

167/2
АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
СССР

11

НОВОСИБИРСК.

1959

ИЗВЕСТИЯ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
СССР

11

ИЗДАТЕЛЬСТВО
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

1959

П. А. БОРОВОДСКИЙ

ФАЗОХРОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
ГАРМОНИЧЕСКИ КОЛЕБЛЮЩИХСЯ ЭЛЕКТРОНОВ
С ПОЛЕМ НЕЗАМЕДЛЕННОЙ ОБРАТНОЙ ВОЛНЫ

Известно, что при равенстве фазовой скорости последовательности заряженных частиц и фазовой скорости поля возможен эффективный и многократный энергообмен между движущимися электронами и электромагнитным полем [1].

Фазовая скорость последовательности заряженных частиц может быть как положительной, так и отрицательной. Последнее позволяет осуществить генераторы бегущей волны с волноводной системой, имеющей положительную нормальную дисперсию. Один из таких фазохронных генераторов, в котором используется поперечное взаимодействие трохондального пучка электронов с полем незамедленной обратной волны, описан в работе С. И. Тетельбаума [2].

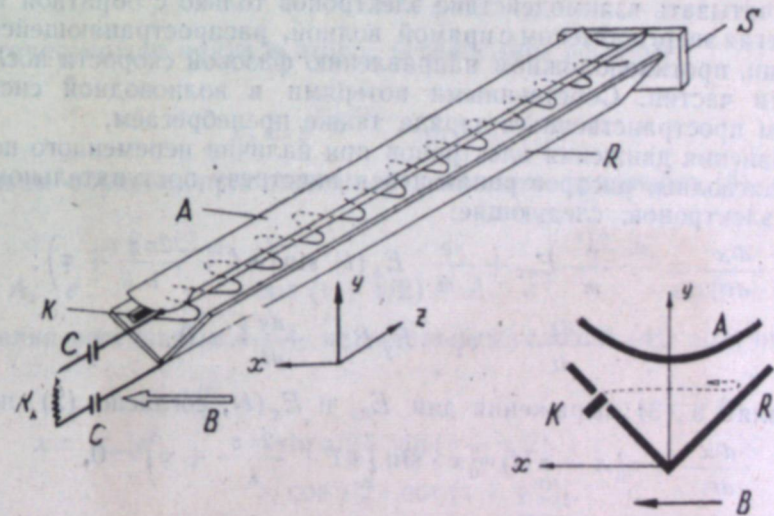


Рис. 1.

В данной статье на основе метода, изложенного в работе [2], рассматривается приближенная теория взаимодействия гармонически колеблющихся электронов с незамедленной обратной волной, распространяющейся в волноводной системе с поперечным гиперболическим полем. Принципиальная схема прибора показана на рис. 1. Ускоряющий электрод A и отражательный электрод R имеют в поперечном сечении форму, необходимую для создания гиперболического электрического поля [3,4]. При наличии достаточно сильного однородного магнитного поля B электроны, вылетающие из катода K , будут совершать гармонические колебания по оси x и одновременно перемещаться поступательно вдоль

п 23482
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
АН СИБИРСКОГО ССР

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Д-р хим. наук В. Т. Быков, член-корр. Т. Ф. Горбачев (зам. главного редактора), член-корр. Н. П. Дубинин, д-р физ.-мат. наук Л. В. Киренский, д-р техн. наук К. Н. Коржавин, проф. В. А. Кротов, член-корр. А. В. Николаев, член-корр. И. И. Новиков, член-корр. Г. А. Пруденский, акад. С. Л. Соболев (главный редактор), д-р биол. наук К. А. Соболевская

Адрес редакции: г. Новосибирск, ул. Советская, 20.

оси z со средней скоростью $v_z \approx E_y/B$. Электроды A и R одновременно являются волноводной системой, к которой через разделительные емкости C подключена согласованная полезная нагрузка R_n . При наличии электромагнитной волны $E(z)$, распространяющейся вдоль линии со скоростью, равной фазовой скорости последовательности зарядов, имеют место эффективный энергообмен и сортировка электронов. Электроны, ускоренные полем волны, попадают на отражатель R и удаляются от дальнейшего взаимодействия. Электроны, отдающие свою энергию полю волны, проходят пространство взаимодействия и улавливаются коллектором S , имеющим необходимый положительный потенциал по отношению к катоду. Поперечные размеры прибора и величина магнитного поля выбираются такими, чтобы электроны не попадали на ускоряющий электрод A , имеющий высокий положительный потенциал по отношению к катоду.

Вывод основного уравнения

Положим, что магнитное поле настолько велико, что электроны колеблются только в плоскости XOZ , двигаясь вдоль оси со средней поступательной скоростью

$$v_z = E_y/B, \quad v_z \ll c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек.} \quad (1)$$

Распределение потенциала по оси x является параболическим

$$V = V_0 - kx^2. \quad (2)$$

Будем учитывать взаимодействие электронов только с обратной волной, пренебрегая энергообменом с прямой волной, распространяющейся в направлении, противоположном направлению фазовой скорости последовательности частиц. Собственными потерями в волноводной системе и влиянием пространственного заряда также пренебрегаем.

Уравнения движения электронов при наличии переменного поперечного поля волны, распространяющейся навстречу поступательному движению электронов, следующие:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{e}{m} E_{0x} + \frac{e}{m} E_x(t) \sin\left(\omega t + \frac{2\pi z}{\lambda} + \varphi\right); \quad (3)$$

$$\frac{dz}{dt} = v_z = E_y/B; \quad \frac{dy}{dt} = 0.$$

Подставляя в (3) выражения для E_{0x} и $E_x(t)$, согласно (2), получим

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x - \alpha(t) \omega_0^2 x \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi z}{\lambda} + \varphi\right) = 0, \quad (3, a)$$

где $\omega_0 = \sqrt{2 \frac{e}{m} \cdot \frac{V_0}{x_0}}$ — угловая частота гармонических колебаний электронов,

$$\alpha(t) = \frac{V(t)}{V_0}, \quad \alpha(t) \ll 1,$$

V_0 — максимальный потенциал постоянного электрического поля.

Положим начальные условия:

$$x_{t=0} = x_0; \quad z_{t=0} = 0; \quad \left(\frac{dx}{dt}\right)_{t=0} = 0. \quad (4)$$

Условие фазохронности, т. е. равенства фазовой скорости поля и

фазовой скорости последовательности частиц, в нашем случае имеет вид:

$$-v_\phi = v_z \frac{\omega/2}{\omega/2 - \omega_0}. \quad (5)$$

Частота колебаний ω делится пополам потому, что напряженность поля ($E_x = 2kx$) изменяет знак в соответствии со знаком координаты x .

Учитывая, что $v_\phi = \frac{\omega\lambda}{2\pi}$, и пользуясь условием фазохронности (5), уравнение (3) записываем в следующем виде:

$$\frac{d^2x}{d\tau^2} + x - \alpha(\tau) x \cdot \sin(2\tau + \varphi) = 0, \quad (6)$$

где $\tau = \omega_0 t$.

Ограничимся рассмотрением случая, когда ток пучка не слишком велик, так что амплитуда возбуждаемых волн является медленно изменяющейся функцией координат и $\frac{dV(t)}{dt}$ можно пренебречь.

Примем за первое решение уравнения (6)

$$x_1 = e^{\int_0^\tau \omega d\tau} \cdot \cos(\tau + \varphi/2). \quad (7)$$

Подставляя (7) в (6) и пренебрегая членами с ω^2 и $\frac{d\omega}{dt}$, находим

$$\omega = -\frac{\alpha(\tau)}{4}. \quad (8)$$

Аналогично можно найти и второе независимое решение

$$x_2 = e^{-\int_0^\tau \omega d\tau} \cdot \sin(\tau + \varphi/2). \quad (9)$$

Таким образом, приближенным решением уравнения (6) является

$$x = A_1 \cdot e^{\int_0^\tau \frac{\alpha(\tau)}{4} d\tau} \cdot \cos(\tau + \varphi/2) + A_2 \cdot e^{-\int_0^\tau \frac{\alpha(\tau)}{4} d\tau} \cdot \sin(\tau + \varphi/2).$$

Определяя постоянные A_1, A_2 из начальных условий (4), получим:

$$x = x_0 \left[e^{\int_0^\tau \frac{\alpha(\tau)}{4} d\tau} \cdot \sin \varphi/2 \cdot \sin(\tau + \varphi/2) + e^{-\int_0^\tau \frac{\alpha(\tau)}{4} d\tau} \cdot \cos \varphi/2 \cdot \cos(\tau + \varphi/2) \right]. \quad (10)$$

Амплитуда колебаний

$$X(t) = \sqrt{x^2 + \left(\frac{dx}{d\tau}\right)^2} = x_0 \sqrt{e^\psi \cdot \sin^2 \varphi/2 + e^{-\psi} \cdot \cos^2 \varphi/2}, \quad (11)$$

$$\psi = \int_0^t \frac{\alpha(t)}{2} \omega_0 \cdot dt.$$

Электроны, амплитуда колебаний которых превышает x_0 , осадут на отражательный электрод R , находящийся под потенциалом катода. Через сечение z будут проходить те электроны, начальная фаза которых удовлетворяет неравенству $X \leq x_0$. Учитывая это условие, из выражения (11) получим:

$$\left. \begin{aligned} 2\pi - \Theta < \varphi < 2\pi + \Theta \\ \cos \Theta = \operatorname{th} \psi/2 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Элементарная мощность, развиваемая на участке dz электронами, которые обладают начальными фазами, лежащими в пределах $\varphi, \varphi + d\varphi$,

$$dP_{\varphi} = \frac{Im \omega_0^2}{4\pi e} \cdot \frac{d}{dt}(X^2) dz \cdot d\varphi, \quad (13)$$

где I — ток эмиссии.

Изменение мощности электронов в сечении z

$$\frac{dP}{dz} = \frac{Im \omega_0^2}{4\pi e} \int_{2\pi-\Theta}^{2\pi+\Theta} \frac{d}{dz}(X^2) d\varphi. \quad (14)$$

Производя замену

$$\int_0^t \omega_0 \frac{x(t)}{4} dt = \frac{\omega_0}{4V_0 v_z} \int_0^z V(z) dz = \xi \quad (15)$$

и подставляя выражения для X из (11), получим

$$\frac{dP}{dz} = \omega_0^2 \frac{IV(z)}{2\pi v_z} (\sin \Theta \operatorname{ch} 2\xi - \Theta \operatorname{sh} 2\xi). \quad (16)$$

Уменьшение мощности электронов равно увеличению мощности волны в направлении отрицательных z

$$\frac{dP}{dz} = -\frac{V(z)}{Z_0} \cdot \frac{dV(z)}{dz}, \quad (17)$$

где Z_0 — характеристическое сопротивление волноводной системы.

Реактивная мощность, развиваемая первой гармоникой электронного тока, вследствие симметрии фазовых соотношений равна нулю.

Из (17) и (16) получаем исходное уравнение, описывающее работу схемы:

$$\frac{d^2 \xi}{dz^2} = M \operatorname{arccos}(\operatorname{th} \xi) \operatorname{sh} 2\xi - M \frac{\operatorname{ch} 2\xi}{\operatorname{ch} \xi}, \quad (18)$$

где

$$M = \frac{\omega_0^2 I Z_0}{8\pi V_0 v_z^2}, \quad (19)$$

$$\xi = \frac{\omega_0}{4V_0 v_z} \int_0^z V(z) dz. \quad (20)$$

Определение полезной мощности и к.п.д.

Мощность и соответственно к.п.д. прибора достаточно большой длины L можно найти до решения нелинейного уравнения (18).

При $L = \infty, \left(\frac{dV(z)}{dz}\right)_{L=\infty} = 0$,

а значит, согласно (19),

$$\left(\frac{d^2 \xi}{dz^2}\right)_{L=\infty} = 0. \quad (21)$$

Учитывая это, из (18) получим

$$M \operatorname{arc} \cos(\operatorname{th} \xi_{\infty}) \cdot \operatorname{sh} 2\xi_{\infty} - M \frac{\operatorname{ch} 2\xi_{\infty}}{\operatorname{ch} \xi_{\infty}} = 0. \quad (21)$$

Из (21) определяем:

$$\xi_{\infty} = 0,61; \quad \Theta_{\infty} \approx 57^{\circ}. \quad (22)$$

Из (11) находим амплитуду колебаний X_{∞} электронов, дошедших до конца пространства взаимодействия, т. е. до $z = L = \infty$.

$$X_{\infty} = x_0 \sqrt{e^{2\xi_{\infty}} \cdot \sin^2 \varphi/2 + e^{-2\xi_{\infty}} \cdot \cos^2 \varphi/2}. \quad (23)$$

Энергией взаимодействия электронов, попадающих на отражатель, с полем волноводной системы можно пренебречь, так как скорость электронов в момент попадания на отражатель практически равна нулю. Поэтому полезная мощность P_{∞} равна мощности, развиваемой электронами, прошедшими все пространство взаимодействия:

$$P_{\infty} = \frac{Im \omega_0^2}{4\pi e} \int_{2\pi-\Theta_{\infty}}^{2\pi+\Theta_{\infty}} [x_0 - X_{\infty}(\varphi)] d\varphi. \quad (24)$$

Из (22), (23) и (24) находим:

$$P_{\infty} = \frac{2IV_0}{\pi} \operatorname{sh} \xi_{\infty} (\sin \Theta_{\infty} \operatorname{ch} \xi_{\infty} - \Theta_{\infty} \operatorname{sh} \xi_{\infty}) = 0,1463 IV_0. \quad (25)$$

Для определения к.п.д. положим, что потенциал коллектора равен V_0 . Кроме того, примем во внимание, что ток коллектора, определяемый электронами, прошедшими все пространство взаимодействия

$$I_S = \frac{\Theta_{\infty}}{\pi} I = 0,3167 I. \quad (26)$$

Тогда при отсутствии расхода энергии в цепи ускоряющего электрода и отражателя к.п.д. при $L = \infty$

$$\eta_{\infty} = \frac{P_{\infty}}{I_S V_0} = 0,462. \quad (27)$$

При конечной длине прибора L уравнение (18) следует решать с учетом соответствующих граничных условий.

Полагая

$$\frac{d^2 \xi}{dz^2} = \frac{1}{2} \frac{d}{d\xi} \left(\frac{d\xi}{dz} \right)^2,$$

получим

$$\frac{1}{2M} \frac{d}{d\xi} \left(\frac{d\xi}{dz} \right)^2 = - \left[\frac{\operatorname{ch} 2\xi}{\operatorname{ch} \xi} - \operatorname{arc} \cos(\operatorname{th} \xi) \cdot \operatorname{sh} 2\xi \right]. \quad (29)$$

Интегрируя (29) и учитывая, что при $z = 0, \xi = 0$, получим

$$\frac{1}{2M} \left(\frac{d\xi}{dz} \right)^2 = \frac{1}{2M} \left(\frac{d\xi}{dz} \right)^2_{z=0} - F(\xi), \quad (30)$$

где

$$F(\xi) = \operatorname{sh} \xi [1 - \operatorname{arc} \cos(\operatorname{th} \xi) \cdot \operatorname{sh} \xi].$$

Учтем также граничное условие: при $z = L, \xi = \xi_L, V(L) = 0$ и согласно (20) $\left(\frac{d\xi}{dz}\right)_{z=L} = 0$. Соответственно из (30)

$$\frac{1}{2M} \left(\frac{d\xi}{dz} \right)_{z=0} = F(\xi_L). \quad (31)$$

Подставляя (31) в (30) и интегрируя, получим

$$\int_0^{\xi_L} \frac{d\xi}{\sqrt{F(\xi_L) - F(\xi)}} = L\sqrt{2M}. \quad (32)$$

У верхнего предела знаменатель подынтегрального выражения в (32) обращается в нуль. Однако при $\xi_L < \xi_\infty$ интеграл остается конечным, так как

$$F'(\xi_L) = \left[\frac{dF(\xi)}{d\xi} \right]_{\xi=\xi_L} \neq 0.$$

Для приближенного вычисления интеграла в (32) представим функцию $F(\xi)$ в виде ряда Тэйлора:

$$F(\xi) = F(\xi_L) + F'(\xi_L)(\xi - \xi_L) + F''(\xi_L) \frac{(\xi - \xi_L)^2}{2} + \dots \quad (33)$$

Ограничиваясь вторым приближением, получим

$$\int_0^{\xi_L} \frac{d\xi}{\sqrt{-F'(\xi_L)(\xi - \xi_L) - F''(\xi_L) \frac{(\xi - \xi_L)^2}{2}}} = L\sqrt{2M}. \quad (34)$$

Интегрируя (33), получим:

$$\frac{1}{\sqrt{a}} \ln \frac{b - a\xi_L + \sqrt{a} \sqrt{a\xi_L^2 - 2b\xi_L}}{b - a\xi + \sqrt{a} \sqrt{a\xi^2 - 2b\xi}} = L\sqrt{2M}, \quad (34)$$

где

$$a = -\frac{F''(\xi_L)}{2} = -\frac{1}{2} [5 \operatorname{sh} \xi_L - \operatorname{sh} \xi_L \operatorname{th}^2 \xi_L - 2 \arccos(\operatorname{th} \xi_L) \times \operatorname{ch} 2\xi_L],$$

$$b = -\frac{F'(\xi_L)}{2} = -\frac{1}{2} \left[\frac{\operatorname{ch} 2\xi_L}{\operatorname{ch} \xi_L} - \arccos(\operatorname{th} \xi_L) \operatorname{sh} 2\xi_L \right].$$

Зависимость ξ_L от безразмерной длины $L\sqrt{2M}$, соответствующая выражению (34), представлена на рис. 2.

Зависимость мощности P_L от ξ_L устанавливается из (24) и (11):

$$P_L = \frac{Im \omega_0^2}{4\pi e} \int_{2\pi-\theta_L}^{2\pi+\theta_L} [x_0 - X(\xi_L, \varphi)] d\varphi. \quad (35)$$

Вычисляя интеграл в (35) и используя (25), получим

$$\frac{P_L}{P_\infty} = 4,35 \operatorname{sh} \xi_L [1 - \arccos(\operatorname{th} \xi_L) \operatorname{sh} \xi_L]. \quad (36)$$

На основании зависимостей $\xi_L = f(L\sqrt{2M})$ и $P_L/P_\infty = f(\xi_L)$ можно найти зависимость $P_L/P_\infty = f(L\sqrt{2M})$; последняя представлена графически на рис. 3. На рисунке видно, что практически достаточной длиной прибора можно считать

$$L\sqrt{2M} \approx 4. \quad (37)$$

Дальнейшее увеличение безразмерной длины, в пределе до бесконечности, увеличивает полезную мощность прибора менее чем на 5%.

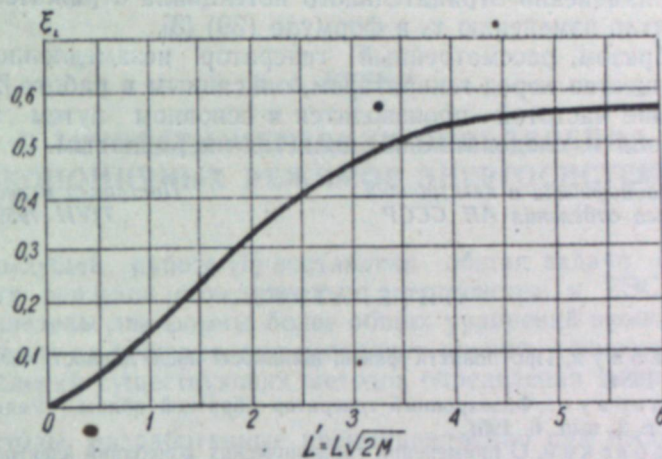


Рис. 2

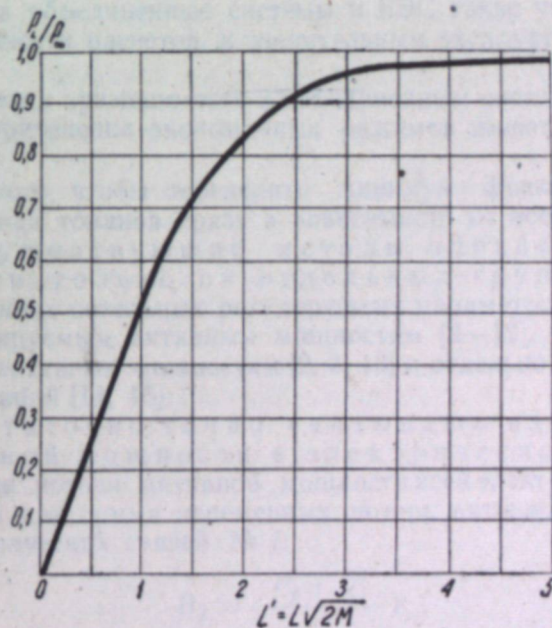


Рис. 3.

Из (20) и (37) находим практически необходимую длину пространства взаимодействия:

$$L \approx \frac{E_y}{\omega_0 B} \sqrt{64\pi \frac{V_0}{IZ_0}}. \quad (38)$$

Частота генератора может изменяться путем изменения напряжения между ускоряющим электродом и катодом, а в небольших пределах также посредством изменения магнитного поля B .

Согласно (3) и (5)

$$\omega = 2 \sqrt{2 \frac{e}{m} \cdot \frac{V V_0}{x_0} \cdot \frac{v_\phi}{v_\phi + E_y/B}} \quad (39)$$

В некоторых пределах генерируемая частота может также изменяться и при изменении отрицательного потенциала отражателей, которое эквивалентно изменению x_0 в формуле (39) [3].

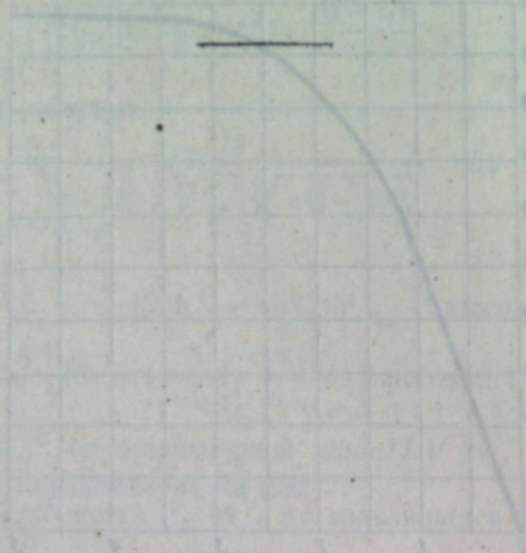
Таким образом, рассмотренный генератор незамедленной волны имеет преимущество перед генератором, описанным в работе [2], в котором управление частотой производится в основном путем изменения магнитного поля и, следовательно, является инерционным.

Институт радиофизики и электроники
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
7/VII 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. С. И. Тетельбаум, Про поняття фазові швидкості послі довшості частинок. ДАН УССР, № 1, 1954.
2. С. И. Тетельбаум, Фазохронный генератор обратной волны, Радиотехника и электроника, т. 2, вып. 6, 1957.
3. П. А. Бородовский, О применении гармонических колебаний электронов для генерации СВЧ. ЖТФ, т. 27, вып. 10, 1957.
4. H. Häggblom, S. Tomner, New development of the strophotron. L'onde électrique, № 359, 1957.



Л. А. КРУММ

О ТОЧНОСТИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧНЫХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

В предыдущей работе [1] поставлена общая задача определения экономичных режимов объединенных энергосистем и ЭЭС и соответственно приведены две формы более общих уравнений экономичного режима и методы их решения, что позволяет оценить точность и трудоемкость вычислений существующих методов определения экономичных режимов.

Эти методы, разработанные преимущественно для небольших концентрированных энергосистем, основаны на значительных упрощениях учета уравнений именно электрической системы. При распространении этих методов на объединенные системы и ЭЭС такие упрощения ведут к снижению точности расчетов, к значительным эксплуатационным перерасходам.

С точки зрения применимости к объединенным системам существующие методы определения экономичных режимов имеют следующие недостатки.

1. Вместо того, чтобы определять минимум функции суммарной стоимости расхода топлива сразу в зависимости от всех регулируемых параметров, существующие методы определяют его в зависимости только от отдельных групп их, при постоянных значениях остальных регулируемых параметров, а именно: отдельно по генерируемым активным мощностям [2—12], отдельно по генерируемым реактивным мощностям [2, 3, 13] и отдельно по коэффициентам трансформаций [14, 15].

2. Недостаточно точно учитывают изменение потерь активной мощности в электрической сети.

Переменные потери активной мощности всей электрической сети представляются как сумма переменных потерь активной мощности отдельных электрических связей № j :

$$\Pi_j = \frac{P_j^2 + Q_j^2}{U_j^2} r_j, \quad (1)$$

где P_j , Q_j и U_j — соответствующие средние мощности и напряжение на активном сопротивлении эквивалентной П-образной схемы r_j .

В случае изолированного экономичного распределения только генерируемых активных мощностей необходимо вычислить частные производные потерь активной мощности Π по генерируемой активной мощности узла № i — $\frac{\partial \Pi_j}{\partial P_{ci}}$.

При этом не учитываются изменения реактивной мощности Q_j и напряжения U_j [2—5], что в случае межсистемных связей может привести к значительным ошибкам.

Изменение активной мощности P_j определяется на основе постоянных коэффициентов распределения активных мощностей $\frac{\partial P_j}{\partial P_{ri}}$ [4, 5, 16].

В действительности при объединенных системах коэффициенты распределения мощностей могут значительно изменяться в результате изменения потерь межсистемных связей и напряжений узлов как по модулю, так и по аргументу.

При использовании метода преобразования сети, эквивалентной по токам и потерям активной мощности [2, 3], нет необходимости использовать метод коэффициентов распределения мощностей. Однако неучет взаимных углов между векторами напряжения, на котором базируется эквивалентное преобразование, обуславливает значительные погрешности для единой энергосистемы.

В случае изолированного экономического распределения генерируемых реактивных мощностей между узлами аналогично не учитываются изменения активной мощности P_j , напряжения U_i (см. формулу (1), коэффициентов распределения реактивных мощностей $\frac{\partial Q_i}{\partial Q_{ri}}$ [13] и допускаются те же погрешности при использовании метода эквивалентного преобразования сети [2, 3].

Наконец, при изолированном определении экономических коэффициентов трансформации [14, 15] распределение мощностей определяется также без учета изменения напряжения и потерь мощностей.

3. Рассматриваемые методы не учитывают изменения активной и реактивной мощностей нагрузок на основе статических характеристик при изменении регулируемых параметров.

Поскольку с экономической точки зрения допускаются определенные отклонения напряжения, то имеет смысл в пределах этих отклонений учитывать статические характеристики нагрузок для того, чтобы одновременно получить минимум эксплуатационных расходов.

Снижение суммарной стоимости расхода топлива получается за счет зависимости расхода непосредственно от нагрузочных активных мощностей и потерь активной мощности в сетях, которые также зависят от нагрузочных мощностей.

Соответствующие статические характеристики должны быть определены с учетом регулирования напряжения и экономического регулирования в районных сетях.

Перечисленные факторы до некоторой степени учитываются, хотя и недостаточно, в ряде работ советских и зарубежных авторов.

Так, В. М. Горнштейн [4] приводит методику определения частной производной потерь активной мощности одной электрической связи с промежуточными отборами нагрузочных мощностей по активной мощности отправного конца связи $\frac{\partial \Pi_j}{\partial P_{jk}}$. При этом учитывается, кроме изменения активной мощности, и изменение реактивной мощности Q_j [1] при постоянных напряжениях в концах связи.

Эта методика позволяет осуществить более точное изолированное распределение только генерируемых активных мощностей в случае такой радиальной схемы межсистемных связей, когда каждая система соединяется лишь через одну электрическую связь с точкой балансирования мощностей «О» (рис. 1).

Однако в более сложных схемах (рис. 2 и 3) эта методика не может быть применена, поскольку использование постоянных коэффициентов распределения мощностей ведет к погрешностям такого же поряд-

ка, что и при определении частной производной $\frac{\partial \Pi_j}{\partial P_{jk}}$ без учета изменения реактивной мощности Q_j .

Установление в общем виде зависимости коэффициентов распределения мощностей, а также частных производных типа $\frac{\partial \Pi_j}{\partial P_{jk}}$ от генерируемых активных мощностей представляет собой неопределенную задачу. Только в частных случаях сложных схем межсистемных связей во всей системе вместе с уравнениями баланса мощностей узловых точек и уравнениями, определяющими связь между напряжениями в концах каждой связи [17, 18]. Однако для данного случая этот путь неоправданно сложен, тем более, что в таком виде рассматриваемый метод решает только задачу более точного изолированного экономического распределения активных мощностей.

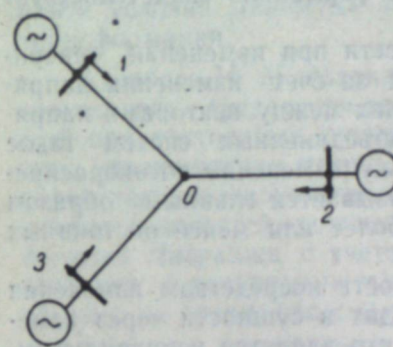


Рис. 1.

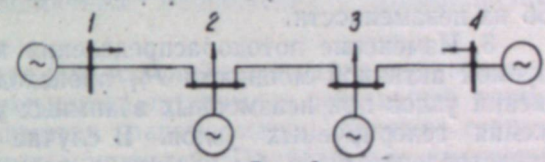


Рис. 2.

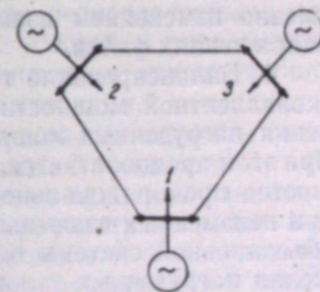


Рис. 3.

В США широкое распространение получил так называемый тензорный метод Г. Крона (правильнее было бы сказать — векторно-матричный метод) [8], позволяющий определить формулу потерь активной мощности, т. е. функцию потерь активной мощности от генерируемых активных мощностей. На основе этой формулы вычисляются частные производные потерь активной мощности по любой генерируемой активной мощности $\frac{\partial \Pi}{\partial P_{ri}}$.

В последние годы тензорный метод распространился и в Западной Европе, особенно в Западной Германии [9, 10, 19, 20, 21].

Эта методика также решает лишь задачу изолированного определения экономических генерируемых активных мощностей. В случае же объединенных систем она может оказаться недостаточно точной, поскольку основывается на целом ряде весьма грубых упрощений.

При выводе формулы потерь активной мощности допускаются следующие принципиальные погрешности.

1. При изменении генерируемой активной мощности какого-либо узла P_{ri} (для определения частной производной $\frac{\partial \Pi}{\partial P_{ri}}$) предполагается, что реактивная генерируемая мощность этого узла Q_{ri} изменяется пропорционально P_{ri} (угол между векторами напряжения U_i и генерируемого тока I_i узла № i считается неизменным) при постоянном напряжении U_i узла № i . Тем самым устанавливается определенная

зависимость между $Q_{гi}$ и $P_{гi}$, не соответствующая требованиям экономичности.

2. Из формулы потерь видно, что при изменении $P_{гi}$ эта мощность балансируется только в виде изменения эквивалентной суммарной мощности нагрузок при постоянных остальных генерируемых мощностях, хотя фактически они также несколько изменяются, что является неправильным.

Объясняется это тем, что при постоянном напряжении U_i ток I_i изменяется пропорционально $P_{гi}$. Далее уравнения так построены, что фактически изменение тока I_i вызывает изменение только тока эквивалентной нагрузки $I_{нэк}$ при постоянных генерируемых токах остальных узлов. Изменение потокораспределения в сети при этом вызывается изменением напряжений всех узлов при постоянных заданных взаимных углах между векторами напряжения генерируемых узлов. То обстоятельство, что фактически изменяются напряжения всех узлов пропорционально I_i , влечет за собой изменение всех генерируемых активных мощностей, хотя формула потерь формально свидетельствует об их неизменности.

3. Изменение потокораспределения в сети при изменении генерируемой активной мощности $P_{гi}$ происходит за счет изменения напряжений узлов при неизменных взаимных углах между векторами напряжения генерируемых узлов. В случае объединенных систем такое представление было бы неверным, поскольку изменение потокораспределения, особенно активных мощностей, вызывается главным образом именно изменением взаимных углов при более или менее постоянных напряжениях узлов.

4. Балансирование генерируемой мощности посредством изменения эквивалентной мощности нагрузок происходит в сущности через изменения нагрузочных мощностей всех узлов, что является неправильным. При этом предполагается, что токи нагрузки отдельных узлов I_{ni} изменяются пропорционально току суммарной эквивалентной нагрузки $I_{нэк}$ при неизменных взаимных углах между векторами токов нагрузки. Для объединенной системы это не характерно. Считается также, что напряжения нагрузочных узлов изменяются по модулю и по углу так, чтобы сумма мощности нагрузок всех узлов равнялась мощности эквивалентной суммарной нагрузки.

Таким образом, и тензорный метод Г. Крона может оказаться недостаточно точным в случае объединенных систем.

Анализ точности этой методики путем сравнения формулы потерь при разных заданных исходных соотношениях ($\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_{гi}}{P_{гi}}$, заданные углы и напряжения и т. д.) [22—24] не позволяет охарактеризовать ее по существу.

Также не убедителен для объединенных систем вывод о том, что недостаточная точность используемых расходных характеристик станций делает нецелесообразным применение более точной методики [25].

Совершенно точно позволяет определять экономичные режимы при постоянных заданных напряжениях узлов метод В. Р. Браунли [11, 12], представляющий потери активной мощности в функции взаимного угла между напряжениями. Однако эту методику можно использовать с необходимой строгостью лишь для системы, состоящей из двух узловых точек.

В работах Н. А. Мельникова [26] и Х. Ф. Фазылова [27] приведена методика экономического совместного определения генерируемых реактивных мощностей и коэффициентов трансформации регулируемых бустертранс-

форматоров в независимых замкнутых контурах электрической сети при постоянных значениях генерируемых активных мощностей, а также коэффициентов трансформации обычных регулируемых трансформаторов. При этом условие минимума потерь активной мощности определяется без учета изменения нагрузочных токов.

Наиболее общим является метод Х. Ф. Фазылова, позволяющий с достаточной точностью учесть не только изменения напряжений узлов по модулю и аргументу, но и потери мощности.

Однако даже при таком изолированном определении экономических генерируемых реактивных мощностей и коэффициентов трансформации, без учета изменения нагрузочных мощностей, этот метод дает неправильные результаты, если некоторые напряжения и коэффициенты трансформации оказываются фиксированными. В большинстве случаев именно по этой причине нельзя использовать эту методику [3]. При таких ограничениях регулируемых параметров необходимо непосредственно найти условия минимума экономических напряжений и коэффициентов трансформации.

В работе И. М. Марковича [16] изложена методика экономического совместного определения генерируемых активных и реактивных мощностей при постоянных коэффициентах трансформации с учетом статических характеристик нагрузочных мощностей. Приведенные уравнения, определяющие экономичные значения генерируемых активных и реактивных мощностей, получены на основе метода неопределенных множителей Лагранжа с учетом дополнительных условий в виде баланса активных и реактивных мощностей во всей системе и являются более общими по сравнению с вышерассмотренными методами.

Однако в общем виде использовать эти уравнения нельзя, так как частные производные потерь активной и реактивной мощности по генерируемым мощностям можно вычислить существующими методами только с теми же упрощениями, которые были рассмотрены выше. Кроме того, поскольку существующие методы не позволяют вычислить производных параметров режима по генерируемым мощностям, в частности, производных типа $\frac{dU_i}{dP_{гi}}$, $\frac{dU_j}{dQ_{гi}}$, нельзя и учитывать изменения нагрузочных мощностей по статическим характеристикам.

Отмеченные И. М. Марковичем трудности можно преодолевать, используя усовершенствованный метод последовательных интервалов [28, 29] для вычисления указанных частных производных и производных на базе уравнений небаланса узловых мощностей, определяющих стационарный режим электрической системы [17].

Однако решение полученных общих уравнений оказывается неоправданно сложной и практически непреодолимой задачей.

Гораздо проще и при этом с учетом всех вышеотмеченных факторов можно определить экономичный режим единой энергосистемы на основе двух форм более общих уравнений экономического режима и соответствующих методов их решения [1].

Интересно отметить, что в 1958 г. в американской работе [30] приводилась весьма общая форма уравнений экономического режима, близкая к предложенной нами второй форме более общих уравнений экономического режима.

Суммарные потери активной мощности в электрической сети и в электрических станциях автор представляет в функции от вещественных и мнимых компонентов векторов напряжения узловых точек U_{1a}, \dots ,

$U_{1a}, U_{1r}, \dots, U_{1m}$ с учетом дополнительных условий в виде баланса узловых мощностей, что аналогично представлению суммарной стоимости расхода топлива в функции напряжений U_1, \dots, U_m узловых точек (модули векторов напряжений) и взаимных углов между векторами напряжения $\delta_{12}, \dots, \delta_{1m}$.

Однако эта форма уравнений имеет следующие существенные недостатки по сравнению со второй формой более общих уравнений.

Совершенно не ясно, почему автор определяет минимум суммарных потерь в сетях и станциях вместо того, чтобы определить сразу минимум суммарной стоимости расхода топлива, так как нет возможности достаточно строго привести потери в сетях и в разных станциях к одному знаменателю в смысле учета весьма разных экономических характеристик, стоимости топлива отдельных станций и отдельных концентрированных систем.

Рассматриваемая форма уравнений не учитывает статических характеристик нагрузок и необходимости одновременного определения экономических коэффициентов трансформаций.

Представление сетевых узловых мощностей в функции от вещественных и мнимых компонентов напряжения $U_{1a}, \dots, U_{1r}, \dots, U_{1m}$ вместо напряжений U_1, \dots, U_m и взаимных углов между векторами напряжений $\delta_{12}, \dots, \delta_{1m}$ значительно усложняет расчет.

1. Нет возможности разделить вычислительный процесс решения уравнений экономического режима на два основных этапа на основе очень быстро сходящего итеративного процесса решения общих уравнений, при котором решение для всех неизвестных регулируемых параметров, с учетом изменения сложных выражений относительных приростов, заменяется решением сложных выражений только для взаимных углов.

2. В то время как при записи сетевых узловых мощностей в функции напряжений и взаимных углов между векторами напряжения ограничивающие условия в виде фиксированных напряжений (модулей) упрощают расчет (число неизвестных уменьшается), в случае представления сетевых узловых мощностей в функции от вещественных и мнимых компонентов напряжений эти ограничивающие условия усложняют расчет, поскольку число неизвестных не только уменьшается, а, наоборот, увеличивается за счет увеличения числа дополнительных условий по методу неопределенных множителей Лагранжа.

3. Учет статических характеристик нагрузок по напряжению усложняется дополнительными зависимостями между модулем напряжения и его компонентами.

4. Для обеспечения качества энергии и надежности режима необходимо постоянно следить за напряжениями (модулями), регулировка же их в данном случае требует дополнительных вычислений для перехода от экономических компонентов напряжений к модулям напряжений. Необходимы такие дополнительные вычисления и для определения взаимных углов с точки зрения статической устойчивости.

5. В работе не показано, каким путем можно решить сложные нелинейные системы уравнений.

Единственное преимущество представления сетевых узловых мощностей в функции вещественных и мнимых компонентов напряжения заключается в том, что оно позволяет получить более простые квадратичные зависимости от вещественных и мнимых компонентов напряжений вместо более сложных зависимостей через тригонометрические функции в случае второй формы более общих уравнений.

Однако этот недостаток второй формы более общих уравнений, даже при прочих равных условиях, не особенно существен, если для ре-

шения уравнений используются комбинированно методы последовательных интервалов и последовательных приближений Ньютона — Рафсона [см. 1].

Выводы

1. Существующие методы определения экономических режимов недостаточно разработаны для объединенных энергосистем и ЕЭС.

2. На основе более общей методики определения экономических режимов [1] необходимо определить области использования существующих упрощенных методов.

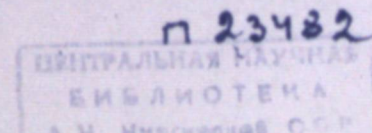
3. На основе более общей методики необходимо разработать инженерные методы для определения экономических режимов объединенных энергосистем и ЕЭС.

