрузке турбин. Очевидно, что для первой фазы, т. е. при $\tau < 1$, имеем:

$$x_{t-1} = 0, \quad u_{t-1} = \text{const} = \Pi_1 = \frac{Q_1^*}{Q_0}, \quad \text{а для последующих фаз: } x_{t-1} = x_t =$$

$$\frac{z_m}{j} = x_m. \quad \text{Учитывая это и полагая } \tau = c + k, \quad \text{где } c = \text{const} < 1,$$

а k — целое число или нуль, напомним на основании (29):

$$\begin{aligned} \Pi_1 - u_c &= x_m \\ u_c - u_{c+1} &= 2x_m \\ u_{c+1} - u_{c+2} &= 2x_m \\ &\dots \dots \dots \\ u_{c+k-2} - u_{c+k-1} &= 2x_m. \end{aligned}$$

Суммируя эти уравнения, получим:

$$u_{c+k-1} = \Pi_1 - (2k-1)x_m.$$

Отсюда видно, что расход в деривации в течение каждой фазы остается постоянным и меняется скачками от фазы к фазе. Расход воды, изливающийся в резервуар (при сбросе нагрузки) или из резервуара (при набросе) будет равен:

$$\frac{dW}{dt} = Q - Q_2^* = Q_0 (u_{c+k-1} - \Pi_2) = Q_0 [\Pi_1 - \Pi_2 - (2k-1)x_m], \quad (30)$$

где $\Pi_2 = \frac{Q_2^*}{Q_0}$. Очевидно, что наполнение (сброс) или опорожнение (наброс) резервуара будет происходить до тех пор, пока правая часть выражения (30) не пройдет через нуль, т. е. до k_m -ой фазы включительно, где

$$k_m = E \left[\frac{1}{2} \left(1 + \frac{\Pi_1 - \Pi_2}{x_m} \right) \right], \quad (31)$$

а символом $E(y)$ обозначена, как обычно, целая часть числа y . Объем воды, изливающийся в резервуар в течение k -ой фазы, равен:

$$\Delta W_k = [\Pi_1 - \Pi_2 - (2k-1)x_m] Q_0 \mu. \quad (32)$$

Полный же объем, изливающийся за все время наполнения или опорожнения резервуара, определится суммированием выражений (32), написанных для $k = 1.2 \dots k_m$, т. е. будет равен:

$$W = [(P_1 - P_2) k_m - k_m^2 x_m] Q_0 \mu. \quad (33)$$

Обращаясь к случаю полного сброса ($P_1 = 1, P_2 = 0$) или полного наброса ($P_1 = 0, P_2 = 1$) нагрузки и рассматривая абсолютные значения x_m и W , из (31) и (33) получим:

$$W = \left\{ E \left(\frac{1+x_m}{2x_m} \right) - x_m \left[E \left(\frac{1+x_m}{2x_m} \right) \right]^2 \right\} Q_0 \mu. \quad (34)$$

Из этой формулы видно, что $W = 0$ при $x_m > 1$, т. е. когда отметка камеры z_m превышает ординату прямого удара. При $x_m < 1$ объем W растет с уменьшением x_m , без скачков, но с разрывами производной при нечетных значениях $\frac{1}{x_m}$, для которых формула (34) дает:

$$W = \frac{1-x_m^2}{4x_m} Q_0 \mu. \quad (35)$$

Сравнительными подсчетами легко убедиться, что приняв эту формулу не только для нечетных, но и для любых значений $\frac{1}{x_m}$ мы не сделаем практически никакой ошибки. Поэтому мы будем ею пользоваться при всех $x_m < 1$.

Формулу (28) в рассматриваемом случае можно представить в виде:

$$W = \frac{Q_0 \mu}{4x_m}. \quad (36)$$

Из (35) и (36) получаем следующее выражение для отношения ϕ объемов камер, вычисленных с учетом и без учета эффекта упругости:

$$\phi = 1 - x_m^2$$

и выражение погрешности, вносимой игнорированием фактором упругости:

$$\delta = 1 - \phi = x_m^2 = 100 x_m^2 \%. \quad (37)$$

Так как на практике величина x_m обычно редко превышает 0,1, то погрешность σ обычно составляет не более 1%.

Идеальный уравнительный резервуар характеризуется наибольшей скоростью подъема или падения уровня. Во всех других типах резервуаров эта скорость будет меньше, следовательно, в соответствии с изложенным выше, в других типах эффект упругости будет сказываться в меньшей степени. Поэтому полученную нами величину

погрешности расчета уравнительного резервуара от пренебрежения эффектом упругости следует считать наибольшей возможной.

Рассмотрим теперь влияние на колебания масс инерции жидкой массы, заключенной в уравнительном резервуаре, и конечного времени регулирования турбин. При этом мы не будем учитывать фактора упругости, т. е. будем исходить из уравнения (7) и будем, как и прежде, пренебрегать потерями напора и скоростным напором. Применяя уравнение (7) к деривации и к уравнительному резервуару, напомним:

$$y^M - y_0 + \frac{L}{g\omega} \frac{dQ}{dt} = 0, \quad (38)$$

$$y^N - y^M + \frac{L+z}{g\Omega} \frac{dQ'}{dt} = 0, \quad (39)$$

где y^N — отметка свободной поверхности в резервуаре, а $Q' = \Omega \frac{dz}{dt}$ — расход воды в резервуаре. Имея в виду, что в рассматриваемом случае постепенного изменения расхода турбин производная $\frac{dQ^*}{dt}$,

вообще говоря, не равна нулю, учитывая, что $y^N - y^M = (y^N - y_0) - (y^M - y_0) = z - (y^M - y_0)$ и используя уравнение (17), из (38) и (39) получим:

$$z + \frac{L\Omega}{g\omega} \left(1 + \frac{\omega}{\Omega} \frac{L+z}{L} \right) \frac{d^2z}{dt^2} + \frac{L}{g\omega} \frac{dQ^*}{dt} = 0, \quad (40)$$

Чтобы не иметь дела с трудноразрешимым нелинейным уравнением, заменим в этом уравнении переменную величину $L+z$ постоянной L_0 , где под L_0 нужно подразумевать некоторую среднюю высоту столба воды в уравнительном резервуаре. Мы, однако, будем подразумевать под L_0 не среднюю, а максимальную высоту столба воды, что приведет к заведомому преувеличению влияния инерции жидкой массы резервуара. Положим далее

$$\Omega' = \Omega \left(1 + \frac{\omega}{\Omega} \cdot \frac{L_0}{L} \right), \quad (41)$$

после чего (40) перепишется так:

$$z + \frac{L\Omega'}{g\omega} \frac{d^2z}{dt^2} + \frac{L}{g\omega} \frac{dQ^*}{dt} = 0. \quad (42)$$

Отсюда видно, что весь эффект от учета сил инерции жидкой массы резервуара сводится к эффекту от увеличения площади зеркала воды в резервуаре от величины Ω до величины Ω' . Даже если принять $\omega = \Omega$, то, как видно из (41), разница между величинами Ω и Ω' во всех практически интересных случаях будет измеряться долями процента. Погрешность в определении амплитуд колебаний уровня без учета инерции жидкой массы в резервуаре будет такого же порядка.

Для оценки влияния конечного времени регулирования будем считать, что величина Q^* при сбросе или набросе нагрузки изменяется в течение времени T_s линейно от некоторого значения Q_1^* до Q_2^* и далее остается постоянной. Решение уравнения (42) для этого случая имеется в работе [3]. Результат решения сводится к тому, что амплитуда z_m колебания уровня при постепенном изменении расхода турбин от Q_1^* до Q_2^* к амплитуде z_0 колебания при мгновенном изменении расхода определяется формулой:

$$\frac{z_m}{z_0} = \frac{\sin \pi \frac{T_s}{T}}{\pi \frac{T_s}{T}}, \quad (43)$$

где
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{LQ}{g\omega}}$$

есть период колебания уровня воды в резервуаре. Формула (43) показывает, что даже при очень большом значении $\frac{T_s}{T} = 0,1$ (а столь большие значения этого отношения на практике не встречаются) погрешность от игнорирования величиной времени регулирования не превышает 1,6%.

Все изложенное приводит к двум следующим выводам. Во-первых, в расчетах колебаний масс вполне допустимо и целесообразно пренебрегать фактором упругости, инерцией жидкой массы в уравнительном резервуаре и временем регулирования турбин. Во-вторых, погрешности, вносимые в расчет этими факторами, значительно меньше расхождений между теорией и опытами и не объясняют этого расхождения.

Поэтому причину расхождения между опытом и теорией нужно искать, повидимому, в следующем обстоятельстве, на которое впервые обратил внимание, насколько нам известно, М. А. Мостков. В теоретических расчетах для потерь напора принимаются те закономерности, которые получаются из опытов над установившимся режимом, в то время как при неустановившемся режиме потери напора должны отличаться от потерь при установившемся режиме (при прочих равных условиях). При сбросе нагрузки и торможении массы воды в деривации эюра распределения скоростей по сечению должна выравниваться, а это, как известно, должно приводить к увеличению потерь напора, т. е. к уменьшению подъема уровня в резервуаре, что и наблюдается в действительности. К сожалению, в настоящее время, ввиду полного отсутствия каких-либо экспериментальных данных о потерях напора при неустановившемся движении, этот вопрос не может быть подвергнут детальному анализу.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Мелещенко Н. Т. Общий метод расчета гидравлического удара в трубопроводах. Известия ВНИИГ, т. 29, 1941.
2. Мостков М. А. Гидравлический удар в гидрозлектрических станциях, 1938.
3. Calame J., Gaden. D. Théorie des chambres d'équilibre, 1926.
4. Escande L. Calcul des chambres d'équilibre à section variable par les méthodes aux différences finies et semigraphique, Vérifications expérimentales. Le Génie Civil, CXXIV, № 20, 1947.
5. Eydoux D. Hydraulique industrielle et usines hydroélectrique, 1921.

Ն. Ա. Գարգելիովի

ՀԻԴՐՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ՃՆՇՈՒՄԱՅԻՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐՈՒՄ ՀԻԴՐԱԿԼԻԿԱԿԱՆ ՀԱՐՎԱԾԻ ԵՎ ՇԵՂՈՒԿ ՄԱՍՍԱՆԵՐԻ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ ՈՒ Մ

Հաղվածում ցույց է տրված, որ հիդրակլիկական կայանների ճնշումային կառուցվածքներում հիդրավլիկական հարվածը և հեղուկ մասսաների տատանումները իրենցից ներկայացնում են միևնույն պրոցեսի երկու ստադիաները և որ այդ ստադիաների միջև եղած տարբերությունը, հակառակ մի շարք օտարերկրյա մասնագետների կարծիքի, կրում է ոչ թե որակական, այլ քանակական բնույթ:

Ընդհանուր ձևով գրելով ճնշումային կառուցվածքներում հաստատված շարժման հավասարումները (1) և (2) և նույնպես ընդհանուր ձևով առնելով սկզբնական և սահմանային պայմանները, կարելի է ստանալ հաստատված շարժման վերաբերյալ խնդրի միացյալ լուծումը, որն ընդգրկում է նրա ինչպես առաջին ստադիան՝ հիդրավլիկական հարվածը, այնպես էլ երկրորդը՝ մասսաների տատանումները: Այդ երկու ստադիաների միջև խիստ սահման չի կարելի բնդգծել:

Այդպիսով, հաստատված սեփմբ բաժանել հիդրավլիկական հարվածի և մասսաների տատանումների՝ սկզբունքորեն անհրաժեշտ չէ և կրում է արհեստական բնույթ: Բայց այդպիսի բաժանումը գործնականորեն նպատակահարմար է, որովհետև այն թույլ է տալիս զգալիորեն պարզելու խնդրի լուծումը:

Հաստատված սեփմբի առաջին ստադիայում կարելի է անտեսել ջրի մակարդակի բարձրացումը հավասարակշռող ռեզերվուարում և ճնշման կորուստները: Դրա շնորհիվ պարզեցվում է հիդրավլիկական հարվածի հետադադարությունը երկրորդ ստադիայում կարելի է անտեսել ջրի և գերիվադիայի պատերի առաձգականությունը, ինչպես և աուրբինների կարգավորման ժամանակի վերջնական մեծությունը, որի շնորհիվ պարզեցվում է մասսաների տատանումների վերաբերյալ խնդրի լուծումը:

Հայտնի է, որ մասսաների տատանումների վերաբերյալ փորձերի և տեսական հաշվարկերի միջև գիտվում է սխառմաստիկ տարամխություն:

Հաղվածում ցույց է տրված, որ այդ խնդրի հաշվարկներում սովորական պարզեցման շնորհիվ ստացված սխառները չնչին են և չեն բացա-

արում այդ տարածությունը: Դրա պատճառը պետք է բացատրել նրանով, որ տեսական հաշվարկները կառուցված են ճնշման կորուստներէ բանաձևերի վրա, որոնք ստացված են հաստատված շարժման վրա կառարված փորձերից, մինչդեռ հաստատված շարժման գեպքում ճնշումից առաջացած կորուստները պետք է տարբերվեն հաստատված շարժման գեպքէ կորուստներից:

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

А. М. Осепян

К вопросу энерго-экономических расчетов при
 сезонном и многолетнем регулировании
 гидроэнергосистем¹

Вопросы выбора нормы обеспеченности и связанные с ним вопросы определения оптимальной мощности ГЭС являются весьма актуальными. Этим вопросам советскими учеными посвящен ряд исследований.