Транспортно-энергетический институт
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
19/VI 1959

ЛИТЕРАТУРА

- Л. А. Крумм, Две формы более общих уравнений экономического режима объединенных энергосистем. Изв. СОАН СССР, № 10, 1959.
- Б. И. Розенберг, Распределение активной и реактивной мощности между источниками питания, приводящее к минимуму потерь в электросети. Электричество, № 12, 1948.
- Б. И. Розенберг, Потери энергии в высоковольтных сетях и методы их снижения. Автореф. докт. дисс. Ленингр. политехн. ин-т, 1956.
- В. М. Горюштин, Наивыгоднейшее распределение нагрузок между параллельно работающими электростанциями, ГЭИ, 1949.
- В. М. Горюштин, О выборе наивыгоднейшего режима параллельной работы гидроэлектрических и тепловых станций в энергосистеме. Гидротехническое строительство, № 2, 1951.
- В. В. Болотов, Теоретические основы выбора экономического режима сложной электроэнергетической системы. Изд. АН СССР, 1947.
- В. М. Горюштин, Наивыгоднейшее распределение активной нагрузки между электростанциями. Тр. ЦНИЭЛ, вып. 6, 1957.
- G. Kron, Tensorial analysis of integrated transmission systems. Part I. The six basic reference frames, AIEE transactions, vol. 70, pt. II, 1951, p. 1239—1246.
- H. Bauer, Optimaler Verbundbetrieb. Archiv für Elektrotechnik, H. 1, 1955.
- H. Bauer, Verbundbetrieb mit geringsten Verlustkosten, «ETZ—A», H. 11, 1955.
- W. R. Brownlee, Co-ordination of incremental fuel costs and incremental transmission losses by functions of voltage phase angles. AIEE transactions, vol. 73, pt. III—A, 1954, p. 529—533.
- C. R. Sahni, The determination of incremental and total loss formulas functions of voltage phase angles. AIEE transactions, vol. 74, pt. 3, 1955, p. 161—176.
- В. М. Горюштин, Наивыгоднейшее распределение реактивной нагрузки между произвольным числом параллельно работающих станций. Электрические станции, № 3, 1938.
- В. Г. Холмский, Применение регулируемых трансформаторов в электрических сетях. ГЭИ, 1950.
- В. Г. Холмский, Основы расчета электрических сетей при применении регулируемых трансформаторов. Докт. дисс., Киев, 1953.
- И. М. Марковиц, Режимы энергетических систем. ГЭИ, 1957.
- Л. А. Крумм, Уравнение стационарного режима электрической системы с учетом статических характеристик нагрузок и генераторов при автоматическом регулировании частоты, напряжения и мощности. Тр. Таллинск. политехн. ин-та, № 123, 1957.
- Л. А. Крумм, Методы расчета стационарных режимов электрических систем при первичном и вторичном автоматическом регулировании частоты и о влиянии электрических связей на регулирование частоты. Канд. дисс., Томск. политехн. ин-т, 1955.
- H. Bauer, H. Edelmänn, Der Sielomat, ein Hilfsmittel des Lastverteilers für optimalen Kraftwerkeinsatz, I. Grundlagen des Verfahrens und Erläuterung des Geräts. Elektrizitätswirtschaft, H. 7, 1958.
- H. Bauer, H. Edelmänn, Der Sielomat, ein Hilfsmittel des Lastverteilers für optimalen Kraftwerkeinsatz, II Zahlenbeispiele für den Einsatz des Geräts bei rein



- thermischen und bei hydrothermischen Verbundbetrieb. Elektrizitätswirtschaft, H. 10, 1958.
21. H. Bauer, H. Edelmann, Der Sielomat, ein Hilfsmittel des Lastverteilers für optimalen Kraftwerkeinsatz, III. Exakte Begründung des Rechenverfahrens bei kombiniertem hydrothermischen Verbundbetrieb. Elektrizitätswirtschaft, H. 13, 1958.
 22. L. K. Kirchmayer, G. W. Stagg, Analysis of total and incremental losses in Transmission systems. AIEE transactions, vol. 70, pt. II, 1951, p. 1197—1204.
 23. A. F. Glimn, L. K. Kirchmayer, G. W. Stagg, Analysis of losses in interconnected systems. AIEE transactions, vol. 71, pt. III, 1952, p. 796—808.
 24. A. F. Glimn, L. K. Kirchmayer, G. W. Stagg, Loss formulas made Easy. AIEE transactions, vol. 72, pt. III, 1953, p. 730—735.
 25. A. F. Glimn, L. K. Kirchmayer, V. R. Peterson, G. W. Stagg, Accuracy considerations in economic dispatching of power systems — I. AIEE transactions, vol. 75, pt. III, 1956, p. 1125—1137.
 26. Н. А. Мельников, Расчеты режимов работы сетей электрических систем. ГЭИ, 1950.
 27. Х. Ф. Фазылов, Теория и методы расчета электрических систем. Изд. АН УзССР, 1953.
 28. Л. А. Крумм, Использование, трудоемкость и автоматизация вычислительного процесса методов расчета стационарных режимов электрических систем с учетом статических характеристик нагрузок и генераторов при автоматическом регулировании частоты, напряжения и мощности. Тр. Таллинск. политехн. ин-та, № 126, 1957.
 29. Л. А. Крумм, Усовершенствованный метод последовательных интервалов для определения изменения стационарного режима электрической системы при любых возмущениях симметричного характера с учетом статических характеристик нагрузок и генераторов и автоматизации регулирования частоты, напряжения и мощности. Тр. Таллинск. политехн. ин-та, № 125, 1957.
 30. J. F. Calvert, T. W. Sze, A new Approach to Loss Minimization in Electric Power Systems. Power Appar. and Systems, № 34, 1958, p. 1439—1446.

А. Т. ПУТИЛОВА, О. В. ОЛЬШЕВСКИЙ

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАЛЬНЕЙ ПЕРЕДАЧИ

В литературе, посвященной теоретическому обоснованию и практическому применению компенсации параметров дальних передач, не раз поднимался вопрос о необходимости и целесообразности распределения компенсирующих устройств (к. у.) вдоль линии [1—9]. Однако в большинстве случаев эффективность распределения к. у. рассматривалась односторонне, без учета всей суммы изменений, являющихся следствием увеличения числа пунктов размещения установок компенсации.

В данной работе сделана попытка учесть одновременно ряд факторов, влияющих в той или иной степени на решение поставленной задачи.

В общем случае линию электропередачи с распределенными к. у. можно представить в виде схемы, составленной из ряда идентичных элементов, параметры которых определяются исходными эквивалентными коэффициентами четырехполюсника, замещающего схему в целом (рис. 1). Изменение числа составляющих элементов от единицы до бесконечности (последнее соответствует однородной компенсированной линии) будет соответствовать схемам дальних электропередач с различным числом к. у., равномерно размещенных по линии. Сопоставление результирующих данных различных схем дает возможность выявить относительную эффективность распределения к. у. вдоль линии.

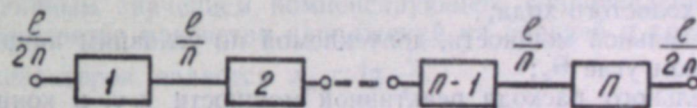


Рис. 1.

Каждый элемент включает участок линии с одним или несколькими к. у., расположение которых может быть произвольным. Эквивалентные коэффициенты общего четырехполюсника устанавливаются на основе отдельных составляющих элементов [10].

Необходимые параметры к. у., удовлетворяющие заданному уровню устойчивости передачи, могут быть найдены с учетом следующих зависимостей:

$$B_n = \frac{\sin \theta_n}{P}, \quad (1)$$

$$x_k, y_k = f(B_n, \lambda), \quad (2)$$

где B_n — эквивалентный коэффициент четырехполюсника всей схемы, θ_n — допустимое значение угла, приходящегося на элементы линии.

Как было показано ранее [11], при наличии симметричной схемы и отсутствии перепада напряжения по концам линии нет необходимости прибегать к расчету полной схемы компенсированной линии, достаточно ограничиться расчетом только ее половины.

В этом случае имеем:

$$A_{n/2} B_{n/2} = \frac{\cos \theta_{\lambda/2} \sin \theta_{\lambda/2}}{P}, \quad (3)$$

$$x_k, y_k = f(B_{n/2}, A_{n/2}, \lambda). \quad (4)$$

В настоящей работе влияние распределения к. у. выясняется на примере двух групп характерных схем, отличающихся между собой прежде всего значением эквивалентного волнового сопротивления. Составляющие элементы каждой группы схем показаны на рис. 2. В первой группе схем компенсация волновой длины линии только продольной емкостью сопровождается одновременным изменением эквивалентного волнового сопротивления, во второй — использование продольной емкости в сочетании с поперечной индуктивностью дает возможность компенсировать волновую длину линии без изменения эквивалентного волнового сопротивления. Надо полагать, что принятые к анализу схе-

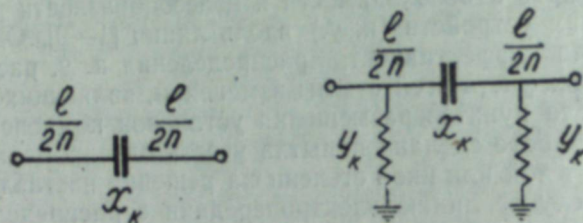


Рис. 2.

мы компенсации являются крайними по своим свойствам в связи с тем, что свойства других возможных схем заключены между ними.

Анализ влияния распределения к. у. по линии проводился на основе следующих факторов, соответствующих стационарному режиму передачи:

- 1) значения предельной длины линии, до которой возможно применение рассматриваемой схемы по условиям допустимого напряжения в режиме холостого хода;
- 2) предельной мощности, допускаемой по условиям напряжения; при заданном угле θ_{λ} ;
- 3) удельного расхода реактивной мощности к. у. и концевых устройств на единицу передаваемой активной мощности при различной пропускной способности;
- 4) кривой изменения к. п. д. в зависимости от режима нагрузки передачи.

Следует при этом отметить, что распределение к. у. вдоль линии, безусловно, влияет на протекание процесса в переходном режиме, в частности, на кратность возникающих перенапряжений. Однако, даже не касаясь этого важного вопроса подробно, можно сказать, что, по-видимому, уменьшение единичной мощности конденсаторных батарей приводит к заметному уменьшению амплитудных значений перенапряжений в большинстве возможных аварийных режимов [7].

При анализе режима напряжения холостого хода рассматривался только случай, когда линия включена на одинаковое напряжение с обоих концов. Крайний случай одностороннего включения холостой линии на полную длину, сопровождающийся появлением опасных перенапряжений, кратность которых растет с увеличением протяженности передачи, во внимание не принимался, поскольку такой режим по существу является аварийным и его продолжительность должна быть сведена до минимума.

Методика определения напряжения в лимитирующих точках схемы как в режиме холостого хода, так и в режиме нагрузки активной мощностью сводилась к использованию выражений коэффициентов четырехполюсника, замещающего половину схемы [11].

Место расположения точек наибольшего напряжения в режиме холостого хода при определенном x_k , а также значение этого напряжения устанавливались на основе зависимости

$$U_{xx} = \frac{A'}{A_{n/2}}, \quad (5)$$

где U_{xx} — напряжение в искомой точке схемы,

A' — постоянная четырехполюсника от середины линии до искомой точки схемы.

То же имеем в режиме нагрузки линии:

$$U = U_{xx} \sqrt{\cos^2 \theta_{\lambda/2} + k^2 \sin^2 \theta_{\lambda/2}}, \quad (6)$$

где k — критический коэффициент схемы, равный $\frac{A_{n/2} \cdot B'}{B_{n/2} \cdot A'}$.

При дальнейшем изложении будем полагать, что допустимое напряжение не должно превышать номинальное более чем на 10%.

Остановимся вначале на режиме напряжения первой группы схем. Для всех анализируемых схем наблюдается положение, при котором максимум напряжения находится или в середине схемы, или непосредственно с левой стороны конденсаторов, если рассматривать только левую половину схемы (см. рис. 2). Последовательное увеличение компенсирующего сопротивления приводит к смещению максимума напряжения от середины линии к батареям конденсаторов, расположенным ближе к концу линии. Например, для схемы с $n=2$ в промежутке значений $x_k = 0 - \operatorname{tg} \frac{\lambda}{8}$ максимум напряжений находится в средней точке, а при больших значениях — с левой стороны крайней емкости. При $n=3$ граничным значением компенсирующего сопротивления, при котором соблюдается равенство напряжений на средней и крайней батареях конденсаторов, является $x_k = \operatorname{tg} \frac{\lambda}{6}$.

В случае, когда $n=4$, напряжение на первой емкости становится больше, чем в средней точке при $x_k = \operatorname{tg} \frac{\lambda}{16}$, а на второй емкости больше, чем в средней точке при $x_k = \operatorname{tg} \frac{\lambda}{8}$.

Таким образом, максимум напряжения перемещается с увеличением n из середины линии к первой батарее конденсаторов, а затем ко второй.

Характерной особенностью схемы с одним к. у. является независимость режима напряжения холостой линии от значения степени компенсации, что обусловлено установкой компенсирующего сопротивления в точке, где реактивная мощность равна нулю. Поэтому данная схема, как и однородная линия, по условиям напряжения холостой линии может найти применение только до длины 820 км. Дальнейшее увеличение длины линии связано с повышением уровня напряжения сверх допустимого. При двух установках продольной компенсации и больше режим напряжения холостого хода зависит от значения компенсирующего сопротивления. Увеличение последнего благоприятно влияет на распределение напряжения по линии, однако практически это можно реализовать в широких пределах только при 4 к. у. и больше, так как лишь

в этом случае кривая связи между длиной линии и компенсирующим сопротивлением, при условии соблюдения допустимого уровня напряжения, приобретает пологий характер (рис. 3). Между тем схемы с $n=2$ и $n=3$, начиная с некоторых значений x_k , указанных выше, имеют более широкую область применения, чем схема с $n=1$. Практически реализуемая длина для этих случаев соответственно равна 1000 и 1100 км.

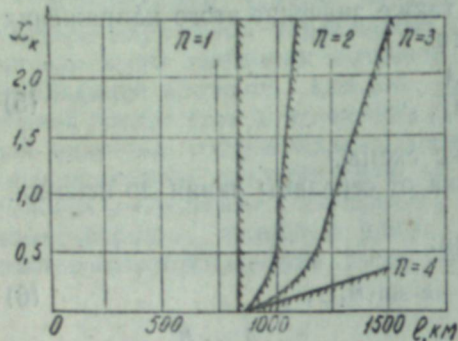


Рис. 3.

Обращает на себя внимание тот факт, что в однородной компенсированной линии ($n=\infty$) режим напряжения холостого хода не является лимитирующим фактором, если, конечно, иметь в виду линии, у которых компенсированная волновая длина не превышает критической по режиму напряжения (в нашем случае $\lambda_k < 49^\circ$).

То же можно сказать и в отношении второй группы схем, у которых установка определенной мощности реакторов позволяет при длине $\lambda < 49^\circ$ не считаться с распределением напряжения в режиме холостого хода.

Перейдем далее к характеристике схем по условиям напряжения в режиме передачи активной мощности. Нас интересует прежде всего предельная мощность, которая может быть передана по линии с соблюдением заданного режима напряжения. Методика определения предельной мощности при известных длине линии и угле θ_d основывалась на использовании ранее приведенных уравнений (3, 4 и 6). Трансцендентный характер упомянутых уравнений не дает возможности установить непосредственную связь между значением предельной мощности и исходными величинами (λ , θ_d , $U_{дон}$). Однако в отдельных случаях это удается сделать, например, для схемы с одной установкой продольной компенсации. Необходимая зависимость запишется следующим образом:

$$P_m = \frac{\sin \theta_d}{\sin \lambda} (1 + k). \quad (7)$$

Следует отметить, что в приведенной зависимости значение предельной мощности находится на основании выражения предельной мощности однородной линии с поправкой на компенсирующее действие продольной емкости. В других схемах решение указанных трех уравнений оказалось целесообразным проводить методом последовательных приближений. Использование этого метода в данном случае облегчается тем, что аналитическим путем можно непосредственно установить значение компенсирующего сопротивления, соответствующего критическому коэффициенту схемы, равному единице, что и было сделано для анализируемых схем. При меньшем значении этого коэффициента напряжение в лимитирующих точках схемы с появлением потока активной мощности уменьшается. Поэтому область компенсирующих сопротивлений, соответствующих $k \leq 1$, может не приниматься во внимание.

В результате проведенных расчетов были установлены области работы схем с анализируемым числом к. у. в координатах l и P с учетом сохранения режима напряжения в допустимых пределах. Эти области построены для двух значений угла θ_d — 40° и 60° (рис. 4 и 5). Как видно из приведенных графиков, основным лимитирующим фактором является напряжение холостого хода, в то время как условия режима

напряжения при передаче активной мощности позволяют обеспечить значительную пропускную способность, которая даже в самом неблагоприятном случае ($n=1$, $\theta_d=40^\circ$) равна примерно двум. Распределение к. у. вдоль линии существенно расширяет область нормальной работы передачи, что особенно заметно при увеличении n с 1 до 2 и с 3 до 4.

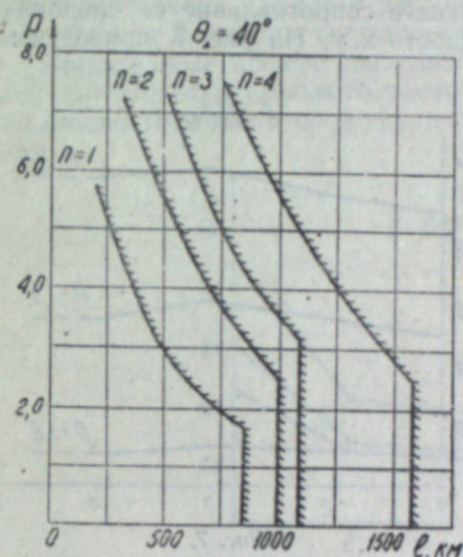


Рис. 4.

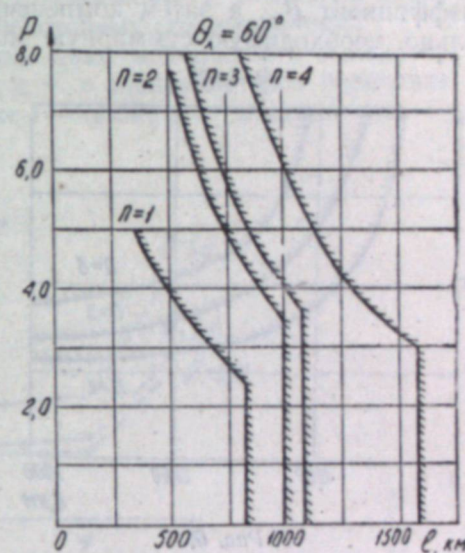


Рис. 5.

Во второй группе схем положение лимитирующих точек находится по формулам, применяемым для однородных линий. При одном к. у. эта точка будет находиться слева от к. у.; при большем числе к. у. она смещается от середины схемы и будет находиться по правую сторону крайней емкости левой половины схемы.

Как видно из приведенных графиков (рис. 6), режим напряжения в линии для второй группы схем ни при холостом ходе, ни при передаче активной мощности не является основным ограничивающим фактором и позволяет передавать мощность практически на любые расстояния. Как и в схемах предыдущей группы, распределение к. у. позволяет заметным образом увеличить пропускную способность передачи.

Перейдем к следующему показателю — удельному расходу к. у., отнесенному к единице передаваемой активной мощности.

Известно, что суммарная мощность к. у., устанавливаемых в двухцепном варианте передачи, в значительной степени зависит от схемы их включения относительно переключательных пунктов. При этом мощность к. у. в большинстве случаев заметно превышает ту, которая необходима по условиям нормального режима, вследствие повышения нагрузки батареи конденсаторов в послеаварийном режиме [1, 2, 7]. Однако в нашем случае, по-видимому, нет необходимости останавливаться на какой-либо конкретной схеме двухцепной передачи, так как это не может существенно сказаться на конечных выводах. Поэтому рассмотрим только одноцепной вариант передачи, при котором мощность устанавливаемых к. у. определяется условиями нормального режима.

Будем исходить из нескольких значений передаваемой мощности (1,0; 1,5; 2,0), что позволяет более полно выявить интересующие нас характеристики передачи. Распределение к. у. влияет не только на суммарную мощность собственно к. у., но также и на расход конечных

устройств реактивной мощности, необходимых для поддержания напряжения по концам линии на заданном уровне.

В данном случае мощность таких устройств устанавливалась на основе равенства указанных напряжений. Определение суммарной мощности к. у., а также реактивной мощности конечных устройств проводилось на основе уравнения (1), дающего возможность сначала найти коэффициент B_n , а затем компенсирующее сопротивление n , следовательно, необходимую суммарную мощность к. у. На рис. 7 приведены

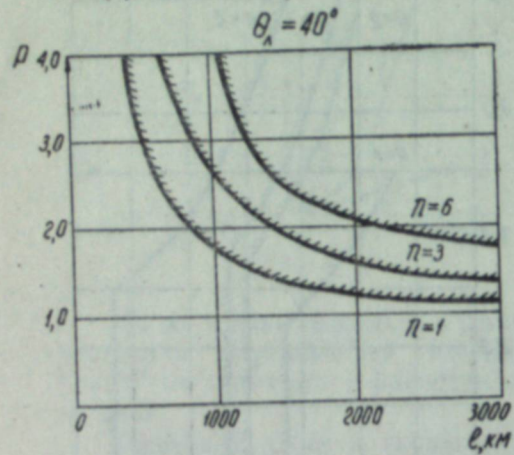


Рис. 6.

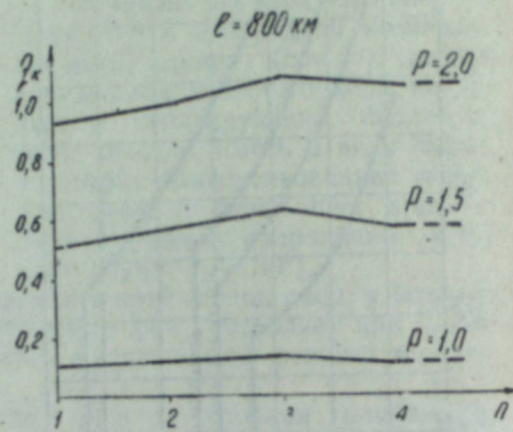


Рис. 7.

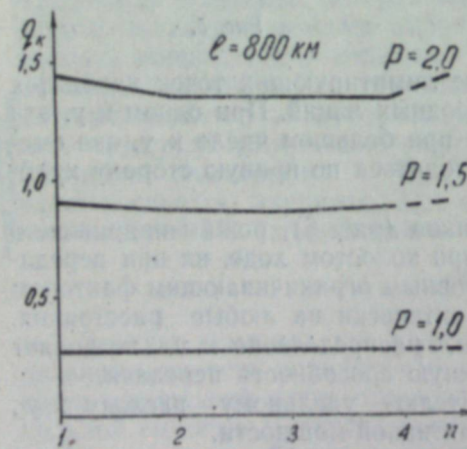


Рис. 8.

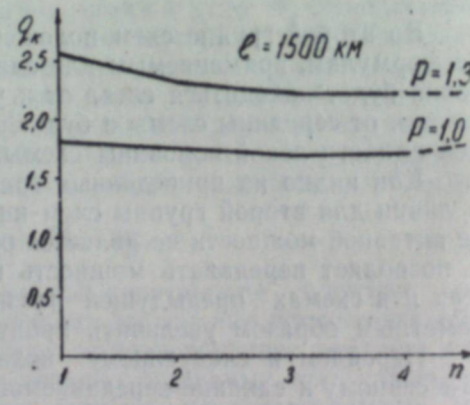


Рис. 9.

кривые удельных расходов мощности к. у. в зависимости от числа n для первой группы схем ($l = 800$ км, $\theta_A = 40^\circ$), на рис. 8 и 9 — кривые для второй группы схем при длинах соответственно 800 и 1500 км. При построении последних учтен наряду с удельным расходом конденсаторов удельный расход поперечных реакторов, мощность которых примерно равна мощности конденсаторов. Для более полного выяснения особенностей распределения к. у. в графики включены точки, соответствующие однородной компенсированной линии. Удельный расход к. у. в этом случае находился с помощью зависимости.

$$\omega_k \sin \lambda \omega_k = \frac{\sin \theta_A}{P}, \quad (8)$$

где ω_k — волновое сопротивление компенсированной линии.

Для первой группы схем распределение к. у. по линии вначале приводит к повышению удельного расхода к. у., что наблюдается до $n = 3$, а затем происходит некоторое снижение этого показателя. При этом с ростом передаваемой мощности степень изменения удельного расхода мощности к. у. в зависимости от n возрастает.

Во второй группе схем наблюдается несколько другой ход зависимостей; сначала удельный расход к. у. уменьшается, а когда n становится больше 3, имеется тенденция к некоторому его повышению.

Приведенные кривые одновременно дают возможность полнее судить об изменении удельного расхода к. у. в зависимости от передаваемой мощности, а для второй группы схем — также и от длины линии.

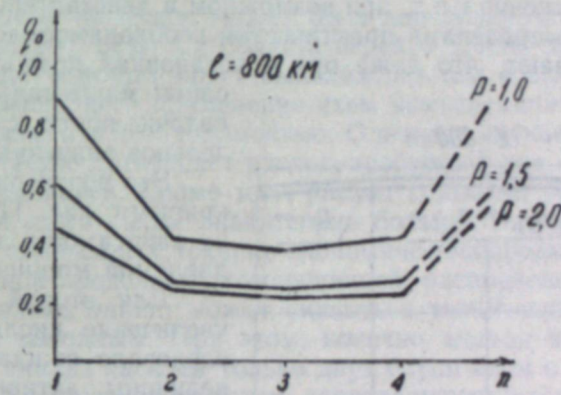


Рис. 10.

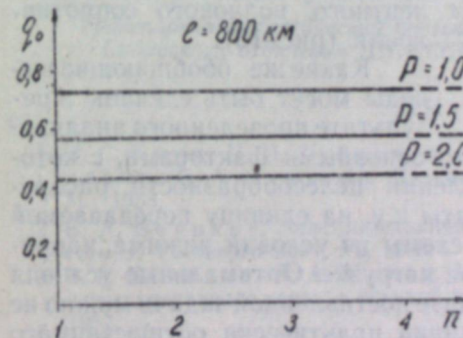


Рис. 11.

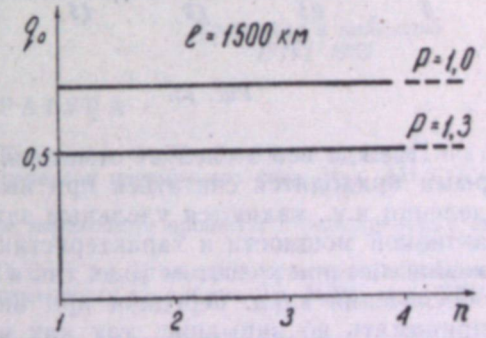


Рис. 12.

На рис. 10—12 представлены зависимости, устанавливающие связь между удельным расходом конечных устройств реактивной мощности и числом n соответственно для первой ($l = 800$ км) и второй ($l = 800$ и 1500 км) групп схем. Резкое снижение удельного показателя для схем с емкостями в области n от 1 до 2 обусловлено тем, что при одном к. у. величина емкости не влияет на поток реактивной мощности в режиме холостого хода.

Для второй группы схем характерно сохранение одинакового удельного расхода конечных устройств реактивной мощности во всем диапазоне изменения n , что обусловлено независимостью эквивалентного волнового сопротивления этой группы схем от степени компенсации.

Остановимся на последнем вопросе данной работы — установлении связи между распределением к. у. и к. п. д. передачи. Анализ проведен на примере передачи длиной 800 км с параметрами линии, соответствующими

шими ЛЭП Волжская ГЭС — Москва ($\beta' = 0,036$ неп/рад). В работе [12] было показано, что при наличии однородной линии существует определенная связь между волновым сопротивлением и коэффициентом затухания. В случае преобладающего влияния активного сопротивления линии на значение коэффициента затухания эта связь приобретает обратную зависимость. Отсюда становится ясным, что в схемах компенсации, содержащих одни продольные емкости, распределение к.у. вдоль линии приводит к понижению к.п.д. передачи. Так, в однородной некомпенсированной линии длиной 800 км максимальный к.п.д. равен 94,20%, а в компенсированной к 40° — 92,20%. Таким образом, равномерная компенсация волновой длины линии приводит к заметному увеличению потерь активной мощности. Но здесь возникает вопрос: происходит ли существенное понижение к.п.д. при возможном в действительных условиях числе к.у. или за пределами практической необходимости? Проведенные расчеты показывают, что даже при 4 установках продольной компенсации

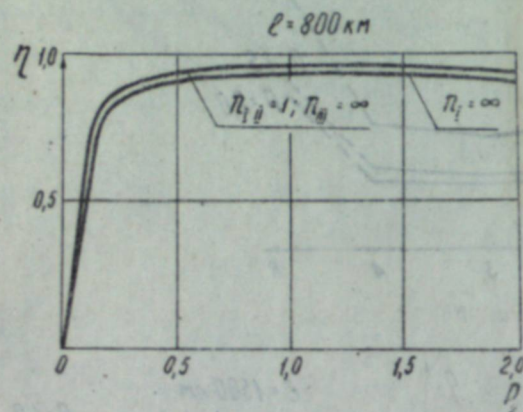


Рис. 13.

максимальный к.п.д. передачи почти сохраняет предельное значение (94,08%).

Это подтверждается также кривыми рис. 11, где показана зависимость к.п.д. от передаваемой мощности.

Для второй группы схем увеличение числа к.у., как и следовало ожидать, не меняет величины активных потерь в линии, что является следствием неизменного значения эквивалентного волнового сопротивления (рис. 13).

Какие же обобщающие выводы могут быть сделаны в результате проведенного анализа?

Прежде всего следует отметить, что основными факторами, с которыми приходится считаться при выявлении целесообразности распределения к.у., являются удельные затраты к.у. на единицу передаваемой активной мощности и характеристики схемы из условий режима напряжения как при холостом ходе, так и при нагрузке. Оптимальные условия обеспечения к.п.д. передачи при анализе поставленной задачи можно не принимать во внимание, так как влияние практически осуществимого числа к.у. на потери активной мощности в линии является не столь существенным.

Как было показано выше, у схем с одной продольной компенсацией в действительных условиях лимитирующим режимом по условиям напряжения является режим холостого хода.

Распределение к.у. вдоль линии позволяет расширить область применения таких схем. По-видимому, в действительных условиях применение данного способа компенсации ограничивается предельной длиной линии, равной примерно 1200 км. Напротив, совместное применение в схемах продольной и поперечной компенсации в том отношении, какое принято в исходных положениях, приводит к изменению ограничивающих условий. Здесь уже приходится считаться с режимом напряжения при передаче определенной активной мощности (при длине свыше 1000 км) и исключить из анализа холостой режим. В этом случае распределение к.у. дает возможность повысить пропускную способность передачи в заметной степени при длинах, превышающих 1000—1200 км.

Соблюдение заданных условий послеаварийного режима, которые в большинстве случаев являются весьма жесткими, служит дополнительным доказательством необходимости увеличения числа пунктов размещения к.у. протяженных передач. Хотя вопрос установления числа таких пунктов должен решаться в каждом конкретном случае, можно сказать, что едва ли будет необходимость в их увеличении больше четырех.

Таким образом, можно сделать вывод, что в передачах длиной свыше 1200 км, где могут применяться только схемы, подобные схемам второй группы, распределение к.у. является, по крайней мере, желательным условием для обеспечения приемлемых характеристик. С другой стороны, в отношении передач до 800 км, где применение схем с одной продольной компенсацией не вызывает сомнения, на вопрос о целесообразности увеличения числа к.у. может быть дан только отрицательный ответ. Следовательно, остается область передач длины 800—1200 км, схемы компенсации которых могут выполняться тем и другим анализируемыми способами. Здесь применение схем компенсации второй группы с $n > 1$ не вызывает необходимости. Однако в случае $n = 1$ удельный расход к.у. заметно превышает расход, требуемый для схем с одной продольной компенсацией. Кроме того, расход концевых устройств реактивной мощности здесь также значительно больше. Вполне возможно, что при наличии отмеченных технико-экономических преимуществ применение схем с одной продольной компенсацией, распределенной в необходимой степени вдоль линии, может оказаться технически оправданным и экономически выгодным. При этом, конечно, нельзя не учитывать, что проведенный анализ касался только двух групп схем с крайними характеристиками и осуществление схем, характеризующихся промежуточным отношением продольной и поперечной компенсации, может привести к более оптимальным решениям.

Транспортно-энергетический институт
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
19/VI 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Брук, П. И. Зубков, А. А. Крюков, М. С. Либкинд, И. М. Маркович, С. А. Савалов, Дальние передачи переменного тока. Изд. АН СССР, М., 1958.
2. В. А. Веников, Электромеханические переходные процессы в электрических системах. Госэнергоиздат, М., 1958.
3. В. А. Веников, Л. А. Жуков, И. П. Сиуда, Уточнение характеристик дальних электропередач в связи с оценкой экономичности их работы. Тр. МЭИ, вып. XXVI, 1957.
4. Т. Б. Заславская, О техническом пределе пропускной способности компенсированной линии электропередачи. Изв. Вост. фил. АН СССР, № 3, 1957.
5. Г. Е. Поспелов, Коэффициент полезного действия электропередачи и зависимость его от размещения компенсирующих устройств. Тр. Ин-та энергетики Уз. ССР, вып. 11. Ташкент, 1958.
6. О. Б. Голпыго, Влияние размещения компенсирующих устройств на стационарные режимы длинных линий. Дисс., ТПИ, Томск, 1954.
7. Дальняя электропередача Волжская ГЭС им. В. И. Ленина — Москва. Госэнергоиздат, М., 1958.
8. S. B. Cray, L. E. Saline, Location of series capacitors in High — voltage transmission systems. Tr. AIEE, vol. 72, 1953.
9. Сиппаг Ianneke, K. E. Akérström, The series capacitors in Sweden. El-Eng., vol. 71, 1952.
10. О. В. Ольшевский, Повышение пропускной способности дальних электропередач распределением настраивающей емкости. Изв. Вост. фил. АН СССР, № 11, 1957.
11. О. В. Ольшевский, О режиме напряжения компенсированной электропередачи. Изв. СОАН СССР, № 9, 1959.
12. О. В. Ольшевский, К расчету дальних электропередач с учетом активных потерь. Изв. Вост. фил. АН СССР, № 7, 1957.

В. М. ВЛАДИМИРОВ

К КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ ПРОЧНОСТИ ГРУНТА
НА ОТРЫВ С ВЛАЖНОСТЬЮ

В настоящее время рядом научно-исследовательских и производственных организаций (ИГД СОАН СССР, ЦНИИС МТС, Гидропроект МЭ, Ленгипрошахт, ВНИИСтройдормаш и др.) уделяется значительное внимание изысканию менее энергоемких способов разработки грунта. В числе таких способов обращает на себя внимание разработка грунта отрывом, сколом и обрушением. Одной из основных физико-механических характеристик, предопределяющих эффективность разработки грунта при этих способах экскавации, является его прочность на отрыв. Установление величины сопротивления грунта отрыву представляет интерес при расчетах на устойчивость откосов земляного полотна, подпорных стенок и т. д. Как и многие другие прочностные характеристики, сопротивление отрыву зависит от большого числа факторов и в первую очередь от влажности грунта.

Возможность оценки прочности грунта на отрыв по значению влажности заслуживает серьезного внимания, так как влажность относительно легко можно установить непосредственно в полевых условиях.

В соотношении между этими величинами, вероятно, существует корреляционная зависимость. Об установлении функциональной зависимости не может быть и речи, так как вследствие неоднородности гранулометрического состава грунта, его структуры и текстуры одному значению независимой величины, в нашем случае — влажности, соответствует несколько значений прочности грунта отрыву, варьирующих около некоторой своей средней величины.

В целях выявления зависимости между сопротивлением отрыву и влажностью в полевых и лабораторных условиях были проведены значительные по объему эксперименты.

Они охватывали грунты двух гранулометрических составов с диапазоном изменения влажности, показанными в табл. 1.

Пробы грунта отбирались в окрестностях Новосибирска в основном с глубины 1,5—2,0 м. Грунт, особенно супесчаный, находился в весьма рыхлом сложении, так как при определении плотности плотномером ДорНИИ число ударов не превышало 4—5.

Испытания грунта на отрыв при естественной влажности (для супесей она колебалась в пределах 11%, а суглинка — 17%) проводились непосредственно в полевых условиях. Для этой цели был специально сконструирован прибор*, принцип действия которого основан на отрыве образца под действием собственного веса. Для испытания грунта при влажности, отличной от естественной, грунтовые монолиты доставлялись в лабораторию и просушивались на стеллажах. При проведении опытов образцы брались от сохнувших монолитов и подвергались испытаниям через каждые 10—15 дней. Для этой цели из образцов вырезались

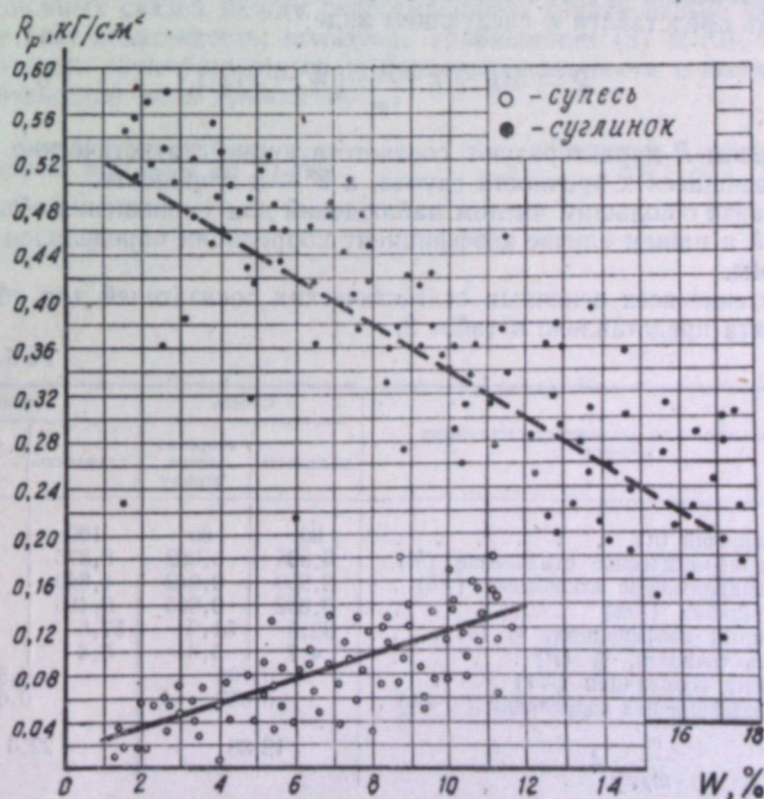
* К. С. Гурков и В. М. Владимир, Способ и прибор для определения сопротивления грунтов отрыву в полевых условиях. Авторское свидетельство № 106734.

Таблица 1

Наименование грунтов	Размер фракций, мм						Объемный вес грунта при естественной влажности, г/см ³	Число пластичности	Диапазон изменения влажности, %
	> 0,25	0,25 + 0,05	0,05 + 0,01	0,01 + 0,005	0,005 + 0,0024	< 0,0024			
Супесь	1,43	19,14	53,32	17,20	5,30	3,61	1,58	3,8	1,3 + 11,7
Суглинок	0,61	9,00	48,75	9,20	16,40	16,04	1,82	14,9	1,6 + 17,0

восьмерки, которые испытывались на разрывной лабораторной машине. Пробы на влажность для обоих случаев испытаний брались непосредственно из зоны разрушения сразу же после разрыва образцов. Следует указать, что оба типа грунтов при всем диапазоне колебания влажности сохраняли твердую консистенцию.

При проведении данных исследований повторились трудности, которые обычно возникают при изучении физико-механических свойств грунтов на образцах ненарушенной структуры, вследствие того, что все грунты обладают значительной неоднородностью своего состава и состояния. Неоднородность грунта и его прочностных свойств довольно значительна даже у образцов, взятых из одного монолита. Так, величина сопротивления отрыву при одной и той же влажности для суглинка колебалась в пределах до 150%, а для супеси разброс данных был еще выше (см. рис.), несмотря на кажущуюся идентичность физико-химиче-



Колебание значений сопротивления грунта отрыву от изменения влажности.

ских и геолого-генетических факторов. В связи с этим для установления зависимости между величинами, характеризующими физическое состояние грунта, в частности, его влажностью и прочностью на отрыв, пришлось провести значительное число опытов.

Предварительно было определено число необходимых измерений, гарантирующих заданную точность полученных результатов. Ориентировочно показатель прочности (P) был принят равным 5%. Известно, что число измерений определяется по формуле: $n = \left(\frac{v}{P}\right)^2$, где v — коэффициент вариации.

Для определения коэффициента вариации было проведено небольшое число наблюдений исследуемых величин. Подсчет показал, что для гарантирования заданной точности необходимо провести на супеси 80, а на суглинке 100 наблюдений.

Последующая обработка этих данных выполнена с привлечением математической статистики с конечной целью установления корреляционной зависимости. Предварительное рассмотрение материалов опытов позволило составить первичное представление о характере связи между сопротивлением грунта отрыву и влажностью.

Установление корреляционной зависимости стало возможным лишь после расчета числовых значений таких статистических данных, как среднее арифметическое (M), среднее квадратичное (σ), коэффициент корреляции (r) и ряд других.

Все эти величины входят, как известно, в линейное корреляционное уравнение, которым в данном случае можно характеризовать связь между сопротивлением грунта отрыву (R) и влажностью (W). Общий вид этого уравнения, преобразованный для решения настоящей задачи, может быть представлен в следующем виде:

$$R = M_R + r \frac{\sigma_R}{\sigma_W} (W - M_W), \quad (1)$$

где индексы R характеризуют соответствующие статистические величины, относящиеся к прочности грунта, а W — к влажности.

В связи с большим числом наблюдений для уменьшения объема вычислений в нашем случае коэффициент корреляции определялся по способу сумм.

Значение всех основных статистических показателей для обоих типов грунта представлено в табл. 2.

Таблица 2

Наименование и обозначение статистических величин	Супесь		Суглинок	
	влажность	сопротивление отрыву	влажность	сопротивление отрыву
Число измерений (n)	80	80	100	100
Среднее арифметическое отклонение (M)	6,995	0,082	8,376	0,363
Среднее квадратичное отклонение ($\pm \delta$)	2,950	0,042	4,840	0,115
Средняя ошибка ($\pm m$)	0,332	0,005	0,486	0,012
Вариационный коэффициент, % (v)	42,5	51,2	57,8	31,7
Показатель точности, % (P)	4,7	5,8	5,8	3,2
Коэффициент корреляции ($\pm r$)	0,704		-0,803	
Ошибка коэффициента корреляции ($\pm m_r$)	0,057		0,036	
$\frac{r}{m_r} > 4$	12,35		22,3	

На основании приведенных данных по формуле (1) выполнен расчет корреляционных зависимостей. После соответствующих преобразо-

ваний они представлены в следующем виде. Для супеси сопротивление отрыву в зависимости от влажности выражается уравнением:

$$R = 0,013 + 0,010 W, \text{ кг/см}^2, \quad (2)$$

а для суглинка

$$R = 0,526 - 0,019 W, \text{ кг/см}^2. \quad (3)$$

Проверка установленных зависимостей приведена на рисунке.

Таким образом, на основании полученных результатов установлено наличие линейных корреляционных зависимостей между влажностью в исследованных пределах и прочностью грунта на отрыв. В рассмотренном диапазоне значений влажности установлено, что для супеси корреляционная связь положительная, в то время как для суглинков значение коэффициента корреляции отрицательное.

Увеличение прочностных свойств супеси с увеличением влажности до определенного предела происходит, вероятно, за счет капиллярных сил. Однако известно, что при больших значениях влажности пылеватые супеси приобретают свойства пльвунов, а следовательно, резко теряют свою прочность. В этом случае полученная прямая должна будет иметь точку перелома. Так как связь перестает быть линейной, то для выяснения ее характера требуется расчет корреляционного отношения.

Увеличение влажности у суглинка приводит к постепенному ослаблению внутренних связей, и поэтому зависимость величины сопротивления отрыву от влажности, вероятно, может быть описана линейной корреляционной зависимостью даже при больших значениях последней.

Таким образом, выполненное исследование показывает наличие корреляционных связей между сопротивлением грунта отрыву и влажностью и дает возможность, пользуясь уравнениями (2) и (3), определять прочность грунта на отрыв по значению влажности с достаточной для практической цели точностью.

Институт горного дела
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
12/VI 1959

Л. Н. ЖДАНКОВИЧ, Т. Н. КОМАРОВА,
К. И. СЫСКОВ, В. А. БАЛАШЕНКО

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА ИЗ ИРКУТСКИХ УГЛЕЙ

При современных способах добычи угля непрерывно возрастает выход мелких классов, использование которых в топках котлов малой и средней мощности, а также в бытовых печах затруднено.

Известно, что использование энергетического топлива, имеющего одинаковую форму и достаточные размеры кусков, облегчает ведение топочного процесса и снижает потери тепла. Подобное формованное топливо может квалифицированно применяться как в слоевых топках, так и в ряде современных установок (газовые турбины и др.). Получение его из угольной мелочи с последующим облагораживанием (освобождение от летучих веществ) имеет важное народнохозяйственное значение. Новый вид энергетического топлива устраняет загрязнение атмосферы городов дымом, копотью и канцерогенными смолистыми частичками, вызывающими раковые заболевания.

Поскольку в Восточной Сибири природный газ отсутствует, целесообразно сочетать получение бездымного топлива с получением газа, пригодного для технологических и бытовых целей, а также ценных химических продуктов.

В данной работе сделана попытка установить возможность получения окускованного энергетического топлива гранулированием мелких классов иркутских углей с последующей прокалкой гранул.

Известно, что для окомкования мелочи иркутских углей наиболее эффективно измельчать уголь до класса 0—0,5 мм [1]. Такое измельчение несколько остошает уголь, закатывание же в гранулы позволяет в значительной степени уплотнить угольные частички, что в конечном итоге приводит к повышению спекаемости. Увеличение плотности упаковки угольных частиц в гранулах действует подобно добавке в шихту хорошо спекающихся углей. Это позволяет после прокалки гранул из слабо спекающихся углей получить хорошо проплавленный материал полукокса.

Иркутская область располагает рядом месторождений угля, которые в силу некоторых специфических свойств не нашли широкого и квалифицированного использования. Например, запасы Азейского бурого угольного месторождения оцениваются в 769,7 млн. т [2] и могут быть отработаны полностью открытым способом. Это месторождение является наиболее перспективным для энергетики. Однако его угли при хранении очень быстро рассыпаются в мелочь и пыль, которая не может быть эффективно использована при сжигании в слое.

Большие запасы газовых спекающихся углей имеет также пласт II Ново-Метелкинского месторождения. Но особенностью этих углей является высокое содержание серы, благодаря чему они не могут быть в чистом виде применены ни для металлургических, ни для энергетических целей.

Проблема квалифицированного использования углей указанных выше месторождений представляет несомненный практический интерес для Иркутской области.

В данной работе, кроме названных углей, исследовалась угольная мелочь Черемховского месторождения и пласта III Ново-Метелкинского месторождения.

Характеристика проб исследуемых углей представлена в табл. 1.

Таблица 1

Месторождения	Технический анализ, %				Элементарный анализ, %			Пластиметрические показатели, мм	
	W ^a	A ^c	S _{об} ^c	V ^r	C ^r	H ^r	(O+N+S _{об}) ^r	y	x
Черемховское	4,58	13,46	1,00	44,00	76,6	4,90	19,50	7	52
Ново-Метелкинского, пл. III	5,11	13,36	3,54	45,50	74,4	4,64	20,96	7	45
Ново-Метелкинского, пл. II	3,50	8,68	7,54	50,21	80,0	5,72	14,28	20	35
Азейское	4,90	14,18	0,62	45,63	76,77	5,51	17,72	0	—

Методика исследования

Уголь определенного ситового состава (табл. 2) непрерывно подавался на вращающуюся чашу гранулятора диаметром 400 мм, число оборотов чаши — 36 об./мин., угол наклона — 45°. Вместе с углем подавалась вода в виде мелких брызг.

Таблица 2

Месторождения	Ситовый состав, %				
	+ 0,42	- 0,42 + 0,3	- 0,3 + 0,21	- 0,21 + 0,15	- 0,15
Черемховское	14	21	4	21	40
Ново-Метелкинского, пл. III	8	20	14	14	44
Ново-Метелкинского, пл. II	8	19	1	24	48
Азейское	13	23	1	20	43

Полученные гранулы подсушивались в лабораторном сушильном шкафу при 80—90°С в течение 2 часов.

Прокалка осуществлялась в силитовой печи конструкции И. Н. Николаева [3]. Тушение прокаленных гранул — мокрое.

Гранулы, прокаленные при 600°, испытывались на дробление и истирание в лабораторном барабане И. Н. Николаева [3]. Прочность пористого материала прокаленных гранул определялась копровым методом К. И. Сыскова [4] и четырехкратным обрасыванием на металлическую плиту с высоты 2 м. Гранулы, прокаленные при других температурах, подвергались только копровому испытанию.

Поскольку угли Азейского месторождения обладают нулевой спекаемостью, можно было ожидать, что гранулирование их с последующей прокалкой не даст достаточно прочного кускового топлива. Исследования подтвердили это предположение.

Чтобы получить после прокалки более прочный материал топлива, азейский уголь перед гранулированием смешивался с хорошо спекающимся углем Ново-Метелкинского месторождения (пл. II). Такое сочетание угля в шихте позволяло превратить в формованное энергетическое

ческое топливо два вида недефицитных марок углей Иркутского бассейна. Исследование показало, что лучшие результаты в данном случае получаются при введении в шихту 50% ново-метелкинского угля (пл. II).

Температура прокалики и качество топлива

Так как для формованного энергетического топлива размеры гранул 20—25 мм являются оптимальными, то при прокалике таких гранул не требуется специального замедленного режима, который необходим при получении гранулированного кокса из иркутских углей [1].

Прокалка топливных гранул производилась с форсированным тепловым режимом («термический удар»), что сокращало время их термической обработки до 1,5—2 часов.

Исследования показали, что с повышением конечной температуры прокалики повышается прочность гранул, уменьшается содержание летучих продуктов, а количество золы увеличивается. Гранулы, прокаленные при температуре 800° и выше, покрываются густой сетью поверхностных трещин. С увеличением диаметра гранул (> 25 мм) трещиноватость их также увеличивается.

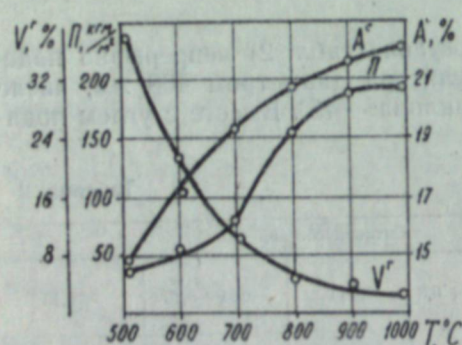


Рис. 1. Зависимость прочности (Π) прокаленных гранул из черемховского угля, содержания летучих (V^r) и золы (A^c) от температуры прокалики.

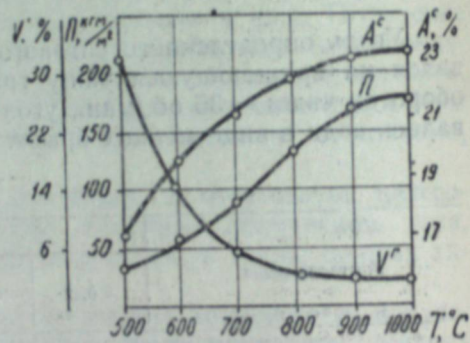


Рис. 2. Зависимость прочности (Π) прокаленных гранул из ново-метелкинского угля (пл. III), содержания летучих (V^r) и золы (A^c) от температуры прокалики.

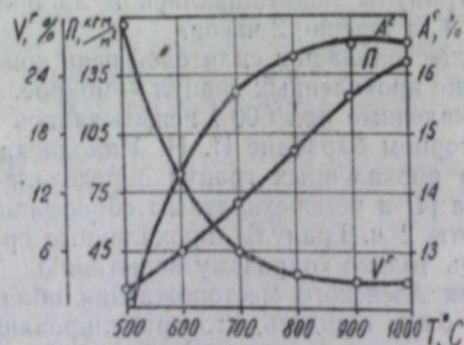


Рис. 3. Зависимость прочности (Π) прокаленных гранул из шихты (50% угля Ново-Метелкинского месторождения, пл. II и 50% угля Азейского месторождения), содержания летучих (V^r) и золы (A^c) от температуры прокалики.

Выяснилось, что для получения бездымного формованного энергетического топлива необходима температура прокалики 600°, т. е. несколько выше температуры обычного полукоксования. Это связано с наличием большого количества летучих продуктов в углях Иркутского бассейна. Кроме того, повышенная температура полукоксования приводит к большему упрочнению пористого материала гранул (рис. 1—3). Гранулы диаметром 20—25 мм, прокаленные при 600°, не трещиноваты.

Время выдержки и качество гранул

Изменение прочности готовых изделий, содержания летучих и золы для разных шихт в зависимости от времени выдержки в печи показано на рис. 4—6. Приведенные кривые показывают, что прочность прокаленных гранул при 600° возрастает с увеличением продолжительности прокалики, причем наиболее интенсивно — в первые полтора часа.

При оптимальных температуре прокалики и времени выдержки в печи (600° и 1,5 часа) были получены три партии формованного энер-

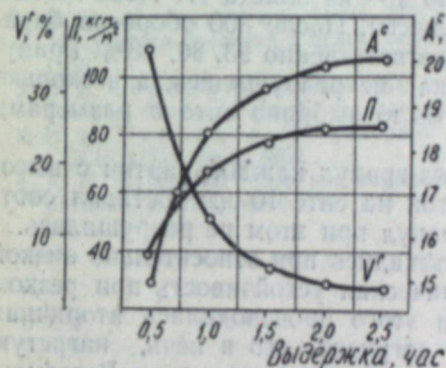


Рис. 4. Зависимость прочности (Π) прокаленных (при 600°) гранул из черемховского угля, содержания летучих (V^r) и золы (A^c) от времени выдержки.

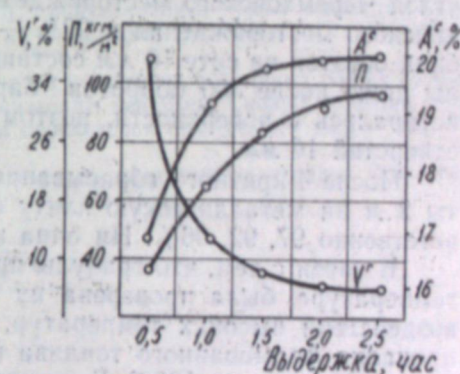


Рис. 5. Зависимость прочности (Π) прокаленных (при 600°) гранул из ново-метелкинского угля (пл. III), содержания летучих (V^r) и золы (A^c) от времени выдержки.

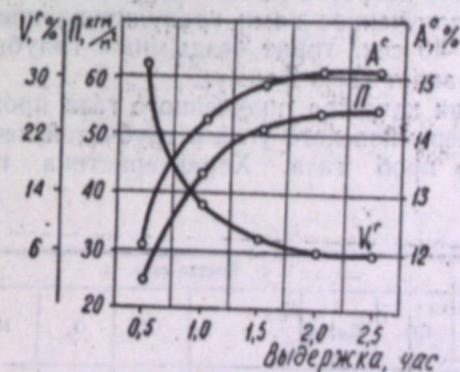


Рис. 6. Зависимость прочности (Π) прокаленных (при 600°) гранул и шихты (50% угля Ново-Метелкинского месторождения, пл. II и 50% угля Азейского месторождения), содержания летучих (V^r) и золы (A^c) от времени выдержки.

гетического топлива. Характеристика этого топлива представлена в табл. 3.

Данные табл. 3 показывают, что формованное топливо обладает достаточной прочностью и пористостью.

Таблица 3

Шихта	Технический анализ, %			Прочность материала, по Сыскову, кг/м ²	Кажущийся удельный вес, г/см ³	Истинный удельный вес, г/см ³	Пористость, %	Калорийность, ккал/кг
	W ^a	A ^c	V ^r					
Из черемховских углей — 100%	0,68	19,65	7,56	82	0,841	1,69	50,2	5 862,75
Из ново-метелкинского, пл. III — 100%	0,76	19,77	11,59	66	0,800	1,55	48,3	5 841,84
Из ново-метелкинского, пл. II — 50% и азейских — 50%	0,94	15,10	6,87	50	0,817	1,57	47,9	6 324,75

Полученные партии гранул после 150 оборотов барабана дали остаток на сите с размерами отверстий 10 мм — 96% для гранул из углей Черемховского месторождения, 90% — из пласта III Ново-Метелкинского месторождения и 92% — из шихты. После 300 оборотов барабана остаток на сите 10 мм составил соответственно 93, 86, 88%. Гранулы даже после 300 оборотов барабана не разрушались, а несколько истирались с поверхности, поэтому и было выбрано сито с размерами отверстий 10 мм.

После 4-кратного сбрасывания 1 кг гранул каждой партии с высоты 2 м на металлическую плиту остаток на сите 10 мм составил соответственно 97, 92, 96%. Ни одна из гранул при этом не разрушилась.

В связи с тем, что гранулы прокаливались при относительно низкой температуре, была проверена их термическая устойчивость при резком воздействии высоких температур. Для этого производилась вторичная прокалка формованного топлива при загрузке его в печь, нагретую предварительно до 1200°. Гранулы при этом не разрушались. В результате прокали их прочность увеличилась приблизительно на 20%.

Гранулы, полученные при оптимальных режимах, обладают незначительной влагоемкостью. Увеличение веса гранул не превышает 8% при выдерживании их в воде в течение суток.

В предварительно нагретой до 800° муфельной печи с естественным притоком воздуха полученное нами гранулированное топливо воспламеняется через 30—40 сек., горит бездымным голубым пламенем и до конца горения сохраняет свою форму.

Для определения качества полученного газа проводилась прокалка партии гранул из черемховского угля в трубчатой печи при 600° и было отобрано несколько проб газа. Характеристика газа представлена в табл. 4.

Таблица 4

Время отбора газа от начала прокалики	Состав газа, %							Q ^{ккал} /м ³
	CO ₂	CnHm	+ ₂	CO	O ₂	H ₂	N ₂	
Через 20 мин.	9,3	8,9	66,15	6,1	0,7	0	8,85	7 375
» 30 »	8,5	2,5	46,01	7,1	0,8	26,1	8,99	5 255
» 40 »	10,0	2,0	40,9	10,6	0,9	29,0	6,6	4 932
Среднее	9,26	4,46	51,02	7,9	0,8	18,3	8,1	5 854

Таким образом, из табл. 4 видно, что из иркутских углей наряду с формованным топливом может быть получен высококалорийный газ.

Выводы

1. Гранулирование мелких классов углей Иркутского бассейна позволяет получить после прокалики гранул бездымное энергетическое топливо и газ с достаточно высокой теплотворной способностью.

2. Изменяя температуру прокалики и время выдержки гранул в печи, можно получить топливо с необходимыми прочностью и содержанием летучих веществ.

Восточно-Сибирский филиал
Сибирского отделения АН СССР

Поступил в редакцию
12/VI 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Н. Жданкович, П. И. Канавец, Гранулирование мелких классов углей Иркутского бассейна с целью получения из них коксов. Изв. АН СССР, ОТН, № 5, 1958.
2. В. В. Собицкий, Перспективы добычи угля и создания топливных баз Иркутской области. Матер. к Конф. по развитию производ. сил Вост. Сибири, Иркутск, 1958.
3. И. Н. Николаев, Лабораторный метод определения коксуемости углей. Изв. АН СССР, ОТН, № 5, 1952.
4. К. И. Сысков, Методика определения прочности кусковых материалов, Зав. лаборатория, т. XIII, № 10, 1947.

А. Н. КИРГИНЦЕВ

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В БИНАРНЫХ РАСТВОРАХ

Фазовые переходы с давних пор привлекают внимание исследователей, а в последнее время особенный интерес вызывают фазовые переходы второго рода, понятие о которых было введено Эренфестом в 1933 г. Согласно установившейся терминологии, фазовыми переходами первого рода называют превращения, при которых скачкообразно изменяются первые производные термодинамического потенциала по температуре и давлению, а фазовыми переходами второго рода — превращения, при которых скачкообразно изменяются вторые производные термодинамического потенциала.

Из многочисленных работ, посвященных фазовым переходам второго рода, следует остановиться, хотя бы кратко, на исследованиях Ландау и Семенченко, имеющих непосредственное отношение к затрагиваемым в данной статье вопросам.

Ландау развил теорию фазовых переходов в общей форме [1]. Его теория, основанная на разложении термодинамического потенциала вблизи точки превращения в ряд по степеням параметра, характеризующего степень упорядоченности, приводит к выводу, что фазовый переход второго рода может быть только между фазами различной симметрии. Между фазами одинаковой симметрии единственно возможной особенностью является критическая точка. Таким образом, критическая точка является как бы частным случаем более широкого класса явлений фазовых переходов второго рода.

Напротив, с точки зрения теории, развиваемой Семенченко [2, 3], фазовые переходы второго рода являются предельным случаем фазовых переходов первого рода. По Семенченко, фазовые переходы второго рода и критические явления тождественны, образуя единую группу обобщенных критических явлений. Конечно, критические явления удовлетворяют условиям Эренфеста. Но отсюда вовсе не следует, что не существует фазовых переходов второго рода вне критических явлений. Примером может служить переход He I в He II. Этот переход совершенно не связан с какими-либо критическими явлениями. По теории Семенченко переход He I в He II следует отнести к фазовым переходам первого рода [4]. Это вряд ли справедливо. Подавляющее большинство авторов считает переход He I в He II переходом второго рода, что обусловлено характерными особенностями этого превращения, присущими фазовым переходам второго рода. Следовательно, положение Семенченко о тождественности фазовых переходов и критических явлений может быть подвергнуто сомнению.

В нашей работе, в соответствии с положениями Эренфеста, Ландау и других авторов, мы будем полагать, что фазовые переходы второго рода возможны в веществах вне связи с критическими явлениями. Здесь будут рассмотрены бинарные молекулярные растворы как жидкие, так и твердые.

Общезвестно, что при фазовых переходах в чистых веществах большое значение имеют флуктуации плотности.

В растворах мы должны обратить особое внимание на флуктуации концентрации, поскольку этот элемент структуры растворов более важен, чем флуктуации плотности.

Рассмотрим некоторые особенности растворов, связанные с флуктуациями концентрации. Выделим из большого объема бинарного раствора малую, но еще макроскопическую часть раствора, содержащую N молекул. Положим, что мы имеем возможность отличать каким-то способом молекулы первого и второго компонентов друг от друга. Пусть мы наблюдаем молекулы в объеме раствора в течение очень большого времени. Возможно ли, чтобы выделенная нами часть раствора после истечения какого-то очень большого времени состояла только из молекул первого компонента, или только из молекул второго компонента?

Точное решение этого вопроса невозможно. Поэтому мы допускаем, что в реальных растворах выделенная нами часть может содержать не меньше, чем N_{11} , и не больше, чем N_{22} молекул первого и второго компонентов и что эти величины отличны от нуля, хотя и могут приближаться к нему достаточно близко. Легко видеть, что величины N_{11} и N_{22} означают число молекул первого и второго компонентов, которые не могут принимать участия в флуктуациях концентрации. Следовательно, N_{11} и N_{22} означают постоянное, всегда занятое число мест молекул рассматриваемых нами компонентов в выбранной нами части раствора. Эти места мы будем называть первыми, нефлуктуационными положениями (местами).

Наиболее вероятно в выбранной нами части раствора встретить N_1 и N_2 молекул первого и второго компонентов. Разности $N_1 - N_{11}$ и $N_2 - N_{22}$, которые в дальнейшем будем обозначать через N_{12} и N_{21} дают количество молекул первого и второго компонентов, могущих и не находящихся в какое-то время в выбранной нами части раствора, т. е. флуктуации концентрации осуществляются за счет этих молекул. Величины N_{12} и N_{21} дают нам число мест, которые мы будем называть вторыми, флуктуационными положениями.

Приведенные выше соображения легко распространить на весь объем раствора, т. е. в растворе молекулы первого и второго компонентов могут занимать первые и вторые положения, число молекул в которых для всего раствора мы также будем обозначать через N_{11} , N_{12} , N_{22} , N_{21} . Мы полагаем, что молекулы данного компонента в первых и вторых положениях различимы: работа, затраченная на извлечение молекулы данного компонента из раствора из первого положения и из второго, будет неодинаковой. Поэтому молекулы в растворе обладают двумя отличительными признаками — родом и положением молекул.

В этом заключается принципиальное отличие нашего метода от других. Например, в теории строго регулярных растворов предполагается, что потенциальная энергия и энтропия бинарного раствора определяется числом пар 1—1, 2—2 и 1—2. Если мы извлекаем из раствора, скажем, молекулу первого компонента, мы разрушаем либо пару 1—1, либо пару 1—2. Поскольку мы не знаем, какую из этих пар мы разрушаем, то при извлечении молекулы первого компонента из раствора данного состава мы всегда затрачиваем определенную работу. Также и в идеальных растворах при извлечении молекулы первого компонента из раствора данного состава мы всегда затрачиваем определенную работу. Это означает, что как в идеальных, так и в регулярных растворах молекулы данного компонента тождественны, неразличимы. Молекулы в этих растворах друг от друга отличаются только родом: мы можем

отличить друг от друга только молекулы первого и второго компонентов. Это положение о тождественности молекул данного компонента в растворе принимается как очевидное и в теориях, рассматривающих процессы разупорядочения в сплавах.

Допущение о различимости положений молекул первого и второго компонентов в применении к растворам, находящимся вдали от критической температуры, приводит к уравнениям для коэффициентов активности, хорошо описывающим экспериментальные данные [5]. Это допущение приводит также к интересным выводам относительно фазовых переходов в растворах.

Обозначим цифрами 1 и 2 род молекул, а буквами Н и Ф — первое и второе положение. Составим таблицу возможных перестановок различных молекул.

№ вид	№ вид	№ вид
1. 1Н — 1Н	5. 1Н — 2Н	9. 1Н — 2Ф
2. 2Н — 2Н	6. 1Ф — 2Ф	10. 2Н — 1Ф
3. 1Ф — 1Ф	7. 1Н — 2Ф	
4. 2Ф — 2Ф	8. 2Н — 2Ф	

Не все перестановки представленных 10 видов различимы, т. е. не все они приводят к новому состоянию раствора. Поскольку молекулы обладают двумя признаками, то различимыми перестановками будут такие, в которых участвуют молекулы, отличающиеся друг от друга сразу обоими признаками. Следовательно, различимыми в вышеприведенной таблице будут только перестановки, обозначенные номерами 9 и 10.

Число перестановок 1Н—2Ф будет равно

$$W_{12} = \frac{(N_{11} + N_{21})!}{N_{11}! N_{21}!}, \quad (1)$$

а число перестановок 2Н—1Ф

$$W_{21} = \frac{(N_{22} + N_{12})!}{N_{22}! N_{12}!}. \quad (2)$$

Энтропия смещения раствора будет определяться выражением

$$\Delta S = k[\ln W_{12} + \ln W_{21}]. \quad (3)$$

Свободная энергия раствора

$$F = n_1 S_1^0 + n_2 S_2^0 + E - T \Delta S, \quad (4)$$

где n_1 и n_2 — количество молекул первого и второго компонента в растворе, выраженное в молях,

E — потенциальная энергия раствора,

S_1^0 и S_2^0 — молярные энтропии чистых первого и второго компонентов.

Если в растворе dn_{11} молей первого компонента переходит во второе положение, то изменение свободной энергии

$$dF = \left(\frac{\partial F}{\partial n_{11}} \right) dn_{11} + \left(\frac{\partial F}{\partial n_{12}} \right) dn_{12}. \quad (5)$$

В состоянии равновесия

$$dF = 0 \quad (6)$$

и, кроме того, имеем очевидное равенство

$$dn_{11} = -dn_{12}. \quad (7)$$

Из уравнения (5) с учетом условий (6, 7) и предыдущих уравнений получим

$$\frac{N_{12}}{N_{11}} = \beta_{12} \frac{N_{22} + N_{12}}{N_{11} + N_{21}}. \quad (8)$$

Рассмотрение равновесия для второго компонента дает аналогичное равенство

$$\frac{N_{21}}{N_{22}} = \beta_{21} \frac{N_{11} + N_{21}}{N_{22} + N_{12}}. \quad (9)$$

В этих уравнениях

$$\beta_{12} = \exp \left\{ \frac{\omega_{11} - \omega_{12}}{RT} \right\}, \quad (10)$$

$$\beta_{21} = \exp \left\{ \frac{\omega_{22} - \omega_{21}}{RT} \right\}, \quad (11)$$

$$\omega_{11} = \frac{\partial E}{\partial n_{11}}, \quad \omega_{22} = \frac{\partial E}{\partial n_{22}}, \quad (12)$$

$$\omega_{12} = \frac{\partial E}{\partial n_{12}}, \quad \omega_{21} = \frac{\partial E}{\partial n_{21}}. \quad (13)$$

Анализ уравнений (8) и (9) приводит к выводу, что в растворе могут существовать области, в которых:

1. Если $N_{12} < N_{11}$ и $N_{21} < N_{22}$, то $\beta_{12} < 1$ и $\beta_{21} < 1$.
2. Если $N_{12} < N_{11}$ и $N_{21} > N_{22}$, то $\beta_{12} > 1$ и $\beta_{21} < 1$.
3. Если $N_{12} > N_{11}$ и $N_{21} > N_{22}$, то $\beta_{12} > 1$ и $\beta_{21} > 1$.
4. Если $N_{12} > N_{11}$ и $N_{21} < N_{22}$, то $\beta_{12} < 1$ и $\beta_{21} > 1$.

Области, обозначенные цифрами 1, 2, 3 и 4, друг от друга отделены кривыми, в точках которых либо $\beta_{12} = 1$ и $\beta_{21} = 1$, либо только $\beta_{12} = 1$ или только $\beta_{21} = 1$. Это особые точки. Действительно, величины ω_{11} , ω_{22} , ω_{12} , ω_{21} обозначают работу, которую нужно затратить при извлечении молекул из раствора из первых и вторых положений. Если $\omega_{11} = \omega_{12}$ или $\omega_{22} = \omega_{21}$, т. е. если $\beta_{12} = 1$ или $\beta_{21} = 1$, то первые и вторые положения молекул в растворе становятся тождественными, неразличимыми. Энтропия раствора в этих точках будет иметь совершенно иной характер, чем энтропия в окрестностях. Поэтому естественно отождествить эти точки с точками фазовых переходов, которые характеризуются особенностями в отношении энтропии. Тогда области 1, 2, 3 и 4 будут фазами раствора.

По Ван-дер-Ваальсу, фаза бинарного раствора характеризуется родом компонентов и уравнением фазы, которое однозначно определяет зависимость термодинамического потенциала от давления, температуры и состава [6]. Поэтому каждая из фаз 1, 2, 3 и 4 должна характеризоваться уравнениями. Примем в качестве уравнения фазы зависимость термодинамического потенциала Ω от объема, температуры и химических потенциалов. Тогда для каждой фазы мы должны иметь уравнение типа

$$\Omega = \varphi(V, T, \mu_1, \mu_2). \quad (14)$$

Эти уравнения должны быть независимыми, что означает возможность изменения объема, температуры и химических потенциалов фазы вне зависимости от наличия других фаз.

Химический потенциал первого и второго компонентов в каждой фазе может быть выражен уравнениями

$$\mu_1 = f_1(\Omega, V, T, \mu_2), \quad (15)$$

$$\mu_2 = f_2(\Omega, V, T, \mu_1). \quad (16)$$

Сравним фазу 1 с фазой 2. Мы видим, что фаза 1 отличается от фазы 2 качественным своеобразием только в отношении первого компонента. В отношении второго компонента эти фазы тождественны. Поэтому мы будем иметь равенство

$$f_2^{(1)} = f_2^{(2)}. \quad (17)$$

Сравнивая подобным образом другие фазы друг с другом, мы найдем, что

$$f_1^{(2)} = f_1^{(3)}, \quad (18)$$

$$f_2^{(3)} = f_2^{(4)}, \quad (19)$$

$$f_1^{(1)} = f_1^{(4)}. \quad (20)$$

В уравнениях (17—20) верхние индексы означают номера фаз.

В уравнении (14) мы имеем четыре независимых параметра, а при наличии четырех фаз число независимых параметров равно 16. Однако не все эти параметры действительно независимы. Мы имеем четыре уравнения (17—20), которые связывают некоторые параметры между собой. Следовательно, фактически число независимых параметров будет равно 12, а поскольку в уравнение (14) входит четыре независимых параметра, то число независимых уравнений типа уравнения (14) в нашем случае равно трем. Поэтому число фаз, возможное в бинарном растворе, в наших условиях равно также трем.

Таким образом, из четырех фаз одна будет всегда нереализуемой. Допустим, что этой фазой является 2 или 4. Для определенности мы положим, что это будет фаза 4. Отметим, что выбор нереализуемой фазы вовсе не произволен, это именно или фаза 2, или фаза 4, но не фаза 1 или 3.

Из нашего определения фазы следует возможность двух и только двух видов фазовых переходов в бинарных растворах.

1. При фазовом переходе обе величины β_{12} и β_{21} становятся равными единице.

2. При фазовом переходе одна из величин β_{12} или β_{21} становится равной единице.

Очевидно, что фазовый переход первого вида может быть отождествлен с фазовым переходом первого рода, а фазовый переход второго вида может быть отождествлен с фазовым переходом второго рода.

Постулируем существование на диаграммах температура—состав кривых фазовых переходов второго рода. Для определения положения этих кривых необходимо сделать ряд допущений, применимость которых оправдана либо теоретическими соображениями, либо опытными фактами.

1. Если на диаграмме температура—состав отсутствуют кривые $\beta_{12} = 1$ или $\beta_{21} = 1$, то мы имеем фазу 2.

Это допущение можно обосновать следующим путем. В предыдущей работе [5] нами рассматривались бинарные растворы вдали от критической температуры растворения, т. е. на диаграммах температура—состав отсутствовали кривые $\beta_{12} = 1$ или $\beta_{21} = 1$. Из результатов этой работы следует, что здесь

$$\beta_{12} = \frac{1}{\beta_{21}}, \quad (21)$$

или,

$$\text{если } \beta_{12} > 1, \text{ то } \beta_{21} < 1, \quad (22)$$

что является условием существования фазы 2.

2. Кривая $\beta_{12} = 1$ или $\beta_{21} = 1$ не может иметь касательных, параллельных или перпендикулярных оси ординат.

Для обоснования этого положения найдем уравнение кривой $\beta_{12} = 1$. Переход через эту кривую, как уже указывалось, будет фазовым переходом второго рода, который при постоянном давлении характеризуется условием:

$$\Delta \frac{\partial Z}{\partial T} = 0, \quad (23)$$

причем

$$\Delta \frac{\partial^2 Z}{\partial T^2} = -\frac{\Delta c_p}{T} \neq 0. \quad (24)$$

Здесь знак Δ означает разность значений для двух фаз. Продифференцировав условие (23), получим

$$\Delta \frac{\partial^2 Z}{\partial T^2} \cdot dT + \Delta \frac{\partial^2 Z}{\partial T \cdot \partial x_1} \cdot dx_1 = 0. \quad (25)$$

В этом уравнении dT и dx_1 относятся к смещению по кривой $\beta_{12} = 1$, x_1 — означает молярную долю первого компонента в растворе. Так как

$$\frac{\partial Z}{\partial x_1} = \mu_1 - \mu_2, \quad (26)$$

то

$$\Delta \frac{\partial^2 Z}{\partial T \cdot \partial x_1} = \frac{\partial \mu_1'}{\partial T} - \frac{\partial \mu_2'}{\partial T} - \frac{\partial \mu_1''}{\partial T} + \frac{\partial \mu_2''}{\partial T}, \quad (27)$$

где штрих и двойной штрих означают низко- и высокотемпературную фазы. При переходе через кривую $\beta_{12} = 1$ фаза испытывает изменение в качественном своеобразии только в отношении первого компонента. В отношении второго компонента низко- и высокотемпературные фазы тождественны. Поэтому

$$\frac{\partial \mu_2'}{\partial T} = \frac{\partial \mu_2''}{\partial T} \quad (28)$$

и, следовательно,

$$\Delta \frac{\partial^2 Z}{\partial T \cdot \partial x_1} = \Delta \frac{\partial \mu_1}{\partial T}. \quad (29)$$

С учетом (29, 24) из (25) получим

$$\frac{dT}{dx_1} = -\frac{\Delta \frac{\partial \mu_1}{\partial T}}{\Delta c_p} \cdot T. \quad (30)$$

Аналогичное уравнение можно записать и для кривой $\beta_{21} = 1$.

Для фазовых переходов второго рода $\Delta c_p \neq 0$ и $\Delta \frac{\partial \mu_1}{\partial T} \neq 0$. Можно ожидать, что эти величины не будут равными бесконечности, а отсюда и следует наше второе допущение.

3. При температурах, отличных от абсолютного нуля, абсолютно неразстворимых друг в друге веществ нет.

Это допущение обосновано опытными фактами.

Основываясь на указанных допущениях, можно построить довольно четкую картину фазовых переходов в растворах. Рассмотрим ряд случаев.

Вещества, образующие раствор, не имеют фазовых переходов второго рода

При изображении диаграмм температура — состав на оси ординат мы будем откладывать температуру, по оси абсцисс — состав в молярных долях x . На рис. 1 изображены некоторые варианты расположения кривых фазовых переходов второго рода, противоречащие указанным выше допущениям. Сплошные кривые означают кривые фазовых переходов, в которых либо $\beta_{12} = 1$, либо $\beta_{21} = 1$. Если одна из этих кривых означает $\beta_{12} = 1$, то вторая $\beta_{21} = 1$. Варианты 1, 4 и 6 противоречат первому допущению, варианты 2 и 3 — второму, а вариант 5 — третьему. В последнем случае заштрихованная область означает область существования фазы 4, но так как эта фаза нереализуема, то заштрихованная область является областью существования двух фаз, находящихся справа и слева от нее. Вариант 5 приводит в конечном счете к расслоению раствора на два чистых компонента, что при температурах, отличных от абсолютного нуля, приводит к противоречию с третьим допущением.

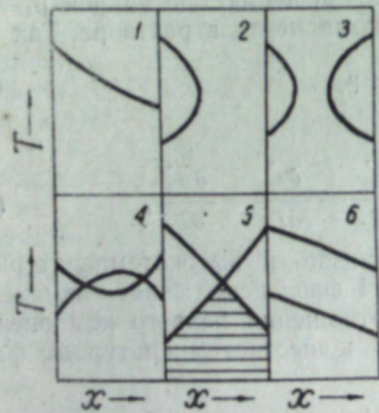


Рис. 1. Невозможные варианты расположения кривых фазовых переходов второго рода.

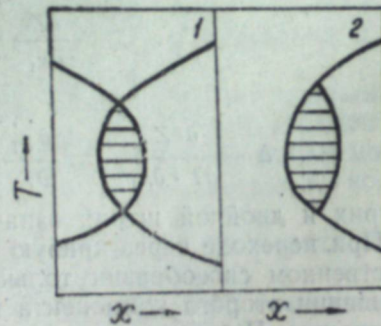


Рис. 2. Два типа расположения кривых фазовых переходов второго рода. Вещества, образующие раствор, не имеют фазовых переходов второго рода.

Возможные варианты расположения кривых фазовых переходов второго рода показаны на рис. 2. В первом случае заштрихованная область является областью существования двух фаз, расположенных справа и слева от нее. Здесь мы имеем все три фазы. Высокотемпературная фаза будет фазой 2, а при расслоении раствора мы имеем сосуществование фаз 1 и 3. Во втором случае кривая фазового перехода одного компонента имеет такой же вид, как и в первом случае, а кривая фазового перехода другого компонента образует кольцо. В левой части кольца кривые фазовых переходов обоих компонентов идут вместе. Заштрихованная область здесь также означает сосуществование двух фаз, но в этом случае на диаграмме мы имеем только две фазы. Высокотемпературной фазой будет фаза 2, фаза, расположенная влево от области расслоения, будет фазой 1 или 3, а фаза, расположенная вправо от области расслоения, будет фазой 2.

Мы видим, что случаи 1 и 2 на рис. 2 представляют собой обычную диаграмму с верхней и нижней температурой растворения, часто встречающуюся в жидких бинарных растворах. Критические температуры определяются точками пересечения кривых фазовых переходов второго

рода в первом случае и точками слияния этих кривых — во втором случае.

Относительно расположения кривых $\beta_{12} = 1$ и $\beta_{21} = 1$ нужно заметить следующее. Здесь мы не имеем фазовых переходов в веществах, образующих раствор. Поэтому к оси ординат, соответствующей чистому первому компоненту, может примыкать только кривая $\beta_{21} = 1$, к оси, соответствующей второму компоненту, может примыкать только кривая $\beta_{12} = 1$. Это понятно. Фазовый переход в точках кривой $\beta_{21} = 1$ обусловлен лишь вторым компонентом. При переходе к чистому первому компоненту концентрация второго компонента в растворе будет уменьшаться, и фазовый переход второго рода будет ослабевать. В чистом первом компоненте он исчезает совсем. Подобное рассуждение применимо и к второму компоненту.