С. А. Кукель-Краевский пишет [11, стр. 170—171]:

„Каждый раз, когда в СССР строилась и проектировалась ГЭС, находились авторитетнейшие специалисты, которые стремились снизить ее мощность и возражали против увеличения числа и мощности устанавливаемых на ней агрегатов, аргументируя снижением показателей использования генератора при таком повышении мощности. На заре нашего электростроительства считали преувеличенной выбранную Г. О. Графтио мощность Волховской ГЭС. Только И. В. Егiazаров еще в 1919 году в своих трудах и выступлениях подчеркивал необходимость увеличения мощности этой электроцентрали, имея в виду ее работу в большой системе, в то время, как у нас и на Западе господствовали примитивные представления о значении числа часов использования мощности ГЭС“.

В решении 1-го Совещания по регулированию стока, созванного секцией по научной разработке водохозяйственных проблем и состоявшегося в 1946 году [12, стр. 224], отмечено, что некоторые весьма актуальные вопросы энерго-экономического проектирования остаются не разрешенными.

В резолюции совещания говорится:

„Совещание считает необходимым организовать научную разработку принципов технико-экономического сравнения различных вариантов, неустановленность которых является наиболее больным местом водохозяйственного проектирования“.

С. Н. Крицкий и М. Ф. Менкель в опубликованной ими статье, посвященной вопросу выбора величины расчетной обеспеченности, несколько сгущая краски, пришли к следующему выводу [21, стр. 58]:

¹ Печатается в порядке обсуждения.

„Заканчивая краткое изложение вопроса об обеспеченности, как характеристики устойчивости работы водохозяйственных установок, необходимо еще раз подчеркнуть, что современная практика проектирования не опирается в решении этого вопроса ни на экономический расчет, ни даже на достаточно выдержанные логические основания.

Это обстоятельство приводит к неоправданным размерам сооружений—в одних случаях чрезмерным, в других—недостаточным и наносит, хотя не явно выраженный, но вполне реальный ущерб народному хозяйству“.

Научный подход к энерго-экономическим расчетам требует исследования комплексных технико-экономических показателей.

Между отдельными фазами процесса производства электроэнергии и потребления ее существует непрерывная и непосредственная связь, что приводит к такой же связи между режимом производства электроэнергии и режимом потребления.

Рациональный в экономическом отношении режим работы гидроэлектростанции может оказаться неприемлемым в том же отношении для потребителей электроэнергии.

Поэтому, руководствуясь законами материалистической диалектики [1], необходимо рассмотреть вопрос в комплексе, и для удовлетворения требованиям планового социалистического хозяйства изучить элементы комплекса в их взаимосвязи.

Органическая связь между развитием энергетики и народным хозяйством охарактеризована товарищем Сталиным в следующих словах [2, стр. 254]: „...под электрификацией страны Ленин понимает не изолированное построение отдельных электростанций, а постепенный «перевод хозяйства страны, в том числе и земледелия¹, на новую техническую базу, на техническую базу современного крупного производства», связанного так или иначе, прямо или косвенно, с делом электрификации“.

Применение материалистического диалектического метода выражается, кроме того, в рассмотрении энерго-экономических показателей не отдельных изолированных гидроэлектростанций, а электросистем, причем в комплексе с потребителем электроэнергии.

Большое значение комплексного регулирования в энергетике отмечено в работах чл.-корр. АН СССР В. И. Вейца [13, 14, 15].

Но методы энерго-экономических характеристик комплексного регулирования не получили должного развития в гидроэнергетике [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

В теории и практике энерго-экономических расчетов исследования ограничиваются рамками энергосистемы [16, стр. 2; 5, стр. 115], что не дало возможности решить ряд принципиальных вопросов гидроэнергетики.

¹ Курсив И. В. Сталина.

К последним, в первую очередь, относится вопрос определения расчетных норм обеспеченности гидроэлектростанций.

На первом Всесоюзном совещании по регулированию речного стока, созванном в 1946 г. Академией наук СССР, секция по научной разработке водохозяйственных проблем отметила следующее [12, стр. 243]: «Совещание отмечает отсутствие ясности в вопросе о нормативных значениях обеспеченности, которые должны приниматься в расчетах регулирования стока для различных видов потребителей (энергетика, промышленное и питьевое водоснабжение и др.) и обращает внимание руководящих инстанций на важность определенных директивных указаний с их стороны по этому вопросу».

Прежде чем узаконить расчетные нормативы обеспеченности в директивном порядке, необходимо дать теоретическое решение этого вопроса.

Вопросу расчетной нормы обеспеченности посвящена статья проф. В. Г. Айвазяна «Определение расчетных норм обеспеченности гидроэлектростанций» [18].

В упомянутой статье автор дает правильное направление решения этой задачи. Он пишет: «Увеличение мощности регулирующей станции $N_{\text{рег.}}$, дублирующей в системе мощность, установленную на рассматриваемой гидростанции, приводит к увеличению издержек в энергосистеме, но вместе с тем ведет к уменьшению недодачи энергии потребителю и сокращению дефицита энергии в промышленности или у бытового потребителя, в результате чего снижается ущерб, наносимый потребителю в период неполного его удовлетворения».

Задача сводится к нахождению оптимального, с точки зрения народного хозяйства в целом, решения, при котором суммарные издержки в энергосистеме и ущерб у потребителя оказались бы минимальными, т. е. чтобы:

$$I_{\text{сист.}} + I_{\text{ущ.}} = \min.$$

Проф. Айвазян не разработал методики расчетов по определению величины ущерба $I_{\text{ущ.}}$. Он пишет:

«Вопрос установления значения $I_{\text{ущ.}}$ является предметом специального экономического и хозяйственного исследования».

С. Н. Никитин [19], на основе обобщения большого опыта проектирования гидростанций в Советском Союзе, дана методика водно-энергетических расчетов. В этой работе С. Н. Никитин совершенно справедливо отмечает, что вопрос выбора величины расчетной обеспеченности, несмотря на его актуальность, не нашел своего теоретического разрешения.

В этой же работе народно-хозяйственный ущерб, получаемый при работе станции в маловодные сезоны, предлагается оценивать по стоимости продукции, невыработанной промышленными предприятиями в те же периоды.

Мы полагаем, что этот способ решения задачи не может найти широкого применения в практике проектирования, так как исходные положения этого способа расчета недостаточно обоснованы. Действительно:

1) принятие в расчетах обеспеченности, выбранной по методу С. Н. Никитина, не дает возможности достаточно четко планировать выпуск продукции электроемкой промышленностью. При планировании народного хозяйства нет возможности учесть изменения стока на несколько лет вперед ввиду отсутствия методов его прогнозирования;

2) ущерб для народного хозяйства, получаемый от недодачи продукции, С. Н. Никитин учитывает в величине стоимости самой продукции, между тем недодачи известного количества продукции приводит к балансовым нарушениям между отдельными отраслями производства и потери народного хозяйства могут далеко превзойти по величине стоимость самой продукции.

В своей последней работе, посвященной вопросу выбора многолетней нормы обеспеченности, С. Н. Никитин [17] выдвинул следующие мероприятия, которые должны обеспечить выработку постоянного количества электроэнергии на незарегулированных в многолетнем разрезе энергосистемах:

а) полное или частичное использование в маловодные периоды аварийного резерва;

б) уплотнение графика нагрузки системы.

Осуществление этих мероприятий, по заявлению С. Н. Никитина, не приводит к народно-хозяйственным потерям.

Возникает вопрос—если уплотнение графика нагрузки не приводит к народно-хозяйственному ущербу, то почему отказываться от его осуществления в периоды более низкой обеспеченности?

Комплексного метода исследования при регулировании энергосистем стремятся придерживаться также и другие энергетики Советского Союза.

Так, например, в своем труде, посвященном вопросу проектирования гидроэлектростанций, Д. С. Щавелев пишет [20, стр. 4]: «Проектирование электрических станций, в том числе и выбор установленной мощности ГЭС, основывается на нахождении наилучших решений для всего народного хозяйства, включая потребителей энергии». Далее (стр. 5): «В качестве экономического критерия наивыгоднейшей величины установленной мощности гидроэлектрической станции принимается, получивший широкое распространение в практике проектирования гидроэлектростанций, критерий минимума издержек по всему народному хозяйству за длительный период времени с учетом перспектив развития народного хозяйства».

Но приняв правильную исходную позицию для решения задачи выбора мощности ГЭС, Д. С. Щавелев не разработал метода

расчета, который мог быть применен в проектной практике. Он пишет: „Вопрос о теоретическом обосновании метода подсчета издержек, т. е. метода экономических расчетов не входит в тему настоящей диссертации“ (там же, стр. 5).

Само собой разумеется, что нельзя произвести выбора установленной мощности исходя из принципа минимума издержек в народном хозяйстве, когда не дана методика расчетов этого минимума.

Из приведенного краткого обзора видно, что метод исследования вопроса сезонного и многолетнего комплексного регулирования нельзя считать разработанным, насколько об этом можно судить по энерго-экономической литературе. Авторы, пытавшиеся разрешить эту проблему, тщетно старались установить взаимосвязь между расчетной величиной народно-хозяйственного ущерба, получаемого от недовыпуска известного количества предусмотренной государственным планом продукции, и экономией, получаемой благодаря планированию производства на основе метода рассмотрения производителя энергии в комплексе с ее потребителем (при работе потребителя на переменном графике энергоснабжения).

Эта задача решена в нашей работе следующим образом. При установлении эффективности размера участия потребителей-регуляторов в годичном и многолетнем регулировании народно-хозяйственные затраты приняты из расчета выпуска заводом продукции одного и того же вида в одном и том же количестве при работе в двух режимах: по постоянному и переменному графику.

Поэтому, до сравнения вариантов, мощности ГЭС должны быть выбраны с расчетом покрытия потребности в энергии при условии выпуска одного и того же объема продукции.

При выборе варианта мощности нужно иметь в виду условие, согласно которому объем выпущенной продукции оставался бы неизменным.

Токой подход к решению задачи освобождает от необходимости проведения бесплодных расчетов по определению потерь, которые возникают в связи с недовыпуском продукции в объеме, предусмотренном народно-хозяйственным планом.