Рассмотрим более подробно фазы и фазовые переходы в первом случае. На рис. 3 изображена часть диаграммы с верхней критической температурой. По оси абсцисс отложена молярная доля первого компонента. Следовательно, кривая, примыкающая к оси ординат, где $x_1 = 1$, будет кривой $\beta_{21} = 1$. Другая кривая будет кривой $\beta_{12} = 1$. При переходе от фазы 1 к фазе 2 или от фазы 3 к фазе 2 только одна из величин $\omega_{11} - \omega_{12}$ или $\omega_{22} - \omega_{21}$ меняет свой знак. Согласно нашему определению — это фазовые переходы второго рода. На рис. 3 они показаны штриховыми стрелками. В гетерогенной области наблюдается сосуществование двух фаз 1 и 3. При переходе из этой области к фазе 1 в точке фазового перехода фаза 3 превращается в фазу 1. В фазах 1 и 3 величины $\omega_{11} - \omega_{12}$ и $\omega_{22} - \omega_{21}$ имеют одинаковые знаки. Следовательно, при переходе фазы 3 в фазу 1 обе величины $\omega_{11} - \omega_{12}$ и $\omega_{22} - \omega_{21}$ должны поменять свои знаки, т. е. здесь мы имеем фазовый переход первого рода. Аналогичный случай мы будем иметь и при переходе от фаз 1, 3 к фазе 3.



Рис. 3. Фазы и фазовые переходы для диаграммы первого типа.

На рис. 3 фазовые переходы первого рода обозначены сплошными стрелками. При переходе от фаз 1, 3 к фазе 2 в критической точке мы имеем фазовый переход второго рода. При этом переходе фазы 1 и 3 превращаются в фазу 2, но при таком превращении в фазе 1 должна изменить знак только величина $\omega_{11} - \omega_{12}$, а в фазе 3 — только величина $\omega_{22} - \omega_{21}$. Поэтому согласно принятому нами определению фазовых переходов здесь мы должны иметь фазовый переход второго рода.

При фазовом переходе второго рода от фазы 1 к фазе 2 или от фазы 3 к фазе 2 мы имеем сосуществование двух фаз, между которыми нет поверхности раздела. Но между фазами 1 и 3 имеется фазовый переход первого рода, и фазы 1 и 3, приведенные в соприкосновение, имеют поверхность раздела. В критической точке сосуществуют три фазы — 1, 2 и 3. Между фазами 1 и 3 имеется поверхность раздела, а между фазами 1 и 2 и 3 и 2 поверхности раздела не существует. Это приводит к весьма любопытному обстоятельству: в критической точке поверхности раздела между фазами 1 и 3 разъединяются участками фазы 2. В растворе мы имеем как бы «обломки» поверхностей раздела фаз 1 и 3. Эти «обломки» непрерывно исчезают и появляются вновь.

Возникновение поверхностей раздела фаз 1 и 3 происходит при случайном соприкосновении участков фаз 1 и 3. Эта поверхность не безгранична — она обязательно где-то должна разрываться участками фазы 2. Незамкнутая поверхность раздела всегда стремится сократиться в размерах. Поэтому возникшая поверхность раздела между участками фаз 1 и 3 будет сокращаться путем вклинивания фазы 2 между участками фаз 1 и 3 и, наконец, она совсем исчезнет. Фазы 1 и 3 будут разведены прослойкой фазы 2. Таков механизм непрерывного появления и исчезновения «обломков» поверхности между фазами 1 и 3 в критической точке. «Обломки» поверхности фаз 1 и 3 обуславливают опалесценцию жидких бинарных растворов в критической области.

Таким образом, раствор в критической точке не может разделиться на две отдельные фазы 1 и 3. Это расслоение может произойти только ниже критической температуры растворения. Следует учесть, что в реальных растворах всегда существуют флуктуации температуры. Вследствие этого критическая температура в общем случае не совпадает с температурой исчезновения поверхности раздела между фазами, с температурой исчезновения видимого мениска. Граница расслаивания фаз сдвинется ниже, как это схематично показано на рис. 3 штриховой кривой.

Мы не рассматриваем детально фазы и фазовые переходы во втором случае. Отметим только, что здесь критическая точка отвечает слиянию кривых $\beta_{12} = 1$ и $\beta_{21} = 1$ и в критической точке сосуществуют две фазы, между которыми ниже критической температуры есть поверхность раздела, а выше нет. В критической точке здесь также будут появляться «обломки» поверхности низкотемпературных фаз, но это будет обусловлено исключительно флуктуациями температуры. И, следовательно, критическая опалесценция здесь выразится менее резко, чем в первом случае, а критическая температура практически будет совпадать с температурой исчезновения поверхности раздела между фазами.

Следует также отметить в этом смысле разницу между критической температурой и фазовым переходом второго рода. Можно показать, что в точке $\beta_{12} = 1$ или $\beta_{21} = 1$ мы имеем интенсивное образование агрегатов. Последние можно рассматривать как микродисперсные образования, которые, однако, не имеют поверхности раздела в нашем макроскопическом понимании. Этим-то и отличаются фазовые переходы второго рода от явлений в критической точке растворения. В ней мы имеем вполне макроскопические «обломки» поверхностей раздела фаз, что обуславливает опалесценцию в критической точке. Опалесценция не может быть при фазовых переходах вне критической точки, так как в них нет макроскопических поверхностей раздела.

Образование агрегатов характерно для всех фазовых переходов второго рода, в том числе и для критической точки. Поэтому свойства растворов, обусловленные наличием агрегатов, будут проявляться и в критической точке, и при других фазовых переходах второго рода.

В заключение этого раздела покажем, что положение кривых переходов на рис. 3 не противоречит правилу фаз Гиббса. При переходе от фазы 1 к фазе 2 в точке фазового превращения мы имеем сосуществование двух фаз. В качестве независимых переменных, определяющих состояние системы, выберем давление, температуру и концентрации компонентов. Поскольку мы имеем два компонента в двух фазах, то число независимых концентраций будет равно 2. А общее число независимых переменных будет равно 4. Число уравнений, связывающих эти независимые переменные, определяется условиями химического равновесия

$$\mu_1 = \mu_1^*, \mu_2 = \mu_2^*, \quad (31)$$

и, кроме того, наши фазы имеют одинаковый состав

$$x_1' = x_1. \quad (32)$$

Мы получили три уравнения, связывающие наши независимые переменные. Однако последнее из равенств (31) в силу условия (17) является тождественным, а поэтому должно быть исключенным из рассмотрения, и мы имеем только два уравнения, связывающие наши независимые переменные. Число степеней свободы системы будет равно $4 - 2 = 2$, т. е. мы имеем дивариантную систему и, следовательно, можем менять два параметра, не изменяя числа фаз, что и соответствует положению кривой фазового перехода второго рода на диаграмме температура — состав. Подобным образом можно показать, что в критической точке мы имеем моновариантную систему, что также соответствует положению этой точки на диаграмме температура — состав.

Вещества, образующие раствор, имеют фазовые переходы второго рода

Рассмотрение этого случая упрощается, поскольку в предыдущем разделе мы рассмотрели общие особенности кривых фазовых переходов второго рода. Здесь возможны следующие варианты.

1. Оба вещества, образующие раствор, или одно из них имеют два фазовых перехода второго рода. Расположение кривых $\beta_{12} = 1$ и $\beta_{21} = 1$ показано на рис. 4. Температуры фазовых переходов в чистых веществах обозначены точками на осях ординат. В противоположность рис. 2 здесь к оси ординат, соответствующей, скажем, чистому первому компоненту, примыкает кривая $\beta_{12} = 1$. В других отношениях кривые фазовых переходов на рис. 4 полностью аналогичны таким же кривым на рис. 2.

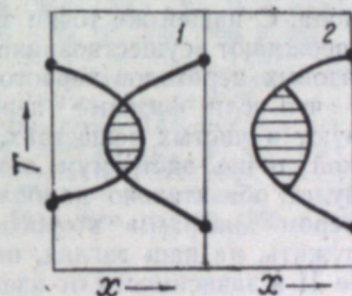


Рис. 4. Два типа расположения кривых фазовых переходов второго рода. Оба вещества, образующие раствор, или одно из них имеют два фазовых перехода второго рода.

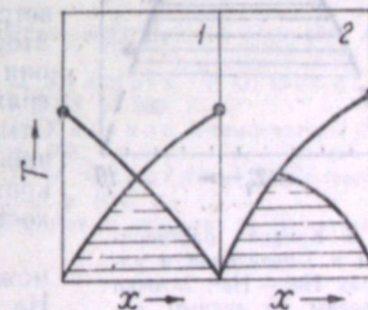


Рис. 5. Два типа расположения кривых фазовых переходов второго рода. Оба вещества, образующие раствор, или одно из них имеют по одному фазовому переходу второго рода.

2. Оба вещества, образующие раствор, или одно из них имеют по одному фазовому переходу второго рода. Расположение кривых $\beta_{12} = 1$ и $\beta_{21} = 1$ показано на рис. 5. Это расположение аналогично расположению, показанному на предыдущем рисунке, но нижние концы кривых $\beta_{12} = 1$ и $\beta_{21} = 1$ выходят из точки абсолютного нуля. Таким образом, при абсолютном нуле раствор будет расслаиваться на чистые компоненты, что соответствует теоретическим представлениям [7].

В рассмотренных выше случаях мы встретились с двумя типами

диаграмм фазовых переходов в растворах. В первом мы встречаемся с тремя фазами на диаграмме температура — состав (рис. 2, 4, 5, первый вариант), во втором — только с двумя фазами (рис. 2, 4, 5, второй вариант). Фазовые переходы второго рода характеризуются λ -точками на кривых в координатах теплоемкость — температура. В случае диаграмм первого типа λ -точки должны наблюдаться справа и слева от критической точки, в случае диаграмм второго типа λ -точки будут наблюдаться только справа или только слева от критической точки. Для диаграмм обоих типов λ -точка будет наблюдаться в критической точке.

Если фазовые переходы второго рода в веществах, образующих раствор, отсутствуют, то кривая фазового перехода для данного компонента от критической точки идет в область малых концентраций этого компонента. А так как фазовый переход обусловлен лишь одним компонентом, то при уменьшении его концентрации эффекты, связанные с фазовым переходом, например теплоемкость, будут уменьшаться, стремясь к нулю. В критической точке максимум теплоемкости будет наибольшим. Здесь наши выводы совпадают с выводами В. К. Семенченко, который определяет критическую точку как точку, соответствующую наибольшим по абсолютной величине экстремумам теплоемкости [8]. В работах В. К. Семенченко и его сотрудников наблюдались побочные максимумы теплоемкости, идущие вправо и влево от критической точки и быстро убывающие по абсолютной величине [9]. По Семенченко, эти максимумы соответствуют ложным фазовым переходам второго рода. С нашей же точки зрения, они подтверждают существование диаграмм фазовых переходов первого типа. Отметим, что если фазовые переходы присутствуют в чистых веществах, то в критической точке экстремум теплоемкости не будет обязательно наибольшим.

Примером диаграмм второго типа может служить, на наш взгляд, переход He I в He II в зависимости от изотопного состава смеси. На рис. 6 по оси ординат отложена температура, по оси абсцисс — полярная доля He³. Кривая расслоения построена по данным Вальтерса — Фирбанка [10]. Точки на диаграмме означают переходы по данным различных авторов. По этим точкам на диаграмме проведена кривая λ -переходов. Мы видим, что эта кривая вполне может быть отождествлена с нашей кривой фазовых переходов второго рода, где $\beta_{21} = 1$. В области, богатой He³, такой кривой нет, так как в чистом He³ нет λ -перехода в исследуемом интервале температур [11].

Рис. 6. Кривая растворимости и λ -переходов в растворах He³ — He⁴; λ -точки построены по данным работ:

1 — [12], 2 — [13], 3 — [14].

В заключение отметим, что хотя нет экспериментальных данных, непосредственно подтверждающих существование двух типов диаграмм фазовых переходов в растворах, но по характеру упругости пара над ограниченно смешивающимися жидкостями последние делятся на два типа. Это может служить косвенным доказательством существования и двух типов расположения кривых фазовых переходов.

Выводы

Исходя из допущения о различимости мест молекул в бинарном растворе, в работе предложена трактовка фазовых переходов второго рода. Эта трактовка приводит к выводу о существовании двух типов расположения кривых фазовых переходов в растворах. Положение кривых фазовых переходов не противоречит правилу фаз Гиббса и удовлетворительно объясняет имеющиеся экспериментальные данные.

Институт неорганической химии
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
25/IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Ландау, Е. Лифшиц, Статистическая физика. Гостехтеоретиздат, М.—Л. 1951.
2. В. К. Семенченко, Фазовые переходы II рода и критические явления. ЖФХ, т. 21, 1947, стр. 1461.
3. В. К. Семенченко, Обобщенные критические явления. В сб. «Применение ультразвука к исследованию вещества», вып. III. Изд-во МОПИ, М., 1956.
4. Г. М. Бартев, А. А. Ремизова, Фазовые переходы и их классификация. ЖФХ, т. 31, 1957, стр. 2534.
5. А. Н. Киргинцев, Влияние флуктуаций на коэффициент активности растворов неэлектролитов. ЖФХ, т. 32, 1959, стр. 813.
6. Ван-дер-Ваальс, Констант, Курс термостатики. Ч. 1, ОНТИ, М., 1936.
7. I. Prigogine, R. Bingen, A. Bellemans, Effects isotopiques et proprieties thermodynamiques en phase condensée, Physica, vol. 20, 1954, p. 633.
8. В. К. Семенченко, Основные свойства обобщенных критических явлений. ЖФХ, т. 26, 1952, стр. 1337.
9. В. К. Семенченко, Я. В. Егупов, Фазовые переходы второго рода и критические явления, VIII. Теплоемкость жидких смесей в критической точке расслаивания. ЖФХ, т. 32, 1958, стр. 121.
10. G. K. Walters, W. M. Fairbank, Phase separation in He³—He⁴ solutions. Phys. Rev., vol. 103, 1956, p. 262.
11. D. F. Brewer, A. K. Sreedhar, H. C. Kramers, I. G. Daunt, Specific heat of He³ below 1°K. Phys. Rev., vol. 110, 1958, p. 282.
12. Б. Н. Есельсон, Н. Г. Березняк, М. И. Каганов, λ -температуры растворов изотопов гелия. ДАН СССР, т. 111, 1956, стр. 568.
13. В. М. Abraham, В. Weinstock, D. W. Osborne, Lambda-temperatures of He³—He⁴ mixtures. Phys. Rev., vol. 76, 1949, p. 864.
14. I. G. Daunt, C. V. Heer, Lambda-temperatures of solutions of He³ in He⁴ below 1°K. Phys. Rev., vol. 79, 1950, p. 46.

Ю. В. ГАГАРИНСКИЙ, В. П. МАШИРЕВ

О КРИСТАЛЛОГИДРАТАХ ТЕТРАФТОРИДА ЦИРКОНИЯ

В литературе имеются указания о существовании двух кристаллогидратов тетрафторида циркония: $ZrF_4 \cdot 3H_2O$ и $ZrF_4 \cdot H_2O$. Тетрафториду циркония посвящен ряд исследований [1—6], обзор их дан в работе И. В. Тананаева, Н. С. Николаева и Ю. А. Буслаева. Исследуя систему $HF—ZrF_4—H_2O$ методом изотермической растворимости (при $0,5^\circ C$), эти авторы обнаружили, что в данной системе существуют твердые фазы состава $ZrOF_2 \cdot 2H_2O$, $ZrF_4 \cdot 3H_2O$, $H_2ZrF_6 \cdot H_2O$ и ZrF_4 . На основании данных термографического анализа И. В. Тананаев, Н. С. Николаев и Ю. А. Буслаев отмечают, что фаза $ZrF_4 \cdot 3H_2O$ при нагревании до 96° отщепляет две молекулы воды с образованием $ZrF_4 \cdot H_2O$, который при температурах выше 267° выделяет HF и превращается во фторид цирконила $ZrOF_2$.

В работе [8] указано, что при действии плавиковой кислоты (48—70%) на твердый $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ получается соль, которая после промывки ацетоном и сушки на воздухе при 70° имеет состав $ZrF_4 \cdot H_2O$. Авторы этой работы не указывают, каким методом они убедились, что такой препарат действительно представляет собой индивидуальное соединение указанного состава. Безводный ZrF_4 они получали обезвоживанием гидратированной соли в токе газообразного HF .

В литературе мы не нашли указаний, обладает ли способностью гидратироваться безводный ZrF_4 , полученный при высоких температурах. Относительно ThF_4 [9] и UF_4 [10], полученных при высоких температурах (соответственно 450° и 500°) и изоструктурных с ZrF_4 [11], известно, что они не взаимодействуют с влагой воздуха и не гидратируются в растворах.

Нами [12] было показано, что при обезвоживании кристаллогидратов тетрафторида тория в вакууме при постепенном подъеме температуры до 250° образуются фазы, сохраняющие структуру, подобную структуре исходного кристаллогидрата. Это облегчает обратное проникновение воды в решетку такой фазы при ее гидратации и обуславливает образование при этом исходного соединения. Измерением теплот гидратации образцов этих кристаллогидратов, обезвоженных в различной степени, и экстраполяцией полученной зависимости между тепловой гидратации и содержанием воды до нулевого теплового эффекта был установлен состав образующихся при этом кристаллогидратов ThF_4 , а экстраполяцией этой зависимости до нулевого содержания воды — теплота гидратации безводной соли.

В настоящей работе в таком же плане исследуются кристаллогидраты ZrF_4 .*

* Образцы приготовлены и проанализированы А. Ф. Пугиной, съемка рентгенограмм проведена Н. И. Кузиным.

Экспериментальная часть

Получение тетрафторида циркония и его анализ

Гидратированный тетрафторид циркония получали действием плавиковой кислоты (40% HF) на твердый $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ [8]. Полученный осадок отфильтровывали, промывали спиртом и высушивали на воздухе при комнатной температуре между листами фильтровальной бумаги. Состав нескольких образцов полученной таким путем соли представлен в табл. 1. Содержание хлора в них не превышало 0,1%. Чистота полученной соли характеризуется следующими данными спектрального анализа по примесям (%):

$$Fe 4,5 \cdot 10^{-3}; Si < 3 \cdot 10^{-3}; Mg < 1 \cdot 10^{-3}.$$

$$Ni < 1 \cdot 10^{-3}; Mn < 1 \cdot 10^{-4}.$$

Таблица 1

Состав полученных образцов низшего кристаллогидрата тетрафторида циркония

№№ образцов	Содержание, %		Атомное отношение F : Zr	H ₂ O по Zr, %	Мольное отношение H ₂ O : ZrF ₄
	Zr	F			
1	48,60*	39,9	3,94	10,91	1,14
2	48,90	40,8	4,01	10,34	1,07
3	48,88	41,7	4,09	10,39	1,08
4	48,46	39,4	3,90	11,36	1,17
5	48,57	—	—	10,96	1,14
6	48,58	—	—	10,94	1,14

* Фосфатным методом найдено 48,40%.

Цирконий определяли разложением фторида нагреванием с серной кислотой и последующим прокаливанием до ZrO_2 [5]. Для контроля в некоторых случаях цирконий определяли также фосфатным методом [13]. Содержание фтора находили осаждением в виде $PbClF$ с объемным определением хлора в осадке [13, стр. 757]. Содержание воды вычисляли по цирконию (принимая содержание фтора за стехиометрическое), так как цирконий определяется более точно, чем фтор или вода.

Как видно из табл. 1, тетрафторид циркония, полученный таким методом, содержит немногим более 1 моля воды на моль соли. Кристаллы этой соли имеют вид квадратных пластинок. Их плотность, определенная пикнометрическим методом в обезвоженном бензоле, оказалась равной $3,42 \text{ г/см}^3$ при 20° .

Тетрафторид с большим содержанием воды получали гидратированием такой соли насыщенным водным раствором ZrF_4 с последующей сушкой отфильтрованного осадка на воздухе между листами фильтровальной бумаги. Содержание воды в двух образцах такой соли оказалось равным 2,95 моля на моль ZrF_4 . Как показано ниже, эта соль представляет собой тригидрат ZrF_4 . По внешнему виду кристаллы ее точно соответствуют кристаллам $ZrF_4 \cdot 3H_2O$, показанным на микрофотографии, помещенной в работе [7]. Плотность тригидрата равна $2,97 \text{ г/см}^3$ при 20° .

Образцы тетрафторида циркония с содержанием воды менее 3 молей, но превышающим ее содержание в образцах низшего кристалло-

гидрата ZrF_4 (см. табл. 1), получены осторожным высушиванием тригидрата на воздухе при 60° .

Образцы тетрафторида с содержанием воды менее 1 моля (см. табл. 2, образцы № 1—8) получали высушиванием образцов низшего кристаллогидрата в вакууме при постепенном подъеме температуры до 250° . При этом было установлено, что такой способ сушки соли не вызывает потери HF, как это следует из анализа двух образцов (содержащих 0,09 и 0,36 моля воды на моль соли), у которых отношение $F : Zr$ найдено равным соответственно 3,97 и 4,08.

Безводный ZrF_4 получали сушкой низшего кристаллогидрата в токе газообразного HF при 500° .

Рентгенографическое исследование

Подготовка образцов к съемке рентгенограмм производилась, как описано нами ранее [12]. Рентгенограммы снимались на $Co K_\alpha$ -излучении. Диаграммы $I-\Theta$, построенные на основании полученных рентгенограмм, представлены на рис. 1.

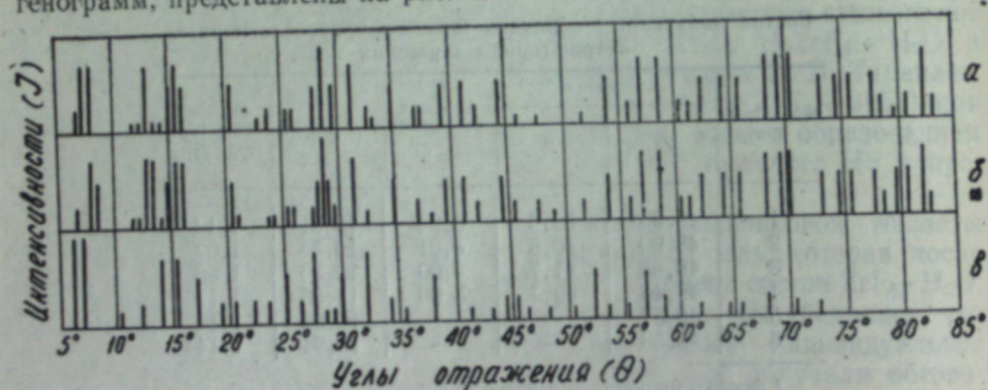


Рис. 1. Диаграмма $I-\Theta$ образцов тетрафторида циркония:

а — низшего кристаллогидрата (№ 1—3, табл. 1); б — частично обезвоженного низшего кристаллогидрата (№ 1—2, табл. 2); в — тригидрата — продукта гидратации жидкой водой частично обезвоженного тетрафторида.

Сравнение этих диаграмм показывает, что фаза, получающаяся при обезвоживании низшего кристаллогидрата, сохраняет структуру, подобную структуре исходного соединения, но при гидратации такой фазы жидкой водой образуется гидрат, имеющий другую структуру.

Судя по рентгенограмме безводного ZrF_4 , нагретого до 500° или выше (диаграмма $I-\Theta$, соответствующая этой рентгенограмме, не приводится), данная фаза имеет структуру, отличную от структуры фазы, получаемой обезвоживанием при температурах, не превышающих 250° (см. рис. 1, б).

Калориметрическое исследование

Теплоту гидратации полученных образцов определяли при 25° методом, описанным в работе [12]. Для исключения из расчета теплоты растворения гидратация производилась в насыщенном водном растворе ZrF_4 . Результаты калориметрических опытов представлены в табл. 2 и на рис. 2.

* Насыщенный раствор тетрафторида циркония с гидратируемой солью в донной фазе имел pH , примерно равный 2, не изменяющийся со временем. Постоянство pH такого раствора позволяло считать, что за время калориметрического опыта гидролиза гидратируемой соли не происходил.

Сначала определялись теплоты гидратации образцов № 1—8, полученных обезвоживанием низшего кристаллогидрата в вакууме при температуре не выше 250° . При этом оказалось, что прямая, на которой лежат полученные точки, при экстраполяции пересекает ось n_i не в точке $n_i = 1$, а в точке $n_i = 3$. Кроме того, сравнение рентгенограмм продукта гидратации и низшего кристаллогидрата показало, как отмечалось выше, что при гидратации этих образцов получается не исходный, а какой-то другой гидрат. В соответствии с этим при попытке гидратировать непосредственно низший кристаллогидрат (образцы № 9 и 10) было установлено, что он также гидратируется до высшего гидрата, причем полученные значения его теплоты гидратации $\frac{q_i}{a_i}$

укладываются на ту же прямую (см. рис. 2). Теплоты гидратации $\frac{q_i}{a_i}$ образцов № 11—13, полученных частичным обезвоживанием продукта гидратации низшего кристаллогидрата, также попадают на одну прямую с теплотами гидратации остальных образцов.

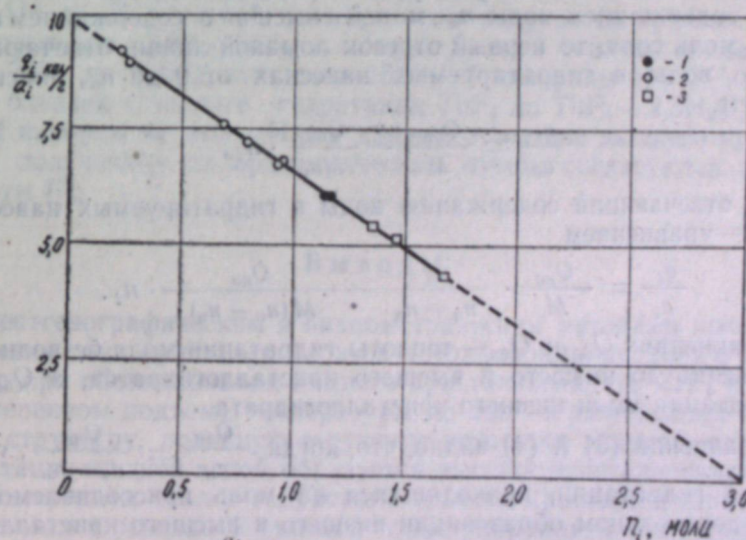


Рис. 2. Зависимость $\frac{q_i}{a_i} - n_i$ при гидратации тетрафторида циркония.

1 — образцы, полученные обезвоживанием низшего кристаллогидрата; 2 — образцы низшего кристаллогидрата; 3 — образцы, полученные частичным обезвоживанием высшего кристаллогидрата.

Методом наименьших квадратов найдено, что линейная зависимость, существующая между значениями $\frac{q_i}{a_i}$ и n_i , представленными в табл. 2, описывается уравнением:

Таблица 2
Теплота гидратации навесок тетрафторида циркония с различным содержанием воды

№ образцов	n_i , моли H_2O	$\frac{q_i}{a_i}$, $\frac{kcal}{g}$
1	0,23	9,15
2	0,27	8,96
3	0,36	8,64
4	0,69	7,59
5	0,80	7,22
6	0,93	6,73
7	0,93	6,69
8	0,95	6,78
9	1,14	6,07
10	1,17	6,05
11	1,36	5,43
12	1,47	5,15
13	1,68	4,35

Примечание: n_i — число молей воды на моль безводной соли в навеске; $\frac{q_i}{a_i}$ — теплота гидратации, отнесенная к величине навески за вычетом веса воды в ней.

$$\frac{q_l}{a_l} = (9,83 \pm 0,04) - (3,25 \pm 0,04) \cdot n_l \quad (1)$$

При попытке определить теплоту гидратации безводного тетрафторида циркония, полученного обезвоживанием гидратированной соли в токе HF при 500°, было обнаружено, что он не гидратируется, как и следовало ожидать по аналогии с полученными при высоких температурах ThF₄ и UF₄ [10, 12], изоструктурными с ZrF₄ [11]. Такой ZrF₄ не поглощает также влагу из воздуха (проверка производилась в течение нескольких суток).

Обсуждение результатов

Ранее нами [12] было отмечено, что если при гидратации безводной соли образуется лишь один кристаллогидрат, то между $\frac{q_l}{a_l}$ и n_l существует линейная зависимость, описываемая уравнением:

$$\frac{q_l}{a_l} = \frac{Q}{M} - \frac{Q}{Mn} \cdot n_l, \quad (2)$$

где Q — теплота гидратации на моль соли;

M — молекулярный вес безводной соли;

n — содержание воды в кристаллогидрате в молях на моль соли.

При ступенчатой гидратации, когда последовательно образуются сначала один кристаллогидрат, а затем другой и т. д., зависимость $\frac{q_l}{a_l}$

от n_l представляется ломаной линией, абсциссы изломов которой отвечают содержанию воды в образуемых данной солью кристаллогидратах. Нетрудно показать, что если при гидратации соли последовательно образуются, как ожидается, например, для ZrF₄, два кристаллогидрата — низший с содержанием воды n_n молей и высший с содержанием воды n_n молей на моль соли, то первый отрезок ломаной линии, отвечающий содержанию воды в гидратируемых навесках от 0 до n_n , описывается уравнением.

$$\frac{q_l}{a_l} = \frac{Q_{6n}}{M} - \frac{Q_{6n}}{Mn_n} \cdot n_l, \quad (3)$$

а второй, отвечающий содержанию воды в гидратируемых навесках от n_n до n_n , — уравнением

$$\frac{q_l}{a_l} = \frac{Q_{6n}}{M} \cdot \frac{n_n}{n_n - n_n} - \frac{Q_{6n}}{M(n_n - n_n)} \cdot n_l. \quad (4)$$

В этих уравнениях Q_{6n} и Q_{6n} — теплоты гидратации моля безводной соли соответственно до низшего и высшего кристаллогидратов, а Q_{6n} — теплота гидратации моля низшего кристаллогидрата.

Из уравнений (3) и (4) видно, что, когда $\frac{Q_{6n}}{n_n} = \frac{Q_{6n}}{n_n - n_n}$, т. е. когда теплота гидратации, приходящаяся на моль присоединяемой воды при последовательном образовании низшего и высшего кристаллогидратов, одинакова, наклон обоих отрезков к осям координат становится также одинаковым и эти отрезки образуют одну прямую линию. В этом случае, когда излома на графике $\frac{q_l}{a_l} - n_l$ не получается, доказать наличие низшего кристаллогидрата и найти n_l по калориметрическим данным нельзя.

Именно такое положение, по-видимому, имеет место для тетрафторида циркония. Фаза, образующаяся при обработке $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$

плавиковой кислотой с последующей отмывкой полученного осадка спиртом и сушкой на воздухе, дает присущую ей одной рентгенограмму, отличающуюся от рентгенограммы высшего кристаллогидрата ZrF₄. Кристаллы этой фазы имеют форму, также отличающуюся от формы кристаллов высшего кристаллогидрата.

Плотность этих кристаллов — 3,42 г/см³ — не равна плотности, которую можно вычислить по плотностям безводного ZrF₄ — 4,43 г/см³ [2], и тригидрата — 2,97 г/см³ — для смеси безводной соли и тригидрата валового состава ZrF₄ · H₂O (вычисленная таким образом плотность равна 3,70 г/см³).

Все эти обстоятельства говорят в пользу существования низшего кристаллогидрата ZrF₄ · H₂O, хотя на прямой рис. 2 излом при $n_l = 1$ отсутствует. Причиной этого, как отмечено выше, может быть настолько небольшое отличие между теплотами гидратации на моль воды при образовании низшего и высшего кристаллогидратов, что при точности наших измерений эти теплоты следует считать равными.

На основании данных анализа принимаем, что низший кристаллогидрат тетрафторида циркония является моногидратом ZrF₄ · H₂O. Некоторое превышение в содержании воды по сравнению с 1 молем H₂O, найденное в полученных образцах (см. табл. 1), можно объяснить присутствием в них небольшого количества высшего кристаллогидрата, которое рентгенографически не обнаруживается. Если бы это превышение объяснялось присутствием адсорбированной воды, точки, полученные для образцов № 9 и 10 табл. 2, не легли бы на прямую рис. 2.

В случае тетрафторида циркония в отличие от тетрафторида тория (и урана) фаза, получающаяся при обезвоживании низшего кристаллогидрата в вакууме при температуре не выше 250°, хотя и сохраняет структуру, подобную структуре исходного кристаллогидрата, но при гидратации образует высший кристаллогидрат.

Из (1) и (2) следует*, что при этом получается кристаллогидрат, для которого $n = 3,02 \pm 0,05$, т. е. тригидрат, а теплота гидратации Q на моль ZrF₄ до тригидрата равна 1644 ± 7 калориям при 25°. Она оказалась близкой к теплоте гидратации ThF₄ до ThF₄ · 2,5H₂O, равной 2073 ± 4 калории на моль. Наши данные о составе высшего кристаллогидрата, полученные калориметрическим путем, согласуются с данными работы [7].

Выводы

1. Рентгенографическим и пикнометрическим методами показано существование двух кристаллогидратов тетрафторида циркония. Установлено, что при обезвоживании низшего кристаллогидрата ZrF₄ в вакууме при постепенном подъеме температуры до 250° образующаяся фаза сохраняет структуру, подобную структуре исходного гидрата, однако при ее гидратации жидкой водой образуется высший кристаллогидрат.

2. Измерением теплот гидратации навесок кристаллогидратов ZrF₄, обезвоженных в различной степени, и экстраполяцией полученной зависимости между теплотой гидратации и содержанием воды до нулевого теплового эффекта найден состав высшего кристаллогидрата — ZrF₄ · 3H₂O. Теплота гидратации ZrF₄ до тригидрата равна 1644 ± 7 калориям на моль при 25°.

Подтвердить калориметрическим методом существование низшего

* В данном случае можно пользоваться уравнением (2), потому что излома на графике рис. 2 нет.

кристаллогидрата ZrF_4 и установить этим методом его состав оказалось невозможным. По данным анализа образцов этого кристаллогидрата можно принять, что он является моногидратом — $ZrF_4 \cdot H_2O$.

3. Установлено, что безводный ZrF_4 , полученный при высокой температуре (500° и выше), подобно безводным ThF_4 и UF_4 , полученным при высоких температурах в устойчивом состоянии с присущей им моноклинной структурой, жидкой водой в течение калориметрического опыта и влагой воздуха в течение нескольких суток не гидратируется.

Поступила в редакцию
10/VI 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. M. C. Maignac, Recherches chimiques et cristallographiques sur les fluozirconates. Ann. Chim. Phys., vol. 60, 1860, p. 257.
2. D. Z. Wolter, Darstellung und Eigenschaften des Zirkontetrafluorids. Chem. Ztg., Bd. 32, 1908, S. 606.
3. E. B. R. Rideaux, E. C. Roper, Hydrofluozirconic acid and the analysis of zirconium fluoride. J. Chem. Soc., vol. 128, 1926, p. 898.
4. E. Chauvenet, Sur quelques combinaisons du zirconium, et sur l'hydrolyse de ses sels. Ann. Chim. (9), vol. 13, 1920, p. 59.
5. O. Ruff, G. Lauschke, Arbeiten im Gebiet hoher Temperaturen. IX—Über die Herstellung von Zirkongegenständen. Z. anorg. allg. Chem., Bd. 97, 1916, S. 73.
6. E. Chauvenet, Sur les fluorures de zirconium et sur les fluorures de zirconyle. Compt. rend., vol. 164, 1917, p. 727.
7. И. В. Тананаев, Н. С. Николаев, Ю. А. Буслаев, Исследование системы $Hf-ZrF_4-H_2O$ методом изотермической растворимости, ЖНХ, т. 1, 1956, стр. 274.
8. O. N. Carlson, F. A. Schmidt, H. A. Wilhelm, Preparation of zirconium and hafnium metals by bomb reduction of their fluorides. J. Electr. Soc., vol. 104, 1957, p. 51.
9. R. W. M. d'Eue, G. W. Booth, Further remarks on the hydrates of thorium tetrafluoride. J. Inorg. Nucl. Chem., vol. 4, 1957, p. 13.
10. Ю. В. Гагаринский, В. П. Маширев, О кристаллогидратах тетрафторида урана. ЖНХ, 4, 1959, стр. 1253.
11. W. H. Zachariassen, Crystal chemical studies of the 5f-series of elements. XII—New compounds representing known structure types. Acta Cryst., vol. 2, 1949, p. 389.
12. Ю. В. Гагаринский, В. П. Маширев, О кристаллогидратах тетрафторида тория. ЖНХ, т. 4, 1959, стр. 1246.
13. В. Ф. Гиллебранд, Г. Э. Лендель, Г. А. Брайт, Д. И. Гофман, Практическое руководство по неорганическому анализу. Перев. с англ., ГНТИ, М., 1957.

Е. П. БАБИН, В. Г. ПЛЮСНИН,
М. И. ЗЕЛЕНЦОВА, Н. М. РОДИГИН

ОБРАТИМЫЕ РЕАКЦИИ ПРИ АЛКИЛИРОВАНИИ ИЗОПРОПИЛБЕНЗОЛА ПРОПИЛЕНОМ

В ранее опубликованных сообщениях [1, 2] было показано, что в процессе алкилирования изопропилбензола пропиленом в присутствии хлористого алюминия как при 20° [1], так и при 60° [2] имеет место обратимая реакция, приводящая к образованию бензола. При 20° максимальное количество его достигает 1,5 вес. % к алкилату, при 60° — 13,3 вес. %. Значительное увеличение выходов бензола с одновременным образованием ди-, три- и тетраалкилбензолов свидетельствует о более интенсивном протекании обратимых реакций при повышенных температурах. Последнее сильно сказывается на соотношениях констант образования бензола и алкилбензолов из изопропилбензола при его алкилировании. Если для процесса алкилирования, проведенного при 20° , соотношение констант $\beta_1 : k_1 : k_2' : k_3 : k_4' = 0,038 : 1 : 0,025 : 0,0195 : 0,0007$ [1], то при 60° — $0,38 : 1 : 0,20 : 0,065 : 0,003$ [2].

Представляло интерес выяснить, как влияет дальнейшее увеличение температуры проведения процесса алкилирования на интенсивность обратимой реакции. С этой целью была проведена серия опытов по алкилированию изопропилбензола пропиленом в присутствии 0,03 молей хлористого алюминия на моль алкилбензола при 80° , т. е. при температуре, близкой к температуре кипения бензола. В качестве сырья использовалась изопропилбензольная фракция, выкипающая в температурном интервале $148-152^\circ$ ($d_{20}^{20} 0,8624$, $n_D^{20} 1,4910$).

Алкилирование проводилось в трехгорлой колбе, снабженной обратным холодильником, барботером для подачи 96—98% пропилена и шнековой мешалкой. Скорость вращения шнековой мешалки 2—2,5 тыс. оборотов в минуту. Скорость подачи пропилена практически была равна скорости его конверсии реакционной массой и составляла 70—80 л/час на 1 кг изопропилбензола.

Продукты алкилирования (углеводородный и катализаторный слои) промывались ледяной водой, раствором соляной кислоты и вновь водой до нейтральной реакции. После высушивания над хлористым кальцием алкилаты разгонялись на ректификационной колонне с погоноразделительной способностью 30 т. т. Промежуточные фракции, составлявшие не более 1—2%, делились пополам при определении выходов бензола и алкилбензолов между соседними ароматическими углеводородами.

Фракционный состав полученных алкилатов приведен в табл. 1.

Обсуждение результатов

Полимерные продукты, вычисленные по уравнению баланса [3], очень незначительны, поэтому их величины практически не отражаются на опытных молярных отношениях пропилен — изопропилбензол. В связи с

Таблица 1

Состав алкилатов, полученных при 80°

n	P_0	P_1	P_2	P_3	P_4
0,031	14,0	48,0	31,3	—	—
0,059	14,5	47,9	31,7	—	—
0,161	11,2	46,7	33,5	—	—
0,213	10,1	44,1	37,4	—	—
0,329	8,6	40,3	44,4	2,7	—
0,603	4,8	23,6	51,7	14,3	—
1,030	2,4	12,3	52,5	22,9	—
1,608	—	3,2	35,3	55,9	—
1,730	0,6	2,0	22,0	67,9	—
1,975	—	1,0	14,3	82,3	6,1
2,164	—	0,7	2,1	84,1	10,7
2,286	1,0	1,1	0,7	71,1	21,9

Примечание:
 n — молярное соотношение пропилен-изопропилбензол,
 P_0 — количество бензола в вес. %,
 P_1, P_2, P_3, P_4 — количество моно-, ди-, три- и тетраизопропилбен-
 золов в вес. %.

этим для определения соотношения между константами скоростей обратимо-последовательной реакции алкилирования изопропилбензола были использованы данные табл. 1.

При выявлении соотношения констант путем подбора постоянных α_1 и β_1 [2] установлено, что наиболее близко опытные и расчетные данные сходятся при соотношении скоростных постоянных $\beta_1 : k_1 : k'_2 : k_3 : k'_4$ как 0,41 : 1 : 0,165 : 0,053 : 0,0017 при $g_1 = 0,1128$ и $g_2 = 1,4621$.

При указанном соотношении констант скоростей уравнения состава имеют вид (при $k_1 = k$):

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 41 (0,741e^{-0,1128kt} - 0,741e^{-1,4621kt}), \\
 C_1 &= 65,75e^{-0,1128kt} - 34,25e^{-1,4621kt}, \\
 C_2 &= 16,5 (11,24e^{-0,053kt} - 10,99e^{-0,1128kt} + 0,243e^{-1,4621kt}), \\
 C_3 &= 0,8745 (119,9e^{-0,0017kt} - 219,1e^{-0,053kt} + 98,97e^{-0,1128kt} - \\
 &\quad - 0,166e^{-1,4621kt}), \\
 C_4 &= 100 - \frac{C_5}{C_0}.
 \end{aligned} \quad (1)$$

Используя уравнения (2) [3] и (1), можно найти зависимость n' (молярное соотношение пропилен-бензол) от kt , равную:

$$\begin{aligned}
 n' &= 4 - 1,049e^{-0,0017kt} - 1,793e^{-0,053kt} + 1,174e^{-0,1128kt} + \\
 &\quad + 2,164e^{-1,4621kt},
 \end{aligned} \quad (2)$$

которая в численном виде представлена в табл. 2.

Полученные по уравнению (2) значения n' на единицу больше опытных; это указывает на то, что исходным продуктом для алкилирования был взят изопропилбензол.

На рис. 1 и 2 показаны теоретические кривые молярного (рис. 1) и весового (рис. 2) составов системы в зависимости от молярного соотно-

Таблица 2

Зависимость n' от kt

n'	1,125	1,345	1,621	1,778	2,092	2,321	2,622	2,800	3,027	3,106
kt	3	5	8	10	15	20	30	40	50	100

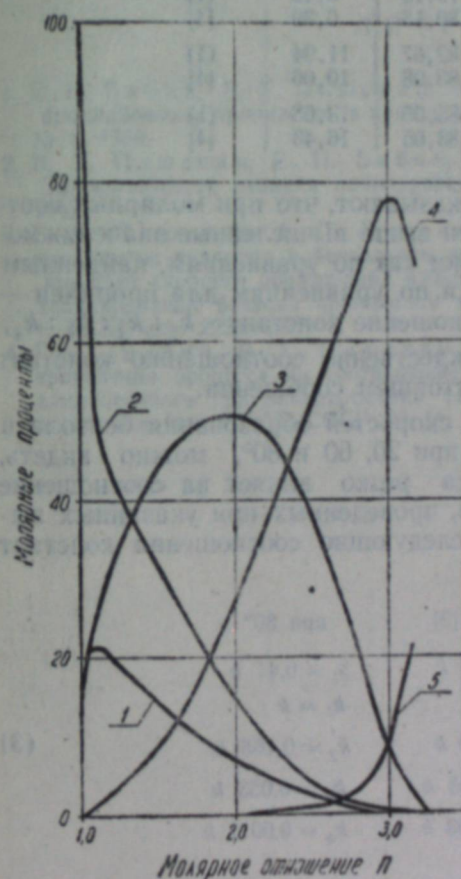


Рис. 1. Молярный состав системы пропилен — изопропилбензол.

1 — бензол, 2 — изопропилбензол, 3 — диизопропилбензол, 4 — триизопропилбензол, 5 — тетраизопропилбензол.

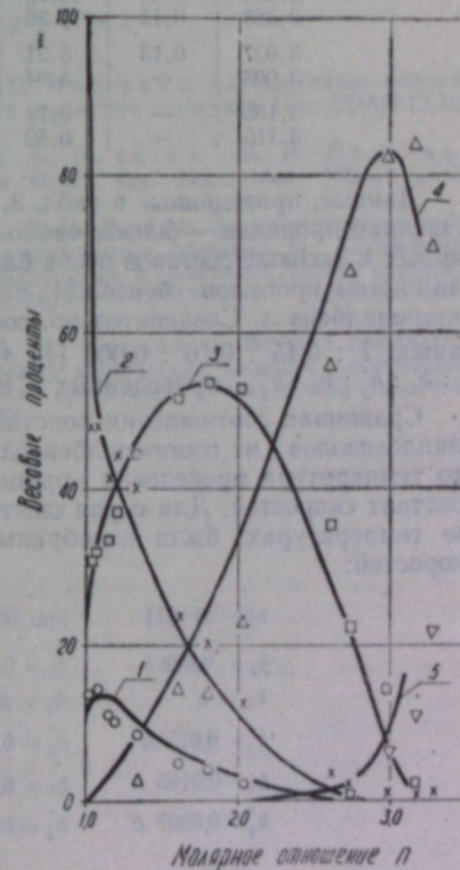


Рис. 2. Весовой состав системы пропилен — изопропилбензол.

Опытные данные: 1 — бензол, 2 — изопропилбензол, 3 — диизопропилбензол, 4 — триизопропилбензол, 5 — тетраизопропилбензол.

шения пропилен — бензол, рассчитанные по уравнениям (1), (2), и по уравнению, приведенному в работе [4]. На рис. 2 нанесены экспериментальные точки, взятые из табл. 1. Как видно на рисунке, их сходимость с теоретическими кривыми хорошая.

Сравнивая соотношение констант, подобранных для системы углеводородов, образующихся при алкилировании бензола пропиленом в аналогичных условиях (температура опытов 80°, количество катализатора 0,03 моля на моль бензола) [4], с соотношением констант для обратимо-последовательного алкилирования изопропилбензола пропиленом, можно видеть, что при значениях n' около 3 и выше имеет место равенство вычисленных весовых количеств для алкилбензолов. Последнее видно из табл. 3.

Таблица 3

Весовой состав систем

n'	p_1	p_2	p_3	p_4	Рассчитано по уравнениям
2,622	1,42	27,28	68,95	1,92	(1)
2,641	1,27	29,21	66,32	3,19	[4]
2,800	0,44	16,79	79,15	3,42	(1)
2,883	0,13	13,36	80,15	6,39	[4]
3,027	0,13	5,21	82,67	11,94	(1)
3,008	—	5,94	83,98	10,06	[4]
3,106	—	0,71	85,65	13,63	(1)
3,115	—	0,52	83,05	16,43	[4]

Данные, приведенные в табл. 3, указывают, что при молярных соотношениях пропилен — бензол около 3 и выше вычисленные значения молярных и весовых составов очень близки как по уравнениям, найденным для систем пропилен—бензол [4], так и по уравнениям для пропилен—изопропилбензол. Следовательно, соотношение констант $k'_1 : k'_2 : k'_3 : k'_4$, равное 1 : 0,45 : 0,16 : 0,008 [4], тождественно соотношению констант $\beta_1 : k_1 : k_2 : k_3 : k_4$, приведенных в настоящем сообщении.

Сравнивая соотношения констант скоростей образования бензола и алкилбензолов из изопропилбензола при 20, 60 и 80°, можно видеть, что температура проведения процесса резко влияет на соотношение констант скоростей. Для серии опытов, проведенных при указанных выше температурах, были подобраны следующие соотношения констант скоростей:

при 20° [1]	при 60° [2]	при 80°
$\beta_1 = 0,038 k$	$\beta_1 = 0,38 k$	$\beta_1 = 0,41 k$
$k_1 = k$	$k_1 = k$	$k_1 = k$
$k'_2 = 0,025 k$	$k'_2 = 0,20 k$	$k'_2 = 0,165 k$
$k_3 = 0,0195 k$	$k_3 = 0,065 k$	$k_3 = 0,053 k$
$k'_4 = 0,0007 k$	$k'_4 = 0,003 k$	$k'_4 = 0,0017 k$

При равенстве $k_1 = 1$ значения β_1 при 80° больше соответственных значений этой же константы при 20° в 10,8 раза. При 60° значение константы обратимой реакции больше соответственной константы при 20° в 8,9 раза. Таким образом, в результате обратной реакции скорость образования бензола из изопропилбензола резко возрастает с увеличением температуры, что также хорошо видно из данных по максимальным выходам бензола при каждой температуре (см. табл. в работах [1], [2] и табл. 1 данного сообщения).

Выводы

1. Показано, что при алкилировании изопропилбензола пропиленом при 80° имеет место обратимо-последовательная реакция с образованием 14,5% бензола при низких значениях молярного отношения пропилен — изопропилбензол.
2. Установлены соотношения констант скоростей обратимо-последовательной реакции алкилирования изопропилбензола при 80°, и показана

их тождественность соотношениям констант реакции алкилирования бензола пропиленом при той же температуре.

3. Выявлено влияние температуры проведения процесса на обратимую реакцию процесса алкилирования.

Уральский филиал
АН СССР

Поступила в редакцию
8/IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. П. Бабин, В. Г. Плюснин, М. И. Насакина, Алкилирование моноизопробилбензола пропиленом в присутствии хлористого алюминия. Изв. СОАН СССР, № 1, 1959.
2. В. Г. Плюснин, Е. П. Бабин, Н. М. Родигин, М. И. Насакина, Закономерности реакции алкилирования. Отчет, Арх. библиотеки УФАН СССР, 1947.
3. В. Г. Плюснин, А. П. Лысенко, Е. П. Бабин, Закономерности замещения атомов водорода в бензольном ядре алкильными группами. II. Соотношение констант скорости образования изопропилбензолов и уравнения состава продуктов алкилирования бензола пропиленом в присутствии фтористого водорода. ЖФХ, т. XXXI, стр. 2229, 1957.
4. Е. П. Бабин, В. Г. Плюснин, М. И. Насакина, Влияние температуры проведения процесса на соотношение между константами скорости образования алкилбензолов при алкилировании бензола пропиленом в присутствии хлористого алюминия. Изв. СОАН СССР, № 11, 1958.

Г. А. ПЕШКОВА

СТЕПИ ПРИАНГАРЬЯ И ИХ СВЯЗИ СО СТЕПЯМИ СОСЕДНИХ ТЕРРИТОРИЙ

Островные степи Иркутской области в научной литературе известны под названием Иркутско-Балаганской лесостепи. Это название лишь частично отражает истинное положение вещей. Действительно, в окрестностях г. Балаганск по долинам рр. Унга и Оса имеются большие степные территории, но около Иркутска в окружности 25—40 км нет сколько-нибудь значительных степных участков, и город находится среди сосновых лесов. Последние, правда, в настоящее время под влиянием хозяйственной деятельности человека превратились в большинство в березняки, а на месте сведенных сосновых лесов чаще можно видеть массивы полей.

По-видимому, название Иркутско-Балаганской лесостепи было дано исследователями, маршрут которых проходил от Иркутска до Балаганска по долинам Ангары и ее притоков, преимущественно левых (Прейс [1], Криштофович [2] и др.).

Однако большая и своеобразная в геоботаническом и флористическом отношении территория степей по склонам к р. Куда и ее притокам никем из исследователей подробно не описывалась, хотя и упоминается в работах Агапитова [3], Бородина [4]. Вследствие этого в ботанической литературе утвердилось ошибочное мнение, что Иркутско-Балаганские (Унгинско-Осинские в нашем понимании) степи тождественны с Кудинскими, что нашло отражение даже в самой новейшей сводке — Геоботанической карте СССР, 1954 г.

Эти два различающихся по составу растительности степных острова (Унгинско-Осинский и Кудинский), которые подверглись подробным исследованиям, мы назвали Приангарскими, так как они расположены по склонам к долинам рек, впадающих в Ангару, и к самой Ангаре.

Имеющееся в литературе описание растительности Иркутско-Балаганской степи относится к Унгинско-Осинскому степному острову. Растительность ранее не исследованного Кудинского острова представляет оригинальный и интересный для геоботаника материал.

Степное Приангарье находится в настоящее время под влиянием резко континентального климата (годовая температура от -3 до $-3,5^{\circ}$) с холодной малоснежной зимой и сухим жарким летом. Количество осадков 300—350 мм в год, распределение их во времени крайне неравномерно: с апреля по октябрь выпадает более трех четвертей общего годового количества. Характерно присутствие устойчивой или сезонной мерзлоты по долинам некоторых рек и по северным склонам.

В геологическом отношении Кудинский степной остров располагается в большей своей части на юрских отложениях, в то время как Унгинско-Осинский — по преимуществу на кембрийских.

Почвенный покров разнообразен и зависит от геологических, геоморфологических и почвенно-биологических причин. Степи второй и третьей

надпойменных террас располагаются на лугово-черноземных выщелоченных или солонцеватых почвах. Пойменные и первые надпойменные террасы имеют в различной степени засоленные почвы — от лугово-черноземных солончаковатых до типичных солончаков.

Совсем недавно (3—5 лет назад) степи на исследованной территории были распространены гораздо шире. В связи с подъемом целинных и залежных степей все сколько-нибудь пригодные для полей земли были распаханы. При этом в первую очередь распахивались степные участки на первых и вторых надпойменных террасах с более или менее мощным гумусовым горизонтом.

В настоящее время степи сохранились на территориях, совершенно непригодных для распашки, в частности, на крутых склонах различной экспозиции по засоленным долинам рек и на террасах, где малая величина гумусового горизонта и обилие щебенки не позволяют производить распашку.

В составе степной растительности Приангарья выявлено 28 формаций, которые относятся к семи подтипам: настоящие, луговые, сазовые, пустынные, криоксерофильные (горные), полукустарничковые и криофильные (пустошные) степи. Ряд формаций автором описан впервые, из их числа можно назвать туповатоосочковую, амгунскоосоковую, ломкоколосниковую, остролодковую и др. Несколько формаций, ранее описанных в Забайкалье или в Приенисейских степях, для Приангарских степей не указывались и проводятся впервые, например, тонконоговые с *Caragana pygmaea*, пижмовые, кобрезиевые, мелкоразнотравные полукустарничковые и т. п. Геоботаническое описание всех степных формаций Приангарья имеется в опубликованной автором работе [5].

После того как выявлен формационный состав степей Приангарья (см. табл. 1), интересно выяснить, в каком отношении находятся Приангарские степи к степям соседних с ними территорий. Для этой цели мы попытались выявить по литературным источникам все степные формации, встречающиеся в смежных районах.

На западе близкими к Приангарским являются Абаканско-Минусинские и Красноярские степи, характеристику которых мы находим в работах Смирнова [6], Ильина [7], Кузнецова [8—10], Ревердатто [11—13]. К Абаканско-Минусинским степным островам близко расположены степи по р. Томи (Кузнецкие). Они довольно подробно описаны в работах Крылова [14], Ревердатто [15] и Куминовой [16].

С востока самыми близкими к Приангарью являются Ольхонские степи, охарактеризованные в работе Тихомирова [17]. Кроме того, мне самой удалось, правда, на короткий срок побывать на о-ве Ольхон. Более интересно провести сравнение с Бурятскими и Даурскими степями, исследованию растительности которых посвящено очень много работ [18—34].

Мы попытались выявить все наиболее типичные формации, которые указываются различными авторами для той или иной территории, и сопоставить полученные данные с формационным составом Приангарских степей. Данные этого сравнения приводятся в табл. 1.

Начнем сравнение формационного состава с подтипа настоящих степей. Из этого подтипа все формации, за исключением тонконоговых с караганой карликовой, встречаются во всех сравниваемых степях. Тонконоговые караганниковые ассоциации отмечаются в Абаканско-Минусинских, Ольхонских, Бурятских и Даурских степях. На территории Приангарья они крайне редки и обнаружены нами в одном месте по склонам к р. Куда близ с. Усть-Орда. До этой находки на территории

Таблица 1
Формационный состав Приангарских степей и соседних территорий

Подтип	Формации	Степные острова							
		Кузнецкий	Красноярский	Абаканско-Минусинский	Приангарские		Ольхонский	Бурятский	Даурский
					Унгинско-Осинский	Кудинский			
Настоящие степи	Твердоватоосочковая	×	×	×	+	+	+	+	×
	Змеевковая	×	+	+	+	+	+	+	+
	Тырсовая	+	+	+	+	+	+	+	+
	Типчаковая (с <i>Festuca pseudovina</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+
	Тонконоговая	+	+	+	+	+	+	+	+
Тонконоговая (с <i>Caragana pygmaea</i>)	—	—	+	—	+	+	+	+	
Степи	Вострцовая (с <i>A. ramosum</i>)	+	+	+	+	+	—	—	—
	Туповатоосочковая	×	×	×	×	+	×	×	×
	Амгунскоосоковая	—	×	×	×	+	×	×	×
	Володушковая (бедноразнотравная)	×	+	+	+	+	×	×	×
	Степилабазниковая	+	—	—	—	—	—	—	—
Клубниковая	×	×	×	+	+	—	—	×	
Луговые степи	Житняковая	×	+	+	+	+	+	+	+
	Овсцовая	×	×	×	×	+	×	×	×
	Перистоковыльная	+	+	+	+	+	—	—	—
	Стоповидноосоковая	×	+	+	+	+	+	×	×
Сазовые степи	Вострцовая (из <i>A. pseudoagrop</i>)	—	—	×	+	+	+	+	+
	Волоснецовая	+	+	+	+	+	+	+	+
	Чиевая	×	+	+	+	+	+	+	+
Пустынные степи	Селитрянополюнная	+	+	+	+	+	—	—	—
Полукустарничковые степи	Холоднополюнная	+	+	+	+	+	+	+	+
	Полюнная (из <i>Art. subviscosa</i>)	—	—	—	—	—	—	—	—
	Тимьяновая	+	+	+	+	+	+	+	+
	Мелкоразнотравная	—	—	—	—	+	+	+	+
Криоксерофильные степи	Флойдикарпусовая	—	—	—	—	+	+	+	+
	Пижмовая	—	—	—	—	+	+	+	+
	Стеллеровая	—	—	—	—	—	—	—	—
	Клематисовая	—	—	—	—	—	—	—	—
	Остролодковая (из <i>O. coerulea</i>)	—	—	—	—	+	+	+	—
	Кистевидно-мятликовая	—(+)	—(+)	—(+)	—	+	+	+	—
	Ломкоколосниковая	×	×	×	+	—	—	—	—
Типчаковая (из <i>F. lenensis</i>)	—	×	×	+	+	+	+	+	
Четырехзлаковая	—	—	+	—	—	+	—	+	
Криофильные степи	Кобрезневая	—	+	+	+	+	+	+	+

Условные обозначения:

+ достоверно присутствует,

— отсутствует,

× возможно, присутствует, так как указываются ценозообразователи.

Приангарья ареал названной ассоциации прерывался, что выглядело необъяснимо странно.

Из подтипа луговых степей характерно присутствие в Кузнецких степях формации степнолабазниковиков, которые обычны западнее, но не идут далее Кузнецких степей на восток. В Абаканско-Минусинских, Красноярских и Кузнецких степях встречается формация, образованная *Aneurolepidium ramosum*, а в Бурятии и Даурии этот вид замещается *Aneurolepidium pseudoagropyrum*. В Приангарских степях встречаются тот и другой виды этого рода, практически почти неразличимые. Однако наблюдается такая закономерность: на наиболее сухих местообитаниях чаще можно обнаружить *Aneurolepidium ramosum*, т. е. вострец с одним колоском на каждом уступе, а на засоленных и сравнительно более увлажненных участках (преимущественно первые надпойменные террасы рек) более обычными являются экземпляры с двумя колосками на некоторых уступах колоса, и по этому признаку они должны быть отнесены к *Aneurolepidium pseudoagropyrum*. Такую же картину наблюдают В. В. Ревердатто в Абаканско-Минусинских степях (устное сообщение). Возможно, что разделение на два вида, которые близки между собой, довольно условно; на самом деле, может быть, мы имеем дело с одним видом, образующим в зависимости от условий различное количество колосков.

Перистоковыльная (из *Stipa Joannis*) растительность обычна в Кузнецких степях, встречается в Абаканско-Минусинских, реже отмечается в Унгинско-Осинском районе Приангарья, а в Кудинском приурочена к старым залежам и является там полусорной. Восточнее Кудинских степей эта формация не встречается, и на территории Приангарья находится восточная граница ее ареала. Из других формаций подтипа луговых степей можно отметить интересное явление, которое, по видимому, не замечалось исследователями: овсец Шелля (*Helictotrichon Schellianum*), осочки тупая и амгунская (*Carex obtusata*, *C. amgunensis*) являются эдификаторами формаций. Так как все они указываются в списке флоры для всех сравниваемых степей, вполне возможно, что они встречаются там и в качестве ценозообразователей.

Из подтипа сазовых степей, кроме описанного выше явления с *Aneurolepidium pseudoagropyrum*, две другие формации — волоснецовые (из *Aneurolepidium Paboanum*) и чиевые — встречаются на всех сравниваемых территориях.

Селитрянополюнные степи, относящиеся к подтипу пустынных степей, встречаются в Кузнецких, Абаканско-Минусинских, Красноярских и Приангарских степях. Восточнее, в Даурии (для Ольхонских и Бурятских степей нет указаний), они замещаются близкими к ним монгольско-полюнными степями, эдификатор формации которых *Artemisia mongolorum* так же, как и *A. nitrosa*, является мелким видом — жордановым вида *A. maritima*, распространенного очень широко и сильно варьирующего в своих признаках.

Среди полукустарничковых степей холоднополюнная и тимьяновая формации распространены на всех сравниваемых территориях. Мелкоразнотравные полидоминантные степи встречаются в Кудинском степном острове, на Ольхоне, в Бурятии и Даурии. Западнее, даже в самом ближайшем, Унгинско-Осинском районе, а тем более в Красноярском и Абаканско-Минусинском степных островах, они отсутствуют так же, как и в Кузнецком.

Своеобразно распространение полных степей (из *Artemisia subviscosa*). В наших степях они не обнаружены, но присутствуют, с одной стороны в Абаканских степях, а с другой — в Бурятских.

Подтип криоксерофильных степей характерен тем, что из входящих в него формаций ни одна не имеет широкого распространения, т. е. не встречается во всех сравниваемых степях. Так, флюодикарпусовые (из *Phlojodicarpus nudiusculus*) степи, довольно обычные в Даурии и Бурятии, редки на Ольхоне; в Приангарье они встретились нам только один раз (близ о. Базой), западнее, в Абаканско-Минусинском районе, по имеющимся указаниям, произрастают одиночные растения, в Кузнецких и Красноярских степях они отсутствуют. Пижмовые степи по своему распространению дают сходную картину: в Даурии они имеют ландшафтное значение, в Бурятии также обычны, есть на Ольхоне, присутствуют в Приангарье, причем более часто встречаются в Кудинском районе, реже — в Унгинско-Осинском, западнее отсутствуют. Отмеченные многими авторами стеллеровые (из *Stellera chamejasme*) степи обычны в Даурии и Бурятии, западнее последней — не известны. Клематисовые степи (из *Clematis hexapetala*) свойственны только Даурии; западнее же *Clematis hexapetala* не образует формаций; встречаясь единично, он доходит до восточного побережья Байкала. Остролодковые степи (из *Oxytropis coerulea*), отмечающиеся в Кудинском районе Приангарья, к востоку (на Ольхоне и в Бурятии) встречаются довольно часто, в Даурии отсутствуют, заменяясь формациями из близкой к *O. coerulea* остролодки нитевидной (из *Oxytropis filiformis*). Кистевидно-мятликовые степи очень обычны в Даурии, Бурятии, на Ольхоне и в Приангарье, Абаканско-Минусинские, Красноярские и Кузнецкие мятликовые степи образованы из близкого к *Poa botryoides* вида — мятлика степного (*Poa stepposa*). Ломкоколосниковые степи имеют большое распространение на западе, образуя в наших степях юго-восточную, но не северную, границу своего ареала. Типчаковые степи (из *Festuca lenensis*) обычны в Бурятии, Даурии, на Ольхоне, часто встречаются в Приангарье, особенно в Кудинском районе, возможно, имеются в Абаканско-Минусинском степном острове, но западнее последнего их нет.

Что касается четырехзлаковой степи, впервые выделенной Ревердатто [11] и позднее отмеченной Куминовой для Даурии и Ольхона, то она, по нашему мнению, если и может существовать, то только в равнинных условиях, какие имеются в Даурии и Хакасии. Даже при самой слабой расчлененности рельефа четырехзлаковая степь распадается на ряд формаций: типчаковую, тонконоговую, змеевковую, ковыльскую и т. д.

Кобрезиевая формация (из подтипа криофильных степей) распространена во всех рассматриваемых нами степных территориях, за исключением Кузнецких степей.

Сопоставление формационного состава различных степных территорий позволяет сделать следующие выводы:

1. Приангарские степи являются частью центральноазиатских степей и близки, с одной стороны, к Красноярским и Абаканско-Минусинским степям, а с другой — к Забайкальским.

2. Два степных острова Приангарья обнаруживают различные связи:

а) Унгинско-Осинский район тяготеет к Красноярским степям. С ним его особенно роднит преобладание на большой территории формации вострцовых степей (из *Aneurolepidium ramosum*). Кроме того, общими являются и другие, реже встречающиеся формации: перистоковыльские, селитрянополюнные и ломкоколосниковые степи;

б) Кудинский район явно показывает большое сходство с Ольхонскими и Бурятскими, меньшее — с Абаканско-Минусинскими степями. Там и здесь преобладают не вострцовые, как в предыдущем случае,

степи, а дерновинные: типчаковые, тонконоговые, ковыльские. Кудинские степи характеризуются присутствием формаций, характерных для Бурятии и отчасти для Даурии: пижмовой, ленкотипчаковой, остролодковой, мелкоразнотравной полукустарничковой и даже флюодикарпусовой.

3. На основании этого Унгинско-Осинский район можно отнести к Среднесибирской провинции, а Кудинский — к Даурско-Монгольской, как предлагает В. В. Ревердатто [35]. Он пишет: «Агинская, Красноярская и Иркутско-Балаганская (Унгинско-Осинская — Г. П.) лесостепи должны быть отнесены к Среднесибирской провинции или к Алтайско-Саянской в силу того, что элемент леса в лесостепи у них представлен главным образом сосной и лиственницей, а также в силу значительных особенностей их флористического состава, в котором присутствует много горносибирских и монголо-сибирских форм, полностью отсутствующих в Западносибирской провинции... Хакасско-Минусинские степи (а по нашему мнению, и Кудинские — Г. П.) следует отнести к Евроазиатской степной области, к провинции Даурско-Монгольской».

Такое разделение можно принять, так как Даурско-Монгольская провинция по своей геоботанической характеристике имеет много сходного с Кудинскими степями.

4. Наличие в степях Приангарья, как западных, так и восточных по типу ареала, формаций, отмечаемых, с одной стороны, в степях Забайкалья, а с другой, — в западнее расположенных степных островах, заставляет допустить (при их современном изолированном положении) сплошное распространение степей в прошлом или наличие коридоров со степными ландшафтами, по которым мог происходить обмен флорой. По-видимому, эта связь в различное время была более свободной то с запада, то с востока. Березовый хребет в прошлом, вероятно, не был так сглажен, как в настоящее время, и его отроги являлись серьезной преградой при обмене флорами, что и обусловило различия Унгинско-Осинских и Кудинских степей.

Восточно-Сибирский филиал
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
6/IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. П. Пре́йи, Предварительный отчет о ботанических исследованиях Балаганского округа и окрестностей г. Иркутска. Изв. ВСОРГО, т. XXIII, № 2, 1892.
2. А. Н. Криштофович, Ботанико-географические исследования в области Березового хребта и Балаганской степи в Иркутской губернии. Тр. почв.-бот. экспед. 1908 г., ч. II, вып. 3, СПб, 1910.
3. Н. Агапитов, Краткий очерк о поездке в Балаганский и Иркутский округ летом 1877 г. Изв. ВСОРГО, т. IX, № 3—4, 1878.
4. И. П. Бородин, Отчет о ботаническом путешествии в Прибайкалье. Изв. АН СССР, сер. V, т. XVII, 1907.
5. Г. А. Пешкова, Степная растительность Приангарья и ее районирование. Сб. трудов молодых науч. сотрудников Вост.-Сиб. фил. АН СССР. Благовещенск, 1959.
6. В. И. Смирнов, Растительность земель Абаканской инородческой управы. Предв. отчет о бот. иссл. в Сибири и Туркестане в 1911 г. СПб, 1912.
7. М. М. Ильин, Абаканская степь. Предв. отчет о бот. иссл. в Сибири и Туркестане в 1913 г. СПб, 1914.
8. И. В. Кузнецов, Растительность Канского уезда, Предв. отчет о бот. иссл. в Сибири и Туркестане в 1911 г. СПб, 1912.
9. И. В. Кузнецов, Растительность Красноярского уезда. Предв. отчет о бот. иссл. в Сибири и Туркестане в 1912 г. СПб, 1914.
10. И. В. Кузнецов, Минусинский уезд Енисейской губернии. Предв. отчет о бот. иссл. в Сибири и Туркестане в 1913 г., Пгр., 1914.
11. В. В. Ревердатто, Растительные зоны Абаканской степи. Изв. Томского ун-та, т. 75, 1925.

12. В. В. Ревердатто, Приабаканские степи и орошаемые земли в системе р. Абакан. Изв. Томск. гос. ун-та, т. 81, 1928.
13. В. В. Ревердатто, Степи Хакасии. Изв. Геогр. об-ва СССР, т. 86, вып. 3, 1954.
14. П. Н. Крылов, Степи западной части Томской губернии. Ботанико-географический обзор. Тр. почв. бот. иссл. Аз. России в 1913 г., Пгр., 1916.
15. В. В. Ревердатто, Краткий очерк почв и растительности Томского округа и прилегающих районов. Матер. к иссл. естеств.-историч. р-нов Сибири. Томск, 1927.
16. А. В. Куминова, Растительность Кемеровской области. Тр. Зап.-Сиб. фил. АН СССР. Новосибирск, 1950.
17. Н. К. Тихомиров, Очерк растительности о-ва. Ольхон на Байкале. Изд. АН СССР, Л., 1927.
18. В. Н. Сукачев, Нерчинские степи. Предв. отчет по иссл. почв. Аз. России. СПб., 1912.
19. Г. И. Поплавская, Материалы по изучению растительности северо-восточной части Забайкальской области (фитосоциол. очерк). Тр. Амурской экспед., т. II, вып. 16, СПб., 1912.
20. Г. И. Поплавская, Бассейн р. Верхней Ангары, Южные открытые склоны. Предв. отчет по иссл. почв. Аз. России в 1912 г., СПб., 1913.
21. Г. И. Поплавская, На северной окраине Селенгинской Даурии (ботанико-географический очерк). Тр. Бот. музея АН, вып. XVI. СПб., 1916.
22. М. Ф. Короткий, Баргузинские степи. Предв. отчет по иссл. почв. Аз. России в 1911 г. СПб., 1912.
23. М. Ф. Короткий, Еравнинские степи. Предв. отчет по иссл. почв. Аз. России в 1912 г. СПб., 1913.
24. В. И. Смирнов, Растительность Троицко-Савского и Селенгинского уездов. Предв. отчет о бот. иссл. в Сибири и Туркестане в 1912 г., Пгр. 1914.
25. В. И. Смирнов, Растительность Западной части Акиншинского уезда. Предв. отчет о бот. иссл. в Сибири и Туркестане в 1913 г., Пгр., 1914.
26. А. В. Куминова, Степи Забайкалья и их место в ботанико-географическом районировании Сибири. Тр. биол. ин-та Томск. гос. ун-та, т. V, 1938.
27. Л. П. Сергиевская, Степи Бурят-Монгольской АССР. Тр. Томск. гос. ун-та, т. 116, 1951.
28. А. В. Калинина, Некоторые ассоциации горных степей Южного Прибайкалья. Бот. журн. СССР, № 2, 1951.
29. И. И. Галактионов, Степень изученности и характер растительного покрова БМ АССР. Матер. по изуч. произв. сил БМ АССР, т. I, М., 1954.
30. А. А. Горшкова, Растительность необлесенной части Еравнинского аймака БМ АССР. Матер. по изуч. произв. сил БМ АССР, т. I, М., 1954.
31. А. А. Горшкова, Растительность необлесенной части Кударинского аймака и долины р. Джиды в пределах Торейского и Закаменского аймаков. Матер. по изуч. произв. сил БМ АССР, т. II, М., 1955.
32. М. А. Решиков, Степи и луга южных аймаков БМ АССР. Матер. по изуч. произв. сил БМ АССР, т. I, М., 1954.
32. М. А. Решиков, Степи юго-восточного Забайкалья. Автореф. дисс. Л., 1954.
34. М. А. Решиков, Очерк растительности Кижингинского аймака БМ АССР. Матер. по изуч. произв. сил БМ АССР, т. III, М., 1957.
35. В. В. Ревердатто, Некоторые замечания об «островных степях» Сибири. Сов. ботаника, т. XX, № 6, 1947.

Н. Н. НАПЛЕКОВА

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАЗВИТИЕ АЗОТОБАКТЕРА

Температура является одним из факторов, влияющих на рост и азотфиксацию азотобактера. Нас интересовал вопрос, при каких температурах (минимальной, оптимальной и максимальной) азотобактер может развиваться и фиксировать атмосферный азот.

Изучая литературу по этому вопросу, мы обратили внимание на разнообразие результатов исследований, полученных в разных географических районах мира.

Отношение азотобактера к низким температурам до сих пор детально не изучено. А между тем знание выживаемости азотобактера после суровой сибирской зимы и развития его в весеннее время (зимой почва промерзает до 1,5 м и более и при ее оттаивании создается различный температурный режим по слоям почвы) имеет большое значение.

В связи с этим особое внимание уделялось нами выяснению влияния низких температур на развитие азотобактера. Азотобактер был выделен из выщелоченного среднемоющего чернозема Тогучинского района Новосибирской области в 1956 г. Культивирование проводилось на питательной среде и в указанной почве. Выращивание велось при температурах $-2, 6, 10, 28, 37$ и 50° .

Наблюдения за ростом азотобактера на питательной среде показали, что при температуре -2° он не растет. Несколько чашек после трехдневного выдерживания при температуре -2° были перенесены в термостат с температурой 28° . Через 8 дней наблюдался рост лишь единичных колоний азотобактера, но он был очень интенсивным.

К подобным же выводам приходят Ф. М. Чистяков [1] и другие исследователи, которые также считают, что замораживание среды вызывает гибель 90—99% содержащихся в ней бактерий. Но некоторые авторы полагают, что микроорганизмы при низких температурах вообще не погибают.

Джонс [2] считает, что нижний предел температуры для азотобактера лежит около 0° .

По нашим данным, при 6° еле заметный рост азотобактера наблюдается на 16-й день. К аналогичным результатам пришел Вармбольд [3], наблюдая развитие азотобактера при температуре 5° .

И. А. Мазилкин [4], изучая микробиологическую деятельность почв Олекминского района Якутской ССР, отметил начало развития азотобактера в почве при 5° .

Л. И. Гардер [5] обращает внимание на скорость роста азотобактера при разной температуре. По его наблюдениям, при 10° рост азотобактера начинался на 12-й день, при 17° — на 5-й день, а при 25° — на 3-й день.

В наших опытах при 10° видимый рост азотобактера наблюдался на 10-й день, а при $14-16^{\circ}$ хороший рост был отмечен на 5-й день. Опти-

мальный рост азотобактера наблюдался при температуре 28°, на что указывалось ранее многими авторами [6—8].

Кауфман и Тауссент [9] температуру 20—30° считают пределом роста азотобактера.

По наблюдениям Пашак и Шрикханде [10], Станьковой-Опоченской [11], температурные границы жизнедеятельности азотобактера более широкие — 7—35°.

По мнению Кржеминевского [12], температура 33—37° уже явно неблагоприятна для развития азотобактера. Опыты В. Л. Омелянского [13] показывают, что азотобактер погибает, если его продержать 15 мин. при температуре 60°, 30 мин. — при 50° и 1 час — при 40°, т. е. верхний предел температуры для азотобактера 40—50°.

В наших опытах при 37° азотобактер рос с образованием инволюционных форм, а при 50° совсем не развивался.

Интересно было проследить влияние температуры на сохранение и развитие азотобактера в почве при его дополнительном внесении. С этой целью в выщелоченный среднесплошный чернозем Новосибирской области вносили азотобактер (из расчета 100 000 клеток на 1 г почвы). Почвенный образец брали в слое почвы 0—20 см. Опыт ставили в чашках Петри. Навеска почвы составляла 50 г. В качестве источника питания применялись манныт (500 мг на чашку), фосфор (10 мг K_2HPO_4), кальций (200 мг). Почва увлажнялась до 60% от полной влагоемкости. Наблюдения продолжались 70 дней. Исходное число клеток азотобактера в 1 г почвы показано в табл. 1 (графа 1).

Таблица 1

Влияние температуры на развитие азотобактера в почве (1957 г.)

Температура °C	Численность азотобактера				
	15/IX	23/IX	2/X	25/X	25/XI
-2	120 000	2 480 000	36 000	20 000	20 000
6	116 000	126 000	132 000	140 000	160 000
10	110 000	160 000	280 000	760 000	630 000
28	109 000	2 480 000	960 000	52 000	20 000
37	117 000	160 000	1 200	76	4

Полученные результаты (табл. 1) показывают, что в почве отмирание клеток азотобактера при низких температурах идет медленнее, чем в питательной среде. Так, при -2° через 70 дней содержание азотобактера к концу опыта уменьшилось в 6 раз, причем отмирание в первые дни действия низких температур было более интенсивным.

При 6° через 70 дней содержание азотобактера увеличилось в 1,4 раза, что показывает крайне медленный рост его при этой температуре.

Абсолютный максимум клеток азотобактера отмечен через 8 дней при 28°, когда его численность возросла в 23 раза, другой максимум наблюдался при 10° через 40 дней, в последнем случае содержание азотобактера увеличилось в 7 раз по сравнению с исходным.

При 37° к концу опыта насчитывалось 4 клетки азотобактера на 1 г почвы, хотя в начале опыта отмечалось некоторое увеличение его численности.

Нами проверена также азотфиксирующая активность двух местных штаммов азотобактера, выращенных при разных температурах: 14—16, 20 и 28°. Культивирование проводилось 10 дней на кремнекислом геле.

Азот определялся микрометодом Кьельдаля, сахар — по Д. И. Лисицыну [14]. Установлено, что при пониженной температуре продуктивность азотфиксации остается довольно высокой. Если при 28° азотобактер из ризосферы лука фиксировал 7,1 мг азота на 1 г сахарозы, то при 14—16° — только 5,9 мг. Азотобактер из ризосферы кукурузы при 28° фиксировал 8,4 мг азота, а при 20° — 6 мг.

Нами был поставлен опыт с постепенным охлаждением почвы. Для этого в выщелоченный чернозем вносили азотобактер и питательные вещества (расчет приведен выше). После выдерживания чашек с почвой при температуре 28 и 10° было проведено повторное внесение манныта.

Чашки с почвой выдерживались 5 дней при 28°, затем 7 дней — при 10°, 15 дней — при 6°, 18 дней — при -2°, 10 дней — при -5°, 20 дней — при -10°, 5 дней — при -16°, 7 дней — при -20°.

Таблица 2

Содержание азотобактера при постепенном охлаждении почвы (1957 г.)

Температура, °C	Длительность опыта в днях	Дата анализа	Численность азотобактера
28	5	16/IX	2 300 000
10	7	23/IX	2 700 000
6	15	8/X	700 000
-2	18	26 X	270 000
-5	17	13/XI	220 000
-10	20	3/XII	200 000
-16	5	8/XII	180 000
-20	6	14/XII	160 000

Анализируя полученные данные (табл. 2), следует отметить, что после пятидневного выдерживания азотобактера при 28° численность его возросла в 23 раза. После дальнейшего культивирования при 10° содержание азотобактера увеличилось незначительно. Затем при понижении температуры от -2° до -20° число клеток азотобактера уменьшилось в 16 раз. В первые дни действия низких температур, при переходе к температуре -2°, содержание азотобактера сократилось в 10 раз. При последующем постепенном охлаждении почвы отмирание клеток азотобактера шло медленнее. Это позволяет сделать вывод, что в условиях Западной Сибири азотобактер сохраняется в почве в значительных количествах после низких зимних температур. В связи с этим в весеннее время при наступлении благоприятных условий наблюдается его интенсивное развитие.

Нами был поставлен опыт с замораживанием при -10° почвы, содержащей спонтанный азотобактер, при различной влажности.

Через 7 дней выдерживания при температуре -10° чашки с почвой помещались в термостат и выдерживались при 28°, после чего методом комочков делался посев для выявления азотобактера.

Результаты наблюдений (табл. 3) показали, что азотобактер сохраняется в различно увлажненной почве при отрицательных температурах. Развитие его при перенесении в условия оптимальной температуры идет по-разному в зависимости от влажности почвы. Особенно активно развивался азотобактер в почве при влажности 25—35%. Приведенные данные позволяют сделать вывод, что при наступлении благоприятных условий в весеннее время в почвах с высокой влажностью азотобактер будет интенсивно развиваться, в воздушно-сухой почве численность его останется незначительной.