При отсутствии всех видов регулирования за расчетный должен быть принят минимальный расход маловодного года, который обычно настолько мал, что не обеспечивает рентабельной работы гидроэлектростанции.

При годичном регулировании режима работы гидроэлектростанции потребителями-регуляторами расчетный год также принимается минимальный, а за расчетный расход принимается тот, который значительно повышает обеспеченный круглый год. Это обстоятельство значительно повышает коэффициент использования стока, а также рентабельность гидроэлектростанции [22, 23 и 24].

Но годичное регулирование потребителями-регуляторами нельзя рассматривать в отрыве от многолетнего регулирования.

Несмотря на то, что электроемкая промышленность в большинстве случаев себя вполне оправдывает, как годичный регулятор, нельзя отказаться от возможности получения дополнительного количества продукции на свободных мощностях, имеющихся на электроемком заводе и на гидростанции в годы низкой обеспеченности.

В этом случае получается дополнительный народно-хозяйственный эффект без каких-либо новых капитальных вложений и с минимальными издержками производства, при почти даровой электроэнергии; что же касается вопроса обеспечения потребителей-регуляторов дополнительным количеством сырья и материалом, то и этот вопрос не представляет особых трудностей, так как электролитический аммиак не требует какого-либо сырья, а сырье для карбидного и ферросплавного производства не дефицитное, и в основной массе добывается на месте силами и средствами самого завода.

Получение дополнительной продукции сверх народно-хозяйственного плана не связано с какими-либо трудностями. Такие ценные продукты, вырабатываемые сверх плана, как, например, азотные удобрения, ферросплавы и, наконец, карбид-кальция в условиях планового хозяйства всегда могут быть легко реализованы.

На худой конец можно отказаться от дополнительной продукции, так как выпуск ее электроемкой промышленностью в объеме, предусмотренном народно-хозяйственным планом, в рассматриваемом случае обеспечивается в маловодном году с минимальными издержками [24].

Вопрос гарантированного обеспечения продукцией в количестве, предусмотренном народно-хозяйственным планом, намного осложняется в тех случаях, когда государственный план ориентируется на электроэнергию, вырабатываемую в годы меньшей обеспеченности, чем маловодный.

Этот вопрос может быть разрешен двумя способами.

Первый способ заключается в том, чтобы в многоводные годы была резервирована часть продукции для покрытия дефицита, получаемого в маловодные годы. Этот способ решения задачи связан со значительными народно-хозяйственными трудностями. Эти трудности в основном обусловлены наличием цикличности в ходе маловодных и многоводных периодов, а также неразработанностью вопроса методики надежного прогнозирования объема и режима стока рек на ряд лет вперед.

Второй способ решения задачи заключается в размещении электроемкой промышленности в различных районах Советского Союза, со снабжением ее электроэнергией от гидростанций, использующих сток с различными гидрологическими режимами.

При электрическом кустовании гидростанций, реки, на которых работают эти гидростанции, обычно расположены в известной близости друг от друга и принадлежат к одному климатическому району.

ну, т. е. эти реки имеют почти что сходные (конформные) гидрографы. Поэтому в данных условиях кустование станций сравнительно мало содействует выравниванию выработки электроэнергии по годам.

Другое положение получается при многолетнем регулировании ГЭС потребителями-регуляторами. В этом случае взаимное регулирование потребителей не требует сооружения длинных линий передачи, что создает возможность широкого использования стока рек разных климатических зон.

В соответствии с этим недовыработка одного и того же вида продукции, выпускаемого заводом потребителем-регулятором, расположенным в одном районе, будет компенсирована продукцией потребителя-регулятора, находящегося в другом районе.

Ниже, в таблице 1, приведены примеры, показывающие, что большая удаленность друг от друга рек различных климатических зон затрудняет, а порой и исключает возможность электрического регулирования гидростанций, использующих сток этих рек.

Таблица 1

Колебание модульного коэффициента стока рек за 1938—1944 гг.

Годы	Наименование рек						
	Кура в створе А	Кура в створе Б	Рион	Ингур	Чирчик	Кама	Амур
1938	91	82	67	120	80	70	120
1939	104	100	79	123	96	83	94
1940	130	127	147	100	101	82	97
1941	100	89	97	118	147	118	123
1942	99	103	108	82	148	115	102
1943	72	86	87	66	114	124	109
1944	92	116	117	100	95	105	65

Из таблицы видно, что за многолетие в большинстве случаев водность Куры, Риона и Ингура не совпадает с водностью рек Чирчика, Камы и Амура.

1944 год является маловодным годом для рек Грузии, в то время как для Чирчика, Камы и Амура он многоводный; наоборот, многоводный для грузинских рек 1940 г. является маловодным для Чирчика, Камы и Амура.

Нами исследован более длинный (35-летний) гидрологический ряд для трех крупнейших рек Советского Союза: Чирчика, Днепра и Волги.

Гидрологический ряд для этих рек характеризуется следующими показателями, приведенными в таблице 2; данные таблицы представляют расходы 6 месячной обеспеченности.

Таблица 2

Гидрологические показатели	Число лет в процентах		
	Чирчик, Волга	Чирчик, Днепр	Волга, Днепр
Сочетание многоводных лет	11	17	14
Сочетание многоводных со средним годом	3	0	3
Сочетание средних по водности лет	0	0	3
Сочетание средних по водности лет с маловодными	17	11	6
Сочетание маловодных лет	17	29	29
Сочетание многоводных лет с маловодными	52	43	46

Эти данные с полной очевидностью показывают, что потребители-регуляторы могут играть серьезнейшую роль в вопросе многолетнего регулирования при объединении энергосистем.

Потребители-регуляторы имеют ряд преимуществ перед тепловыми станциями при многолетнем регулировании.

Общезвестно, что в основу расчетов по определению мощности регулирующей станции принимается маловодный период за многолетие.

Экономичность использования потребителей-регуляторов контролируется по маловодному году.

Вопросы многолетнего регулирования не могут быть полностью разрешены потребителями-регуляторами, но электроемкие производства, размещенные у ГЭС, использующих сток рек с различными гидрологическими режимами, позволяют значительно сократить объем регулирующих водохранилищ.

Уменьшение объема водохранилищ происходит благодаря высокой вероятности несовпадения величин водностей на реках различных климатических зон.

Необходимо также иметь в виду, что регулирование гидро-энергосистемы потребителями-регуляторами не требует капитальных вложений в сооружение линий передачи.

Этот вид регулирования не вызывает также дополнительных издержек, имеющих место при электрическом регулировании в связи с передачей энергии на дальние расстояния.

Экономичность использования потребителей-регуляторов контролируется по их работе в маловодный год.

В многоводные годы использование производственной мощности электроемкого потребителя получается более высоким.

Иначе обстоит с тепловыми станциями, мощность которых выбирается по маловодному периоду маловодного года.

В многоводные периоды простаивают значительные мощности теплового регулятора.

Это обстоятельство снижает экономичность тепловых станций.

Кроме того, сам расчет экономического выбора установленной мощности ГЭС становится неопределенным. Кроме всего этого потребители-регуляторы играют серьезнейшую роль в повышении коэффициента использования стока при комбинированном регулировании с водохранилищами.

Полное решение проблемы энергетической и экономической эффективности объединения энергетических систем с участием потребителей-регуляторов выходит за рамки настоящей статьи.

Мы считаем доказанным в этой работе то, что проблема многолетнего регулирования гидроэнергосистемы может быть разрешена при рассмотрении вопроса комплексно, с обязательным участием в процессе регулирования потребителей-регуляторов.

Методика расчета для выбора экономичного режима работы гидросистемы при комплексном годичном и многолетнем регулировании разработана в наших работах [23 и 24].

В ы в о ы

1. Проблема многолетнего регулирования гидросистемы может быть разрешена при участии в процессе регулирования потребителей-регуляторов.

2. Потребители-регуляторы позволяют снизить необходимые объемы водохранилищ годового и многолетнего регулирования, предназначенных для регулирования работы гидроэнергосистемы.

3. Использование различия в гидрологических режимах водотоков, находящихся в отличных друг от друга климатических зонах, в вопросе регулирования выпуска продукции электроемких производств должно сыграть значительную роль в проблеме объединения энергосистем СССР.

Поступило 15 V 1952

Водно-энергетический институт
АН Армянской ССР

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сталин И. В. Вопросы ленинизма. Издание XI.
2. Сталин И. В. Сочинения, том XI.
3. Гидроэнергопроект МЭС. Инструкция по определению эффективности гидроэлектростанции в целом и ее параметров, 1945.
4. Веденев Б. Е. К вопросу о методологии определения стоимости энергии при проектировании гидроэлектростанций. „Гидротехническое строительство“, № 1—2, 1945.
5. Зодотарев Т. Л. Гидроэнергетика, 1950.
6. Айвазян В. Г. Методика энерго-экономических расчетов при проектировании гидроэлектрических станций, 1943 (руководство—диссертация).
7. Егиазаров И. В. Гидроэлектрические силовые установки, ч. I, 1934.

8. Морозов А. А. Использование водной энергии. 1948.
9. Мостков М. А. Основы теории гидроэнергетического проектирования. 1948.
10. Губин Ф. Ф. Гидроэлектрические станции. 1949.
11. Кукель-Краевский С. А. Электроэнергетическая система. 1938.
12. Труды первого совещания по регулированию стока. 1946.
13. Вейц В. И. Развитие электротехники в Советском Союзе за 30 лет. Общая энергетика. "Электричество", № 11, 1947.
14. Вейц В. И. О производстве энергетическом коэффициенте полезного действия комбинированного промышленного производства. Известия АН СССР, отд. технич. наук, № 7, 1948.
15. Вейц В. И. Энергетическое комбинирование и энергетический коэффициент полезного действия промышленного производства. Известия АН СССР отделение технических наук, № 8, 1949.
16. Золотарев Т. Л. Проблемы гидроэнергетической науки. "Гидротехническое, строительство", № 4, 1949.
17. Никитин С. Н. Обеспеченность работы гидроэлектростанции и выбор ее параметров. "Гидротехническое строительство", № 5, 1951.
18. Айвазян В. Г. Определение расчетных норм обеспеченности гидроэлектростанций. "Гидротехническое строительство", № 5, 1947.
19. Никитин С. Н. Методика водно-энергетического проектирования. 1949.
20. Шавелев Д. С. Основы выбора установленной мощности гидроэлектрических станций в сложных энергетических системах. Автореферат диссертации, 1950.
21. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Ущерб от ограничения воды и энергопотребления как факторы, определяющие целесообразные размеры водохозяйственных установок. "Проблемы регулирования речного стока", № 4, 1950.
22. Осепян А. М. Карбидные и ферросплавные электропечи как потребители-регуляторы сезонной гидроэнергии. "Электричество", № 8, 1949.
23. Осепян А. М. Выбор многолетней нормы обеспеченности при комплексном регулировании режима работы гидроэнергосистем. Известия АН Армянской ССР (серия ФМЕТ наук), № 2, 1951.
24. Осепян А. М. Выбор экономичного режима работы гидроэнергосистемы при комплексном годичном регулировании. Известия АН Армянской ССР (серия ФМЕТ наук), № 4, 1951.