Таблица 3

Влияние низких температур на содержание азотобактера в различно увлажненной почве

Температура, °С	Длительность опыта в днях	Число обросших комочков при влажности почвы, в %			
		воздушно-сухая почва	15	25	35
-10 28	7	10	9	10	5
	12	7	22	44	100

Выводы

1. Температура почвы оказывает большое влияние на содержание азотобактера в черноземах Новосибирской области.
2. Высокие температуры (37°) приводят к резкому снижению или к полной гибели азотобактера в почве.
3. В условиях Западной Сибири отмечена высокая устойчивость азотобактера к воздействию низких температур.
4. Численность азотобактера резко падает лишь в первые дни действия низких температур. При последующем охлаждении почвы содержание азотобактера снижается крайне медленно.
5. При температурах от 14 до 20° наблюдается значительная продуктивность азотфиксации, хотя оптимум ее находится при температуре 25—30°.

Биологический институт
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
13/IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. М. Чистяков, Влияние низких температур на микроорганизмы. Скорость отмирания микроорганизмов при низких температурах. Микробиология, т. 6, вып. 6, 1937.
2. D. H. Jones, A. morphological and cultural study of some azotobacter. Zbl. Bakt. Abt. 2, Bd. 38, 1913.
3. H. Warmbold, Untersuchungen über die Biologie stickstoffbindender Bakterien. Ein Beitrag zur Kenntnis der Veränderungen in Stickstoffgehalte des unbebauten Ackerbodens. Landw. Jahrb. Bd. 35, № 1, 1906.
4. И. А. Мазилкин, Микробиологическая характеристика почв Олекминского района. Тр. ЯФАН СССР, вып. 1, 1956.
5. Л. И. Гардер, О влиянии температуры на развитие азотобактера и усвоение им молекулярного азота. Тр. Отдела с.-х. микробиологии, т. 2, вып. 4, Л., 1927.
6. E. Freudenreich, Über stickstoffbindende Bakterien. Ctbl. f. Bakt., Abt. 2, Bd. 10, 1903.
7. J. G. Lipman, Further contributions to the physiologie and morphology of the azotobacter group. Annal. Rep. New Jersey. Agr. Exp. Stat., vol. 25, 1904.
8. А. Ф. Войткевич, Е. В. Рунов, О распространении азотобактера в почве. Вестник Бакт.-агрон. станции НКЗ, № 25, 1928.
9. Kaufman, P. Taussaint, Un nouveau germe fixateur de l'azote atmospherique: «Azotobacter lactigenes». C. R. acad. sc., t. 233, 1951.
10. A. N. Pathak, I. G. Shrikhande, Optimum temperature for nitrification and nitrogenfixation. J. Indian Soc. soil sci. № 1, 1953.
11. E. Stankova-Orocenska, Prispěvek ke studii podmínek pro rozvoj azotobacteria v půdě. Sborník Českosl. akad. zeměd. věd. Rostl. výroba, Roc. 28, № 11—12, 1955.
12. S. Krzeminski, Physiologische Untersuchungen über Azotobacter chroococcum. Bull. etc. 1907, S. 746.
13. В. Л. Омелянский, К физиологии и биологии азотфиксирующих бактерий. Архив биол. наук, № 19, 1915.
14. Д. И. Лисицын, Полумикрометод для определения сахаров в растениях. Биохимия, т. 15, вып. 2, 1950.

Е. С. ПОДГАЙНАЯ, Ф. Т. СУХЕНКО

АРГИНАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ПУШИСТОГО И РЖАВОГО МИКРОСПОРИУМОВ, ЭПИДЕРМОФИТОНА И ФУЗАРИЕВ

А. Р. Кизель [1] нашел, что аргиназа имеется как в высших растениях (лупин, пшеница, клевер), так и в грибах (трюфели, шампиньоны, спорынья). На основании своих довольно широких исследований и литературных данных он пришел к заключению, что едва ли можно сомневаться «в общем распространении аргиназы в растительных объектах». Несмотря на то, что ферментативный распад аргинина под влиянием вытяжек из мицелия *Aspergillus niger* Жалоустр наблюдал еще в 1908 г., А. Р. Кизель впервые со всей убедительностью показал, что под действием аргиназы растений аргинин расщепляется на орнитин и мочевину.

Изучая уреазную и мочевинообразующую способность различных грибов, Н. Н. Иванов [2] тоже пришел к убеждению, что в плесневых грибах имеется аргиназа. По его данным, культивируемый на средах с белками или аминокислотами *Aspergillus niger* содержал довольно активную аргиназу, но был лишен уреазы.

Арчибальд и Рейсс [3], Джонсон и Гримм [4] и Берестон [5] нашли, что микроспорумы (*Microsporum audouinii*, *Microsporum canis*, *Microsporum gypseum*, *Microsporum fulvum*) и некоторые другие патогенные для человека и животных грибы хорошо растут на среде с аргинином. Из данных этих авторов вытекает, что взятые ими грибы содержат аргиназу. Однако указанные авторы аргиназу у грибов не определяли и в своих работах не касаются этого фермента. Так как среди продуктов расщепления аргинина Найт [6] обнаружил цитруллин, то можно поэтому предполагать, что расщепление аргинина грибами происходит при участии не аргиназы, а какого-то другого фермента.

Нами [7] установлено, что убыль аргинина в жидкостях культур микроспорумов и других грибов сопровождается появлением в них орнитина и мочевины. Так как цитруллин при этом не был обнаружен, то это говорило о том, что во взятых нами грибах — дерматофитах и недерматофитах — содержится аргиназа. Наши опыты наводили также на мысль, что аргиназная активность отдельных видов грибов различна. В условиях культур скорость расщепления аргинина могла обуславливаться не только ферментативной активностью грибов, но и другими факторами, например, количеством образованной вегетативной массы. Следовательно, если судить только по количеству расщепленного во время роста грибов аргинина, то можно составить ошибочное представление об аргиназной их активности. Исходя из этого и желая убедиться в том, что ферментативная активность взятых нами грибов действительно разная, мы считали нужным поставить опыты по определению в них аргиназы.

Объектами исследования служили три штамма пушистого микро-

спорума (*Microsporium lanosum*), два штамма ржавого микроспорума (*Microsporium ferrugineum*), эпидермофитон (*Epidermophyton Kaufm. — Wolf.*), два штамма фузариев (*Fusarium* из секции *Sporotrichiella* штамм 1045 и *Fusarium* sp.).

Методика

Стандартной питательной средой для поддержания культур грибов в нашей лаборатории принята жидкая глюкозо-пептонная среда (глюкозы 3%, пептона 1%, водопроводная вода). Такого же состава питательная среда применялась нами и для выращивания грибов с целью определения аргиназной их активности. Для выяснения влияния состава питательной среды на ферментативную активность взятых нами для исследования грибов использована еще глюкозо-казеиновая среда, отличающаяся от первой только тем, что вместо пептона в ней содержится в таком же количестве казеин. Посев грибов на обе указанные среды производился одновременно. Грибы выращивались в условиях лаборатории. Через определенное время после посева мицелий отделяли от среды, промывали три раза водой, высушивали на воздухе и затем в вакууме и в таком виде использовали для опытов.

Ткани животных не содержат заметного количества уреазы. Поэтому аргиназная их активность обычно определяется по количеству мочевины, образованной из аргинина, прибавленного к реакционной смеси. Так как в растениях, как нашел еще А. Р. Кизель [1], уреазы обычно содержится, то такой метод для определения аргиназы в растительных тканях не применим. Но если уреазная активность исследуемого растения низка, то этим методом можно с успехом пользоваться, что и делали Вайдианатан и Гири [8] при определении ферментативной активности семян *Dolichos lablab*.

Ранее нами [9] установлено, что у микроспорумов, выращенных на глюкозо-пептонной среде, уреазы имеется, хотя уреазная активность их при этом низкая (иногда даже падает до нуля) и у отдельных представителей разная. Так как нельзя быть уверенным в том, что в грибах, выращенных на указанной среде, нет уреазы, мы считали целесообразным об аргиназной активности их судить не по количеству образованной мочевины, а по убыли в реакционных смесях аргинина. Аргинин в них определяли так же, как и в питательных средах [7].

Вайдианатан и Гири [8] нашли, что при действии на аргинин экстрактов из семян *Dolichos lablab* количество мочевины в реакционной смеси с течением времени увеличивается, но скорость ее образования пропорциональна времени только до истечения 30 минут, а затем она уменьшается, так как фермент, содержащийся в экстрактах, с течением времени до некоторой степени инактивируется. Долфин и Фриден [10] об аргиназной активности печени амфибии (*Bufo terrestris*) также судили по количеству мочевины, образуемой только в течение первых 30 мин. инкубации проб. При определении активности препаратов аргиназы Гринберг [11] рекомендует проводить инкубацию проб в течение всего лишь 10 мин. Наши предварительные опыты показали, что аргиназная активность некоторых из взятых нами грибов не очень высокая, в течение 10—30 мин. расщеплялось малое количество аргинина. Поэтому, несмотря на возможную инактивацию аргиназы при продолжительном выдерживании проб в термостате, мы все же нашли нужным инкубирование их проводить в течение 48 часов, а аргинин определять в начале опыта, через 24 часа и через 48 часов.

Для того чтобы аргиназа проявила свое действие, необходимы

активаторы. По вопросу активирования аргиназы ионами металлов в литературе имеется много данных и, как справедливо указывают Вайдианатан и Гири [8], часто противоречивых. Приведем лишь некоторые из них. Так, Утзино и Томота [12] нашли, что аргиназа печени и почек морского кита активируется серноокислым марганцем (0,0025 M), Долфин и Фриден [10] при определении аргиназы печени в качестве активатора пользовались ионами кобальта. По данным Вайдианатана и Гири [8], аргиназа семян *Dolichos lablab* активируется ионами Mn^{++} , Co^{++} , Fe^{++} . Эти авторы нашли, что при активировании марганцем, взятым в количестве 36,4 μM на 1 мл ферментного раствора, оптимальный pH для аргиназы находится около 9,0. При активировании же кобальтом оптимальный pH изменяется с изменением содержания металла: при концентрации кобальта 34,0 μM на 1 мл ферментного раствора оптимальный pH лежит около 9,4, а при концентрации 8,5 μM — около 8,5. На хорошо очищенные препараты аргиназы, полученные из печени вола, по данным Баха и Вайтенхауза [13], сильное активирующее действие оказывают только ионы Mn^{++} ($4 \cdot 10^{-3} \mu M$); ионы Co^{++} не оказывают активирующего действия на эти препараты аргиназы, но если препарат плохо очищен, то кобальт значительно увеличивает его аргиназную активность. Малениновая кислота удерживает высокую концентрацию марганца в растворе и предотвращает выпадение в осадок MnO_2 . Вследствие этого Гринберг [11] рекомендует активировать аргиназу раствором, состоящим из смеси равных объемов (0,05 μM) серноокислого марганца и малениновой кислоты при pH 7,0. Учитывая приведенные литературные данные, мы в своих опытах для активирования аргиназы грибов пользовались серноокислым марганцем.

Определение аргиназной активности производили следующим образом. Высушенный, как указано выше, мицелий грибов тщательно растирали в фарфоровой ступке с дважды дистиллированной водой в соотношении 1 : 25 (вес/объем) и небольшим количеством кварцевого песка. На 1 мл приготовленной суспензии добавляли 0,06 мл 4,0% раствора $MnSO_4 \cdot 7H_2O$ (что соответствует примерно 0,5 мг Mn^{++}). Затем суспензии выдерживали в термостате при 37° в течение 30 мин.

Опытные пробы состояли из 10 мл 2,0% раствора аргининхлорида, приготовленного на глициновом буфере с pH 9,0, 10 мл активированной суспензии мицелия и 6,5 мл глицинового буфера с pH 9,0. Параллельно с каждой опытной пробой ставились две контрольные, отличавшиеся от опытной тем, что в одной из них вместо раствора аргинина был взят в таком же количестве глициновый буфер, а в другой вместо суспензии брали соответственное количество воды.

Пробы инкубировали в термостате при 37° и из них через 24 и 48 часов отбирали пробы для анализа. Для осаждения белков и прекращения действия фермента к 5 мл отобранной реакционной смеси добавляли 1,4 мл 30,0% раствора метафосфорной кислоты. Затем пробы фильтровали через плотный бумажный фильтр. 3 мл фильтрата разбавляли водой до 50 мл и в этом растворе определяли аргинин указанным выше методом. Остаток фильтрата использовали для качественного хроматографического определения мочевины, орнитина и аргинина. Методика определения их была такой же, как и в предыдущей работе [7].

Результаты

Результаты определения аргиназной активности грибов представлены в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что количество аргинина в опытных реак-

Таблица 1

Аргиназная активность мицелия грибов, выращенных на глюкозо-пептонной и глюкозо-казеиновой средах

Название грибов	Дата посева (1957 г.)	Возраст грибов, дней	Содержание аргинина в реакционной смеси				
			0 часов		24 часа		48 часов
			мг. %	мг. %	% от иск.	мг. %	% от иск.
Глюкозо-пептонная среда							
Пушистый микроспорум 1.	30/XII	49	197	67	34,0	58	29,4
		67	229	110	48,0	73	31,8
Пушистый микроспорум 2.	28/XII	51	204	28	13,6	17	8,3
		69	229	85	37,1	65	28,4
Пушистый микроспорум 282	24/XII	41	232	153	65,9	110	47,4
		54	262	136	52,3	105	40,1
		72	228	151	66,2	122	53,0
Ржавый микроспорум К.	24/XII	54	196	63	32,1	42	21,4
		73	223	82	36,8	74	33,1
Ржавый микроспорум КК	24/XII	41	225	167	74,2	129	57,3
		54	268	186	69,4	159	59,0
		72	234	183	78,1	162	69,2
Эпидермофитон Кауфмана — Вольфа	28/XII	38	221	10	4,5	6	2,7
		51	262	26	9,9	7	2,6
		65	234	14	6,0	8	3,4
Фузариум 1045	28/XII	51	263	10	3,8	нет	—
		65	237	9	3,8	6	2,5
Фузариум sp.	30/XII	63	234	16	6,8	6	2,5
Глюкозо-казеиновая среда							
Пушистый микроспорум 1.	30 XII	49	206	136	66,0	121	58,7
Пушистый микроспорум 2.	28 XII	51	215	181	84,2	147	68,4
		69	232	192	82,7	185	79,6
Пушистый микроспорум 282	24/XII	54	213	169	79,3	152	71,3
		72	237	195	82,2	175	73,8
Ржавый микроспорум КК	24/XII	54	237	206	87,0	197	83,1
		73	177	128	72,3	89	50,3
Эпидермофитон Кауфмана — Вольфа	28/XII	51	217	134	61,7	123	56,6
		65	226	128	56,6	122	54,0
Фузариум 1045	28/XII	54	217	20	9,2	нет	—
		65	220	47	21,3	34	15,4

ционных смесях с течением времени уменьшается. Так как в контрольных пробах (без суспензий) содержание его оставалось постоянным, то, следовательно, можно считать, что уменьшение концентрации аргинина в опытных пробах связано с расщеплением его ферментами, содержащимися в мицелии грибов. Пользуясь методом бумажной хроматографии, в фильтрах реакционных смесей нами обнаружены аргинин, орнитин и мочевина. Других веществ, кроме аргинина, имеющих гуанидиновую группировку атомов, обнаружить на хроматограммах не удалось ни феррицианиднитропруссидным реактивом, ни адаптированным нами ранее [14] для этой цели методом Сакагучи-Вебера. Из этого следует, что во взятых нами грибах содержится фермент аргиназы и что, следовательно, расщепление аргинина в реакционных смесях происходило при участии именно этого, а не какого-либо другого фермента.

Данные табл. 1 показывают также, что в пробах с суспензиями мицелия отдельных грибов, выращенных на глюкозо-пептонной среде, расщепление аргинина происходило с различной скоростью. Так, в течение

24 часов в пробах с суспензиями мицелия фузариев расщеплено около 93—96% взятого количества этой аминокислоты, в пробах с суспензией мицелия эпидермофитона — почти столько же. Но в пробах с суспензиями микроспорумов аргинина гидролизовалось в течение того же промежутка времени значительно меньше. Так, в пробах, где применялся мицелий ржавого микроспорума КК, расщеплялось аргинина всего от 22 до 34%, пушистого микроспорума 282 — от 66 до 87% и ржавого микроспорума К — от 64 до 68%. В течение последующих 24 часов опыта расщепление аргинина продолжалось во всех пробах с суспензиями микроспорумов, но значительно медленнее, чем в первые сутки. Это показывает, что при инкубации проб аргиназы постепенно инактивируется.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что аргиназная активность у отдельных видов и даже штаммов изучаемых грибов разная. Наиболее высокая она у фузариев. У эпидермофитона, как оказалось, она также довольно высокая. В этом отношении эпидермофитон приближается к фузариам и резко отличается от микроспорумов. Ферментативная активность последних по отношению к аргинину сравнительно низкая. Среди микроспорумов наиболее низкой аргиназной активностью обладает ржавый микроспорум КК и затем пушистый микроспорум 282. Судя по количеству расщепленного в течение 24 часов аргинина, взятые нами грибы, выращенные на глюкозо-пептонной среде, по аргиназной их активности могут быть расположены в следующий ряд: фузариум > эпидермофитон > пушистый микроспорум 2 > ржавый микроспорум К > пушистый микроспорум 282 > ржавый микроспорум КК.

В предыдущей работе [7] нами было показано, что на единицу веса (1 мг) полученного мицелия грибы в культуре расщепляют разное количество аргинина. Если расположить грибы в ряд по убывающему количеству расщепленного на единицу веса мицелия аргинина и сравнить этот ряд с вышеприведенным, в котором они располагаются по аргиназной активности, то эти ряды не совпадут. Следовательно, нет полного совпадения между ферментативной активностью грибов и скоростью расщепления ими в процессе роста аргинина. Из этого следует, что по скорости расщепления данного вещества в культурах грибов нельзя составить точного представления о ферментативной их активности по отношению к этому соединению, в нашем случае — к аргинину; для правильного суждения об этой активности необходимо определение ее в отдельных опытах.

Аргиназная активность грибов, выращенных на глюкозо-казеиновой среде, несколько ниже, чем грибов, выращенных на глюкозо-пептонной среде. Так как в обоих случаях для опытов использовался мицелий грибов одинакового возраста и условия выращивания их были одинаковыми, за исключением источника азотного питания, то можно считать, что состав питательной среды в какой-то степени влияет на образование аргиназы у грибов. Это влияние в наибольшей степени сказалось на ферментативной активности эпидермофитона. Так, в пробах с суспензиями этого гриба, выращенного на глюкозо-пептонной среде, в течение 24 часов было расщеплено от 90 до 95% прибавленного аргинина, а в пробах с суспензиями мицелия, снятого с глюкозо-казеиновой среды, гидролизовалось его всего лишь от 39 до 43%.

Полученные нами данные, как видно из табл. 1, говорят о том, что аргиназная активность отдельных видов грибов, выращенных на глюкозо-казеиновой среде, также разная, как и при выращивании их на глюкозо-пептонной среде. При этом ферментативная активность фузариев тоже выше, чем микроспорумов. Аргиназная активность эпидермофитона, выращенного на глюкозо-казеиновой среде, оказалась сравни-

тельно низкой, и в этом случае он был ближе к микроспорумам, чем к фузариям, тогда как при выращивании на глюкозо-пептонной среде, наоборот, он был ближе к фузариям, чем к микроспорумам.

Вайдианатан и Гири [8] нашли, что в семенах *Dolichos lablab* аргиназа находится в двух формах — «связанной» и «свободной». Под «свободной аргиназой» эти авторы понимали ту часть аргиназы, которая извлекается из муки указанных семян при обработке ее в течение 10 мин. десятикратным количеством воды. По их данным «свободная аргиназа» составляла всего лишь 30% от общей аргиназы, содержащейся в покоящихся семенах; остальная часть ее находится в «связанном» виде.

Ткань семян *Dolichos lablab*, как и других растений, отличается от мицелия грибов по химическому составу и по физиологической ее роли. Представляло интерес выяснить, в каком состоянии — «свободном» или «связанном» — находится аргиназа в высушенном мицелии грибов. Выяснение этого вопроса имело не только теоретический (сравнительно-биологический), но и некоторый практический интерес. Так, если бы оказалось, что аргиназа в мицелии находится в свободном виде и может быть полностью или почти полностью извлечена из него водой, то тогда можно было бы для опытов пользоваться не суспензиями, а экстрактами из мицелия и благодаря этому получать более точные результаты исследований. Кроме того, это дало бы возможность готовить более или менее очищенные препараты аргиназы.

Для решения этого вопроса мы пользовались 49-дневным мицелием пушистого микроспорума 1 и 54-дневным мицелием ржавого микроспорума КК, выращенных на глюкозо-пептонной среде. Методика постановки опытов была следующая. Суспензии высушенного на воздухе мицелия готовили указанным выше способом. Через час после прибавления активатора каждую из них делили на две части. Одну часть сразу же использовали для опыта, а другую заливали толуолом и помещали в холодильник на 20 часов. Вынутые из холодильника суспензии центрифугировали в течение 30 мин. при 3000 оборотов в минуту. Полученную надосадочную жидкость использовали для опытов. В остальном постановка опытов с экстрактами была такой же, как и с суспензиями. О количестве извлеченной из мицелия аргиназы судили по количеству расщепленного аргинина. Результаты опытов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Аргиназная активность экстрактов из мицелия грибов

Название грибов		Разложение аргинина (в %) в течение	
		24 часов	48 часов
Пушистый микроспорум 1	суспензия	66	70
	экстракт	61	67
Ржавый микроспорум КК	суспензия	34	51
	экстракт	28	50

Сравнивая данные, приведенные в табл. 2, видим, что в пробах с экстрактами из мицелия грибов расщеплено примерно такое же количество аргинина (в %), как и в пробах с суспензиями. Поэтому можно считать, что высушенный мицелий грибов в отличие от высушенной ткани семян *Dolichos lablab* содержит аргиназу в свободном или же в слабо связанном состоянии и потому она почти полностью извлекается из него 25-кратным количеством воды.

То, что в мицелии грибов аргиназа находится в свободном виде, а

в семенах *Dolichos lablab* большей частью в связанной форме, имеет биологическое значение, заключающееся, как нам представляется, в следующем. Семена в период покоя и во время прорастания питаются почти полностью за счет находящихся в них же самих питательных веществ, в том числе и аргинина. Аргиназа семян действует на субстрат главным образом на месте его нахождения или образования, т. е. в самих же семенах, и только частично передвигается в молодые ростки, куда аргинин поступает из семян же. Таким образом, аргиназа семян действует практически в «замкнутой системе» и семени нет необходимости выбрасывать ее в окружающую среду, а наоборот, необходимо сохранить этот фермент. Последнее легко достигается при условии, что аргиназа находится в малоподвижном, «связанном» состоянии.

Иначе обстоит дело с питанием грибов, будь то паразиты или сапрофиты. Они питаются за счет веществ окружающей среды, одним из которых является и аргинин. Последний сам по себе необходим грибам в небольшом количестве, но в его молекуле заключено сравнительно много азота, так необходимого грибам. Чтобы грибы могли усвоить азот аргинина, нужно перевести его в «универсальную» для усвоения форму — в аммиак. Это может быть достигнуто при помощи системы ферментов, первое место в которой занимает аргиназа. Следовательно, аргиназа у грибов предназначена для действия на субстрат главным образом вне мицелия, а для этого она должна легко выходить из него в окружающую среду. Последнее возможно только тогда, когда аргиназа в мицелии будет находиться в «свободном», легкоподвижном состоянии, что, по-видимому, и имеет место, по крайней мере, у взятых нами для исследования грибов. Таким образом, аргиназа и у грибов и у семян выполняет одинаковую «работу», но в различных условиях, и последним, возможно, объясняется то, что у грибов она находится в «свободном» состоянии, а в семенах *Dolichos lablab* большей частью в «связанной» форме.

Выводы

Изучалась аргиназная активность пушистого микроспорума (штаммов 1, 2 и 282), ржавого микроспорума (штаммов К и КК), эпидермофитона Кауфманна—Вольфа, фузариума из секции *Sporotrichiella* (штамма 1045) и фузариума sp., выращенных на глюкозо-пептонной и глюкозо-казеиновой средах.

Найдено, что все взятые для исследования грибы содержат фермент аргиназу. Аргиназная активность отдельных видов и даже штаммов грибов разная и изменяется в зависимости от состава питательной среды. У грибов, выращенных на глюкозо-пептонной среде, она выше, чем у тех же грибов, выращенных на глюкозо-казеиновой среде. Влияние состава питательной среды наиболее резко сказалось на ферментативной активности эпидермофитона.

Фузарии обладают значительно более высокой аргиназной активностью, чем микроспорумы; эпидермофитон, выращенный на глюкозо-пептонной среде, по аргиназной активности резко отличается от микроспорумов и в этом отношении стоит ближе к фузариям; при выращивании же на глюкозо-казеиновой среде он приближается к микроспорумам и значительно отличается от фузариев.

Аргиназа почти полностью извлекается водой из высушенного мицелия грибов, и, следовательно, в отличие от аргиназы *Dolichos lablab*, находится в «свободном», легкоподвижном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Р. Кизель, Аргинин и его превращение в растениях. Уч. зап. Моск. ун-та, отд. естеств.-историч., вып. 41, 1916.
2. Н. Н. Иванов, Образование и превращение мочевины в грибах. Матер. по микологии и фитопатологии, вып. 1, 1928.
3. R. M. Archibald, F. Reiss, Some biochemical implications from a study of growth of pathogenic fungi on media containing single amino acids. Annals New York Acad. Sc., vol. 50, p. 1388, 1950.
4. S. Johnson, N. Grimm, The amino acid requirements of *Microsporium fulvum*. J. invest. Dermat., vol. 17, p. 305, 1951.
5. E. S. Bereston, The vitamin, amino acid and growth requirements of the genus *Microsporium*. J. invest. Dermat., vol. 20, № 6, p. 461, 1953.
6. V. A. Knivete, Citrullin as an intermediate in breakdown of arginin by *Streptococcus faecalis*. Bioch. J., vol. 50, № 5, p. XXX, 1952.
7. Ф. Т. Сухенко, Е. С. Подгайная, Об использовании аргинина некоторыми грибами. Изв. СОАН СССР, № 8, 1959.
8. C. S. Vaidyanathan, K. V. Giri, Studies on plant arginase, Part I—Arginase from field beans (*Dolichos lablab*). General properties and the effect of metallic ions. Enzymol. acta biocatal., vol. 16, № 3, p. 167, 1953.
9. Ф. Т. Сухенко, Уреазная активность и мочевинообразующая способность микроспорумов и фузариума. Итоговая за 1955 г. науч. конф., посвящ. XX-летию Новосибирского мед. ин-та. Тезисы докладов. Новосибирск, 1956.
10. J. L. Dolphin, E. Frieden, Biochemistry of *Amphibian metamorphosis*, II—Arginase activity. J. Biol. Chem., vol. 217, № 2, p. 735, 1955.
11. D. M. Greenberg, Arginase. Methods in Enzymol., vol. 2, p. 368, 1955.
12. S. Utzino, S. Tomota, Enzyme der *Cetacea*, II—Über die Wal-Arginase. Enzymol. acta biocatal., vol. 9, № 4—5, p. 278, 1941.
13. S. J. Bach, D. B. Whitehouse, Purification and properties of arginase. Biochem., vol. 57, № 4, p. XXXI, 1954.
14. Ф. Т. Сухенко, Об использовании гиппуровой кислоты некоторыми грибами. Биохимия, т. 23, вып. 4, 1953.

Д. В. ТЕРНОВСКИЙ, Ю. Г. ТЕРНОВСКАЯ

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ ОБЫКНОВЕННОЙ СПЛЮШКИ
В ПЕРИОД ВЫКАРМЛИВАНИЯ ПТЕНЦОВ

Выкармливание птенцов родителями — один из наиболее ответственных периодов в жизни птиц. До сих пор для большинства видов сведения о процессе выкармливания исключительно бедны. Сказанное относится и к обыкновенной сплюшке — мелкой сове, которая была объектом нашего изучения.

Биологические особенности сплюшки, описанные в настоящей статье, либо совсем не освещены в литературе (поведение птенцов, количество потребляемого ими корма и проч.), либо освещены лишь фрагментарно. Так, о питании сплюшки (в основном, ее европейской формы) конкретные фактические данные приводят В. И. Осмоловская и А. Н. Формозов [1], С. В. Кириков [2], В. И. Таращук [3], А. К. Рустамов и А. Н. Сухинин [4], С. Г. Приклонский [5]. Некоторые особенности поведения взрослых сплюшек, преимущественно по наблюдениям в неволе, описывают А. Брэм [6] и В. Н. Шнитников [7]. Особенно следует отметить исследования М. Д. Зверева и И. Д. Шнаревич [8], которые с помощью специального счетчика выяснили количество прилетов сплюшек с кормом к гнезду.

Мы проводили наблюдения над сибирской формой сплюшки (*Otus scops pulchellus* Pallas) 5—25 июля 1958 г. Сплюшка — перелетная птица. Подробное описание этой совы приводят Н. Холодковский и А. Силантьев [9], Г. П. Дементьев и др. [10].

У сплюшек, над которыми проводились наши наблюдения, самец отличался от самки более интенсивным рыжим цветом. Вес самца составлял 69,5 г, самка — 88,7 г. Размеры самца: общая длина — 192 мм, крыло — 151 мм, размах крыльев — 502 мм, хвост — 73 мм, цевка — 25,5 мм, клюв — 17 мм. Размеры самки: общая длина — 202 мм, крыло — 158 мм, размах крыльев — 532 мм, хвост — 73 мм, цевка — 25 мм, клюв — 11 мм.

Семья сплюшек была обнаружена нами в северо-восточной части Новосибирской области, в Болотнинском районе, близ р. Икса (правый приток Оби). Птицы обитали в средневозрастном смешанном лесу из сосны, березы и осины с густым подлеском из осиновых порослей. Среди леса встречались небольшие поляны, заросшие густой травянистой растительностью, среди которой доминировал папоротник-орляк (*Pteridium aquilinum* Kuhn).

В районе расположения гнезда сплюшек были зарегистрированы следующие представители орнитофауны: сибирская горлица (*Streptopelia orientalis* Lath.), мохноногий сыч (*Aegolius funereus* L.), кукушка (*Cuculus canorus* L.), козодой (*Caprimulgus europaeus* L.), черный стриженец (*Apus apus* L.), дятлы — большой пестрый (*Dryobates major* L.), малый пестрый (*Dryobates minor* L.), и трехпалый (*Picoides tridactylus* L.), иволга (*Oriolus oriolus* L.), чечевичка (*Erythrura erythrura* Pallas),

зяблик (*Fringilla coelebs* L.), юрок (*Fringilla montifringilla* L.), лесной конек (*Anthus trivialis* L.), пищуха (*Certhia familiaris* L.), поползень (*Sitta europaea* L.), большая синица (*Parus major* L.), московка (*Parus ater* L.), северная гайчка (*Parus atricapillus* L.), жулан (*Lanius cristatus* L.), мухоловка-пеструшка (*Muscicapa hypoleuca* Pallas), пеночка-кузнечик (*Phylloscopus hypoleuca* Pallas), таежный сверчок (*Locustella fasciolata* Gray.), садовая камышовка (*Acrocephalus dumetorum* Blyth.), рябинник (*Turdus pilaris* L.).

Гнездо сплюшек располагалось в дупле гнилой березы, которую мы свалили для изучения. Вход в дупло находился на высоте 2 м 12 см от земли. Размер летка 5,5 × 6 см. Глубина дупла 14 см, ширина летка 12 см. Внутри дупла имелся небольшой выступ-площадка, расположенный в 8 см от нижнего края летка. Подросшие птенцы запрыгивали на эту площадку и, вытянувшись во весь рост, выглядывали из дупла. Здесь совыта обычно поджидали прилета родителей с кормом.

5 июля в гнезде находилось 4 совенка, покрытых мягким серовато-белым пухом. Возраст птенцов ориентировочно определен в 5 дней. Один соенок был вдвое меньше остальных. Впоследствии маленький птенец исчез; возможно, он погиб, и родители унесли его из гнезда. Оставшиеся три совенка были самки. На дне дупла под сухими гнилушками лежало яйцо-болтун белого цвета (длина 31,3 мм, ширина 26,8 мм, вес 10,2 г) и половинки скорлупок от яиц, из которых вывелись птенцы. В дупле поваленной березы вместе с птенцами находилась взрослая сплюшка. Птица вела себя спокойно: когда ее взяли в руки, она не вырывалась и неподвижно лежала на ладони, пока ее не положили обратно.

Сваленное дерево установили в 10 м от прежнего места, прислонив к ближайшей толстой березе. Во время переноса дерева взрослая сплюшка оставалась в дупле вместе с птенцами. Ночью порывом сильного ветра дерево с совытами повалило на землю. Родители не покинули птенцов и продолжали их кормить. Известно, что аналогично ведут себя и некоторые другие виды птиц: они продолжают выкармливать потомство даже при активном вмешательстве со стороны человека, например, при искусственном перемещении гнезд, при переносе птенцов вместе с родителями в условия неволи и т. п. [11—15].

Наблюдения за сплюшками проводились на близком расстоянии. Береза с гнездом была укорочена и вкопана в землю, теперь вход в дупло находился на высоте 80 см от поверхности земли. В трех метрах от гнезда был установлен синий марлевый полог прямоугольной формы, размером 2 × 1,5 × 1 м. Полог надежно защищал нас от множества комаров и мошек. В стенке его, обращенной к дуплу, была вставлена рамка с оконным стеклом. Постепенно полог приблизили к гнезду: через 5 ночей на расстояние 1 м, а затем вплотную. В дождливую погоду над ним натягивали плащ-палатку. Птицы, несмотря на близость человека, продолжали выкармливать птенцов.

Основное внимание было обращено нами на выяснение интенсивности кормления птенцов и состава приносимой им пищи. Изучением этих вопросов мы занимались в продолжение 12 ночей (13—25 июля). В этот период преобладали ясные теплые ночи, со слабым ветром, за исключением одной дождливой ночи. Систематические наблюдения начались, когда возраст птенцов достиг 13 дней. Интенсивность кормления птенцов определялась визуально; каждый прилет родителей к гнезду регистрировался в дневнике. Для сбора материалов о составе пищи были испробованы различные способы отнятия ее у птенцов.

Метод изучения питания с помощью колпачков-намордников [16] со

сплюшками не дал положительного результата. На головы совыт были надеты матерчатые колпачки с большими прорезями для глаз и ушей (укрепить специальный чехол на маленьком, круто загнутом клюве птенца трудно), а на дно дупла положен матрасик, чтобы легче обнаруживать приносимую пищу. Сплюшки по два-три раза подлетали к дуплу, пытаясь передать корм птенцам, потом улетали в поисках новой пищи. После 15 прилетов с кормом в дупле ничего не оказалось: родители не оставляли корм птенцам, а съедали его сами.

Не удалось собрать приносимую пищу и с помощью искусственных птенцов. Первый птенец с широкооткрытым, незакрывающимся ртом был изготовлен из головы большого пестрого дятла. Второй птенец, сделанный из дерева, имел закрывающийся рот. Головы искусственных птенцов после соответственной обработки — наклейки мелко настриженных серых и белых перьев — удалось сделать похожими на совиные. Искусственный птенец укреплялся в дупле с таким расчетом, чтоб из летка немного выглядывала его голова. Из полога к птенцу был проведен замаскированный шнурок. Дергая за шнурок, можно было раскачивать искусственного птенца или открывать и закрывать рот у второго птенца, имитируя живого совенка. Сплюшки подлетали к гнезду по нескольку раз, но не отдавали корм искусственному птенцу.

Рекомендуемый А. С. Мальчевским и Н. П. Кадочниковым [17] метод перетягивания пищевода у птенцов в нашем опыте не дал положительного результата. Соыта легко пересекали клювом и сбрасывали с шеи марлевые повязки. Возможно, этот способ может быть осуществлен при наложении лигатуры из крепких тканей или металлических колец, которые птенец не сможет перекусить.

После этих неудач мы стали собирать корм, отнимая его непосредственно у птенцов. В этом случае был применен в несколько измененном виде метод А. Н. Промптова и Е. И. Лукиной [18], и М. Д. Зверева [19], рекомендованный для воробьиных птиц. Полог установили вплотную к дереву с гнездом, а в боковой стенке березы прорезали специальное отверстие, закрывающееся дверкой: через него следили за поведением птенцов и отбирали у них корм. Как только от дупла отлетала взрослая птица, отдавая пищу, мы включали электрический фонарь и пытались с максимальной быстротой выхватить пальцами из клюва птенца добычу, пока он не успел ее проглотить. Процесс отнятия корма занимал обычно не более 10—15 секунд. При небольшой тренировке к концу работы удалось за ночь собрать 60% приносимой сплюшками пищи. Из противоположного конца полога, через окно велись наблюдения за взрослыми птицами. В последние четыре ночи для продолжения наблюдений пришлось искусственно задержать вылет совыт, сузив вход в дупло до размера 3 × 3,8 см.

Пользуясь методом непосредственного отнятия пищи у птенцов, мы получили материал хорошего качества. Среди отнятой добычи нередко встречались живые экземпляры. Наблюдая за процессом кормления буквально вплотную, на расстоянии 20—25 см мы смогли подметить ряд особенностей в поведении птенцов. В частности, выяснилось, что молодые сплюшки, в отличие от птенцов многих видов птиц, сами выхватывали пищу из клюва родителей. Такая особенность передачи пищи позволила объяснить нашу неудачную попытку изучать питание сплюшки, пользуясь колпачками-намордниками и искусственными птенцами. Метод колпачков-намордников, с помощью которого С. С. Фолитаревым [16] и И. Н. Гловым [20] был собран обильный и полноценный материал, характеризующий питание хищных птиц, для сплюшки оказался непригодным по следующей причине. Хищники, в отличие от сплюшки,

оставляют корм в гнезде, а в отдельных случаях бросают добычу с воздуха, пролетая над птенцами. Изучение питания сплюшки с помощью искусственного птенца в принципе возможно, если его конструкция будет иной: искусственный птенец должен активно отбирать корм у взрослой птицы.

В первую декаду развития птенцов одна из взрослых птиц, по-видимому, самка, находилась вместе с потомством. Когда совыта достигли возраста 11 дней, взрослые птицы перестали оставаться в гнезде.

В возрасте 13 дней птенцы весили 70, 71 и 77 г и имели соответственно следующие размеры: крыло — 71, 72, 75 мм; цевка — 25, 26 и 26 мм; клюв — 15, 16 и 16 мм; размах — 320, 320 и 330 мм. Птенцы имели комбинированный наряд из большого количества пуховых и уже появившихся контурных перьев (рис. 1). В конце наблюдений, 25 июля, размеры 25-дневных птенцов были такие: длина — 166, 119 и 121 мм; размах — 445, 445 и 450 мм; хвост — по 53 мм; цевка — 25, 26 и 26 мм; клюв — по 17 мм. Вес — 59,4, 64,5 и 66 г (вес в данном случае не показателен, он резко снизился за время опытов по отнятию пищи). По окраске и рисунку оперения эти совыта уже мало отличались от взрослых. Они способны были делать перелеты до 30 м (рис. 2).

Днем взрослые сплюшки отдыхали вблизи гнезда. Обнаружить птиц довольно трудно, они сидят неподвижно и за весь день перекликаются между собой всего лишь один-два раза своим характерным свистом, напоминающим «сплю-ю, сплю-ю». Нам удалось отыскать днюющих сплюшек в густых мелких порослях осинника на высоте 1 м над землей (обе птицы), и на высокой сосне, почти у самой макушки дерева (одиночная птица). В обоих случаях птицы находились не далее 50 м от гнезда.

Известно, что сплюшки по-разному относятся к появлению человека возле гнезда. По нашим наблюдениям, сплюшки в таком случае не выдавали своего присутствия: они сидели молча и не слетали с облюбованных деревьев. В сумерках и ночью, в период активной деятельности, сплюшки не реагировали на летучих мышей и козодоев, пролетавших в непосредственной близости от гнезда. Но при крике мохноногого сыча обе птицы, сидевшие спокойно возле гнезда, моментально исчезали, а птенцы переставали питаться.

Ежедневно в наступающих сумерках перед вылетом на охоту (между 22 час. 20 мин. и 22 час. 30 мин.) сплюшки начинали пересвистываться. Во время переклички, а иногда и за несколько минут до нее из дупла показывалась голова одного из птенцов, ожидавшего прилета родителей (рис. 3). Качаясь вверх, вниз и по сторонам, соенок периодически подавал голос, напоминающий тихое покашливание: «кху-кху-кху» (возбужденный птенец пронзительно пищит: «псрр-псрр», «псс-псс» или щелкает клювом). Временами из гнезда доносился шум взмахивающих крыльев, задевающих за стенки дупла, — это птенцы готовятся к предстоящему вылету из гнезда.

Вскоре после переклички сплюшки начинали кормить птенцов. Корм приносили оба родителя, подлетая к гнезду поодиночке, реже одновременно. При сравнительно хорошем освещении, вечером и на рассвете, взрослые задерживались у летка недолго: две-три секунды. Ночью, с наступлением темноты, они временами залетали в дупло, садились на вершины пней, на шесты с перекладиной наверху (присады), специально установленные нами близ гнезда.

Сплюшка за один прилет к гнезду приносила только одну жертву. Птенец, схватив клювом добычу, нередко живую, заглатывал ее целиком. Очень крупную жертву, которую он не в состоянии проглотить



Рис. 1. Тринадцатидневные птенцы сплюшки.



Рис. 2. Вылетевшие из гнезда совыята мало отличаются от взрослых птиц.



Рис. 3. Птенец, ожидающий прилета родителей с кормом.

сразу, соенок брал в лапу и, держа на весу в воздухе, отрывал от нее клювом куски. Птенцы быстро и без труда проглатывали крупных кузнечиков весом до 1 г. Пищу, оброненную на дно дупла, соята обычно не поднимали.

При кормлении первым забирал пищу у родителей более энергичный и сильный соенок. Отталкивая остальных птенцов, он не отходил от летка, пока не насыщался, получив подряд несколько порций корма. Бывало, что птенец высовывался наполовину из летка и не спускался в гнездо, пока не наедался. Оставшиеся в дупле соята нередко пытались стянуть такого птенца вниз, чтобы занять место у летка, но он упорно сопротивлялся, отбиваясь ногами, а клювом, которым молодые сплюшки часто пользуются при лазании, крепко цеплялся за кору березы. Иногда соята пытались выхватить друг у друга полученную пищу, но это им, как правило, не удавалось.

Проследить, как далеко отлетают сплюшки в поисках корма, у нас не было возможности. Часто приходилось видеть сплюшек, охотящихся вблизи гнезда. Птицы добывали корм на ветвях, в воздухе, реже на земле. Охотились сплюшки по-разному. Иногда сидя на ветке или на вершине сухого дерева у лесной опушки, птица высматривала жертву и, бесшумно слетая, схватывала ее на лету. В другом случае сплюшки летали у крон деревьев; быстро трепеща крыльями, останавливаясь на несколько секунд в воздухе, они постепенно передвигались от ветки к ветке и разыскивали добычу. Иногда, подобно летучим мышам, сплюшки летали по лесу, схватывая добычу в воздухе на различной высоте. Временами ненадолго опускались на землю.

Следует отметить, что ни в дупле, ни под деревом нам не пришлось обнаружить остатков пищи, за исключением единственной находки — двух перьев, принадлежащих мелкой птице из воробьиных. С. Г. Приклонский [5] сообщает о противоположных результатах наблюдений: в Окском заповеднике в гнезде и под гнездом сплюшки было найдено такое обилие остатков различных животных, что позволило охарактеризовать питание этой совы.

Частота приноса корма у сплюшек изменялась в различные часы. На основании этого мы разделили суточную деятельность сплюшки на три периода: вечерний — с первого прилета до 24 час., ночной — от 24 час. до 2 час. 30 мин. и утренний — от 2 час. 30 мин. до последнего прилета. Первый прилет сплюшки к гнезду с кормом зарегистрирован в различные дни между 20 час. 23 мин. и 20 час. 40 мин., а последний прилет — между 4 час. 15 мин. и 4 час. 50 мин. Период кормления колебался от 5 час. 42 мин. до 6 час. 22 мин., в среднем составлял 6 час. За этот период сплюшки приносили пищу от 76 до 105 раз, в среднем 91 раз. Максимальная частота приноса корма отмечена вечером (22 прилета), минимальная — ночью (9 прилетов); утром было 15 прилетов (в среднем за 1 час). Интервал между кормлениями составлял: вечером от 0,5 до 18 мин., а в среднем 3 мин.; ночью от 0,5 до 35 мин., а в среднем 8 мин.; утром от 0,5 до 30 мин., а в среднем 4 мин.

За период с 20 по 24 июля нам удалось отнять у птенцов сплюшки 94 экземпляра (порций) различной добычи (табл. 1).

Остановимся на характеристике отдельных видов корма.

Из стрекоз встречено коромысло (*Aeschna* sp.) в двух случаях (2,1%). Сплюшки приносили стрекоз в начале охоты, когда последние еще продолжали летать (22 час. 23 мин. и 22 час. 38 мин.).

Кузнечики (*Orthoptera*) в питании сплюшки представлены одним видом — кузнечиком поющим (*Tettigonia cantans* Fuessly), который занимал первое место в питании птенцов и встречен в 53 случаях

Таблица 1

Состав корма, принесенного птенцам сплюшками

Виды корма	Количество порций				в % к общему к-ву
	вечер	ночь	утро	всего	
Насекомые (<i>Insecta</i>)*					
Стрекозы (<i>Odonata</i>)	2	—	—	2	2,1
Кузнечики (<i>Orthoptera</i>)	30	16	7	53	56,4
Жесткокрылые (<i>Coleoptera</i>)	2	1	2	5	5,3
Чешуекрылые (<i>Lepidoptera</i>)					
Имаго	16	6	6	28	29,8
Гусеницы	1	1	1	3	3,2
Паукообразные (<i>Arachnoidea</i>)					
Пауки (<i>Araneina</i>)	3	—	—	3	3,2
Всего	54	24	16	94	100

* Насекомые определены научным сотрудником Биологического института СОАН СССР Г. С. Золотаренко.

(56,4%). Кузнечики, принесенные вечером и утром, весили от 300 до 770 мг, в среднем 723 мг. Среди экземпляров, пойманных в сумерках, преобладали личинки с недоразвитыми крыльями (86,5%), из них 69,2% составляли самки. Ночью доминировали взрослые, крылатые формы, из которых 75% составляли самцы. Вообще же среди кузнечиков самок было немного больше (57,1%), чем самцов (42,9%).

Жесткокрылые (*Coleoptera*) встречены в 5 случаях (5,3%). Представлены одним видом — дровосеком бурым сосновым (*Criocerphalus rusticus* L.). Этих жуков сплюшки приносили птенцам вечером (2 экз.), ночью (1 экз.) и утром (2 экз.).

Чешуекрылые (*Lepidoptera*) в пище птенцов занимали видное место. Встречены в 31 случае (33%). Сюда относятся ночные бабочки (28 экз.) и гусеницы (3 экз.). Зарегистрировано 7 видов бабочек: серая земляная совка (*Eurois occulta* L.), касатиковая совка (*Helotropha leucostigma* Hb.), стальниковая совка (*Mamestra advena* F.), хохлатка ольховая (*Notodonta dromedarius* L.), большая полевая совка (*Hadena monoglyphica* Hufn), бражник тополевой (*Amorpha populi* L.), древооточек осиновый (*Cossus tereba* F.). Среди перечисленных видов преобладали земляная совка (20 экз.), касатиковая совка (2 экз.), и большая полевая совка (2 экз.), остальные — единичные экземпляры. Гусеницы принадлежали пяденице волосистой (*Biston hirtaria* Cl.) и хохлаткам (сем. *Notodontidae*).

Пауки (*Aranina*) относящиеся к семейству *Aranidae* отмечены в 3 случаях (3,2%). Все три паука довольно крупные, каждый из них весил 500 мг. Они были пойманы сплюшками вечерами в различные дни.

Каждый совок получал за сутки в среднем 30 порций пищи весом примерно в 20 г, что составляет около 30% от общего веса тела птенца. За период выкармливания птенцов сплюшки принесли им не менее 2000 насекомых.

Помимо приведенных данных о питании птенцов, мы собрали некоторые сведения и о питании взрослых сплюшек (родителей). Ранним утром 7 июля в районе гнезда с дерева была спугнута сплюшка, при взлете она выронила обезглавленного птенца обыкновенной чечевицы. Сплюшку удалось обнаружить по тревожным крикам больших синиц, гаичек и чечевиц, летавших около неподвижно сидящей на ветке совы. У сплюшек, добытых в конце исследований, 24—25 июля, в желудках

оказались следующие остатки пищи: у самца (убит в 22 час. 50 мин.) — 2 бурых сосновых дровосека, 1 кузнечик, 3 бабочки из сем. совок (*Noctuidae*); у самки (убита в 0 час. 10 мин.) — перья мелкой птицы из отряда воробьиных (точнее не определена), 3 кузнечика, 1 паук и 11 бабочек из сем. *Noctuidae*. Взрослые сплюшки поедали тех же насекомых, которыми выкармливали птенцов.

Анализируя состав кормов, можно заключить, что сплюшка, уничтожает преимущественно насекомых, большинство видов которых — вредители леса и сельскохозяйственных растений. Полезные животные в рационе сплюшки встречаются редко.

Институт биологии
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
31/III 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Осмоловская, А. Н. Формозов, Очерки экологии некоторых полезных птиц леса. В кн. Птицы и вредители леса, Изд. Моск. об-ва исп. природы, М., 1950.
2. С. В. Кириков, Птицы и млекопитающие в условиях ландшафтов южной оконечности Урала, АН СССР, М., 1952.
3. В. И. Таращук, Птицы полевых насаждений, АН УССР, Киев, 1953.
4. А. К. Рустамов, А. Н. Сухинин, Новые сведения по авифауне Южной Туркмении, Изв. АН Туркменской ССР, № 4, 1957.
5. С. Г. Приклонский, К экологии сплюшки в Окском заповеднике. Тр. Окского гос. заповедника, вып. 2, М., 1958.
6. А. Брэм, Жизнь животных, Птицы, т. 8, СПб., 1911.
7. В. Н. Шнитников, Звери и птицы нашей страны, Изд. ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия», М., 1957.
8. М. Д. Зверев, И. Д. Шваревич, К биологии совки-сплюшки. Тр. Алма-Атинского заповедника, вып. IV, Алма-Ата, 1947.
9. Н. Холодковский, А. Силантьев, Птицы Европы, СПб., 1901.
10. Г. П. Дементьев, Н. А. Гладков, Е. С. Птушенко и др. Птицы Советского Союза, т. 1, Изд. «Сов. наука», М., 1951.
11. С. А. Корытин, В. Ф. Бисеркин, А. И. Дятлов, К вопросу изучения пластичности гнездового инстинкта у мелких птиц. Бюлл. Моск. об-ва исп. природы, отд. биол., т. LVII (1), 1952.
12. К. Н. Благосклонов, О перевозке птенцов с птицами-кормилицами. В кн. Привлечение и переселение полезных птиц в лесонасаждения. Гл. упр. по заповедн. и охот. хозяйству Мин-ва сельск. хоз-ва СССР, М., 1954.
13. И. Д. Щербаков, Опыт направленного изменения реакций птиц на перемещение гнезд в связи с задачами переселения насекомоядных птиц. В кн. Привлечение и переселение полезных птиц в лесонасаждения. Гл. упр. по заповедн. и охот. хозяйству Мин-ва сельск. хоз-ва СССР, М., 1954.
14. Д. В. Терновский, Зимнее гнездование клестов. Бюлл. Моск. об-ва исп. природы, отд. биол., т. LIX (1), 1954.
15. А. Н. Промптов, Очерки по проблеме биологической адаптации поведения воробьиных птиц, АН СССР, М.—Л., 1956.
16. С. С. Фолитарек, Хищные птицы как фактор естественного отбора в природных популяциях мелких грызунов. Журн. общ. биологии, т. IX, № 1, 1948.
17. А. С. Мальчевский, Н. П. Кадочников, Методика прижизненного изучения питания гнездовых птенцов насекомоядных птиц. Зоол. журн., т. XXXII, вып. 2, 1953.
18. А. Н. Промптова, Е. В. Лукина, Опыт по изучению биологии и питания большой синицы в гнездовой период. Зоол. журн., т. XVII, вып. 5, 1938.
19. М. Д. Зверев, Питание птиц и методика его исследования. Природа, № 8, 1939.
20. И. Н. Глотов, Хищные птицы Новосибирской области и их хозяйственное значение. Тр. ЗСФАН СССР, сер. биол., т. 4, вып. 1, Новосибирск, 1951.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

И. А. КУНИН

АБСОЛЮТНЫЙ МИНИМУМ ОДНОГО ФУНКЦИОНАЛА

Рассмотрим в области D эллиптическое уравнение

$$\operatorname{div}(h_0^2 \operatorname{grad} \varphi_0) = -\rho_0, \quad (1)$$

где h_0, ρ_0 — заданные в D функции. Будем считать h_0 функцией знакоопределенной и дважды дифференцируемой. К уравнению (1), в частности, сводятся многие задачи о распределении полей в неоднородных средах, причем h_0 играет роль показателя неоднородности среды. В работе [1] было показано, что (1) можно привести к виду:

$$\operatorname{div}(h^2 \operatorname{grad} \varphi) = -\varphi; \quad (2)$$

$$\varphi = \frac{h_0}{h} \varphi_0, \quad \rho = \frac{h}{h_0} \rho_0, \quad (3)$$

где h — знакоопределенное частное решение уравнения

$$h_0 \Delta h - h \Delta h_0 = 0. \quad (4)$$

При этом оказывается, что h — возможно выбрать так, чтобы оно уклонялось от своего среднего значения меньше, чем h_0 . В ряде случаев это позволяет свести задачу для среды с сильной неоднородностью к задаче для почти однородной среды, т. е. с малым значением среднего логарифмического градиента:

$$|\operatorname{grad} \ln h|_{\text{cp}} = \frac{1}{V} \sqrt{\int_D (\operatorname{grad} \ln h)^2 dv}, \quad (5)$$

где V — объем области.

В связи с этим интересно в классе дважды дифференцируемых решений уравнения (4) найти функцию h^* , реализующую минимум функционала

$$I = \int_D (\operatorname{grad} \ln h)^2 dv. \quad (6)$$

Справедлива следующая теорема: абсолютный минимум I реализует функции h^* , удовлетворяющая на границе области S условию:

$$h^*|_S = \text{const}. \quad (7)$$

Доказательство. Прежде всего отметим, что h^* — знакоопределенная функция. Действительно, положим $h^* = h_0 \zeta^*$. Тогда нетрудно показать, что

$$\operatorname{div}(h_0^2 \operatorname{grad} \zeta^*) = 0. \quad (8)$$

Из условия (7) и знакоопределенности h_0 следует, что $\zeta^*|_S \neq 0$. Но согласно принципу максимума применительно к (8) $\zeta^* \neq 0$ и внутри области, а значит, и $h^* \neq 0$.

Путем непосредственной подстановки легко убедиться, что любое решение h уравнения (4) можно представить в виде

$$h = h^* \zeta, \quad (9)$$

где ζ удовлетворяет уравнению

$$\operatorname{div}(h^{*2} \operatorname{grad} \zeta) = 0. \quad (10)$$

Используя тождество

$$\frac{\Delta f}{f} = \Delta \ln f + (\operatorname{grad} \ln f)^2$$

и учитывая (4) и (9), после преобразований получим

$$\Delta I = I(h) - I(h^*) = - \int_D \Delta \ln \zeta dv,$$

или, преобразуя объемный интеграл в поверхностный,

$$\Delta I = - \int_S \operatorname{grad}_n \ln \zeta ds.$$

Из выражения (6) для I следует, что без ограничения общности можно положить $h^*|_S = 1$.

Тогда

$$\Delta I = - \int_S h^{*2} \operatorname{grad}_n \ln \zeta ds.$$

Преобразуя это выражение, получаем

$$\Delta I = - \int_D \frac{1}{\zeta} \operatorname{div}(h^{*2} \operatorname{grad} \zeta) dv + \int_D h^{*2} (\operatorname{grad} \ln \zeta)^2 dv.$$

Но первый интеграл исчезает в силу (10), и, следовательно,

$$\Delta I = \int_D h^{*2} (\operatorname{grad} \ln \zeta)^2 dv > 0,$$

причем знак равенства будет лишь при $\zeta = \text{const}$. Наконец, условие (7) определяет h^* с точностью до несущественного постоянного множителя, и потому минимум I абсолютный. Теорема доказана.

Практически найти h^* или, что то же, ζ^* , реализующих точный минимум I , может оказаться затруднительным. Поэтому, если известно какое-либо частное решение ζ однородного уравнения, соответствующего исходному уравнению (1), целесообразно попытаться минимизировать I приближенно. Для этого составляем функцию $h = h_0(1 + t\zeta)$ и определяем параметр t из условия минимального уклонения h от постоянной на границе области. Критерием эффективности преобразования при этом является среднее значение логарифмического градиента.

Институт горного дела
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
12/V 1959

ЛИТЕРАТУРА

- И. А. Кунин. Приближенный метод решения граничных задач для некоторых уравнений эллиптического типа. Изв. АН СССР, ОТН, № 10, 1958.

А. А. ТЫШЕВ

ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ГОРНЫХ ПОРОД
ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Из рассмотренных нами приборов для определения коэффициента фильтрации связных пород под давлением наибольшего внимания заслуживает прибор П. И. Желтова и Б. П. Остроумова*. Однако и он имеет существенные недостатки:

1. Из-за трудности создания необходимого напора воды не может быть использован в полевых условиях.

2. Заливка из смолы, применяющаяся в данном приборе, не обеспечивает достаточной герметичности, особенно при давлении свыше 2 атм (смола начинает расплываться).

* П. И. Желтов, Б. П. Остроумов, Прибор для определения коэффициента фильтрации горных пород под давлением. Зап. Ленингр. горного ин-та, т. XXXII, вып. 2, 1955.

3. Крайне неудобна настройка прибора, в особенности из-за заливки смолы. Автор статьи задался целью сконструировать такой прибор, который обеспечил бы проведение достаточно надежных опытов по определению коэффициента фильтрации горных пород под давлением в полевых и лабораторных условиях.

Напор воды в нашем приборе создается давлением сжатого воздуха, нагнетаемого в цилиндр, частично заполненный водой. Коэффициент фильтрации связных пород определялся под давлением до 5 атм. Однако давление в приборе может быть увеличено до 10—15 атм. Прибор испытывался группой работников Северо-Восточного отделения Института мерзлотоведения АН СССР под руководством Н. А. Кожевникова.

Опыты проводились в течение двух недель под давлением 3—5 атм и дали хорошие результаты. Давление в приборе без подкачки воздуха снижалось не более чем на 0,1—0,3 атм за сутки, в зависимости от плотности испытываемых образцов. Диаметр зерна, определяемый диаметром бурового инструмента, был принят равным 6 см при длине зерна до 7 см.

Конструкция прибора показана на рис. 1. Прибор состоит из трубы 5 (в которой запрессована конусная втулка 9), сжимной цанги 7, уплотняющей резиновой втулки 8, нажимного стакана 6, прижимной гайки 4, крестовины 1, пробки для заливки воды 2, манометра 3, наконечника 17, шланга высокого давления 16, хомутка 15 и вентиля с золотником 14. Снизу керн удерживается от сдвига металлической решеткой 12, упорной втулкой 13 и заворачивающейся упорной гайкой 10. Во избежание испарения воды во время опытов в приборе предусмотрена воронка 11, от которой через резиновый шланг вода отводится непосредственно в колбу.

Настройка прибора производится следующим образом. Керн диаметром 6 см, цилиндрическая поверхность которого смазывается вазелином, вставляется с небольшим натяжением в уплотняющую резиновую втулку 8, с обоих торцов керна накладываются металлические решетки 12. Наружная поверхность резиновой втулки 8 также смазывается вазелином и втулка вместе с керном вставляется в сжимную цангу 7, которую опускают

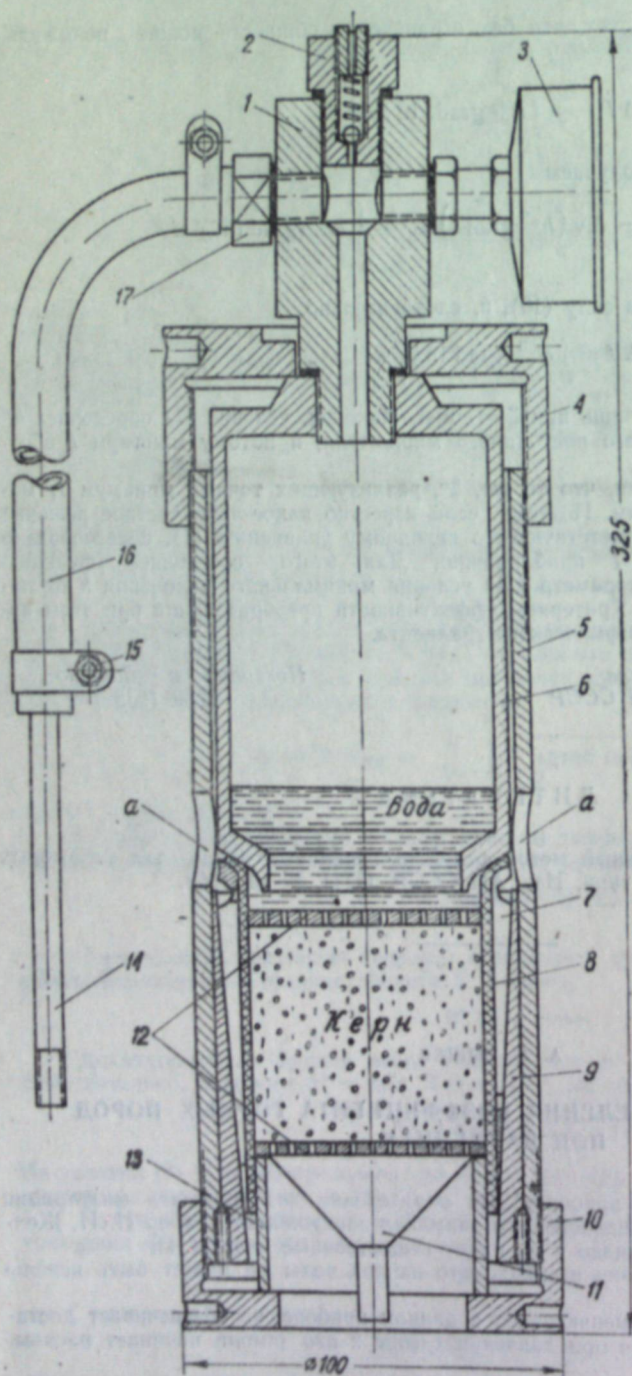


Рис. 1. Конструкция прибора для определения коэффициента фильтрации горных пород под давлением.

в трубу 5 до соприкосновения с конусной втулкой 9, затем нажимной стакан 6 вместе со смонтированными на нем деталями 1, 2, 3, 4, 17, 16, 15 и 14 опускается в трубу 5 и заворачивается прижимной гайкой 4. При этом через отверстия а нужно проследить, чтобы нижняя конусная часть стакана 6, которая также смазывается вазелином, равномерно развальцевала резиновую втулку вокруг закругленного торца разрезной цанги 7. Создаваемое наворачиванием прижимной гайки 4 продольное усилие через нажимной стакан 6 и резиновое уплотнение 8 сдвигает сжимную цангу 7 относительно неподвижной втулки 9, обжимая тем самым испытываемый образец и создавая требуемую герметичность.

С нижней стороны вставляется воронка 11 и упорная втулка 13. Завинчиванием упорной гайки 10 фиксируется положение испытываемого образца, чем устраняется возможность его сдвига при нагнетании воздуха. Между нижней решеткой 12 и нижним торцом испытываемого образца рекомендуется ставить прокладку из фильтровальной бумаги, предупреждающую вынос частиц грунта с нижней поверхности образца, вызванный его разбуханием.

Вода заливается через отверстие, которое закрывается пробкой 2. Объем заливаемой воды составляет 25—30% объема над образцом. Накачивание воздуха до требуемого давления производится обыкновенным насосом для накачивания автомобильных скатов. В пробку 2 вмонтирован регулирующий клапан, позволяющий поддерживать требуемое давление.

Простота конструкции прибора позволяет изготовлять его в любой мастерской, где имеется токарный станок. Резиновая втулка 8 склеена из резины автокамеры. Вентиль с золотником также берется из автокамеры. Во избежание коррозии решеток 12 рекомендуется изготовлять их из цветного металла, а внутреннюю поверхность нажимного стакана 6 окрасить влагоустойчивой краской. Воронка может быть изготовлена из белой жести. В винтовых соединениях в качестве уплотнения применена обыкновенная сальниковая обмотка. Для проверки прибора на герметичность рекомендуется вместо испытываемого образца вставить металлический сердечник. После накачивания воздуха до требуемого давления весь прибор следует опустить в сосуд с водой, и если при этом нигде не покажутся пузырьки воздуха, прибор может считаться полностью подготовленным к эксперименту. Обработка экспериментального материала производится по общезвестным формулам.

Северо-Восточное отделение
Института мерзлотоведения
им. В. А. Обручева АН СССР

Поступила в редакцию
15/IV 1959

П. М. СУДАРЕВ, В. С. БОПКО, Н. В. АРНАУТОВ

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ И В ЗОЛЕ РАСТЕНИЙ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Нами исследовалось содержание некоторых микроэлементов в различных почвах 12 районов Новосибирской области (Новосибирский, Татарский, Венгеровский, Куйбышевский, Убинский, Болотнинский, Купинский, Каргатский, Михайловский, Искитимский, Кочковский, Колыванский).

Исследованию подвергался верхний слой почвы (пашни или старой залежи) на глубине до 30 см, т. е. слой, в котором преимущественно развита корневая система растений.

Пробы почв прокаливались и подвергались спектральному анализу. Оценка концентраций элементов проводилась по методу появления и усиления спектральных линий. Этот метод позволяет получить сравнительно узкие градации при приближенной количественной оценке валового содержания элементов. Таблица появления и усиления линий была составлена по данным эталонных смесей и по литературным источникам.

Исследуемая навеска в количестве 25 мг испарялась из кратера угольного электрода в активизированной дуге переменного тока. Сила тока поддерживалась равной 8—9 а, расстояние между электродами — 3 мм. Фотографирование спектров производилось на спектрографе средней дисперсии при ширине щели 0,015 мм в две экспозиции: первая — 1 минута, последующая — до полного испарения. Данные спектрального анализа почв приведены в табл. 1.

На основании полученных данных не представляется возможным выделить зоны, характеризующиеся повышенным или пониженным содержанием тех или иных микро-

Таблица 1

Валовое содержание некоторых микроэлементов в почвах Новосибирской области (в % от сухой навески)

Элементы	П о ч в ы		
	дерново-подзолистая (12 анализов)	черноземы и луговая (14 анализов)	солонцы (12 анализов)
Марганец	0,03 - 0,1	0,06 - 0,1	0,03 - 0,1
Никель	0,001 - 0,01	0,003 - 0,01	0,003 - 0,01
Кобальт	0,003	0,001 - 0,003	0,001 - 0,006
Титан	0,1 - 0,3	0,1 - 0,7	0,1 - 0,7
Ванадий	0,003 - 0,01	0,01 - 0,03	0,01 - 0,03
Хром	0,005 - 0,01	0,006 - 0,03	0,006 - 0,01
Цирконий	0,001 - 0,005	0,001 - 0,003	0,001 - 0,003
Медь	0,0006 - 0,001	0,0001 - 0,003	0,0003 - 0,005
Галлий	0,001 - 0,005	0,001 - 0,003	0,001 - 0,003
Стронций	0,001 - 0,01	0,003 - 0,01	0,003 - 0,01
Барий	0,005 - 0,01	0,006 - 0,01	0,006 - 0,01
Свинец	0,001 - 0,003	0,001 - 0,01	0,001 - 0,03
Цинк	0,006 - 0,01	0,01	0,01
Молибден	0 - 0,001	0 - 0,001	0 - 0,001

элементов. Валовое содержание указанных в табл. 1 микроэлементов в различных почвах Новосибирской области более или менее выравнено.

Как показали наши наблюдения, в содержании одних и тех же микроэлементов в почвах различных районов области также не имеется существенных различий.

Причины этого следует искать, по-видимому, в своеобразии геологической истории территории области, бывшей когда-то дном моря.

Кроме почвы, нами исследовалась зола многих растений: клевера, люцерны, проса, чумизы, могара, ячменя, пшеницы, ржи, овса, пырея, волоснеца сибирского, сборной овсяницы, тимфеевки, костра, кукурузы. Содержание микроэлементов в золе растений оказалось следующим (в %):

Марганец	0,03—0,1	Галлий	0,0005—0,001
Никель	0,0005—0,001	Стронций	0,005—0,05
Кобальт	0—0,001	Барий	0,003—0,01
Титан	0,01—0,1	Свинец	0,001—0,003
Ванадий	0,0005—0,001	Цинк	0,01—0,02
Хром	0,001—0,003	Молибден	0,0005—0,001
Цирконий	0,001	Серебро	0,0001—0,0003
Медь	0,0005—0,001		

Содержание микроэлементов в золе различных растений, например, люцерны и кукурузы, несколько отличается, что видно из табл. 2.

Как видно из приведенных данных, валовое содержание большинства микроэлементов в почве больше, чем в золе растений. Характерно, что кобальта в почве содержится до 0,003%, а в золе растений его так мало (<0,0008%), что спектрально он не всегда обнаруживается. Это объясняется, очевидно, наличием в почве трудно усваиваемых растениями соединений кобальта.

Можно предполагать, что с помощью организмов происходит постоянная миграция отдельных микроэлементов из подпахотных корнеобитаемых слоев почвы в верхний, пахотный слой, в котором накапливаются продукты разрушения основной массы растительных организмов. Этим же, очевидно, можно объяснить и тот факт, что в черноземных почвах содержание некоторых микроэлементов все же более высокое, чем в почвах дерново-подзолистых и в разной степени оподзоленных.

Содержание отдельных микроэлементов в золе растений зависит не только от способности растений усваивать эти элементы, но и от характера их химических соединений в почве. В литературе уже отмечалось, что на подвижность и доступность растениям некоторых микроэлементов влияют химические и физические свойства почвы. Кислые почвы содержат больше доступных растениям микроэлементов, чем щелочные. Из легких по механическому составу почв микроэлементы могут вымываться в нижние слои, вследствие чего в верхнем, наиболее корнеобитаемом слое почвы содержание доступных растениям микроэлементов понижается.

Хотя наши данные являются предварительными, но, тем не менее, они в какой-то степени помогут исследователям ориентироваться при дальнейшем уточнении био-

Таблица 2

Содержание микроэлементов в золе некоторых растений Новосибирской области (в %)

Наименование образцов	Количество проб	Марганец	Никель	Хром	Молибден	Медь	Свинец	Цинк	Стронций	Барий	Олово	Серебро	Титан	Кобальт	Галлий
Зола люцерны	5	0,005 - 0,03	0,001 - 0,003	0,001 - 0,003	0,001	0,001 - 0,005	0,001 - 0,01	0 - 0,01	0,01 - 0,05	0,03	0,001 - 0,003	0,0001 - 0,0003	0,01 - 0,05	< 0,0008	0,0005 - 0,001
Зола кукурузы	3	0,01 - 0,03	0,001	0,003	0,001	0,001 - 0,005	0,003 - 0,006	0 - 0,01	0,01 - 0,03	0,01 - 0,03	0,001	0,0001 - 0,0003	0,01 - 0,03	< 0,0008	0,0005

химических зон Новосибирской области, при организации внесения микроудобрений в почвы и применении минеральной подкормки сельскохозяйственных животных.

Новосибирский сельскохозяйственный институт

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
28/V 1959

В. В. ПОЛЕВОЙ, К. З. ГАМБУРГ

ВЛИЯНИЕ АУКСИНА НА НЕКОТОРЫЕ СТОРОНЫ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ В ОТРЕЗКАХ КОЛЕОПТИЛЕЙ КУКУРУЗЫ

В настоящее время существует ряд гипотез, пытающихся объяснить механизм действия ауксина. При этом большинство исследователей исходит из предположения, что ауксин активирует какие-то ферментативные системы. На основании экспериментальных данных высказывались гипотезы о влиянии ростовых веществ на дегидративную активность [1, 2], на активность аскорбиноксидазы [3, 4], метилпектинэстеразы [3]. Получены данные об активации ауксином в опытах *in vitro* кислой фосфатазы [5, 6]. Наиболее интересными представляются фосфатазная и аскорбиноксидазная гипотезы. Исследования, проведенные нами совместно с Л. Н. Ванюгиной и Л. С. Зиновьевым, показали, что динамика β -индолилуксусной кислоты в растущих листьях кормовой капусты и в проростках кукурузы в значительной степени коррелирует с изменением активности кислой фосфатазы и с аскорбиноксидазной активностью.

Для выяснения вопроса, являются ли эти корреляции отражением непосредственного влияния ауксина на активность фосфатазы или аскорбиноксидазы, нами были проделаны эксперименты, результаты которых излагаются в этой статье. Семена кукурузы сорта «Скороспелка белая кремнистая» проращивались в темноте на влажной фильтровальной бумаге и затем на стеклянных мостиках при стандартных условиях. У coleoptiles 5-дневных проростков, достигших 4,5—5,5 см (в разных сериях опытов), удалялись верхушки (3 мм).

Для опытов использовались цилиндрические отрезки coleoptiles длиной 9,5 мм, представляющие зону роста растяжением, причем внутренний лист выталкивался. Однородность материала строго контролировалась. Отрезки на 1 час помещались в дистиллированную воду в чашки Петри, которые мягко покачивались. Затем отрезки осторожно с помощью фильтровальной бумаги взвешивались по 20 штук и каждая навеска (около 400 мг) помещалась в отдельную чашку Петри, куда предварительно наливалось 10 мл питательной среды (2% раствор сахарозы на сантимолярном — 0,01 M — фосфатно-цитратном буфере с P_{H} 5) с добавлением или без добавления метилового эфира β -индолилуксусной кислоты (МИУК). Все операции проводились при

красном свете. В предварительных опытах было показано, что концентрацией МИУК, вызывающей наибольший прирост отрезков колеоптилей кукурузы, является $2,6 \cdot 10^{-5}$ моля (табл. 1). Чашки Петри с отрезками оставлялись в темноте при постоянном мягком покачивании в целях лучшей аэрации.

Таблица 1

Влияние различных концентраций МИУК на прирост в длину отрезков колеоптилей, помещенных на 24 часа в хорошо аэрируемую питательную среду (2% раствор сахарозы в 0,01 М фосфатноцитратном буфере РН 5)

Концентрация МИУК (в молях)	Средний прирост 10 отрезков, мм
0,0 контроль	41
$5,3 \cdot 10^{-7}$	55
$5,3 \cdot 10^{-6}$	93
$2,6 \cdot 10^{-5}$	95
$5,3 \cdot 10^{-5}$	97
$5,3 \cdot 10^{-4}$	49
10^{-3}	18

Для анализов брались навески необработанных отрезков колеоптилей (исходный материал), отрезки сразу после погружения их в контрольные и опытные растворы (т. е. в среды без добавления и с добавлением МИУК), через 15, 30, 60 минут и, наконец, через 3, 6, 8 и 24 часа после начала опыта. Через 24 часа путем измерения прироста контрольных и опытных отрезков удостоверились наличие стимулирующего влияния МИУК на рост отрезков и однородность прироста в разных сериях опытов.

Проводились анализы интенсивности дыхания (в респирометре Варбурга), прироста сырого и абсолютно сухого веса, содержания аскорбиновой кислоты и «глутатиона» [7], аскорбиноксидазной активности [8],

активности кислой фосфатазы [5] и содержания неорганического фосфора. Активность аскорбиноксидазы и фосфатазы определялась в гомогенатах из тканей отрезков, взятых в разное время после начала опыта. В случае определения активности фосфатазы и содержания неорганического фосфора отрезки колеоптилей предварительно быстро споласкивались дистиллированной водой на воронке Бюхнера. Все цифровые данные приведены в пересчете на 1 г первоначального сырого веса каждой навески.

В табл. 2 приведены средние результаты из трех повторностей (данные по приросту сырого и абсолютно сухого веса и по содержанию неорганического фосфора являются средними из двух повторностей). Учитывая недостаточную точность методик, мы считали достоверными лишь такие различия между контролем и опытом, которые превышали 10%.

Из табл. 2 следует, что МИУК в концентрации $2,6 \cdot 10^{-5}$ моля значительно усиливает прирост колеоптилей кукурузы, как по сырому так и по абсолютно сухому весу, причем прирост сырого веса опытных отрезков превышает контроль почти в 2 раза. Аналогично этому прирост в длину в опыте в 2 раза превышает прирост в контроле. Хорошее совпадение динамики сырого веса с приростом в длину уже отмечалось в литературе для колеоптилей овса. Это явление объясняется незначительностью роста в толщину в зоне роста растяжением.

Интенсивность дыхания отрезков по O_2 после погружения их в питательную среду при наличии МИУК возрастает почти сразу и в течение 24 часов остается на 22—39% выше интенсивности дыхания в контроле. Нужно специально отметить, что дыхание отрезков колеоптилей, растущих растяжением, обеспечивается исключительно металлсодержащими оксидазами, т. е. обработка отрезков 0,005 М раствором азидата натрия в наших опытах быстро прекращала поглощение O_2 . Интересно, что интенсивность дыхания отрезков под влиянием обработки ауксином начинает возрастать до того, как удается уловить усиление прироста сырого веса.

Табл. 2 показывает, что по содержанию аскорбиновой кислоты и «глутатиона», по активности аскорбиноксидазы контрольные и опытные отрезки практически не различаются. Лишь через 24 часа в опытных колеоптилях наблюдается снижение всех этих показателей относительно контроля. Активность кислой фосфатазы после погружения отрезков в среду, содержащую МИУК, имеет тенденцию к снижению (относительно контроля), что, возможно, объясняется усилением поглощения неорганического фосфора из питательной среды.

Из приведенных данных приходится сделать заключение, что хотя активирующее влияние ауксина на дыхание и рост отрезков колеоптилей налицо, это влияние осуществляется не через систему аскорбиновая кислота — аскорбиноксидаза и не благодаря повышению активности кислой фосфатазы. К этому нужно добавить, что все наши попытки усилить с помощью β -индолилуксусной кислоты активность кислой фосфатазы в гомогенатах из зародышей прорастающих семян кукурузы с соблюдением всех условий, описанных у Турина [5], не увенчались успехом. В литературе отмечается, что аналогичные попытки активизировать аскорбиноксидазу в опытах *in vitro* также не дали положительных результатов [9, 10]. Таким образом, приходится поставить под сомнение ценность фосфатазной и аскорбиноксидазной гипотез о механизме действия ауксина.

Таблица 2

Влияние МИУК ($2,6 \cdot 10^{-5}$ М) на рост и некоторые стороны обмена веществ в отрезках колеоптилей кукурузы

Время взятия пробы	Прирост сухого веса, %		Прирост абс. сухого веса, %	Интенси-вность дыхания по O_2 , мл/г за 10 мин.	Содержание аскорбиновой к-ты, мг		Содержание «глутатиона», мг	Активность аскорбиноксидазы, мг аск. к-ты за 30 мин.		Активность кислой фосфатазы, мг за 15 мин.		Содержание неорганического Р, мг		
	контр.	МИУК			контр.	МИУК		контр.	МИУК	контр.	МИУК	контр.	МИУК	контр.
Исходн.	—	—	—	44,0	0,520	0,550	0,726	0,550	—	—	—	—	0,550	
2 мин	—	—	—	—	0,494	0,600	0,0	—	—	—	—	—	—	
15 "	—	—	—	48,9	67,1	+37,2	0,458	0,510	+8,8	0,815	—19,6	—	0,458	
30 "	—	—	—	71,3	87,1	+22,1	—	—	—	—	—	—	—	
60 "	7,3	11,6	—	54,1	67,3	+24,4	0,462	0,458	—0,9	0,561	0,542	—3,4	—	
3 час	—	—	—	60,9	81,2	+33,3	0,444	0,456	+3,0	0,453	0,406	—10,4	—	
6 "	9,0	19,7	6,5	—	0,449	0,434	—3,8	0,637	0,693	+8,3	0,726	+5,0	0,634	
8 "	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
24 часа	53,0	100,0	32,9	88,6	+39,0	0,475	0,396	—16,8	0,641	0,493	—23,6	0,797	0,650	—18,5
														0,962
														—3,3
														1,047
														1,283
														+22,5

* В этой графе пересчет сделан на средний абсолютно сухой вес исходных отрезков, определенный по нескольким пробам. Во всех остальных анализах пересчет сделан на 1 г первоначального сырого веса каждой навески.

ВЫВОДЫ

1. В опытах с отрезками колеоптилей кукурузы, плавающими в органоминеральной среде с добавлением и без добавления метилового эфира β -индолилуксусной кислоты в концентрации $2,6 \cdot 10^{-5}$ моля, было показано, что ауксин значительно усиливает прирост отрезков в длину, прирост по сырому и абсолютно сухому весу. Отмечено определенное усиление интенсивности дыхания (по поглощению O_2), наступающее немедленно после помещения отрезков в среду, содержащую ауксин.