Ա. Մ. Հովսեփյան

ԷՆԵՐԳԱ-ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿՆԵՐԻ ՀԱՐՑԻ ՀՈՒՐԶԸ՝ ՀԻԴՐՈՍԻՍՏԵՄՆԵՐԻ ՏԱՐԵԿԱՆ ԵՎ ԲԱԶՄԱՄՅԱ ԿԱՆՈՆԱՎՈՐՄԱՆ Դ Ե Պ Ք Ո Ւ Մ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Բազմամյա կանոնադրման ապահովության նորմայի բնորոշումը և նրա հետ կապված՝ հիդրոսխյանի օգտին ապահովության որոշման հարցերը, չնայած իրենց ահուսալուծական, մինչև այժմ բավարար չափով չեն լուծվում:

Հոգսածուժ ցույց է տրվում, որ հիդրոսխյանի բազմամյա կանոնադրման խնդիրը կարելի է լուծել ապահով-կանոնադրիչների օգնությամբ:

Սղառիչ-կանոնավորիչները հիդրոսխեմի կանոնավորման գործում առավելություններ ունեն համեմատած ջերմային կայանների հետ, և միաժամանակ թույլ են տալիս փոքրացնելու տարեկան և բազմամյա կանոնավորման համար նախատեսված ջրամբարի ծավալը:

ՍՍՌՄ էներգոսխեմների միավորման հարցում մեծ գեր պետք է ունենա կլիմայական տարրերի գոտիներում գտնվող գետերի հիդրոսխեմիկան բեմիների զանազանությունն օգտագործումը:

ЗАЩИТА ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Г. А. Арзуманян

Исследование метода влажного антисептирования древесины раствором фтористого натрия

Высокая токсичность фтористого натрия по отношению к домовым грибам и большая инсектисидная активность по отношению к насекомым древоточцам сделали его основным водорастворимым антисептиком из принятых в общесоюзной строительной практике.

Наиболее распространенным методом обработки древесины этим антисептиком является метод влажного антисептирования, заключающийся в нанесении раствора на поверхность древесины путем обмазки кистями или опрыскивания из гидропульта.

Однако, несмотря на широкое применение этого метода в строительной практике, эффективность его мало изучена.

В литературе [7] имеется указание, что антисептический раствор при обмазке или опрыскивании проникает в древесину на глубину 2—3 мм, а чаще 1—1,5 мм, при этом совершенно не указывается, какова концентрация антисептика в различных слоях.

Отсутствуют также обоснованные рекомендации по технологии нанесения раствора. Имеются лишь указания, что опрыскивание или обмазка должны производиться двукратно, причем, часто рекомендуется производить это горячим раствором.

Кроме того, во многих инструкциях подчеркивается, что антисептик теряет свою токсичность, если антисептированные поверхности древесины покрываются материалами, содержащими ионы кальция (гажа, гипс, известь и т. д.).

Все эти указания имеют весьма существенное практическое значение, однако они, повидимому, не проверялись специальными исследованиями и рекомендуются производству на основании общих соображений.

Опыты наши преследовали цель выяснить ряд вопросов, связанных с поверхностной обработкой, как-то: глубина проникновения антисептика в древесину и концентрация его в различных слоях в зависимости от температуры раствора, кратности нанесений раствора и промежутка времени между нанесениями раствора, влияние штукатурных растворов на антисептированную древесину и, наконец, проверка эффективности поверхностной обработки древесины во времени.

С этой целью был задуман и проведен ряд экспериментов, результаты которых изложены в настоящей статье.

При проведении этой работы мы пользовались советами и консультацией доктора биологических наук профессора А. А. Яценко-Хмелевского.

В статье учтены ценные замечания доктора сельскохозяйственных наук профессора А. Т. Вакина.

Автор приносит им свою глубокую благодарность.

Об определении фтористого натрия в древесине¹

Для разрешения большинства интересовавших нас вопросов необходимо было располагать методикой количественного определения фтористого натрия в древесине. Однако, несмотря на то, что фтористый натрий является весьма широко распространенным антисептиком и общий метраж обрабатываемых им (в тех или иных растворах или составах) деревянных конструкций, строящихся и ремонтируемых зданий и сооружений достигает, вероятно, ежегодно по всему Советскому Союзу нескольких миллионов квадратных метров, до сих пор не существует сколько-нибудь общезвестной методики определения количества фтористого натрия, введенного в древесину. Обработка древесины фтористым натром не обеспечена каким-либо надежным методом технического контроля, гарантирующим проверку качества полученных результатов. В большинстве руководств и пособий по защите строительной древесины от гниения для установления содержания фтористого натрия в древесине указывается на так называемую железороданистую пробу. Однако, как было показано Д. К. Антоновым [1], эта проба вовсе не является специфичной, так как обесцвечивание происходит и при нанесении реактива на древесину, длительное время подвергавшуюся действию солнечного света (инсолированная или „загоревшая“ древесина), во все не содержащую фтористого натрия.

Кроме того, как указывает В. Н. Петри [9], при малом содержании в древесине фтористого натрия обесцвечивания также не происходит. Тем не менее во всех инструкциях и руководствах, изданных до 1949 года, роданистые пробы являлись единственным рекомендованным методом проверки качества антисептирования фторосодержащими препаратами.

Только в последней инструкции [8] ссылка на эту пробу отсутствует, без того, чтобы были бы даны какие-либо иные указания на методику испытания древесины, обработанной антисептиками, содержащими фтор.

Кроме указанного способа существует еще способ Батмана и

¹ Химические анализы по определению фтористого натрия в древесине были проведены при консультации В. Г. Гегеле.

Генингсена [3]. Срез обрабатывается в течение нескольких секунд раствором хлористого свинца, после чего обмывается сильной струей воды; затем срез высушивается, снова промывается водой и после этого обрабатывается 5% раствором сернистого аммония. В обработанной таким образом древесине места пропитанные фтористым натрием окрашиваются в серый цвет.

Однако и этот способ, при малых содержаниях фтористого натрия в древесине, также не применим.

Даже если эти способы и не обладали бы указанными недостатками, то они не могли бы нас удовлетворить, так как являются только качественными и не отвечают на вопрос—какое количество фтористого натрия имеется в обработанной древесине. Поэтому, приступая к проведению опытов, было необходимо выбрать или изыскать метод количественного определения фтористого натрия в древесине.

Нам казалось целесообразным избрать простые методы количественного определения фтористого натрия в древесине, доступные любой химической, в том числе и построечной лаборатории.

В работе А. Н. Гартмана, Л. Н. Бакушинской и А. М. Михайловой [5] рассмотрены способы определения содержания фтористого натрия в растворе. С целью определения вымываемости фтористого натрия из древесины авторы приводят результаты ряда методов определения фтористого натрия в водах, в которых производились вымывания образцов, предварительно пропитанных раствором фтористого натрия.

Испробовав ряд методов, которые не дали достаточно точных результатов, авторы остановились на методе титрования NaF соляной кислотой в присутствии SiO_2 .

Этот метод основан на следующей реакции:



Авторы указывают, что лучшие результаты были получены при титровании $1/2 \text{ N HCl}$ с применением метилоранжа. Однако и этот метод также, как указывают авторы, при малых навесках—от 0,1 г и ниже—оказывается не точным и в большинстве случаев результаты получаются завышенными.

Насколько известно первая иностранная работа по определению фтористого натрия в древесине была выполнена в лаборатории германской древопропиточной фирмы Рютгерса [10]. В этой работе описывается следующий метод определения фтора в древесине. Измельченную древесину пропитывают раствором уксусно-кислого кальция. Затем сушат в кварцевой чашке и озоляют. К золе добавляют 25% уксусной кислоты и несколько капель 10% KJ и упаривают на водяной бане досуха. Остаток растворяют в воде, фильтруют, промывают водой, сушат фильтр с осадком и озоляют. Зола после прокаливании разлагается в аппарате Пенфильда.

Способ этот отличается сложностью, и применение его весьма затруднительно для массовых определений. Кроме того, даже этот сложный метод определения фтора при малых количествах дает приближенные результаты [11].

В работе Коминса и Хиггинсона [12], опубликованной в изданиях Австралийского совета научных и промышленных исследований, приводится метод определения фтористого натрия в древесине при помощи тория. Однако и этот способ, ввиду большой сложности, оказался не применим для массовых определений.

Количественный метод определения фтористого натрия в древесине с помощью цирконий—ализариновой реакции предложен в недавно опубликованной работе Б. Шульце и Г. Тедена [13]. Предельная чувствительность этого метода составляет 0,5% фтористого натрия, что превосходит его предельную дозу для главных древоразрушающих грибов.

После ознакомления с указанными выше методами было решено остановиться на определении фтористого натрия путем осаждения в виде CaF_2 . При этом способе к водному раствору NaF добавляют 1 мл нормального раствора Na_2CO_3 , нагревают до кипения и осаждают 10% раствором CaCl_2 . Осадку дают осесть, фильтруют через плотный фильтр (белая или синяя лента). Высушенный осадок вместе с фильтром озолот, золу растворяют в 10% уксусной кислоте, упаривают на водяной бане досуха, растворяют осадок в горячей воде, фильтруют, озолот и взвешивают в виде CaF_2 . Переводный коэффициент на фтористый натрий в этом случае составляет 1,076.

Для проверки точности метода был проведен ряд испытаний.

Образцы древесины, изготовленные из заболонной сосны, размером $20 \times 20 \times 4$ мм (последний размер вдоль волокон), взвешивались, затем погружались в раствор с точно определенным содержанием фтористого натрия, причем количество последнего, поглощенного древесиной, определялось двояким способом. Сперва процент поглощения древесиной раствора определялся путем взвешивания только что вынутых и обсушенных фильтровальной бумагой образцов. По количеству поглощенного раствора определялось количество фтористого натрия в образце. Так как при этом способе могли быть допущены ошибки в определении веса влажного образца, сохнувшего в процессе извлечения и взвешивания, то содержание фтористого натрия одновременно определялось другим способом.

Для пропитки каждого образца бралось 10 мл раствора с точно определенным содержанием фтористого натрия. После выдерживания в растворе в течение суток образец извлекался из закрытого стакана и взвешивался.

В стакане определялось оставшееся количество фтористого натрия. Разница между взятым и оставшимся количествами давала абсолютное количество фтористого натрия, поглощенного образцом.

Содержание фтористого натрия в древесине определялось как

Таблица 1

№ образцов	Вес образца (сухого) до пропитки	Содержание NaF в растворе	Найдено NaF в растворе после пропитки	Содержание NaF в образце		Найдено NaF в образце	Разность 7—6		Разность 7—5	
				по разности 3—4	по весу после пропитки		в г	в % к 6	в г	в % к 5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,9759	0,3739	0,3338	0,0401	0,0392	0,0377	-0,0015	-3,83	-0,0024	-6,0
2	0,9242	"	0,3427	0,0312	0,0290	0,0263	-0,0027	-9,30	-0,0049	-15,7
3	1,0454	"	0,3402	0,0337	0,0374	0,0339	-0,0035	-9,36	-0,0002	+0,6
4	0,7960	"	0,3469	0,0270	0,0280	0,0259	-0,0021	-7,50	-0,0011	-4,07
5	0,5898	"	0,3468	0,0271	0,0260	0,0277	+0,0017	+6,53	+0,0006	+2,2
6	0,6168	"	0,3310	0,0229	0,0247	0,0258	+0,0011	+4,45	+0,0029	+12,67
7	0,5734	"	0,3463	0,0276	0,0248	0,0286	+0,0038	+15,32	+0,0010	+3,62
8	1,0972	"	0,3225	0,0514	0,0448	0,0524	+0,0076	+16,96	+0,0010	+1,94
9	1,1414	"	0,3287	0,0452	0,0396	0,0489	+0,0093	+23,5	+0,0037	+8,18
10	0,9560	"	0,3313	0,0426	0,0320	0,0422	+0,0102	+31,87	-0,0004	-0,94
11	0,5930	"	0,3430	0,0309	0,0246	0,0309	+0,0063	+25,61	0	0
12	0,6364	"	0,3422	0,0317	0,0259	0,0331	+0,0075	+29,29	+0,0014	+4,41
13	0,8646	"	0,3373	0,0354	0,0400	0,0365	-0,0035	-8,75	+0,0011	+3,11
14	0,4620	"	0,3523	0,0216	0,0244	0,0221	-0,0023	-9,42	+0,0005	+2,31
15	0,5319	"	0,3501	0,0238	0,0255	0,0239	-0,0016	-6,27	+0,0001	+0,42
16	0,8814	"	0,3301	0,0138	0,0445	0,0127	-0,0018	-4,04	-0,0011	-2,51
17	0,9661	"	0,3333	0,0406	0,0474	0,0425	-0,0049	-10,34	+0,0019	+4,68
18	0,7642	"	0,3403	0,0336	0,0369	0,0326	-0,0043	-11,65	-0,0010	-2,97

Примечание: способ определения NaF в образцах:

1—6—сжигание в муфельной печи с последующим осаждением с CaCl_2 , 7—18—четырёхкратное экстрагирование кипящей водой с последующим осаждением с CaCl_2 . Последующие экстракты древесины не показали наличия NaF.

путем экстрагирования водой тонких стружек образца, так и путем сжигания древесины в муфельной печи с последующим экстрагированием.

Результаты определений приведены в таблице 1.

Несмотря на тщательность проведения опыта все же имеются расхождения как в содержаниях фтористого натрия определенных двумя способами, так и в результатах его определения в древесине путем экстрагирования водой.

Расхождения эти частично могут быть объяснены тем, что в одном случае из образца во время пропитки извлекаются некоторые вещества, что может внести искажение в определение поглощения весовым способом. В другом случае искажения могут возникнуть вследствие того, что, как известно [4], раствор к концу пропитки становится менее концентрированным, чем он был в начале опыта.

Таким образом, ознакомление с литературой и произведенные анализы приводят к убеждению, что в настоящее время мы не располагаем простым и надежным способом химического определения малых количеств фтористого натрия в древесине. Между тем с практической точки зрения представляет интерес именно определение фтористого натрия в количествах близких к предельной дозе для основных древоразрушающих грибов.

Влияние кратности нанесений раствора

В связи с полученными результатами можно заключить, что изложенный метод для определения фтористого натрия в древесине, при малых его количествах, может дать ответ с некоторыми искажениями.

Поэтому было решено метод этот применить для той только части опытов, где в образцах содержалось наибольшее количество фтористого натрия. Такими были образцы, обработанные с поверхности многократным нанесением раствора. Анализом этих образцов преследовалась цель—выяснить распределение фтористого натрия в поверхностных слоях древесины при требуемой инструкциями двукратной обмазке и при многократной обмазке, применяемой некоторыми строителями с целью придания отдельным деталям конструкций большой грибоустойчивости.

Изготовление образцов производилось по следующей схеме: прямослойная заболонная сосновая доска, влажностью 10,5%, расчерчивалась на прямоугольники 25×60 мм, между которыми оставлялись промежутки.

Был приготовлен раствор с содержанием 31,0176 г/л фтористого натрия, который наносился на поверхность образцов кистью. Образцы покрывались раствором в один, два, три, пять, десять, пятнадцать и двадцать раз. Раствор имел температуру 18°C. Промежутки

времени между нанесениями раствора был принят 2 часа. Для каждой кратности было взято три образца.

После того, как из доски были выпилены образцы, специальным ножом с них последовательно снимались четыре слоя толщиной каждый 1 мм. Каждая такая пластинка-проба обозначалась порядковым номером и номером образца.

В вырезанных пластинках было определено содержание фтористого натрия изложенным выше способом. Результаты этих определений приведены в таблице 2.

Если даже ставить под сомнение точность абсолютных значений найденных количеств фтористого натрия в последовательных слоях древесины, то все же, совершенно очевидно, что проникание антисептика происходит гораздо глубже, чем это считалось до сих пор: в четвертом миллиметре от поверхности фтористый натрий обнаруживается еще в количествах, близких к предельной дозе (0,25—0,3%).

Несколько неожиданным оказалось то, что многократная обмазка по сравнению с однократной почти не повышает количества антисептика во внутренних слоях древесины. Рост концентрации фтористого натрия ограничивается в верхнем слое. Лишь при пятнадцатикратной и двадцатикратной обмазках во втором миллиметровом слое наблюдается некоторое повышение концентрации антисептика.

Полученные неожиданные результаты повидимому следует объяснить тем, что уже при первой обмазке в самых поверхностных слоях древесины, где испарение влаги происходит быстрее, часть фтористого натрия выпадает из раствора и оседает на оболочках клеток и частично на внешней поверхности древесины. Раствор повторных обмазок встречает в этих поверхностных слоях плохо пропускаемую преграду в виде слоя осажденного фтористого натрия, который он не способен растворить. Это предположение подтверждается тем фактом, что образцы, обмазываемые несколько раз, после высыхания покрывались более или менее густым белым налетом соли, что не должно было иметь места, если бы раствор последующих обмазок проникал бы сколько-нибудь в глубь древесины.

Из таблицы также видно, что наряду с высоким содержанием фтористого натрия в слоях одних образцов, наблюдается низкое его содержание в слоях других образцов. Так, во втором миллиметре при двукратной обмазке было обнаружено меньше фтористого натрия, чем в четвертом миллиметре при однократной обмазке. При этом установленный процент содержания фтористого натрия в отдельных случаях оказался ниже предельной дозы для некоторых древоразрушающих грибов, что могло быть вызвано не точностью определений.

Однако это требовало самой тщательной проверки для того, чтобы установить — до какого миллиметра в глубину, при поверхност-

Известия V, № 3—5

Таблица 2

Кратность образцов	Слои древесины	Вес снятых слоев в г	Найдено NaF в слоях, в г	NaF в % к весу сухой древесины
Одна	1	1,7270	0,0076	0,440
	2	2,3436	0,0058	0,247
	3	2,3047	0,0064	0,277
	4	2,3412	0,0055	0,235
Две	1	2,4908	0,0532	2,136
	2	2,4232	0,0039	0,161
	3	2,5958	0,0035	0,134
	4	2,4509	0,0030	0,122
Три	1	2,4634	0,0644	2,143
	2	2,6440	0,0057	0,215
	3	2,2065	0,0020	0,091
	4	2,3109	0,0014	0,061
Пять	1	2,3198	0,0969	4,173
	2	2,7518	0,0109	0,395
	3	2,2048	0,0058	0,263
	4	2,6399	0,0055	0,206
Десять	1	2,1176	0,1911	9,024
	2	2,1734	0,0068	0,312
	3	2,6212	0,0046	0,175
	4	2,4696	0,0051	0,206
Пятнадцать	1	2,1207	0,2797	13,189
	2	2,0155	0,0116	2,033
	3	2,2920	0,0071	0,353
	4	2,1318	0,0036	0,168
Двадцать	1	2,7504	0,4534	16,484
	2	2,5514	0,0491	1,924
	3	2,4284	0,0121	0,498
	4	2,3666	0,0082	0,346

ной обработке, древесина неуязвима в смысле поражения ее домовыми грибами. Такая проверка была осуществлена следующим образом.

Из совершенно аналогичных образцов, обработанных таким же образом, вырезывались миллиметровые слои и укладывались на разросшуюся культуру гриба *Copiorhiza cerebella*. Здесь, как и во всех последующих опытах, испытания производились методом ЦНИИМОД [2]. На дно колбы Эрленмейера укладывались куски стеклянных трубок в виде помоста. Затем, до половины диаметра

этих трубок, в колбы наливалась искусственная питательная среда из пивного сусла и агар-агара. Сверху колбы закрывались ватными пробками.

Заготовленные таким образом колбы стерилизовались в автоклаве в течение 30 минут при давлении в 1,5 атмосферы, после чего производилось заражение мелкими деревянными кубиками объемом, примерно, $1/4 \text{ см}^3$, которые предварительно были заражены грибом.

После разрастания гриба в колбу на стеклянные трубки укладывались куски древесины, вырезанные из исследуемых слоев. Каждый слой делился на три части. Таким образом, испытуемые пластинки имели размеры $25 \times 20 \times 1 \text{ мм}$. Вместе с тремя такими пластинками в колбу укладывался контрольный образец таких же размеров, вырезанный из необработанного участка той же доски.

Для каждого испытания брались четыре колбы. В первую из них укладывались пластинки, вырезанные из первого миллиметра, во вторую — пластинки, вырезанные из второго миллиметра и т. д.

Колбы помещались в шкаф, где поддерживалась постоянная температура $23-25^\circ\text{C}$ и велось наблюдение. Опыт показал, что для таких тонких образцов срок испытания вполне достаточен в 30 дней.

Полное отсутствие роста гриба на пластинках указывало на то, что фтористый натрий содержится в них в количестве равном или превосходящем предельную дозу. Слабый, еле заметный рост гриба указывал, что антисептик находится в количестве несколько меньшем, но приближающемся к предельной дозе. Несколько угнетенный рост гриба указывал на то, что фтористый натрий имеется в пластинках в некотором количестве; количество это хотя и ниже предельной дозы, но все же до некоторой степени защищает древесину от гриба. И, наконец, сильное обрастание пластинок наравне с контролем указывало на то, что в испытуемых пластинках нет антисептика.

Таким образом, предложенный метод испытания послойно отделяемых пластинок дает возможность в количественном аспекте судить о глубине проникновения антисептика и характере его распределения в поверхностных слоях при влажном антисептировании.

Микологическое испытание показало стойкость испытуемых образцов. В то время, как контрольные образцы обрастали, испытуемые оставались не тронутыми за исключением небольших участков, главным образом, у самых торцовых краев, где иногда наблюдалось очень слабое обрастание, что может быть объяснено выщелачиванием антисептика из крайних участков пластинки. Это слабое обрастание наблюдалось только на образцах из вторых, третьих и, главным образом, четвертых миллиметровых слоев, причем независимо от того, к какой кратности обмазки относились эти образцы, что не имело бы места, если при многократной обмазке количество антисептика в указанных слоях заметно повышалось.

Отсутствие даже самого легкого обрастания на образцах, сня-

тых из первого миллиметрового слоя указывает на то, что в этом слое антисептик имеется в количестве значительно превышающем предельную дозу, так, что если даже некоторая его часть выщелачивается, то все же остается достаточное количество, не допускающее роста гриба.

Таким образом, мы видим, что опыты по определению влияния кратности нанесений раствора на глубину проникновения антисептика, произведенные биологическим испытанием, совпали с данными, полученными химическим анализом, в том смысле, что на глубине четырех миллиметров антисептик оказался в количестве, близком к предельной дозе, независимо от кратности обработки.

Однако полученные данные, как это выяснилось впоследствии, не могут служить полным подтверждением результатов химического анализа ввиду того, что промежуток времени между обработкой и испытанием играет важную роль в распределении фтористого натрия в толще древесины. В наших опытах химические анализы были сделаны через несколько дней после обработки, а микологические испытания спустя почти год.

Влияние температуры раствора и промежутка времени между нанесениями раствора

Опыты с образцами, обработанными различной кратностью, убедили нас в том, что принятая методика биологического испытания последовательных поверхностных слоев обработанной древесины вполне пригодна также для определения влияния различных факторов на степень защищенности обработанной поверхности древесины.

Как известно, имеется указание на то, что раствор при влажном антисептировании должен быть горячим. Это, по всей вероятности, рекомендуется из предположения, что горячий раствор, при поверхностном его нанесении, проникает в древесину глубже, чем холодный.

Однако выполнение этого указания связано с определенными практическими трудностями при производстве антисептиационных работ, а эффективность его, насколько известно, не проверялась. Поэтому для выяснения влияния температуры раствора на его проникновение в древесину были приготовлены образцы, обработанные раствором различной температуры. Был взят тот же раствор фтористого натрия, примененный в предыдущем опыте. Часть образцов была покрыта раствором с $t = 4^{\circ}\text{C}$, другая часть — с $t = 20^{\circ}\text{C}$ и третья — с $t = 70^{\circ}\text{C}$.