2. Показано, что этот активизирующий физиологический эффект осуществляется не благодаря влиянию ауксина на аскорбиноксидазную систему и не благодаря активации кислой фосфатазы, что ставит под сомнение ценность аскорбиноксидазной и фосфатазной гипотез о механизме действия ауксина.

Восточно-Сибирский филиал
Сибирского отделения АН СССР
Ленинградский государственный университет

Поступила в редакцию
10/IV 1959

Л. М. Гусынина

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ МАЛИННОЙ ТЛИ

Aphis idaei V. d. Goot.

Малинная тля — часто встречающийся вредитель малины. Сведения по ее биологии даются рядом авторов [1, 2, 3 и др.].

Малинная тля относится к числу автентичных видов. По данным Мордвило [4] и В. П. Невского [5], весь цикл ее развития проходит на растениях рода *Rubus*: на малине и ежевике. Иного мнения придерживается немецкий афидолог К. Бернер [6]. По его сведениям *A. idaei* заражает только малину, а на ежевике развивается другой вид — *A. (Daralis) ruborum* (С. В., 1931 г.), морфологически мало отличающийся от малинной тли.

Чтобы проверить, возможно ли развитие малинной тли на ежевике, в 1957 г. во Львове нами были проведены неоднократные пересадки тли *A. idaei* с малины (*Rubus idaeus*) на ежевику (*R. caesius*). Переносились личинки основательниц 2 и 3-го возраста, крылатые расселительницы, бескрылые девственницы самки и их личинки.

В лабораторных условиях заражались срезанные ветви ежевики и растения, выращиваемые в вазонах. В естественных условиях тли переносились на ветви ежевики с последующей изоляцией мешочками из мельничного газа. Крылатые особи с растения на растение переносились кисточкой, бескрылые — чаще с кусочком листа или веточки малины, на которых они до этого питались.

Результаты, полученные при пересадках, представлены в табл. 1.

Гибель личинок основательниц наступала обычно через 3—15 дней после пересадки. Основательницы, достигшие зрелости, питаясь на ветвях ежевики, отродили до гибели: одна самка — 2 личинки, другая — 3.

Крылатые расселительницы малинной тли в первый день охотно питались на ежевике, но через 3—7 дней погибали. В лабораторных условиях на растениях в вазонах, изолированных стеклянным колпаком, наблюдалось отрождение крылатыми девственницами от 1 до 3 личинок, не более, после чего самки погибали.

Из бескрылых девственниц прижилось на ежевике и отродило потомство также очень небольшое число особей. В то же время особи малинной тли, пересаженные с малины на малину в саду на ветви под изоляторы, развивались более или менее нормально.

Из 10 личинок 1-го возраста, пересаженных 19 апреля с одного растения малины на другое, прижилось 9 особей, к 16 мая у самок отродилось по 5—8 личинок; 7 июня каждая из колоний тлей достигала нескольких сотен особей.

В естественных условиях на ежевике крылатые расселительницы и реже личинки малинной тли встречались единично на кустах, растущих вблизи малины, зараженной *A. idaei*.

Учитывая перечисленные выше наблюдения, мы полагаем, что в условиях Украины малинная тля практически не способна заражать ежевику.

Личинки основательниц малинной тли появляются в период почти полного распускания почек у малины.

Весной и в первую половину лета, когда тли питаются на молодых растущих побегах и на цветоножках, они окрашены в желтовато-зеленый цвет; брюшко некоторых особей имеет неяркий зеленоватый мраморный рисунок. Ко времени окончания цветения малины тли приобретают желтовато-соломенный цвет. В это время в колониях

Таблица 1

Дата пересадки	Пересажено тлей			Погибло, не оставив потомства		
	личинок основательниц	крылатых расселительниц	бескрылых самок и их личинок	основательниц	крылатых расселительниц	бескрылых самок и их личинок
В лаборатории						
20—25/III (воспитывались на срезанных ветвях)	24	—	—	22	—	—
6/VI—18/VII (на растениях в вазонах)	—	53	—	—	45	—
В саду						
6/IV и 29/IV	34	—	—	34	—	—
21/IV	—	—	24	—	—	24
16/V	—	—	50	—	—	41
16—20/VI	—	50	—	—	50	—
29/VI	—	30	—	—	30	—
Итого	58	133	74	56	125	65

появляются многочисленные крылатые девственницы расселительницы (Львов, 22/VI 1956 г., 9/VI 1957 г.).

Обычно к началу созревания ягод тлей становится меньше, и в зависимости от погодных условий лета большая часть их или почти все, в некоторые годы, встречаются на растениях уже не колониями, а одиночно, с нижней стороны листьев. При этом размер тела особей вполнину меньше, чем у весенних поколений, а окраска почти белая.

Сезонные изменения признаков не ограничиваются изменениями величины и окраски — меняется и число члеников усиков. При просмотре сборов малинной тли с малины 25 июля и 25 августа 1956 г. в саду сельскохозяйственного института во Львове и 10 июля 1956 г. в с. Сокольники Пустомытовского района Львовской области наряду с особями, имеющими 6-члениковые усики, были обнаружены бескрылые девственницы с 5-члениковыми усиками. Возможность появления бескрылых девственниц с 5-члениковыми усиками у этого вида была подтверждена лабораторными наблюдениями, проведенными в 1957 г. (Львов).

3 мая бескрылая девственница *A. idaei* третьего поколения была перенесена на отпрыск малины, пересаженной в вазон. К 3 июня на молодых и закончивших рост листочках с нижней стороны одиночно питались 47 мелких светлых тлей.

Просмотр бескрылых девственниц проводился с 23 мая. Из 10 самок, взятых 23 мая, все оказались с 6-члениковыми усиками. Уже 5 июня из 10 осмотренных самок только 2 имели 6-члениковые усики, а у 8 самок усики состояли из 5 члеников.

Последующие просмотры тлей на протяжении июня (до 29/VI) дали подобные же результаты: встречались в основном самки с 5-члениковыми усиками и единично с 6-члениковыми, а также особи, у которых граница между III и IV члениками была едва заметна.

Морфологические признаки бескрылых девственниц с 5-члениковыми усиками, обнаруженных в нашем опыте на малине в вазоне, подобны признакам, характерным для самок с 5-члениковыми усиками, найденных в 1956 г. на малине в природных условиях.

В. В. Добровлянский [1] в 1913 г. сообщал, что во второй половине лета 1912 г. он обнаружил и описал новый вид тли с малины, назвав его *Aphis mordvilkiana*. Описание, данное В. В. Добровлянским для бескрылых девственниц этого нового вида, совпадает с признаками наших летних форм вида *A. idaei* с 5-члениковыми усиками.

По Добровлянскому, у бескрылой девственницы *A. mordvilkiana* тело овальное, белой окраски, краевых бугорков нет, усики $2/3$ длины тела, 5-члениковые, IV членик вдвое короче III, основание V членика немного короче или длиннее IV, а шпиг в 2—3 раза длиннее основания членика, спинные трубочки длинные, прямые, тонкие, у основания несколько утолщенные, хвостик пальцевидный, раза в 3 короче трубочек, хоботок доходит до средней пары ножек; ноги, усики, трубочки, хвостик и хоботок белые, длина тела $3/4$ — 1 мм.

Все эти признаки характерны и для наблюдаемых нами летних форм малинной тли с единственным исключением: как у тлей, собранных в природных условиях, так

и у развивавшихся на малине в горшечной культуре можно обнаружить слабо заметные краевые бугорки на переднегруди; на 1 и 7-м брюшном сегменте.

Результаты измерений бескрылых девственниц *A. mordvilikiana* по Добровлянскому [1] и наших летних бескрылых девственниц *A. idaei* приведены в табл. 2.

Таблица 2

Дата сбора	Д л и н а, мм						
	тела	усика	III чл.	IV чл.	V чл. осн. + шниц	трубочки	хвостика
22/VIII 1913 г., по данным В. В. Добровлянского	0,92	0,62	0,183	0,09	+ 0,073 + 0,203	0,2	0,06
5/VI 1957 г.	0,80	0,57	0,15	0,07	+ 0,08 + 0,16	0,2	0,05
	0,98	0,70	0,23	0,09	+ 0,08 + 0,20	0,24	0,06
	0,77	0,58	0,17	0,07	+ 0,08 + 0,16	0,19	0,05
	0,95	0,67	0,22	0,09	+ 0,08 + 0,17	0,23	0,05
	0,73	0,60	0,17	0,08	+ 0,08 + 0,17	0,20	0,05
	0,92	0,68	0,21	0,08	+ 0,07 + 0,20	0,22	0,06
10/VI 1957 г.	0,89	0,68	0,23	0,09	+ 0,08 + 0,20	0,23	0,07
	0,70	0,54	0,16	0,07	+ 0,07 + 0,16	0,17	0,05
	0,80	0,61	0,19	0,07	+ 0,07 + 0,17	0,21	0,07
	0,70	0,55	0,16	0,08	+ 0,07 + 0,16	0,20	0,07
	0,70	0,57	0,19	0,08	+ 0,07 + 0,16	0,20	0,07
	0,70	0,57	0,16	0,07	+ 0,07 + 0,16	0,20	0,06

Сообщения В. В. Добровлянского о том, что *A. idaei* обнаруживалась им в первой половине лета, а затем на малине он находил только особей *A. mordvilikiana*, расселяющихся рассеянно на нижней стороне листьев, точно соответствуют картине сезонных изменений численности и места обитания, наблюдаемой нами у малинной тли.

Учитывая особенности биологии малинной тли, а также совпадение внешних признаков у летних форм бескрылых девственниц *A. idaei* и у *A. mordvilikiana*, можно полагать, что описанная В. В. Добровлянским *A. mordvilikiana* фактически является летней формой *A. idaei*.

На однозначность *A. idaei* и *A. mordvilikiana* указывал и В. П. Невский [4]. Однако из-за недостатка фактических доказательств в этом вопросе наблюдаются разногласия. В частности, К. Бернер [6] считает, что ежевичная тля *Aphis (Doralis) ruborum* является синонимом *A. mordvilikiana*, что в свете выше приведенных фактов, выясненных при наблюдениях за развитием малинной тли, не является правильным.

Обоеполые особи у малинной тли появляются в начале сентября. Нормальная самка (8/X 1956 г.) похожа на летнюю бескрылую девственницу. Цвет незрелой нормальной самки белый, но с созреванием яиц самка становится оранжевой. Краевые бугорки незаметны, волоски на усиках короче, чем у бескрылых девственниц, достигают $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{2}$ диаметра III членика усика. Голени задних ног слегка утолщены. Остальные признаки такие же, как у бескрылых девственниц с 5-члениковыми усиками.

Измерения (в мм): длина тела — 1,01, усики — 0,59, в том числе III чл. — 0,16, IV чл. — 0,08, V чл. — осн. 0,08, шниц — 0,22, трубочки — 0,15, хвостик — 0,07.

Морфологические признаки нормальной самки малинной тли вполне совпадают с признаками нормальной (яйцекладущей) самки *A. mordvilikiana*, описанной В. В. Доб-

ровлянским. Размеры последней, по Добровлянскому, следующие (в мм): длина тела — 0,9, усики 0,61, в том числе III чл. — 0,164, IV — 0,088; V — осн. 0,078 + шниц 0,207, трубочки — 0,14, хвостик — 0,06.

Совпадение внешних признаков у нормальных самок малинной тли и *A. mordvilikiana* еще раз говорит об их идентичности.

Новосибирский
сельскохозяйственный институт

Поступила в редакцию
3/VII 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Добровлянский, К биологии тлей плодовых деревьев и ягодных кустов. Киев, 1913.
2. А. К. Мордвилко, Кормовые растения тлей СССР и сопредельных стран. Н.К.З. РСФСР. Гос. ин-т опытной агрономии, 1929.
3. В. П. Невский, Тли Средней Азии. Ташкент, 1929.
4. А. К. Мордвилко, Определительные таблицы *Aphidodea* в определителе насекомых. Огиз-Сельхозгиз, М., 1948.
5. В. П. Невский, Подотряд *Aphidodea*. Вредные животные Ср. Азии (справочник), 1949.
6. С. Вögner, *Europae Centralis Aphides*. Schr. Thüring. Landesarbeitsgemeinschaft, H. 4, 1952.

ХРОНИКА

НАУЧНАЯ СЕССИЯ БУРЯТСКОГО КНИИ СОАН СССР,
ПОСВЯЩЕННАЯ 300-ЛЕТИЮ
ДОБРОВОЛЬНОГО ВХОЖДЕНИЯ БУРЯТИИ В СОСТАВ РОССИИ

В июле 1959 г. бурятский народ отмечал знаменательную дату своей истории — 300-летие добровольного вхождения в состав Российского государства.

На основании решений Президиумов Академии наук СССР и ее Сибирского отделения 29—30 июня 1959 г. в Бурятском комплексном научно-исследовательском институте СОАН СССР состоялась научная сессия, посвященная прогрессивным последствиям добровольного вхождения Бурятии в состав Российского государства. В работе сессии приняли участие ученые Москвы, Иркутска, Новосибирска, Омска и Читы.

На сессии было заслушано более 20 докладов научных сотрудников института и ученых других городов.

Канд. ист. наук Б. Д. Цибилов в своем докладе показал добровольный характер вхождения Бурятии в состав России и историческое значение присоединения для судеб бурятского народа.

В докладах канд. ист. наук И. А. Асалханова, проф. В. И. Шункова и Г. Н. Румянцева подробно охарактеризовано влияние вхождения Бурятии в состав России на ее хозяйственное и общественное развитие.

Кандидаты ист. наук Г. Л. Санжиев и Б. М. Митупов подчеркнули, что самым важным прогрессивным последствием добровольного вхождения Бурятии в состав России было приобщение бурятского народа к революционной борьбе русского рабочего класса. Трудящиеся буряты в лице русского рабочего класса нашли верного союзника и вождя в своей национально-освободительной борьбе. Под его руководством бурятские крестьяне боролись за установление и упрочение Советской власти.

В Советской Бурятии бурно развиваются производительные силы. Итогом изучения природных ресурсов и производительных сил республики были посвящены доклады проф. Н. А. Флоренсова, д-ра геол.-мин. наук О. В. Макеева, кандидатов наук Б. Р. Буянтуева и Г. Л. Тарасова, В. А. Дворкина-Самарского, Г. А. Дмитриева, и Ц. О. Очирова. В докладах подчеркивается, что еще до Октябрьской революции русские ученые проводили исследования природных ресурсов и производительных сил Бурятии, но планомерные работы по изучению края начались только в советское время. В тридцатых годах в Бурятии работали крупные экспедиции центральных научно-исследовательских учреждений страны, главным образом институтов Академии наук СССР.

Особенно широкий размах научные исследования на территории республики получили в начале пятидесятых годов, когда развернула свою работу Бурятская комплексная экспедиция СОПС АН СССР, в работе которой участвовало большое число академических и ведомственных учреждений.

В области геологии были выяснены закономерности размещения на территории республики угля, рудных ископаемых, а также был сообщен материал по газонефтеносности. Установлено, что территория республики относится к металлоносным провинциям с большим количеством разнообразных рудопоявлений. Были намечены наиболее перспективные районы для поисковых работ на наиболее ценные металлы. В результате исследований газонефтеносности недр Бурятии стало возможным считать достаточно аргументированным вопрос о необходимости тщательной постановки геологоразведочных работ на нефть.

Экспедиция проделала большой комплекс исследовательских работ по определению перспектив развития отдельных отраслей промышленного производства.

Исследования показали, что ведущее место в Бурятии будет занимать промышленность цветных металлов. Была выявлена возможность возникновения здесь новой отрасли цветной металлургии — алюминиевой промышленности на базе Кяхтинского месторождения силлиманитов.

Другой отраслью общесоюзного значения должна стать лесная, деревообрабатывающая и лесохимическая промышленность. При правильном ведении лесного хозяйства и лесозаготовок Бурятия может стать крупным поставщиком лесной продукции. Экспедиция рекомендовала построить в Бурятии на базе лесов бассейна р. Селенга и ее притоков мощный целлюлозный комбинат.

Ряд практических рекомендаций был дан экспедицией и по другим отраслям промышленности — машиностроению, энергетике, легкой и пищевой промышленности, промышленности стройматериалов.

Экспедицией были разработаны конкретные рекомендации по развитию сельскохозяйственного производства и животноводства и, в частности, овцеводства, составлен перспективный баланс сельскохозяйственных земель, намечены мероприятия по мелиорации, составлен перспективный баланс кормов.

Ряд рекомендаций экспедиция дала в области транспорта, электрификации основной железнодорожной магистрали.

Кроме того, экспедицией проводились исследования и разработаны предложения по развитию рыбного и промысловоохотничьего хозяйства; выявлены перспективные потребности в рабочей силе и возможности их покрытия.

Таким образом, Бурятская комплексная экспедиция СОПС АН СССР наметила перспективы развития производительных сил Бурятской АССР на ближайшие 15—20 лет.

Большое значение в деле изучения природных и экономических ресурсов Бурятской АССР имела Восточносибирская конференция по развитию производительных сил (1958 г.), а также Бурятское региональное совещание.

Семилетний план развития народного хозяйства Бурятской АССР на 1959—1965 гг. разработан с широким привлечением материалов и рекомендаций Бурятского регионального совещания.

О языке, литературе и культуре бурятского народа, о роли русской культуры и русских ученых в развитии культуры Бурятии рассказали проф. А. П. Окладников, проф. Г. Д. Санжиев, кандидаты наук Ц. Б. Цыдендамбаев, Л. Ш. Шагдаров, Ц. А. Дугар-Нимаев, Т. О. Туденов, М. П. Хомонов, Л. Е. Элиасов, А. И. Уланов и П. И. Хадалов, а также С. П. Балдаев, А. В. Давыдова и И. А. Ким.

В докладах, поставленных на сессии, были особо отмечены помощь и руководство русских ученых Академии наук СССР в развитии науки и подготовке научных кадров в Бурятии. Участники сессии выразили благодарность Коммунистической партии и Советскому правительству за заботу о развитии науки в республике.

Г. А. Санжиев

ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО БИОФИЗИКЕ ЭРИТРОЦИТОВ

Биофизика как новая наука, возникшая на стыке биологии и физики, приобретает в последнее время все большее значение. Применение физических методов исследования в биологии позволило приступить к расшифровке физико-химических основ жизненных явлений. Сейчас становится все более ясным, что наиболее простые клетки организма — эритроциты — играют в организме роль транспортных клеток, служащих для переноса многих метаболитов, а не только кислорода и углекислоты. Благодаря этому, а также исключительно большому значению для медицины консервирования крови эритроциты становятся важным объектом исследования. Об этом свидетельствуют два международных симпозиума по структуре и функциям эритроцитов, прошедших в Берлине в 1955 и 1957 гг., а также Совещание, состоявшееся в Красноярске в июле 1959 г.

Всесоюзное совещание по биофизике эритроцитов было организовано Институтом физики СОАН СССР и проходило в Красноярске с 3 по 9 июля 1959 г. В совещании приняли участие ученые Москвы, Ленинграда, Красноярска, Свердловска, Новосибирска, Минска, Иркутска, Томска и других городов страны. Было заслушано и обсуждено 56 докладов, посвященных структуре и функциям эритроцитов в норме и патологии, действию радиации на клетки крови, биохимии безъядерных эритроцитов, клиническому применению метода эритрограмм и другим вопросам биофизики крови.

Д. И. Гольдберг (Томский медицинский институт) изложил результаты многолетних исследований эритроцитов в норме и патологии, показав сложность структуры клеток крови.

П. А. Шершев (Иркутский медицинский институт) осветил наиболее важные проблемы биохимии безъядерных эритроцитов.

Физико-химическим свойствам и механизму гемолиза под действием ионизирующей радиации был посвящен доклад П. С. Васильева и М. П. Петровой (Центральный институт гематологии и переливания крови).

В ряде докладов были изложены результаты исследования красной крови дифференциальным методом — методом эритрограмм, разработанным в лаборатории биофизики Института физики СОАН СССР. За сравнительно короткое время метод приобрел широкую известность и стал применяться в других научных учреждениях.

Физико-математические и физиологические основы метода эритрограмм были изложены И. А. Терсковым и И. И. Гительзоном. О применении этого метода к исследованию иммунного гемолиза рассказала В. Т. Позтова (Институт физики СОАН СССР). Сотрудники Московского университета Ю. Б. Кудряшев, Е. Н. Гончаренко, А. Б. Утевская и др. сообщили результаты исследования методом эритрограмм активности тка-

невных гемолизинов после облучения. Оживленное обсуждение вызвало сообщение А. И. Воробьева (Центральный институт усовершенствования врачей) по клиническому применению метода. Совещание рекомендовало метод эритрограмм вниманию клиницистов и исследователей физиологии крови.

Вопросам радиационного повреждения клеток крови были посвящены доклады Б. Н. Тарусова, Ю. А. Кригера и И. М. Пархоменко (Московский университет), Е. Д. Гольдберга (Томский медицинский институт), В. П. Макарова (Институт физики СОАН СССР).

В докладах И. А. Серебренниковой, Т. С. Федоровой и Л. П. Горбенко (Томский медицинский институт), Т. В. Авраамовой (Томский научно-исследовательский институт вакцин и сывороток) были изложены данные об изменении ферментативной активности эритроцитов у больных раком. Доклады вызвали большой интерес и оживленную дискуссию о рациональных путях раскрытия опухолевого роста.

Г. А. Дворкин (Институт биофизики АН СССР), Ю. Е. Москаленко (Институт эволюционной физиологии АН СССР) рассказали об исследованиях структуры эритроцитов путем выяснения их физико-химических свойств. Используя различные физические методы, авторы приходят к сходному, в основных чертах, представлению о диэлектрической структуре оболочки эритроцита.

На Совещании были широко представлены работы по спектрофотометрии гемоглобина и его дериватов. Исследуя кинетику окисления гемоглобина и его перехода в гематин, Б. Г. Ковров и М. С. Левинсон (Институт физики СОАН СССР) получили данные, указывающие на неоднородность состава гемоглобина и возможность возрастных изменений молекул пигмента.

Доклад Н. А. Токового и М. В. Анисимова (Красноярский сельскохозяйственный институт) был посвящен исследованию влияния радиоактивного кальция на морфологический состав крови.

П. Г. Подзолков и С. Е. Мочкина (Красноярский медицинский институт) привели данные экспериментального исследования эритрограмм и морфологических показателей костного мозга при белковом голодании, показали изменение физико-химических свойств эритроцитов.

А. А. Гуревич и Н. А. Голосова (Институт физики СОАН СССР) на примере восстановления метгемоглобина аскорбиновой кислотой дали характеристику очень важной для нормальной деятельности эритроцитов реакции восстановления гемоглобина.

В ряде работ были освещены вопросы обмена веществ в эритроцитах, эволюции дыхательной функции крови, влияния биофизических свойств эритроцитов на электрические характеристики цельной крови, инфракрасные спектры нормальной и облученной крови и т. д.

В резолюции совещания подчеркнута плодотворность комплексного исследования крови биофизиками, биохимиками, физиологами и клиницистами. Практическим врачам и исследователям физиологии человека и животных рекомендовано широко применять новые методы исследования крови: метод эритрограмм, люминесцентный метод счета ретикулоцитов, электрофоретический метод исследования эритроцитов, фотографическую регистрацию динамики РОЭ, новую модификацию купросульфатного метода определения гемоглобина.

Совещание наметило наиболее актуальные вопросы дальнейших исследований: изучение строения и физико-химии эритроцитов; обмена веществ в безядерных клетках в норме и патологии; исследование видов и фракций гемоглобина и разработка методов их получения и анализа; определение качественного состава красной крови и установление факторов, изменяющих его, выяснение механизма гибели эритроцитов; развитие количественного исследования поражения эритроцитов ионизирующей радиацией и др.

Учитывая большую важность проблемы болезней крови и особенно проблемы лейкозов, совещание отметило, что назрела настоятельная необходимость в открытии специализированного гематологического стационара (в настоящее время в Сибири нет ни одного такого стационара), где больные, ныне находящиеся в различных клиниках, могли бы получить квалифицированную помощь. База для полноценного исследования гематологических больных с применением новейших методов анализа в Красноярске имеется.

Совещание признало целесообразным для координации работ по биофизике создать постоянно действующую комиссию в системе Академии наук СССР. Участники совещания одобрили инициативу лаборатории биофизики Института физики СОАН СССР по созыву настоящего совещания и решили проводить такие совещания один раз в 2—3 года.

Всесоюзное совещание по биофизике эритроцитов в Красноярске явилось первым совещанием по этой проблеме в нашей стране и первой конференцией биофизиков в Сибири. Его созыв еще раз подтверждает, что решения партии и правительства о развитии науки на Востоке страны усилиями ученых Сибирского отделения АН СССР и других научных учреждений претворяются в жизнь.

В. Е. Кузнецов

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ВОСПРОИЗВОДСТВУ КЕДРОВЫХ ЛЕСОВ

С 15 по 17 сентября 1959 г. в Новосибирске проходила научно-техническая конференция по комплексному использованию и воспроизводству кедровых лесов, организованная Главным управлением лесного хозяйства и полесозащитного лесоразведения Министерства сельского хозяйства РСФСР, Сибирским отделением АН СССР, Отделом лесоводства и агролесомелиорации ВАСХНИЛ, Научно-техническим обществом лесной промышленности (Новосибирским правлением) и Научно-техническим обществом сельского и лесного хозяйства.

В работе конференции приняли участие работники Биологического, Леса и древесины и Химико-металлургического институтов Сибирского отделения АН СССР, отделения лесоводства и агролесомелиорации ВАСХНИЛ, Дальневосточного института лесного хозяйства, ВНИАЛМИ, Сибгипролеспрома, Всесоюзного объединения «Леспроект», Ленинградской лесотехнической Академии им. С. М. Кирова, Сибирского технологического института, Сибирского научно-исследовательского института лесного хозяйства, Бурятского комплексного научно-исследовательского института и других научных учреждений и учебных заведений РСФСР. От производственных организаций в конференции участвовали работники лесных управлений и лесхозов Алтайского, Красноярского, Хабаровского и Приморского краев, Новосибирской, Томской, Омской, Кемеровской, Свердловской, Тюменской, Читинской и Иркутской областей, представители Главного управления лесного хозяйства Министерства сельского хозяйства РСФСР и его специальной экспедиции по кедру, а также представитель министерства лесного хозяйства и лесной промышленности Латвийской ССР, работники лесоустройства, проектных организаций и совнархозов Сибири. Всего участвовало около 200 человек от 65 организаций.

На конференции было заслушано и обсуждено 16 докладов и сообщений ученых и производственников о результатах работ по изучению кедрового и корейского, о направлении их комплексного использования, а также по восстановлению и расширению площадей кедров в Сибири, на Урале, в Казахстане и на Дальнем Востоке. Открыл конференцию акад. А. С. Яблоков (Академик-секретарь Отделения лесоводства и агролесомелиорации ВАСХНИЛ).

Обзорный доклад о состоянии и задачах использования и воспроизводства кедровых лесов РСФСР сделал А. Ф. Мукин (Главное управление лесного хозяйства РСФСР) и д-р биол. наук Г. В. Крылов (Биологический институт СОАН СССР).

Они подробно остановились на состоянии кедровников, отметив, что хозяйство на значительных площадях лесов с господством и участием кедрового и корейского ведется на низком уровне. Не закончено еще выявление и изучение лесного фонда, имеются значительные лесные массивы кедров, не охваченные лесоустройством; кедровники до настоящего времени еще недостаточно используются в народном хозяйстве. В заключение докладчики предложили организовать опытные комплексные кедровые хозяйства (кедропромхозы) для рационального использования кедров, снабдив их необходимыми машинами и оборудованием. Необходимо разработать генеральный план восстановления вырубленных и уничтоженных пожарами и вредителями кедровых лесов, значительно увеличить масштабы лесовосстановительных работ в кедровых лесах Сибири и Дальнего Востока и обеспечить их выполнение. Кроме того, были приведены конкретные мероприятия по рациональному использованию кедров и их восстановлению.

Акад. А. С. Яблоков (ВАСХНИЛ) познакомил участников конференции с задачами и методами селекции и семеноводства кедрового в СССР.

Докладчик предложил выявлять лучшие маточные насаждения кедрового сибирского (плюсовые насаждения), маточные деревья (плюсовые) для целей семеноводства и создания семеноводческих заказников. При отборе жизнестойких и плодовых форм кедров должно учитываться качество стволов, быстрота и мощность роста. Он считает необходимым проводить прививки кедрового сибирского с целью разведения лучших форм (сортов) его и для получения вегетативных гибридов. Автор уделит внимание принципу организации семеноводческих заказников в лесхозах и, в первую очередь, лесхозах, которые необходимо организовать в Сибири.

Начальник Новосибирского Управления лесного хозяйства С. И. Кабалин сообщил о кедровом хозяйстве Новосибирской области и опыте выращивания культур кедров, по которым область имеет ряд производственных достижений.

В. А. Дудин в докладе «Состояние и задачи использования кедровников Томской области» рассказал о современной эксплуатации кедровых лесов, их восстановлении. Говоря о комплексном использовании кедровой тайги, он предложил ряд практических мероприятий.

Канд. биол. наук Т. П. Некрасова (Биологический ин-т СОАН СССР) в докладе «Научные основы организации кедровых орехово-промысловых хозяйств Западной Сибири» охарактеризовала состояние орехового промысла в Томской области, отметив при этом примитивные способы заготовки и первичной переработки шишек. Автором

были приведены данные о размере урожая в сопоставлении с фактическим сбором за 11 лет на территории Томской области, предложена шкала урожайности для кедров и показана возможность использования морфологического метода для прогноза урожая. Был поставлен вопрос о необходимости организации в ближайшее время кедровых семенных хозяйств в каждой области.

Проф. Л. Ф. Правдин (Институт леса и древесины СОАН СССР) доложил о путях изучения плодоношения кедров сибирского.

В докладе «Итоги изучения вредителей кедров и задачи по борьбе с ними» канд. биол. наук Н. Г. Коломиец (Биологический институт СОАН СССР) охарактеризовал вредителей кедров сибирского и корейского и обратил внимание на вредителей, приносящих наибольший вред кедров. Изучение этих вредителей должно проводиться в первую очередь. Автор отметил, что эффективные меры борьбы с вредителями при современных средствах борьбы возможны только при хорошем знании биологии вредителей.

Докт. биол. наук Б. П. Колесников и научный сотрудник Е. П. Смолоногов (Уральский филиал АН СССР) доложили о некоторых закономерностях возрастной и восстановительной динамики кедровых лесов Зауралья Приобья.

О состоянии и путях использования кедровников Дальнего Востока сделал доклад докт. с/х наук К. П. Соловьев (ДальНИИЛХ).

Проблеме комплексного прижизненного использования кедров посвятил свой доклад старший инженер В. П. Зноско (Сибгипролеспром), в котором охарактеризовал принципы организации комплексных кедровых хозяйств и их деятельность в прижизненной эксплуатации кедровников.

Канд. хим. наук В. А. Пентегова (Химико-металлургический институт СОАН СССР) в докладе «Перспективы промышленного использования живицы сибирского кедров» на основании проведенных исследований живицы кедров и продуктов ее переработки показала большую ценность данных живицы для народного хозяйства.

Аспирант Н. А. Луганский (Уральский филиал АН СССР) доложил об изменчивости деревьев кедров сибирского по коре на Среднем Урале.

О кедровых насаждениях в Туве, их использовании и перспективах развития рассказал главный лесничий М. Г. Петренко (Тувинское управление лесного хозяйства).

С докладом «Об охотничьем хозяйстве и кедропромхозах» выступил проф. В. Н. Скалон (Бурятский комплексный научно-исследовательский институт СОАН СССР). Он охарактеризовал историю развития охотничьего хозяйства и подверг критике современные промхозы.

Старший научный сотрудник М. Н. Ширская (Госзаповедник «Столбы») в сообщении «Лесоводственное обоснование культур кедров сибирского посадкой в горных лесах Сибири» охарактеризовала пути восстановления кедров на вырубках и под пологом леса. Лучшим типом культур кедров, по мнению автора, является создание сложных кедровых насаждений с примесью лиственницы и липы.

На вопросах агротехники выращивания кедров сибирского подробно остановилась канд. с/х наук О. П. Олисова.

После докладов состоялись оживленные прения.

Младший научный сотрудник М. В. Ноздренко (Биологический институт СОАН СССР) рассказала о болезнях кедров сибирского. Кедр сибирский в различном возрасте подвергается грибным и бактериальным болезням. На территории Сибири отмечено 15 заболеваний кедров.

Г. П. Мотовилов (Институт леса и древесины СОАН СССР) отметил, что для кедровых лесов экономическая проблема является ведущей и ее решение послужит основой для решения биологических вопросов. Только при высоком практическом уровне хозяйства возможно реализовать научные достижения.

Лесничий М. П. Гуляев (Томский лесхоз) поделился опытом выращивания посадочного материала кедров при посеве осенью.

А. Ф. Логинов (Нач. Кемеровского управления лесного хозяйства) в своем выступлении рекомендовал переходить на посев кедров на лесокультурные площади, но предупредил о необходимости найти метод борьбы с вредителями, которые уничтожают орехи кедров. Говорил он также о недостатках в ведении хозяйства в кедровниках.

Проф. Г. Г. Самойлович (ЛТА) отметил, что необходимо уточнить и совершенствовать таксацию леса и картографию лесов, рассказал о новейших способах картографии кедровых лесов, об изучении кедровников с самолета.

В прениях выступило 20 человек.

Участники конференции обращали внимание на необходимость осуществления некоторых организационных мероприятий, способствующих комплексному использованию и воспроизводству кедровых лесов.

В принятом научно-технической конференцией решении отмечено, что кедровые леса Сибири, Дальнего Востока и Урала сильно страдают от вредителей леса, лесных пожаров и бессистемных рубок, не прекращающихся до сих пор, в результате чего возникла серьезная угроза уменьшения распространения кедров в лесах СССР и ухудшения производительности кедровых лесов. В решении даны рекомендации совнархозам (Томскому, Алтайскому, Иркутскому, Красноярскому, Хабаровскому и Казахстан-

скому) организовать по 2—3 опытных комплексных кедровых хозяйства (кедропромхоза) для рационального использования кедров, снабдив их необходимыми машинами и механизмами. В целях сохранения кедровников как уникальных памятников природы конференция считает желательной организацию заповедников в районе Кур-Урми Хабаровского края, Восточно-Саянского заповедника Иркутской области, Кондо-Сосьвинского заповедника в северо-восточном Приуралье и др.

Конференция высказала пожелание продолжить работы по увеличению плодоношения кедров, механизации и рационализации сбора и обработки шишек, содействию естественному возобновлению кедров, разработке способов реконструкции малочисленных насаждений на месте бывших кедровников для различных зон и районов, а также способов агротехники выращивания кедров, надежной борьбы с вредными насекомыми и грызунами в лесах Сибири, Казахстана, Дальнего Востока и Урала.

Конференция обратилась с просьбой в Госплан РСФСР и Главное управление лесного хозяйства и охраны леса при Совете Министров РСФСР рассмотреть и утвердить рекомендации Биологического института Сибирского отделения АН СССР по системе рубок главного пользования кедров сибирского и ДальНИИЛХа по системе рубок кедров корейского.

В заключение конференция считает необходимым создание при Сибирском отделении АН СССР постоянного совета по координации научных исследований и рекомендаций по проблеме кедров.

После конференции была проведена научная экскурсия в Базойские кедровые Томской области, расположенные в 170 км от г. Новосибирска. Участники конференции ознакомились с типами кедровых лесов данного района, с почвами, а также с методами учета урожая кедров по следам шишек.

Г. В. КРЫЛОВ, Ю. П. ХЛОПОВ

ОБЩЕЕ СОБРАНИЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АН СССР

23 и 24 сентября 1953 г. состоялось очередное Общее собрание Сибирского отделения АН СССР.

Ученые обсудили и утвердили проект проблемного плана Отделения и план опытно-промышленной проверки и внедрения законченных научных работ в народное хозяйство на 1960 г.

С докладами по этому вопросу выступили руководители объединенных ученых советов: по физико-математическим и техническим наукам — акад. С. Л. Соболев; по химическим наукам — чл.-корр. АН СССР А. В. Николаев, по геологическим наукам — акад. А. А. Трофимук, по биологическим наукам — чл.-корр. АН СССР Н. П. Дубинин, по экономическим наукам — чл.-корр. АН СССР Г. А. Пруденский. О плане работ по общественным и гуманитарным наукам рассказал д-р филос. наук И. И. Матвеевков.

Собрание заслушало также доклад председателя Сибирского совета экспедиционных исследований чл.-корр. АН СССР Н. Н. Некрасова о плане работы Совета на 1960 г. и о проходившей с 10 по 15 сентября 1959 г. в Магадане конференции по развитию производительных сил Магаданской области.

Большой интерес вызвал доклад начальника сектора Института ядерной физики СОАН СССР Б. Г. Ерозолимовского «О скважинном импульсном нейтронном генераторе для разведки нефти и газа», только что прошедшем опытно-промышленную проверку на Башкирских нефтяных промыслах. Этот новый прибор, разработанный Институтом ядерной физики совместно с Институтом геологии и разработки горючих ископаемых АН СССР, позволяет значительно сократить расходы при определении запасов нефтяных и газовых месторождений и решать вопросы, до сих пор представлявшие большие трудности при нефтеразведке.

Ученые обсудили вопросы строительства объектов Сибирского отделения АН СССР.

О ходе выполнения плана строительства Академгородка в 1959 г. и плане 1960 г. собранию доложил начальник «Сибкадемстрой» Л. Я. Губанов. О состоянии строительства объектов Отделения в центре Новосибирска рассказал начальник Управления строительства Новосибирского совнархоза В. М. Волков.

Выступившие затем акад. С. А. Христианович, чл.-корр. АН СССР А. А. Ковальский и Н. А. Чинакал, канд. мат. наук Н. В. Никифоров, главный инженер Института геологии и геофизики С. М. Жданов, начальник УКСа Отделения Г. Д. Чхендзе отметили все еще имеющиеся недостатки в строительстве: срывы сроков ввода в эксплуатацию пусковых объектов, низкое качество отделочных работ и др.

Торжественное заседание Общего собрания было посвящено 10-летию Китайской Народной Республики.

С докладом «Десятая годовщина Китайской Народной Республики» выступил д-р филос. наук И. И. Матвеев, Акад. А. А. Трофимук сделал доклад «Развитие науки в Китае и советско-китайские научные связи».

В выступлениях ученых Отделения д-ра хим. наук В. Т. Быкова, д-ра биол. наук К. А. Соболевской, а также китайских товарищей — аспиранта Института гидродинамики Сунь Цао, научного работника Чу Чю-тян — отмечались выдающиеся победы китайского народа за 10 лет развития Китайской Народной Республики, идущей по пути строительства социалистического общества, говорилось о нерушимой дружбе советского и китайского народов.

С большим воодушевлением было принято письмо ученых Отделения к китайскому народу, адресованное Центральному совету Общества китайско-советской дружбы в г. Пекине.

А. К. Черненко

ПРОВОДИТСЯ ПОДПИСКА

на ежемесячный научный журнал

ИЗВЕСТИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

Обнаруженные опечатки в № 11 журнала «Известия» за 1959 г.

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
12	15 сверху	U_i	U_j
12	16 "	$\frac{\partial Q_i}{\partial Q_{ri}}$	$\frac{\partial Q_j}{\partial Q_{ri}}$
15	20 снизу	$\frac{dU_i}{dP_{ri}}$	$\frac{dU_j}{dP_{ri}}$

ПОДПИСНАЯ ЦЕНА ЖУРНАЛА

на 12 месяцев — 84 руб.

на 6 месяцев — 42 руб.

на 3 месяца — 21 руб.

Цена отдельного номера 7 руб.

Подписка принимается всеми городскими и районными отделами Союзпечати, отделениями и агентствами связи и общественными уполномоченными в научно-исследовательских институтах, учебных заведениях и учреждениях, а также в магазинах «Академкнига».

Отдельные номера журнала могут быть высланы наложенным платежом. Заказы направлять в Новосибирский магазин № 1 Облкниготорга, отдел «Книга—почтой» (Новосибирск, Красный проспект, 21) или в редакцию журнала (Новосибирск, Советская, 20, комн. 428).

Художественный редактор А. А. Фединаметов.
Технический редактор О. А. Локшина, Корректор Э. И. Колодочкина.

Подписано к печати 24/XI 1959 г. МН 07026. Бумага 70×108/32—3 бум. л. 9,24 печ. л. 10,5 уч.-изд. л.
Заказ № 203. Тираж 1300

Издательство Сибирского отделения АН СССР, Новосибирск, Советская, 20. Типография № 1
Полиграфиздата, Новосибирск, Красный проспект, 20. Цена 7 руб.