Через несколько дней с каждого образца были вырезаны последовательно по четыре миллиметровых слоя, которые были уложены в колбы на разросшуюся культуру гриба *Coniophora cerebella*.

Общая картина результатов испытания срезов из поверхностных слоев древесины, обработанной растворами различной температуры,

оказалась одинаковой для всех трех вариантов температур. Образцы из первого миллиметрового слоя совершенно не обросли. Образцы из второго слоя в некоторых случаях к концу испытания еле заметно обросли у самых краев в местах соприкосновения с грибницей, что, очевидно, было вызвано выщелачиванием антисептика из древесины. Отсутствие даже самого легкого обрастания пластинок из первого миллиметрового слоя и слабое обрастание контрольного образца указывает на то, что в этом слое антисептик имеется в количестве, превышающем предельную дозу.

Пластинки из третьего слоя обрастали преимущественно с краев и слегка с поверхности.

Пластинки из четвертого слоя начинали обрастать несколько позже контроля, но приблизительно на десятый день обрастали по всей поверхности и к концу испытания обрастали наравне с контролем.

Сравнивая результаты этого опыта с ранее полученными результатами, мы видим, что проникновение антисептика в предыдущем опыте было глубже. В связи с тем, что в первом случае образцы были испытаны спустя год после их обработки, было сделано заключение, что время прошедшее после обработки играет существенную роль в проникновении антисептика вглубь древесины. Это предположение подтвердилось последующими опытами.

Одинаковое проникновение раствора при нанесении его на поверхность древесины в горячем и холодном видах, скорее всего может быть объяснено тем, что горячий раствор как при обмазке, так и особенно при опрыскивании, попадает на поверхность древесины в значительно охлажденном виде и в момент нанесения на нее температура его не очень отличается от температуры холодного раствора.

Это объяснение представляется наиболее вероятным, так как известно, что горячая вода обладает большей проникаемостью, чем холодная. С другой стороны не исключена возможность, что проникновение горячего и холодного раствора с боковых поверхностей древесины связано с ее различной набухаемостью, которая может быть больше при горячем растворе и, следовательно, может препятствовать проникновению раствора.

Другим вопросом, связанным с технологией производства влажного антисептирования, явился вопрос о промежутке времени между первым и вторым нанесением раствора при двухкратной обмазке древесины. В инструкциях имеется указание на то, что промежуток этот должен быть от двух до четырех часов. При этом нигде нет указаний, как влияет этот промежуток времени на результат обработки.

Для выяснения этого вопроса была приготовлена серия образцов, обработанная двукратной обмазкой с промежутком времени между обмазками: 1 мин., 15 мин., 2 часа, 6 часов и 24 часа.

Через несколько дней из образцов были вырезаны по 4 милли-

метровых слоя, которые затем были разрезаны на пластинки 20×20 мм и испытаны. Результаты испытаний не показали различия в характере распределения антисептика в поверхностных слоях образцов и были аналогичны результатам предыдущего опыта. Повидимому, различные промежутки времени сказываются на содержании фтористого натрия только в первом слое, что не улавливается принятым методом.

Влияние атмосферных условий на содержание фтористого натрия в поверхностных слоях древесины

В 1946 г. на научно-технической конференции по борьбе с поражением древесины в жилом фонде Ленинграда, С. И. Ванин, в своем докладе о современном состоянии вопроса о домовых грибах и о мерах борьбы с ними, сказал:

„При обработке древесины антисептиками по способу обмазки или опрыскивания образуется защитный слой всего только на глубину 2—3 мм. Возникает вопрос: на какой срок этот слой может защитить древесину от заражения ее домовыми грибами при наличии инфекции.

Вопрос этот, насколько мне известно, никем не разрешался, а между тем он имеет большое практическое значение“.

Надо полагать, что, если при поверхностной обработке древесины имеет место падение ее защищенности во времени, то это может быть вызвано или выщелачиванием антисептика или его диффундированием из наружных слоев древесины во внутренние, в результате чего концентрация антисептика будет падать.

Вопросу вымываемости фтористого натрия из древесины посвящена указанная выше работа А. Н. Гартмана, Л. Н. Бакушинской и А. М. Михайловой [5]. Авторами была применена следующая методика.

Три образца, пропитанные раствором фтористого натрия при известном его содержании в каждом из них, погружались в стаканы с дистиллированной водой. Производилось десятикратное вымачивание, причем каждое вымачивание производилось в течение трех дней. В вымывных водах определялся фтористый натрий.

Опыт показал, что в первый раз вымывается около 23—24% всего количества фтористого натрия, вымывшегося за 10 раз. В дальнейшем скорость вымываемости падает и в последний раз вымывается всего 4—4,5% фтористого натрия.

По результатам определений построена кривая вымываний. Приблизительно после шестого вымывания кривая выпрямляется и асимптотически приближается к оси абсцисс, т. е., как указывают авторы, начиная с этого момента количество вымытого фтористого натрия становится почти в линейную функциональную зависимость от количества выщелачиваний, а следовательно, и времени вымыва-

няя. На этом основании авторы считают, что экстраполируя кривую за пределы эксперимента, можно высчитать, какой срок понадобится для полного выщелачивания фтористого натрия из образца. Зная, что за 10 выщелачиваний, длившихся 30 дней, было вымыто в среднем 16% всего количества фтористого натрия, заключенного в образцах, авторы полагают, что полностью весь фтористый натрий в условиях опыта выщелачится из образцов в течение 6—7 месяцев. Вводя поправку на то, что в последующем процесс замедляется, срок этот принимается равным 9—10 месяцам.

Значительное выщелачивание фтористого натрия в течение первых вымываний может быть в первую очередь объяснено тем, что вначале вымывается антисептик, находящийся в периферийных частях образца, затем, по мере движения зоны вымывания к середине образца, вымывание замедляется. К сожалению, авторы работы не указали размеров взятых ими образцов, между тем было бы весьма интересно знать—при каком соотношении торцовых и боковых поверхностей древесины имела место данная картина вымывания. Имеются основания полагать, что скорость выщелачивания должна находиться в зависимости от этого соотношения.

Хотя работа эта и дает некоторое представление о вымываемости фтористого натрия, но результаты ее не могут быть распространены на элементы деревянных конструкций здания, так как условия опыта были приняты исключительно тяжелые.

Ввиду отсутствия в литературе данных о вымываемости антисептика из древесины, обработанной с поверхности, нами был поставлен следующий опыт с целью получения сравнительных данных о выщелачивании фтористого натрия из древесины обработанной с поверхности.

Была приготовлена серия образцов, изготовленных из прямо-слойной заболонной сосновой доски. Образцы имели размеры $20 \times 20 \times 3$ см.

Все образцы были с одной стороны обработаны раствором фтористого натрия путем его двукратного нанесения на поверхность образца. Количество раствора нанесенного на образцы определялось путем взвешивания. При этом было установлено, что нанесенное количество соответствует количеству, предусмотренному по норме влажного антисептирования. Образцы были вынесены на открытый воздух, где они в течение одного года подвергались атмосферным воздействиям. Часть образцов была выставлена антисептированной поверхностью вверх; другая—антисептированной поверхностью вертикально и третья—антисептированной поверхностью вниз. Аналогичные образцы были сохранены в лаборатории. После хранения образцов в этих условиях в течение одного года, из них были вырезаны куски 2×2 см, с которых были сняты миллиметровые слои. Эти слои вместе с контрольными образцами, которые представляли собой также пластинки $20 \times 20 \times 1$ мм, вырезанные из необработан-

ной части доски, были помещены в колбы с культурой гриба *Copriophora cerebella*.

Жизнедеятельность гриба определялась обрастанием контрольного образца.

Чтобы судить о характере падения защищенности различных слоев в результате вымывания антисептика мы руководствовались как данными, полученными ранее при испытании подобных образцов, которые не подвергались действию наружного воздуха, так и результатами испытания слоев, вырезанных из аналогичных образцов, обработанных одновременно и хранившихся в течение того же срока в закрытом помещении лаборатории.

Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Испытания показали, что наибольшее падение защищенности наблюдается у образцов, хранившихся обработанной поверхностью вверх и у образцов, хранившихся обработанной поверхностью вертикально. Наибольшее количество антисептика в этих образцах было вымыто из первого слоя, меньше — из второго слоя. Как можно усмотреть из таблицы 3, третьи и четвертые слои всех образцов, независимо от способа хранения, показали одинаковую относительно высокую стойкость.

Судя по результатам испытания первых двух поверхностных слоев образцов I, II и III можно заключить, что несмотря на действие в течение года атмосферных источников увлажнения — дождя и снега, фтористый натрий в этих слоях частично сохранился еще в количестве, приближающемся к предельной дозе, что указывает на сравнительно низкую вымываемость фтористого натрия в условиях опыта.

Сравнивая полученные результаты испытания образцов, хранившихся в течение года в различных условиях, с результатами испытания образцов, испытанных через несколько дней после обработки, можно усмотреть факт повышения грибоустойчивости нижележащих от поверхности слоев древесины. Явление это подтверждает вышеприведенное предположение о миграции антисептика вглубь древесины с течением времени. Факт этот представляется весьма интересным и имеет большое практическое значение.

Факт миграции фтористого натрия с поверхностных слоев древесины с течением времени, насколько нам известно, до сих пор никем не был установлен. В опубликованной в последнее время работе Г. Беккера [14] приведены данные о глубине проникновения некоторых соединений фтора, в том числе и фтористого натрия, в основную заболонь, после хранения образцов в течение одной, двух и четырех недель в насыщенном влагой воздухе. При этом для фтористого натрия установлено, что если к концу первой недели хранения глубина проникновения составляла немногим менее пяти миллиметров, то к концу четвертой недели эта глубина достигала почти восьми миллиметров. Опыт показал, что различные соединения ве-

Таблица 3

№№ об- разцов	Вид хранения	Испытуемые пластинки из слоев	Состояние к концу срока испытания (45 дней)
1	2	3	4
I	Обработанной поверхностью вверх	Первый мил- лиметр	а Слабое обрастание образца с края, местами — с поверхности. Древесина в местах обрастания разрушена
			б Т о ж е
			в Т о ж е
		Контроль	Обрастание, начавшееся с пятого дня после укладки в колбу. Древесина сильно разрушена
		Второй миллиметр	а Слабое обрастание только с краев. Древесина повреждена только в местах обрастания
			б Слабое обрастание с краев и слабее на поверхности на небольшом участке. Древесина разрушена заметно только с краев
			в Слабое обрастание с краев. Поверхность чистая. Древесина признаков разрушения не имеет. Поражены только края
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Третий мил- лиметр	а Поверхность образца чистая
			б Поверхность образца чистая, слабое обрастание только с самого края. Древесина не разрушена
			в Поверхность образца чистая
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Четвертый миллиметр	а Слабое обрастание с самых краев. Древесина поражена только у краев
			б Т о ж е
			в Поверхность чистая, с одного края слабое обрастание
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена, легко растирается между пальцами
II	Обработанной поверхностью вертикально	Первый мил- лиметр	а Слабое обрастание местами. Частичное разрушение древесины
			б Т о ж е
			в Слабое обрастание. Часть пластинки не разрушена, другая часть разрушена отдельными участками
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена

1	2	3	4
II	Обработанной поверхностью вертикально	Второй мил- лиметр	а Имеется легкое обрастание с краев
			б Слабое обрастание только с краев. В этих ме- стах древесина разрушена
			в Очень слабое разрушение с краев
		Контроль	Интенсивное обрастание, древесина разрушена
		Третий миллиметр	а Поверхность чистая, имеется слабое, еле за- метное обрастание с краев
			б Т о ж е
			в Т о ж е
		Контроль	Обрастание всей поверхности, древесина раз- рушена
		Четвертый миллиметр	а Слабое обрастание с краев
			б С двух краев слабое обрастание, в местах об- растания древесина разрушена
			в Слабое обрастание с краев. Разрушение сла- бое
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
III	Обработанной поверхностью вниз	Первый мил- лиметр	а Поверхность совершенно чистая, с края имеет- ся незначительное обрастание
			б Поверхность чистая. Имеется слабый, еле за- метный рост с краев. Признаки разрушения наблюдаются только у самых краев
			в Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена, лег- ко растирается между пальцами
		Второй миллиметр	а Поверхность чистая, имеется очень слабое об- растание с краев
			б Т о ж е
			в Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Третий миллиметр	а Незначительное обрастание с краев. Поверх- ность в целом чистая, древесина не пора- жена
			б Т о ж е
			в Поверхность чистая
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Четвертый миллиметр	а Слабое обрастание с краев. В местах обраста- ния древесина несколько разрушена
			б Т о ж е
			в Т о ж е

1	2	3	4
IV	В лаборатории	Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Первый миллиметр	а Поверхность чистая
			б Т о ж е
			в Т о ж е
		Контроль	Обрастание, древесина разрушена
		Второй миллиметр	а Поверхность чистая, с одного края еле заметное обрастание
			б Поверхность чистая
			в Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Третий миллиметр	а Поверхность чистая
			б Поверхность чистая, с краев очень слабое обрастание
			в Т о ж е
		Четвертый миллиметр	а Слабое обрастание с одного края, древесина не разрушена
			б Т о ж е
			в Очень слабое обрастание с краев. В местах обрастания древесина слегка разрушена
		Контроль	Сильное обрастание, древесина полностью разрушена, леско растирается между пальцами

дуг себя различно. К концу четвертой недели наименьшая глубина проникновения была установлена у кремнефтористого цинка (4 мм), а наибольшая — у кислого фтористого калия (более 12 мм).

Однако условия хранения образцов, при которых влажность последних достигала точки насыщения волокон древесины, делают указанные результаты несравнимыми с результатами наших опытов.

В связи с тем, что наши опыты показали достаточную защищенность древесины на глубине четырех миллиметров, было интересно установить проникновение антисептика в последующие слои древесины. Для этого из тех же образцов комнатного хранения, из которых были сделаны четыре последовательных среза, были сделаны срезы в виде пластинок из пятого, шестого, седьмого и восьмого миллиметров, а также по одному срезу из противоположной, необработанной поверхности образца. Все эти срезы были уложены в колбы с грибом, куда были уложены также контрольные образцы. Начиная приблизительно с третьего дня контрольные образцы стали обрастать и к концу испытания пышно обросли.

Пластины из пятого слоя обросли слегка с краев, но больше,

чем это было с пластинками из четвертого слоя. Обрастание с краев пластинок из остальных последовательных слоев шло соответственно сильнее. Однако во всех случаях рост гриба был сильно угнетенный. Существенное различие в обрастании испытуемых пластинок и контрольного образца наблюдалось даже в колбе, где были уложены пластинки из восьмого миллиметра.

На фиг. 1 дан вид этой колбы сфотографированной через два месяца после укладки пластинок. Контрольный образец оброс полностью и затянулся грибницей, в результате чего на снимке его почти не видно.



фиг. 1.

Испытуемые пластинки обросли слабо и оказались затянутыми тонкой паутинкой из отдельных грибных нитей.

Следует отметить, что проникновение раствора в глубину даже на небольшом участке происходит, очевидно, неравномерно. Этим можно объяснить то, что отдельные пластинки из предыдущих по порядку слоев одних образцов обрастали сильнее, чем пластинки из последующих слоев других образцов той же серии.

Обрастание пластинок, вырезанных из противоположной, необработанной поверхности образцов было аналогично обрастанию контрольных образцов.

Воздействие штукатурных растворов на антисептированную с поверхности древесину

Выше было сказано, что в ряде инструкций и руководств имеется указание на то, что фтористый натрий при соприкосновении с мелом, алебастром, известью и гипсом теряет свои антисептические свойства. Происходит это от того, что в результате взаимодействия натрия замещается на кальций и в древесине отлагается нерастворимый фтористый кальций, который не является антисептиком. В связи с этим значительно усложняется защита деревянных перегородок, между тем как последние в таких помещениях, как кухни, ванные, душевые, прачечные и т. д., являются уязвимыми в отношении поражения их домовыми грибами. Поражение перегородок в этих слу-

чаях обычно начинается в непосредственно увлажняемых местах, распространяясь затем по обшивке и стойкам.

В последней инструкции по борьбе с гниением деревянных элементов зданий и сооружений [8] имеется указание на то, что в санузлах деревянные перегородки должны быть антисептированы, а штукатурка должна быть сделана с гидроизоляцией по сетке: в уборных на высоту 1 м, в ваннах на 2 м, в душевых и т. п. помещениях—на всю высоту помещения.

Это требование является безусловно завышенным и выполнение его связано с определенными трудностями. Поэтому представлялось весьма интересным проверить возможность применения метода влажного антисептирования для деревянных элементов, покрываемых штукатурными материалами, содержащими ионы кальция. Для этого было решено проверить факт потери защищенности антисептированной с поверхности древесины в результате покрытия ее штукатурными растворами. Если такая потеря действительно существует, то она скорее всего должна происходить в первое время после нанесения штукатурного раствора на древесину—под влиянием воды раствора, содержащей кальций.

Вопросу действия кальциевых вод на древесину, пропитанную фтористым натрием, посвящена работа А. Н. Гартмана и Л. М. Волгиной [6]. Авторами была принята та же методика, что и при изучении вымываемости фтористого натрия из пропитанной древесины [5], только вместо дистиллированной воды брался раствор CaCO_3 .

В результате проделанных опытов авторы пришли к выводу, что процесс выщелачивания идет по двум направлениям: с одной стороны, происходит вымывание фтористого натрия, а с другой—часть фтористого натрия в древесине замещается на кальций из раствора и в древесине отлагается нерастворимый CaF_2 . Продолжительность процесса до полного вымывания части фтористого натрия и замещения Na на Ca—другой части, оставшейся в древесине, составляет в условиях опыта около 30 месяцев.

Результаты этого исследования делают маловероятным полный переход содержащегося во всех поверхностных слоях древесины фтористого натрия в нерастворимый фтористый кальций при покрытии древесины штукатурными растворами. Поэтому для определения влияния последних на древесину, обработанную с поверхности раствором фтористого натрия, был поставлен следующий опыт.

Серия образцов, изготовленных из прямослойной заболонной сосновой доски, была обмазана раствором фтористого натрия в два раза. Количество раствора, затрачиваемого на обмазку, определялось взвешиванием. Через несколько дней после влажного антисептирования образцы покрывались различными штукатурными растворами. Для каждого вида штукатурки было заготовлено по 3 образца. В таблице 4 дана схема изготовления образцов.

Хотя на практике штукатурка из известкового теста не делает-

Таблица 4

№ об- разцов	Содержание фтористого на- трия в раство- ре в г/л	Общее ко- личество ушедшего на 1 см ² образца в г	Вид штукатур- ного раствора	Толщина штукатур- ного слоя в мм	Примечание
1-3	31,5	6,10	гажевая	20	Известь с кварцевым пес- ком 1:2,5
4-6	—	5-70	гипсовый	20	
7-9	—	5-95	известковая	20	
10-12	—	6,05	известковое тесто	2	

ся, оно было взято из того соображения, что его влияние на антисептированную древесину будет больше, чем известкового раствора, и если существует факт падения грибоустойчивости антисептированной с поверхности древесины под действием штукатурного слоя, то это явление будет сильнее в случае известкового теста. Это предположение при испытании подтвердилось.

Через 3 месяца после хранения образцов в горизонтальном положении оштукатуренной поверхностью вверх, штукатурные покрытия с образцов были удалены и с подштукатурной части древесины были вырезаны слои толщиной 1 мм, аналогичные тем, которые были в предыдущих опытах. Слои эти были поставлены на разросшуюся культуру гриба *Coniophora cerebella*.

В таблице 5 приведены результаты этого испытания.

Из таблицы видно, что по степени отрицательного влияния на грибоустойчивость древесины первое место занимает известковое тесто, затем известковый раствор, далее гажь и, наконец, гипс, который почти не оказывает никакого влияния.

Слабое влияние гипса и относительно слабое влияние гажь на древесину, обработанную влажным антисептированием, прежде всего объясняется быстрым схватыванием этих растворов в результате чего древесина не может адсорбировать большого количества воды из раствора. Вода с содержанием ионов кальция, которая переходит из этих растворов в древесину, оказывается в небольшом количестве и остается в первом миллиметровом слое и, возможно, частично во втором. Благодаря малому количеству этой воды незначительная часть фтористого натрия переходит во фтористый кальций, в случае применения гипсового раствора, и несколько большая — в случае применения гажевого раствора.

Влияние штукатурных растворов сильнее всего сказывается на первом слое и уменьшается по мере отдаления от поверхности.

Произведенный опыт позволяет заключить, что падение грибоустойчивости древесины, обработанной с поверхности раствором фтористого натрия, под действием штукатурных растворов, приго-

Таблица 5

№ № образцов	Состав штукатурки	Испытуемые пластины из слоев	Состояние к концу срока испытания
1	2	3	4
1—3	Гаж	Первый миллиметр а б в	Обрастание с краев, древесина несколько разрушена
			Т о ж е
			Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина сильно разрушена
		Второй миллиметр а б в	Слабое обрастание с краев, разрушения древесины не наблюдается
			Поверхность образца чистая, с одного края очень легкое обрастание
			Слабое обрастание образца с краев и очень слабое с поверхности
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Третий миллиметр а б в	Слабое обрастание с краев, древесина несколько разрушена
			Т о ж е
			Слабое обрастание с одного края и с части поверхности
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена, ратируется между пальцами
4—6	Гипс	Четвертый миллиметр а б в	Обрастание с краев и местами с поверхности. В местах обрастания древесина разрушена
			Т о ж е
			Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Первый миллиметр а б в	Очень слабое обрастание у самых краев. В местах обрастания древесина почти не разрушена
			Т о ж е
			Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Второй миллиметр а б в	Очень слабое обрастание с одного края
			Слабое обрастание с краев, разрушение древесины не наблюдается
			Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена

1	2	3	4
4—6	Гипс	Третий миллиметр	а Слабое обрастание с краев, в местах обрастания древесина не разрушена
			б Слабое обрастание с одного края и с поверхности
			в Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Четвертый миллиметр	а Обрастание с краев, древесина несколько разрушена
			б Обрастание с одного края и с части поверхности, древесина несколько разрушена
			в Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина полностью разрушена
7—9	Известь и песок	Первый миллиметр	а Обрастание с краев и более слабое—с поверхности. В местах обрастания древесина разрушена
			б Т о ж е
			в Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Второй миллиметр	а Обрастание с краев, местами с поверхности. С краев древесина разрушена
			б Т о ж е
			в Обрастание с краев и с поверхности, древесина с краев и местами в средней части разрушена
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Третий миллиметр	а Обрастание с краев и с поверхности, в местах обрастания древесина разрушена
			б Т о ж е
			в Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Четвертый миллиметр	а Обрастание поверхности, древесина разрушена
			б Т о ж е
			в Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
10—12	Известковое тесто	Первый миллиметр	а Обрастание по всей поверхности, древесина разрушена
			б Т о ж е
			в Т о ж е

1	2	3	4
10—12	Известково- вое тесто	Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Второй миллиметр	Обрастание по всей поверхности, древесина разрушена
			Т о ж е
			Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Третий мил- лиметр	Обрастание с краев и с большей части поверхности, древесина в местах обрастания разрушена
			Т о ж е
			Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание, древесина разрушена
		Четвертый миллиметр	Обрастание по всей поверхности, древесина несколько разрушена
			Т о ж е
			Т о ж е
		Контроль	Сильное обрастание по всей поверхности, древесина разрушена

товленных из материалов, содержащих ионы кальция, зависит главным образом не от состава раствора, а от быстроты схватывания этих растворов и их способности отдавать воду древесине, на которую они нанесены.

Заключение

Экспериментальная работа по изучению метода влажного антисептирования раствором фтористого натрия позволила установить ряд важных особенностей, до сих пор в значительной мере остававшихся невыявленными.

Прежде всего надо отметить, что до сих пор не удалось разработать простого и надежного способа определения фтористого натрия в древесине. Все существующие способы оказываются недостаточно точными, так как в большинстве случаев аналитику приходится иметь дело с небольшими навесками древесины, содержащими десятые доли процента фтористого натрия. Поэтому до сих пор наиболее показательным надо считать биологический способ определения, некоторым недостатком которого является невозможность получения точных количественных показателей.

Примененный нами метод испытания послойно отделяемых миллиметровых пластинок дает возможность судить о распределении

Известия V, № 3—6

фтористого натрия в толще древесины и тем самым оценить эффективность того или иного приёма поверхностной обработки древесины.

Опыты по многократному нанесению раствора на поверхность древесины показали, что в этих случаях основная часть антисептика, во всяком случае в первое время, скопляется на поверхности древесины в слое, глубина которого редко превышает один миллиметр. В третьем и четвертом миллиметре при различных кратностях нанесения раствора существенного различия в содержании антисептика не наблюдается.

Исследование влияния температуры раствора привело к заключению, что она не оказывает влияния на глубину проникновения антисептика. Поэтому нет никакой необходимости при производстве работ по поверхностному антисептированию пользоваться горячим раствором фтористого натрия.

Испытания образцов, обработанных двукратно с различными промежутками времени, между первым и вторым нанесением раствора, не показали различия в стойкости соответствующих слоев различных образцов. Как было указано выше, повидимому, различные промежутки времени сказываются только на содержании фтористого натрия в первом слое. Если руководствоваться стремлением как можно больше нанести раствора на поверхность древесины, то требование инструкции о промежутке времени от двух до четырех часов надо считать правильным, так как за это время поверхность древесины после первой обработки высыхает и второе нанесение раствора производится на более или менее сухую поверхность древесины, а на такой поверхности удерживается больше раствора, чем на мокрой.

Испытания образцов, находившихся в течение одного года как на открытом воздухе, так и в комнатных условиях, показали, что вопреки существующему мнению о значительном влиянии на поверхностно антисептированную древесину атмосферных агентов, содержание антисептика в образцах, в течение года подвергавшихся действию дождевых вод и снега, в целом уменьшилось по сравнению с образцами хранившимися в комнате, не в такой мере, как это можно было ожидать. Более или менее значительное вымывание было отмечено только в первом и, отчасти, во втором миллиметровых слоях, в то время, как более глубокие слои оказались стойкими против грибов.

Образцы, выставленные на наружный воздух обработанной поверхностью вниз, показали даже в первом миллиметре лишь незначительное снижение стойкости. Это позволяет значительно шире, чем это было до сих пор, рекомендовать применение поверхностного антисептирования и для открытых деревянных конструкций. В этих конструкциях, как правило, гниение древесины возникает или в местах сопряжений деревянных элементов, или на поверхностях обращенных вниз, т. е. в местах, где высыхание древесины

затруднено и именно в этих участках, как показали опыты, вымывание антисептика оказывается наименьшим.

Указание многих инструкций на неэффективность влажного антисептирования деревянных поверхностей, впоследствии покрываемых штукатурными растворами, вносит существенные ограничения в возможность успешной защиты деревянных конструкций перегородок и потолков облегченными способами. Рекомендуемые последней инструкцией [8] мероприятия по изоляции антисептированной древесины от штукатурного покрытия настолько сложны, что не всегда могут быть осуществлены. Произведенные эксперименты показали, что влияние штукатурных растворов, содержащих кальций, значительно преувеличено. Гипсовые и гажевые покрытия оказывают незначительное влияние на токсичность антисептика в верхнем миллиметровом слое древесины, который после трехмесячного пребывания в контакте с штукатурным слоем показал слабое обрастание у самых краев пластинки, в то время, как остальные испытанные слои—второй и третий—почти не обрастали грибом. Известковый раствор оказывает более сильное влияние на фтористый натрий, но все же последний не весь переходит во фтористый кальций и некоторая его часть, остающаяся в древесине, обуславливает относительную задержку роста гриба.

Поэтому можно рекомендовать антисептирование деревянных поверхностей назначаемых под штукатурку гажевыми и гипсовыми растворами.

В процессе проведения опытов нам пришлось столкнуться с весьма важным обстоятельством. Было установлено, что проникновение антисептика в толщу древесины происходит очень медленно. Образцы, испытанные через несколько дней после нанесения на их поверхность раствора, оказались защищенными на 2, реже на 3 миллиметра. Образцы, испытанные через один год после нанесения раствора, показали содержание предельной дозы фтористого натрия до глубины 4 мм и угнетение роста гриба до восьмого миллиметра. Такое увеличение с течением времени глубины защищенного слоя представляется положительным явлением, повышающим эффективность способа влажного антисептирования.

Однако возникают сомнения—не может ли медленная диффузия антисептика в толщу древесины, в конечном итоге, в течение многих лет, привести к равномерному распределению его по сечению деревянного элемента, что может привести к падению его содержания в поверхностных слоях ниже предельной дозы. Вопрос этот должен явиться предметом специальных длительных наблюдений.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Антонов Д. К. Эффект инсоляции древесины, проявляющийся при феррородановой пробе. Сообщение АН Грузинской ССР, т. II, № 4, 1941.
2. Вакин А. Т. С/6. Борьба с поражением древесины в жилом фонде Ленинграда. Изд. МКХ РСФСР, 1947.
3. Вакин С. И. Методы исследования грибных болезней леса и повреждений древесины. Гослестехиздат, 1934.
4. Вакин С. И. Древесиноведение. Гослесбумиздат, 1949.
5. Гартман А. Н., Бакушинская Л. Н. и Михайлова А. М. Изучение фтористонариевых антисептиков. Центр. н.-и. институт пути НКПС, №9, 1931.
6. Гартман А. Н. и Волгина Л. М. Действие кальциевых вод на древесину, пропитанную фтористым натром. Центр. н.-и. институт пути НКПС, №16, 1933.
7. Голдин М. М. Антисептическая защита деревянных конструкций зданий. Гос. изд-во архитектуры и градостроительства, 1931.
8. Инструкция по борьбе с гниением и повышению огнестойкости деревянных элементов зданий и сооружений. Гос. архитектуры. изд-во, 1949.
9. Петри В. Н. Изыскание новых антисептиков и способов антисептирования древесины. Стройиздат, 1940.
10. Laboratorium für Holzkonservierung der Rütgerswerke A. G. Analytischen Methoden zur Bestimmung von Hg, Zn, F und As in impregnierten Hölzern, Chemiker—Zeitung, 56, 730—31, 1932.
11. Zur Restimmung von F in impregnierten Hölzern, Chemiker—Zeitung, 57, 9 1933.
12. Cummins E. J. and Higginson W. H. Methods for the analysis of preservative-treated timbers. II. Determination of fulorine, J. Coun. Sci. Ind. Research 10, 158—63, 1937.
13. Schulze B., Theden G. Wiss. Abhandl. Dtsch. Materialprüfungsanst. III, 1, 84—103, 1950.
14. Becker G. Neue Erkenntnisse über Fluorverbindungen im Holz-Schutz.—Angewandte Chemie, August 21, Bd. 62, 16, 1950.

Գ. Ա. Արզումանյան

ՆԱՏՐԻՈՒՄ ԶՏՈՐԻ ԼՈՒԾՈՒՅԹՈՎ ՓԱՅՏԱՆՅՈՒԹԻ ԽՈՆԱՎ ՀԱԿԱՆԵԽՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Նատրիում ֆտորի բարձր աստիճանի հատկությունները անային սուսկերի հանդեպ և նրա հականեխիչ մեծ ախտավթյունը փայտին փնտռող միջատների նկատմամբ դարձրել են այդ նյութը միութենական շինարարական պրակտիկայում ջրում լուծվող հականեխիչները հիմնականը:

Այդ հականեխիչով փայտը մշակելու ամենից տարածված մեթոդն է հանդիսանում վրձիններով լուծույթը փայտի մակերեսին քսելը, կամ լուծույթը հիդրոպուլտի միջոցով փայտի մակերեսին սրսկելը: Սակայն, հնարյաժ տյգ մեթոդի լայն կիրառմանը, նրա էֆեկտիվությունը քիչ է ուսումնասիրված:

Տվյալ աշխատությունը նպատակադրում է պարզել մի շարք հարցեր, որոնք կապված են փայտի մակերեսային մշակման հետ, ինչպիսիք են՝ հականեխիչի փայտի մեջ ներթափանցման խորությունը և նրա կոն-

զննարացիան տարբեր շերտերում, լուծույթի ջերմաստիճանի ազդեցություներ և փայտի մշակման էֆեկտիվությունը ժամանակի բնթացքում: Ուսումնասիրված է նաև մշակված փայտը պատույ տարբեր սվաղների ազդեցություներ:

Փայտի մակերեսային տարբեր շերտերում նատրիում ֆտորի բաշխման օրենքը պարզելու և այսպիսով մակերեսային մշակման այս կամ այն ձևի էֆեկտիվությունը գնահատելու նպատակով առաջարկվում է փայտի երեսից հաջորդականությամբ անջատել մեկ միլիմետր հաստություներ ունեցող շերտեր և կատարել դրանց բիոլոգիական փորձարկումը:

Փորձերը ցույց են տվել, որ փայտի մակերեսը լուծույթով բաղմամպառիկ պատելու դեպքում, հակաանեխիչի հիմնական մասը կուտակվում է փայտի դրսի շերտում, որի հաստություները հազվադեպ է գերազանցում մեկ միլիմետրից: Փորձերը ցույց են տվել նաև, որ լուծույթի ջերմաստիճանը ազդեցություն չունի հակաանեխիչի թափանցման խորություն վրա: Այդ իսկ պատճառով կարելի էլավ կիրառել տաք լուծույթ:

Մեկ տարվա բնթացքում բաց օդում գտնվող փայտի նմուշները փորձարկումը ցույց է տվել, որ այդ պայմաններում հակաանեխիչի քանակի պահպանումը գլխավորապես նկատվում է մակերեսից առաջի երկու միլիմետրային շերտերում: Այդ պահանջները համեմատաբար փոքր է, ուստի փայտի մակերեսային մշակման մեթոդը կարելի է ավելի համարձակ կիրառել բաց կանաչաբույսերում:

Դիպսի և գաջի սվաղների ազդեցություները հակաանեխիչի ասիսիկության վրա աննշան է և սահմանափակվում է մակերեսից 1—2 մմ հաստություներ ունեցող շերտում:

Նատրիում ֆտորի վրա ավելի ուժեղ ազդեցություներ ունի կրային շաղախը, քանի որ առաջանում է հակաանեխիչի հատկություներից զուրկ կալցիում ֆտորի մաքուրի մաքանություն: Չնայած դրան նատրիում ֆտորի ֆուսյադ քանակը ապահովում է փայտը քայքայումից: Փորձերը ցույց են տվել, որ նատրիում ֆտորի փայտի մեջ ներթափանցումը կատարվում է շատ դանդաղ:

Նմուշները, սրտք փորձարկվել են մշակումից մի քանի օր հետո, պաշտպանված են եղել 2, և հազվադեպ օրեն, 3 մմ խորությամբ:

Մշակումից մեկ տարի հետո փորձարկված նմուշները պաշտպանված են եղել 4 մմ խորությամբ, իսկ սուսիկ աճի կեղեքվածություներ նկատվել է մինչև 8 մմ խորություներ վրա:

