

7-167/2

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
СССР

4

НОВОСИБИРСК

1961

ИЗВЕСТИЯ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
СССР

4

Писать разборчиво

Инв. № П-30923

Шифр П-167/2

Автор Известия Сиб.

Название Отд. АН СССР

Л. М. КУРШИН, Л. А. ФИЛЬШТИНСКИЙ

УСТОЙЧИВОСТЬ РАВНОМЕРНО СЖАТОЙ
МНОГУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНКИ

Решение задачи устойчивости правильного n -угольника может быть получено вариационным путем с использованием функции, аппроксимирующей прогиб в виде: $w = \prod_{i=1}^n F_i^*(x, y)$,

где $F_i(x, y) = 0$, ($i = 1, 2, \dots, n$) — уравнения контурных линий. Такой путь приводит уже при небольших значениях n к громоздким выкладкам.

В связи с этим в настоящей заметке при решении задачи устойчивости n -угольника проводится конформное отображение рассматриваемой области на круг. Для круговой области выбор аппроксимирующей функции оказывается весьма простым, и эффективное решение задач устойчивости как шарнирно-опертого, так и защемленного n -угольника удается получить с весьма высокой степенью точности при произвольном числе сторон n .

Обозначим через z плоскость, на которой ставится краевая задача для правильного n -угольника ($z = x + iy$), и через ζ плоскость единичного круга ($\zeta = \xi + i\eta$).

Функция, реализующая конформное отображение правильного n -угольника на единичный круг, дается интегралом Кристоффеля:

$$z = z(\zeta) = C_n \int_0^{\zeta} \frac{d\zeta}{\sqrt{(1 + \zeta^n)^2}}, \quad (0,1)$$

где

$$C_n = \frac{R}{I_0} \cos \frac{\pi}{n}, \quad I_0 = \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt{(1 + t^n)^2}}, \quad (0,2)$$

R — радиус описанного круга.

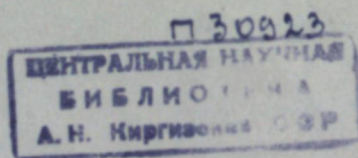
1. Защемленный правильный n -угольник

Представим уравнение устойчивости в случае всестороннего равномерного сжатия

$$\nabla^2 \nabla^2 w + \frac{P}{D} \nabla^2 w = 0$$

в виде

$$L_z(w) = 16 \frac{\partial^4 w}{\partial z^2 \partial \bar{z}^2} + \frac{4P}{D} \frac{\partial^2 w}{\partial z \partial \bar{z}} = 0. \quad (1,1)$$



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

д-р хим. наук В. Т. Быков, член-корр. Т. Ф. Горбачев (зам. главного редактора), д-р с.-х. наук В. Б. Енкен, д-р физ.-мат. наук Л. В. Киренский, д-р техн. наук К. Н. Коржавин, проф. В. А. Кротов, д-р биол. наук Г. В. Крылов, 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, комн. 225.

Полагая $w(z, \bar{z}) = W(\zeta, \bar{\zeta})$, запишем уравнение (1, 1) в плоскости ζ ($|\zeta| < 1$)

$$L_{\zeta}(W) = \frac{(1+\zeta^n)^{\frac{4}{n}-1} (1+\bar{\zeta}^n)^{\frac{4}{n}-1}}{C_n^4} \cdot \left[4\zeta^{n-1}\bar{\zeta}^{n-1} \frac{\partial^2 W}{\partial \zeta \partial \bar{\zeta}} + \right. \\ \left. + 2\bar{\zeta}^{n-1} (1+\zeta^n) \frac{\partial^3 W}{\partial \zeta^2 \partial \bar{\zeta}} + 2\zeta^{n-1} (1+\bar{\zeta}^n) \frac{\partial^3 W}{\partial \zeta \partial \bar{\zeta}^2} + \right. \\ \left. + (\zeta^n + 1)(\bar{\zeta}^n + 1) \frac{\partial^4 W}{\partial \zeta^2 \partial \bar{\zeta}^2} \right] + \frac{P_n}{4D} \frac{(1+\zeta^n)^{\frac{2}{n}} (1+\bar{\zeta}^n)^{\frac{2}{n}}}{C_n^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial \zeta \partial \bar{\zeta}} = 0. \quad (1,2)$$

Зададим в круге $|\zeta| < 1$ аппроксимацию функции $W(\zeta, \bar{\zeta})$, удовлетворяющую условиям защемления.

$$(W)_{|\zeta|=1} = \left(\frac{\partial W}{\partial n} \right)_{|\zeta|=1} = 0$$

в виде

$$W(\zeta, \bar{\zeta}) = A_0(1 - \zeta\bar{\zeta})^2 + A_1(1 - \zeta\bar{\zeta})^3. \quad (1,3)$$

Вводя (1.3) в уравнение (1.2) в форме Галеркина

$$\iint_{|\zeta| < 1} L_{\zeta}(W) \cdot (1 - \zeta\bar{\zeta})^k \cdot \left| \frac{dz}{d\zeta} \right|^2 d\xi d\eta = 0, \quad k = 2, 3$$

и выполнив интегрирование, получим систему

$$\left. \begin{aligned} A_0(I_{11} + \lambda K_{11}) + A_1(I_{12} + \lambda K_{12}) &= 0 \\ A_0(I_{21} + \lambda K_{21}) + A_1(I_{22} + \lambda K_{22}) &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (1,4)$$

где

$$\lambda = \frac{PC_n^2}{4D}. \quad (1,5)$$

$$\left. \begin{aligned} K_{11} &= -2 \iint (1 - 2\zeta\bar{\zeta})(1 - \zeta\bar{\zeta})^2 d\xi d\eta = -\frac{1}{3} \pi \\ K_{12} = K_{21} &= -3 \iint (1 - \zeta\bar{\zeta})(1 - 3\zeta\bar{\zeta})(1 - \zeta\bar{\zeta})^2 d\xi d\eta = -\frac{3}{10} \pi \\ K_{22} &= -3 \iint (1 - \zeta\bar{\zeta})(1 - 3\zeta\bar{\zeta})(1 - \zeta\bar{\zeta})^3 d\xi d\eta = -\frac{3}{10} \pi \end{aligned} \right\} \quad (1,6)$$

$$\left. \begin{aligned} I_{11} &= 4 \iint (1 + \zeta^n)^{\frac{2}{n}-1} (1 + \bar{\zeta}^n)^{\frac{2}{n}-1} [-2\zeta^{n-1}\bar{\zeta}^{n-1}(1 - 2\zeta\bar{\zeta}) + \\ &+ 3(\zeta^n + \bar{\zeta}^n) + 5\zeta^n\bar{\zeta}^n + 1] (1 - \zeta\bar{\zeta})^2 d\xi d\eta. \\ I_{12} = I_{21} &= 4 \iint (1 + \zeta^n)^{\frac{2}{n}-1} (1 + \bar{\zeta}^n)^{\frac{2}{n}-1} [-2\zeta^{n-1}\bar{\zeta}^{n-1}(1 - 2\zeta\bar{\zeta}) + \\ &+ 3(\zeta^n + \bar{\zeta}^n) + 5\zeta^n\bar{\zeta}^n + 1] (1 - \zeta\bar{\zeta})^3 d\xi d\eta. \\ I_{22} &= 12 \iint (1 + \zeta^n)^{\frac{2}{n}-1} (1 + \bar{\zeta}^n)^{\frac{2}{n}-1} [-\zeta^{n-1}\bar{\zeta}^{n-1}(1 - \zeta\bar{\zeta})(1 - 3\zeta\bar{\zeta}) - \\ &- (3\zeta\bar{\zeta} - 2)(\zeta^n + 2\zeta^n\bar{\zeta}^n + \bar{\zeta}^n) - (3\zeta\bar{\zeta} - 1)(\zeta^n + \zeta^n\bar{\zeta}^n + \bar{\zeta}^n + 1)] \times \\ &\times (1 - \zeta\bar{\zeta})^3 d\xi d\eta. \end{aligned} \right\} \quad (1,7)$$

Здесь область интегрирования — круг $|\zeta| < 1$. Для вычисления интегралов (1.7) используем разложение

$$(1 + \zeta^n)^{\frac{2}{n}-1} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{2}{n}-1\right)\left(\frac{2}{n}-2\right)\dots\left(\frac{2}{n}-k\right)}{k!} \cdot \zeta^{nk}. \quad (1,8)$$

Ряд (1.8) сходится абсолютно в любой точке области $|\zeta| < 1$. Получим

$$(1 + \zeta^n)^{\frac{2}{n}-1} (1 + \bar{\zeta}^n)^{\frac{2}{n}-1} = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} a_{km} \zeta^{nk} \bar{\zeta}^{mk}, \quad (1,9)$$

где

$$a_{km} = \frac{\left(\frac{2}{n}-1\right)\left(\frac{2}{n}-2\right)\dots\left(\frac{2}{n}-k\right)}{k!} \cdot \frac{\left(\frac{2}{n}-1\right)\left(\frac{2}{n}-2\right)\dots\left(\frac{2}{n}-m\right)}{m!}. \quad (1,10)$$

Вводя (1.9) в выражения интегралов (1.7), получим

$$\left. \begin{aligned} I_{11} &= \pi(4/3 + \delta_{11}), \\ I_{12} = I_{21} &= \pi(1 + \delta_{12}) \\ I_{22} &= \pi(1,2 + \delta_{22}), \end{aligned} \right\} \quad (1,11)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11} &= 16 \sum_{k=1}^{\infty} a_{k-1, k-1} \frac{(nk)^2 + (nk) + 2}{(nk)^2 (nk+1)(nk+2)(nk+3)}, \\ \delta_{12} &= 48 \sum_{k=1}^{\infty} a_{k-1, k-1} \frac{(nk)^2 + 2}{(nk)^2 (nk+1)(nk+2)(nk+3)(nk+4)}, \\ \delta_{22} &= 288 \sum_{k=1}^{\infty} a_{k-1, k-1} \frac{(nk)^2 + 2}{(nk)^2 (nk+1)(nk+2)(nk+3)(nk+4)(nk+5)} \end{aligned} \right\}, \quad (1,12)$$

и

$$a_{k-1, k-1} = \left[\frac{\left(\frac{2}{n}-1\right)\left(\frac{2}{n}-2\right)\dots\left(\frac{2}{n}-k+1\right)}{(k-1)!} \right]^2, \quad a_{00} = 1.$$

В табл. 1 даны значения δ_{ik} для различных n .

Таблица 1

n	3	4	6	8
δ_{11}	0,21266	0,11077	0,04257	0,02077
δ_{12}	0,07114	0,03337	0,01063	0,00441
δ_{22}	0,05305	0,02196	0,00567	0,00198

Заметим, что $\delta_{ik} \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$.

Критические значения параметра λ , полученные из системы (1.4), даны в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что критический параметр λ мало зависит от n .

Из (1.5), учитывая формулу (0.2) для C_n , получим выражение для критической нагрузки.

$$P_n = \frac{4D}{R^2} \cdot \lambda_n \cdot \frac{I_0^2}{\cos^2 \frac{\pi}{n}} = k \frac{D}{R^2} = k_1 \frac{D}{r^2}, \quad (1,13)$$

где r — радиус вписанного круга и $R = r \sec \frac{\pi}{n}$.

Таблица 2

n	3	4	6	8	∞ (круг)
λ	3,9666	3,8219	3,7281	3,6997	3,6754

Значения $I_0 = \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt[2n]{(1+t^n)^2}}$ для различных n даны в табл. 3.

Таблица 3

n	3	4	6	8	10	∞
I_0	0,8927	0,9239	0,9651	0,9795	0,9863	1

Значения параметров k и k_1 для различных n даны в табл. 4.

Таблица 4

n	3	4	6	8	∞ (круг)
k	50,58	26,10	18,52	16,63	14,70
k_1	12,64	13,05	13,89	14,20	14,70

При $n > 6$ замена n -угольника вписанным в него кругом ($k_1 = 14,70$) приводит к погрешности в критической нагрузке не более 6%.

Интересно отметить, что результат $k = 14,70$ для круга весьма близок к известному точному решению $k = 14,68$. Решение для квадрата $P = 13,05 \frac{D}{r^2}$, которое можно представить в виде $P = 5,187 \frac{\pi^2}{a^2} D$,

где a — сторона квадрата, точнее решения $P = 5,30 \frac{\pi^2}{a^2} D [1]$.

2. Шарнирно-опертый правильный n -угольник

Задача сводится к интегрированию уравнения

$$\nabla^2 \varphi + \frac{P}{D} \varphi = 0,$$

где

$$\varphi = \nabla^2 \omega,$$

при условии $\varphi = 0$ на контуре многоугольника. Исходное уравнение в плоскости ζ имеет вид

$$\frac{1}{C_n^2} (1 + \zeta^n)^{\frac{2}{n}} (1 + \bar{\zeta}^n)^{\frac{2}{n}} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \zeta \partial \bar{\zeta}} + \frac{T}{4D} \cdot \Phi = 0, \quad \varphi(\bar{z}, z) = \Phi(\zeta, \bar{\zeta}). \quad (2,1)$$

Полагая

$$\Phi(\zeta, \bar{\zeta}) = \sum_{k=1}^n A_k (1 - \zeta \bar{\zeta})^k \quad (2,2)$$

и вводя (2.2) в уравнение (2.1), получим

$$L_\zeta(\varphi) = \frac{T}{4D} \sum_{k=1}^n A_k (1 - \zeta \bar{\zeta})^k - \frac{(1 + \zeta^n)^{\frac{2}{n}} (1 + \bar{\zeta}^n)^{\frac{2}{n}}}{C_n^2} \sum_{k=1}^n A_k \cdot k (1 - \zeta \bar{\zeta})^{k-2} \times \\ \times (1 - k \zeta \bar{\zeta}) = 0. \quad (2,3)$$

Уравнения в форме Галеркина

$$\iint L_\zeta(\varphi) (1 - \zeta \bar{\zeta})^k \left| \frac{dz}{d\zeta} \right|^2 d\xi d\eta = 0, \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2,4)$$

приводятся к системе

$$\sum_{k=1}^n A_k (K_{mk} + \lambda I_{mk}) = 0 \quad (m = 1, 2, \dots, n), \quad (2,5)$$

где

$$K_{mk} = K_{km} = - \iint k (1 - \zeta \bar{\zeta})^{k+m-2} (1 - k \zeta \bar{\zeta}) d\xi d\eta = \\ = - \pi \frac{k \cdot m}{(k+m-1)(k+m)}, \quad (2,6)$$

$$I_{km} = I_{mk} = \iint (1 + \zeta^n)^{-\frac{2}{n}} (1 + \bar{\zeta}^n)^{-\frac{2}{n}} (1 - \zeta \bar{\zeta})^{k+m} \cdot d\xi d\eta. \quad (2,7)$$

Здесь область интегрирования — круг $|\zeta| < 1$.

Численные значения K_{mk} при $m, k = 1, 2$ даны в табл. 5.

Таблица 5

$\frac{m}{k}$	1	2
1	$-0,5\pi$	$-1/3\pi$
2	$-1/3\pi$	$-1/3\pi$

Используя разложение

$$(1 + \zeta^n)^{-\frac{2}{n}} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\frac{2}{n} \left(\frac{2}{n} + 1 \right) \dots \left(\frac{2}{n} + i - 1 \right)}{i!} \cdot (-1)^i \zeta^{ni}$$

для I_{km} , получим

$$I_{km} = I_{mk} = \pi (k+m)! \sum_{i=0}^{\infty} a_{ii} \frac{1}{(ni+1)(ni+2) \dots (ni+k+m+1)},$$

где

$$a_{ii} = \left[\frac{\frac{2}{n} \left(\frac{2}{n} + 1 \right) \dots \left(\frac{2}{n} + i - 1 \right)}{i!} \right]^2 \quad \text{и } m, k = 1, 2, \dots, n.$$

Численные значения интегралов I_{km} при $k, m = 1, 2$ даны в табл. 6.

Таблица 6

n	3	4	6	8	∞
I_{11}	0,34198	0,33600	0,33382	0,33346	0,33333
I_{12}	0,25324	0,25090	0,25013	0,25000	0,25000
I_{22}	0,20159	0,20039	0,20005	0,20000	0,20000

Критические значения параметра λ в формуле (1.13), полученные из системы (2.5), даны в табл. 7.

Таблица 7

n	3	4	6	8	∞
λ	1,3994	1,4382	1,4448	1,4457	1,4465

Значения параметров k и k_1 в формуле (1.13) для различных n даны в табл. 8.

Таблица 8

n	3	4	6	8	∞
k	17,84	9,82	7,18	6,50	5,786
k_1	4,46	4,91	5,38	5,55	5,786

Следует отметить хорошее совпадение с известными точными решениями: $k = \frac{16}{9} \pi^2 = 17,55$ для равностороннего треугольника [2],

$k = \pi^2 = 9,87$ для квадрата и $k = 5,784$ для круга [2].

Заметим, что значение $k = 5,784$ соответствует предельному многоугольнику ($n \rightarrow \infty$) с условиями на контуре $w = w_{rr} = 0$. Эти условия получаются за счет заземления угловых точек многоугольника и отличаются от условий шарнирного опирания круга $w = w_{rr} + \frac{\mu}{r} w_r = 0$.

Задача для круга с условиями $w = w_{rr} = 0$ на контуре рассматривалась в работе [2].

Поступила в редакцию
26/V 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. С. П. Тимошенко. Устойчивость упругих систем. Гостехтеориздат, М., 1955.
2. А. Р. Ржаницын. Устойчивость равновесия упругих систем, Гостехтеориздат, М., 1955.

Э. П. КАСКЕВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ НЕСИММЕТРИЧНЫХ к. з.
В ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧЕ ЧЕРЕЗ ПОЛУВОЛНОВУЮ ЛИНИЮ

При передаче электроэнергии на расстояния порядка 2000 км наиболее перспективным представляется использование линий, настроенных на полуволну, обладающих, как известно, целым рядом бесспорных преимуществ перед линиями компенсированными и электропередачами с подпорными компенсаторами [1].

Режим в линейной части и в части работающих через полуволновую линию генераторов отличается некоторыми особенностями, не свойственными другим видам электропередач. Определенные особенности, которые необходимо выяснить, будут, конечно, и в аварийных режимах. Наиболее распространенными авариями в линии будут, очевидно, несимметричные к. з. В данной работе рассматривается возможность повышения напряжения в линии полуволновой длины и самовозбуждения генераторов при таких авариях, что представляет определенный интерес из следующих соображений: во-первых, повышение напряжений в установившемся режиме при различных повреждениях характеризует примерно кратность возможных повышений напряжения в линии; во-вторых, для удешевления магистральной электропередачи в ней можно установить выключатели только со стороны низкого напряжения конечных трансформаторов. Такая схема позволит не отключать линию при аварии, а оставить ее работать в несимметричном режиме, если это обеспечит передачу значительной мощности по поврежденной цепи. В этом случае одним из факторов, определяющих возможность продолжительной работы в аварийном режиме, будет повышение напряжений и вероятность самовозбуждения генератора передающего конца.

Распределение напряжений в линии в послеаварийном режиме получим наложением аварийного режима на доаварийный. Аварийный режим определим включением в месте к. з. напряжения, обеспечивающего выполнение граничных условий для данного повреждения [1]. Таким образом, повышение напряжений в конечном итоге будет характеризоваться величиной симметричных составляющих аварийного напряжения в месте к. з. и характером распределения каждой составляющей вдоль линии.

Величины симметричных составляющих аварийного напряжения зависят от напряжения в точке к. з. до аварии и соотношения входных сопротивлений схем различных последовательностей относительно места к. з. В качестве доаварийного режима для простоты рассматривались: передача по линии натуральной мощности, причем линия связывала систему бесконечной мощности (схема I, рис. 1), и линия, отключенная от приемной системы (схема II, рис. 1). Рассматривалась два варианта линии — однородная полуволновой длины и настроенная на полуволну тремя параллельными емкостями [3]. Прерывистой линией на рис. 1 показаны настраивающие устройства.

Вследствие того, что линия имеет различную волновую длину, а следовательно, и различные как по величине, так и по знаку реактивные составляющие входного сопротивления для схем различных последовательностей, в ней могут оказаться точки, в которых при замыкании создаются условия резонанса напряжений.

Без учета активных сопротивлений эти условия определяются следующими соотношениями входных сопротивлений: для однофазного к. з. $x_0 = -2 x_1$ и для двухфазного к. з. $x_0 = -0,5 x_1$. Очевидно, что замыкания в резонансных точках должны привести к беспредельному повышению напряжений неповрежденных фаз в точке к. з. за счет стремящихся к бесконечности симметричных составляющих аварийного напряжения.

Активные составляющие входных сопротивлений ограничивают величины этих напряжений, следовательно, расчет повышения напряжений без учета активных сопротивлений лишен смысла.

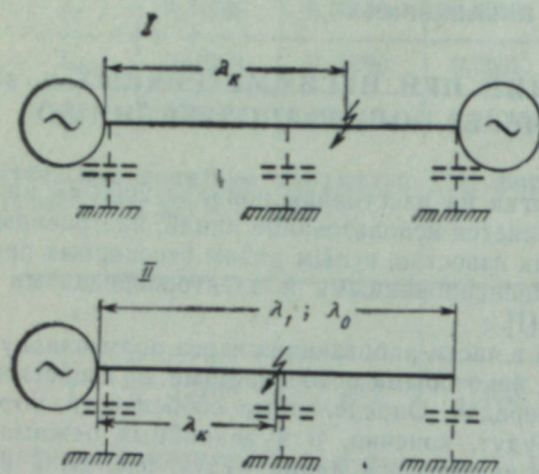


Рис. 1. Схемы электропередачи.
I — обе системы включены,
II — приемная система отключена.

Однако такое рассмотрение дает возможность оценить влияние волновой длины линии в нулевой последовательности на местоположение и количество резонансных точек при различных видах несимметричных к. з.

Сначала рассмотрим вопрос о повышении напряжений при несимметричных к. з. для случая электропередачи через однородную линию полуволновой длины.

Для случая I (рис. 1) входное сопротивление схемы замещения прямой последовательности, при концевых системах бесконечной мощности равно сопротивлению обратной последовательности, бесконечно велико, и точек, резонансных к. з., в линии не будет.

В случае II входное сопротивление прямой последовательности

$$X_{vx1} = j \frac{\sin 2\alpha_1 l_k}{2}, \quad (1)$$

а нулевой

$$X_{vx0} = j \frac{W_0}{2} [\sin 2\alpha_0 l_k + \operatorname{ctg} \lambda_0 (1 + \cos 2\alpha_0 l_k)], \quad (2)$$

где W_0 — волновое сопротивление линий для нулевой последовательности, отнесенное к W_1 ,

λ_0 — волновая длина всей линии в схеме нулевой последовательности.

Из совместного анализа выражений (1) и (2) для полуволновой линии при изменении волновой длины нулевой последовательности от 180° до 360° можно заметить, что число точек, резонансных к. з., при однополюсных и двухполюсных к. з. на землю будет меняться от 3 до 11. Причем местоположение их вдоль линии для различной волновой длины будет существенно меняться.

Учет активных сопротивлений линии для прямой, а тем более для нулевой последовательности, коренным образом меняет картину.

На рис. 2 приведены зависимости $r_{vx} = f(l_k)$ и $X_{vx} = \Psi(l_k)$ для схемы I (рис. 1). Как видно, в этом случае входное сопротивление прямой последовательности столь велико, что влиянием схемы нулевой последовательности на величину напряжения в линии можно пренебречь при к. з. во всех точках, кроме концов электропередачи, но даже в последнем случае, как показали расчеты, ее влияние весьма незначительно.

Иной характер имеют показанные на рис. 3 зависимости входных сопротивлений от места к. з. для схем прямой и нулевой последовательности при отключении линии от приемной системы (см. схему II (рис. 1)).

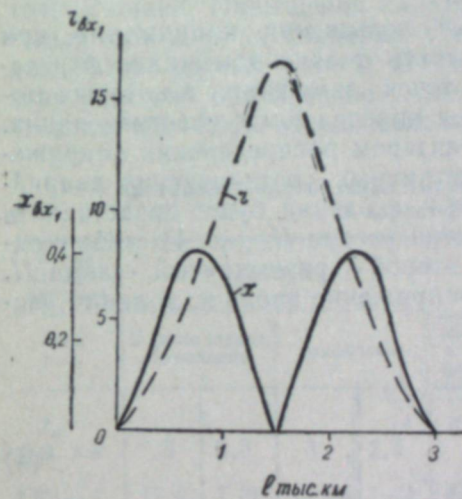


Рис. 2. Входные сопротивления прямой и нулевой последовательности электропередачи относительно места к. з. для схемы I, рис. 1.
I — прямая последовательность, II — нулевая последовательность при $\lambda_0 = 287^\circ$ (— x) относительно места к. з. для схемы I, III — нулевая последовательность при $\lambda_0 = 225^\circ$ (--- r)

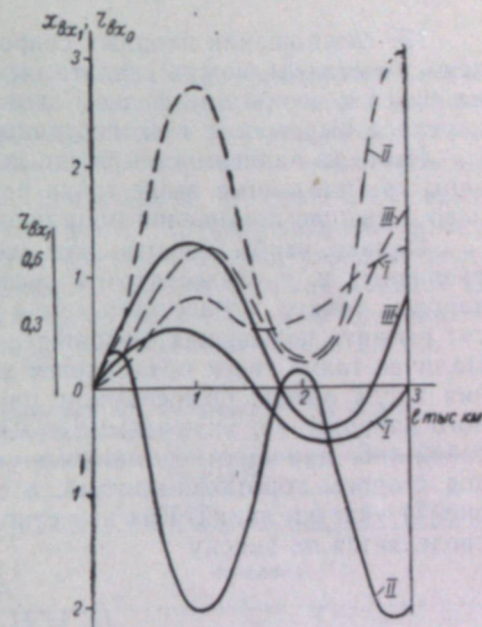


Рис. 3. Входные сопротивления прямой и нулевой последовательности электропередачи относительно места к. з. для схемы II, рис. 1.

Расчеты производились при следующих параметрах линии: волновое сопротивление $W_1 = 1$, коэффициент распространения на 1 радиан $[3] \gamma_1 = 0,019 + j$ (кривые I, рис. 3).

Для нулевой последовательности просчитывалось два варианта: I — волновая длина больше 270° ($\lambda_0 = 287^\circ$, $W_0 = 1,9$, $\gamma_0 = 0,096 + j$ — кривые II (рис. 3); 2 — волновая длина меньше трех четвертей волны ($\lambda_0 = 225^\circ$; $W_0 = 1,7$; $\gamma_0 = 0,153 + j$ — кривые III).

Анализируя зависимости входных сопротивлений различных последовательностей от места к. з. в схеме II (рис. 1), замечаем, что при $\lambda_0 = 287^\circ$ имеется одна точка резонансного к. з., $l_k = 670$ км (все расстояния отсчитываются от начала линии), а при $\lambda_0 = 225^\circ$ две точки, $l_k = 1600$ км и $l_k = 2800$ км, при замыкании в которых выполняется условие $-2 X_1 = X_0$, т. е. при однофазном к. з. в этих точках будет выполнено условие резонанса напряжений. Есть опасения, что при указанном повреждении в резонансных точках могут быть повышения напряжений.

Условия резонансного к. з. в случае двухфазного к. з. на землю получим из соотношения:

$$-X_1 = \text{Im}(Z_1 || Z_0).$$

После преобразований, пренебрегая членами, содержащими r_1^2 , получаем простую зависимость

$$X_0 = -0,75 X_1 \pm \sqrt{0,063 X_1^2 - r_0(r_0 + r_1)}. \quad (3)$$

Из соотношений входных сопротивлений, приведенных на рис. 3, и зависимости (3) можно сделать вывод, что в нашем случае точек резонансного к. з. при двухфазном замыкании на землю не будет, ибо подкоренное выражение всегда отрицательно.

Итак, из зависимостей входных сопротивлений от места к. з. получены три указанные выше точки резонансного однофазного к. з., опасного в смысле повышения напряжений.

Однако, чтобы оценить возможные повышения напряжений при различных к. з., недостаточно рассмотреть только замыкания в резонансных точках. Существует еще ряд точек, замыкания в которых могут вызвать повышения напряжения на определенных участках линии. Наличие таких точек объясняется характером распределения напряжения вдоль линии. Относительно симметричных составляющих аварийного напряжения, включаемых в месте к. з., линия будет представлять собой либо два короткозамкнутых участка (схема II, рис. 1), либо с одной стороны короткозамкнутый, а со второй — разомкнутый (схема II, рис. 1) участки линии. Как известно, напряжение вдоль к. з. линии распределяется по закону

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_x &= \dot{U}_k \frac{\text{sh } \dot{\gamma}' \lambda_x}{\text{sh } \dot{\gamma}' \lambda_k} \\ \dot{U}_x &= \dot{U}_k \frac{\text{ch } \dot{\gamma}' \lambda_x}{\text{ch } \dot{\gamma}' \lambda_k} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

вдоль разомкнутой линии

где \dot{U}_k — составляющая аварийного напряжения в точке к. з.,
 λ_k — волновая длина участка до точки к. з.,
 λ_x — волновая длина замкнутого или соответственно разомкнутого участка линии от конца до точки, в которой определяется напряжение от \dot{U} к. з.

Из (4) вытекает, что остальные точки, к. з. в которых может вызвать повышение напряжения в линии, определяется, если исследовать модули функций $\text{sh } \dot{\gamma}' l$ и $\text{ch } \dot{\gamma}' l$ на экстремум.

$$\left. \begin{aligned} \frac{d|\text{sh } \dot{\gamma}' \lambda|}{d\lambda} &= 0; -\beta^1 \cdot \text{sh } 2\beta^1 \lambda = \sin 2\lambda \\ \frac{d|\text{ch } \dot{\gamma}' \lambda|}{d\lambda} &= 0; \beta^1 \cdot \text{sh } 2\beta^1 \lambda = \sin 2\lambda \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

При замыкании в месте, для которого указанные функции имеют минимум в схеме какой-либо последовательности, следует ожидать существенного повышения напряжения аварийной составляющей этой последовательности в точке максимума данной функции для соответствующей схемы рис. 1.

Из этих соображений необходимо рассмотреть короткие замыкания в точках:

в схеме I конец линии	$(l_k = 3000 \text{ км})$	} прямая последовательность,
в схеме II середина линии	$(l_k = 1500 \text{ км})$	
в схеме II при $\lambda_0 = 287^\circ$	$l_k = 1860 \text{ км}; l_k = 2070 \text{ км}; l_k = 210 \text{ км}$	} нулевая последовательность.
в схеме II при $\lambda_0 = 225^\circ$		

Для указанных здесь и найденных выше точек однофазного резонансного к. з., которые в конечном итоге и определяют возможные повышения напряжений в линии, были проделаны расчеты. Результаты этих расчетов сведены в таблице, где даны кратности максимальных повышений напряжений (\dot{V}_{max}) при замыканиях в соответствующих точках линии. Повышения напряжений выше двукратных возможны только при к. з. на концевых участках линии, приблизительно в пределах 400 км от шин систем. Возникновение короны при замыканиях на этих участках значительно ограничит их кратность [3]. Тем не менее в этих случаях необходимо максимально быстрое отключение линии.

Кратности максимальных перенапряжений при несимметричных к. з. в характерных точках линии

Схема электропередачи	Схема I				Схема II							
	2 фазы—земля, двухфазное		однофазное		две фазы—земля, двухфазное	$\lambda_0 = 287^\circ$				$\lambda_0 = 225^\circ$		
вид к. з.						однофазное						
I_k тыс. км	3	2,5	3	2,5	3	0,21	0,67	1,07	1,86	1,83	2,34	2,8
$ \dot{V} _{\text{max}}$	17,6	1,35	12,14	1,82	16,7	1,83	2,09	1,47	1,86	1,24	1,17	1,9

Максимальные повышения напряжений в линии, настроенной тремя параллельными емкостями (см. рис. 1), в случае несимметричных к. з. оказались такими же, как и в однородной линии.

Возможные повышения напряжений определялись при изменении длины настраиваемой линии от 2000 км до 2800 км, т. е. практически был охвачен весь диапазон длин линий, настройка которых целесообразна.

Причины повышения напряжений при несимметричных к. з. в настроенной линии те же, что и для однородной, хотя некоторые точки к. з., опасные в смысле повышения напряжений, будут иными.

Наиболее значительные повышения напряжений будут по-прежнему в середине линии при к. з. на одном из концов. Это, очевидно, вытекает из самой идеи настройки — придания линии свойств полуволны. С уменьшением длины настраиваемой линии кратность повышения напряжений несколько возрастает, что можно объяснить уменьшением активного сопротивления. При изменении длины линии от однородной ($\lambda_1 = \pi$) до $\lambda_1 = \frac{2\pi}{3}$ (длина 2000 км) кратность повышения напряжений увеличивается на 20%.

Схеме II, рис. 1 при настроенной линии будут присущи некоторые особенности, определяемые влиянием схемы нулевой последовательности. Наличие настраивающих устройств ставит величину входного сопротивления схемы нулевой последовательности в зависимости от их величины, которая, в свою очередь, определяется длиной настраиваемой линии. Это ведет к изменению места резонансных к. з. при изменении длины линии.

Настроенная линия относительно места к. з. в схеме замещения любой последовательности представляет собой короткозамкнутую и разомкнутую линию с несимметричной, в общем случае, настройкой [4]. При этом точки к. з., опасные из-за возможности повышения напряжений в линии в связи с характером распределения симметричной составляющей нулевой последовательности аварийного напряжения, будут определяться эквивалентной для нее волновой длиной линии, которая зависит от величины настраивающих устройств, т. е. от длины настраиваемой линии.

Для всех точек, при замыкании в которых есть опасность повышения напряжений в линии, были проведены расчеты. Выяснилось: 1) в случае резонансных к. з. напряжение в линии не превышает двухкратного; 2) при замыкании в точке, где до передающей системы имеется участок полуволновой эквивалентной длины для нулевой последовательности, напряжение в линии возрастает с уменьшением ее длины, но не превышает трехкратного.

Все выводы, сделанные относительно опасности повышения напряжений при несимметричных к. з. в однородной линии, приемлемы и для линий, настроенных параллельными емкостями.

Вопрос о параметрическом резонансе в случае нарушения нормальной работы передачи примыкает к вопросу о перенапряжениях и дополняет его. В связи с этим здесь нами и рассматривается возможность самовозбуждения синхронного генератора, работающего через линию полуволновой длины на шины бесконечной мощности при несимметричных к. з.

Самовозбуждение генератора может усугубить последствия аварии и делает совершенно невозможной продолжительную работу электропередачи в таком режиме.

При несимметричной внешней по отношению к генератору цепи последствие системы на возможность самовозбуждения можно провести посредством дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами, составленных для всех контуров машины. Решение получается в форме уравнения Хилла [5].

Однако задача может значительно упроститься, если ограничиться расчетом граничных условий самовозбуждения. С практической точки зрения, такое решение наиболее эффективно, оно может быть получено на основании дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью метода симметричных составляющих. В конечном итоге дело сводится к цепочечным схемам замещения, позволяющим учитывать появление при несимметрии бесконечного спектра частот в статорной и роторной цепях [6, 7]. Составление таких схем для цепей любой сложности, при любом несимметричном повреждении принципиальных затруднений не представляет. С помощью такого приема мы приходим к довольно простому расчету самовозбуждения в некоторой эквивалентной симметричной цепи.

В симметричном режиме самовозбуждение возможно при работе генератора на емкостное сопротивление и определяется соотношением между активной и реактивной составляющими этого сопротивления [8].

Таким образом, задача сводится к определению эквивалентного сопротивления при несимметричном к. з. в линии. Заметим, что эквивалентное сопротивление тем точнее будет рассчитано, чем большее число ячеек будет учтено в цепочке, но ввиду слабой связи между ячейками учет каждой последующей ячейки дает уточнение в высшем приближении.

Для рассмотрения самовозбуждения в первом приближении можно ограничиться только первой ячейкой схемы замещения, т. е. схемой замещения для основной частоты. Эквивалентное сопротивление в этом случае будет не чем иным, как входным сопротивлением комплексной схемы замещения относительно генератора при различных видах и месте к. з.

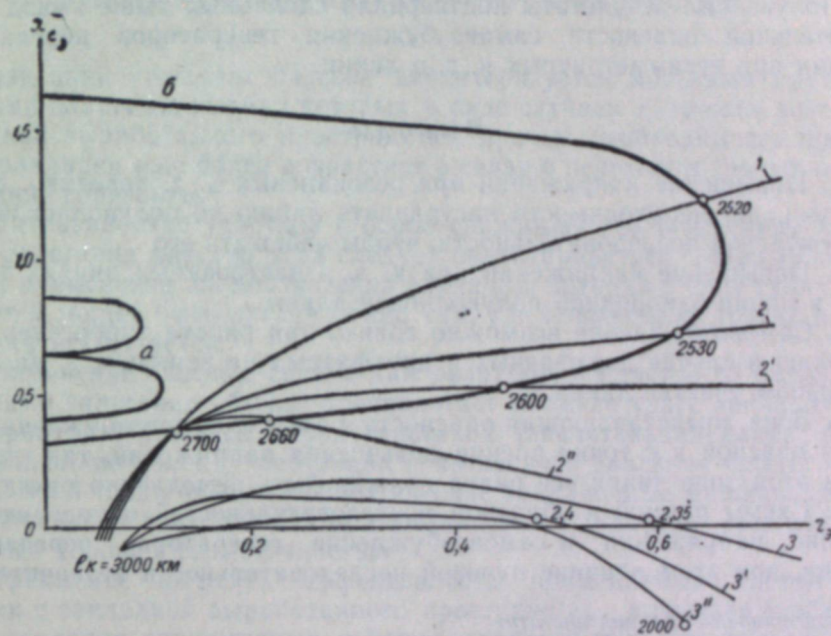


Рис. 4. Зоны самовозбуждения (а — гидрогенератора; б — турбогенератора) и зависимость эквивалентного сопротивления от места к. з. для различной длины линии по нулевой последовательности.

Двухфазное к. з. — 1; двухфазное к. з. на землю: 2 — при $\lambda_0 = 287^\circ$; 2' — при $\lambda_0 = 225^\circ$; 2'' — при $\lambda_0 = 315^\circ$; однофазное к. з.: 3 — при $\lambda_0 = 287^\circ$; 3' — при $\lambda_0 = 225^\circ$; 3'' — при $\lambda_0 = 315^\circ$.

В качестве расчетной схемы принята работа генератора через концевые трансформаторы и линию полуволновой длины на шины бесконечной мощности. Мощность генератора принималась равной натуральной мощности линии. Параметры генераторов, определяющие в координатах r_0 , X_{c0} величину зоны самовозбуждения, приняты следующие: гидрогенератор $X_d = 0,875$; $X_q = 0,665$; $X_d' = 0,415$; $X_2 = 0,305$, турбогенератор $X_d = X_q = 1,66$; $X_d' = 0,305$, $X_2 = 0,275$, включая реактивность трансформатора $X_x = 0,13$. Базисным принято волновое сопротивление линии.

Для указанных параметров на рис. 4 построены зоны самовозбуждения без учета асинхронного момента генераторов. На том же рисунке изображены зависимости эквивалентных сопротивлений от места к. з. для различных видов к. з. и волновых длин линии по нулевой последовательности.

Из расчетов следует, что наиболее опасно с точки зрения самовоз-

буждения двухфазное к. з. Это вполне естественно, ибо включение схемы нулевой последовательности с ее более значительными по сравнению с прямой активными сопротивлениями вносит добавочные потери, особенно в случае однофазного к. з., что уменьшает вероятность самовозбуждения.

На электродинамической модели был поставлен эксперимент по выявлению зоны самовозбуждения турбогенератора [8], мощность и параметры которого соответствовали расчетным. Зона самовозбуждения определялась при работе генератора через однородную линию полуволновой длины и линию длиной 2400 км, настроенную тремя параллельными емкостями на шины бесконечной мощности для случая несимметричных к. з. в различных точках линии.

Полученные результаты подтвердили сделанный выше вывод о незначительной опасности самовозбуждения генераторов передающей станции при несимметричных к. з. в линии.

Выводы

1. Повышение напряжений при резонансных к. з. невелико, следовательно, нет необходимости настраивать линию до полуволновой длины по нулевой последовательности, чтобы избежать его.
2. Повышение напряжений при к. з. в настроенных линиях то же, что и в линии однородной полуволновой длины.
3. Самовозбуждение возможно только при работе турбогенератора на линию в случае двухфазных и двухфазных на землю к. з. на очень небольшом участке линии.
4. Зона, представляющая опасность в смысле самовозбуждения, является опасной и с точки зрения повышения напряжений, так что при к. з. в этой зоне линия все равно должна быть немедленно отключена.
5. Схемы прямой и обратной последовательностей определяют повышение напряжений и самовозбуждение генераторов передающей станции, при этом влияние нулевой последовательности незначительно.

Транспортно-энергетический институт
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
2/VI 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Щербаков, Дальние электропередачи через линии, настроенные на полуволну. Изв. СО АН СССР, № 7, 1959.
2. В. П. Фотин, Повышение напряжений в длинных линиях при несимметричных коротких замыканиях на землю. Госэнергоиздат, 1958.
3. О. В. Ольшевский, Сравнительная оценка схем настроенных электропередач. Автореф. дисс., Новосибирск, 1958.
4. А. А. Вульф, Проблема передачи электрической энергии на сверхдальние расстояния по компенсированным линиям. Госэнергоиздат, 1941.
5. М. Л. Левинштейн, Явление параметрического резонанса при работе синхронной машины на емкостную нагрузку. Тр. ЛПИ, № 3, 1948.
6. А. И. Долгин, Резонанс в электрических цепях и системах. Госэнергоиздат, 1957.
7. В. А. Тафт, Электрические цепи с периодически изменяющимися параметрами и переходные процессы в синхронных машинах. Изд-во АН СССР, М., 1958.
8. В. К. Щербаков, Э. С. Лукашов, Самовозбуждение генератора в настроенных электропередачах. Изв. СО АН СССР, № 5, 1959.

А. А. ФУРМАН

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЗАКЛАДОЧНЫХ МАШИН

Кузнецкий угольный бассейн характеризуется мощными крутопадающими пластами, выемка которых в ряде случаев возможна только с закладкой выработанного пространства, причем необходимость применения закладки еще более возрастает в связи с переходом горных работ на нижние горизонты.

При разработке участков с особо сложными геологическими условиями залегания пластов угля следует ориентироваться главным образом на применение пневматической закладки, которая в силу своих особенностей может быть организована там, где применение других видов закладки исключается.

Применение слоевых систем для разработки пластов со сложными условиями залегания обычно предполагает наличие трасс закладочного трубопровода с тяжелой характеристикой (значительная длина, большое количество колен), требующих повышенного давления сжатого воздуха. С этой точки зрения пневматические закладочные машины камерного типа более выгодны для применения в этих условиях, так как они обладают хорошей герметичностью.

Стремление повысить эффективность применяемых систем разработки с закладкой выработанного пространства вызывает необходимость создания экономичных и высокопроизводительных закладочных машин.

Действующие на шахтах пневматические закладочные машины ПЗМ-1м в ряде случаев не смогут обеспечить возросшую потребность участков закладочным материалом, поэтому назрел вопрос о создании новых более совершенных закладочных машин.

Однако до сего времени ни в зарубежной, ни в отечественной практике горного машиностроения не существует методов расчета пневматических закладочных машин и проектирование новых образцов ведется в основном методом экспериментального подбора отдельных элементов машины.

На основании проведенного исследования рабочего процесса пневматических закладочных машин камерного типа автором разработана методика определения их рабочих параметров, установлена взаимосвязь отдельных факторов, определяющих производительность машины, а также выведены основные расчетные формулы, которые могут быть использованы при создании новых моделей.

Для бесперебойной работы участка эксплуатационная производительность пневматической закладочной машины должна быть подобрана, исходя из запроектированного графика организации работ, с тем, чтобы обеспечить возведение закладочного массива в выработанном пространстве в отведенное по графику время.

Эксплуатационная производительность может быть определена из формулы

$$Q_1 = \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{t_1 K_2} \cdot K_1 \cdot \text{м}^3/\text{час}, \quad (1)$$

где t_1 — время для закладки выработанного пространства, отведенное по графику организации работ, час;

ω_1 — объем выработанного пространства, подлежащего закладке, м^3 ;

ω_2 — объем, занимаемый креплением, остающимся в выработанном пространстве, м^3 ;

K_1 — коэффициент, учитывающий неполноту закладки выработанного пространства, представляющий собой отношение объема поданного закладочного материала к объему выработанного пространства;

K_2 — коэффициент использования закладочной установки, учитывающий время неустраняемых и устраняемых простоев.

Значение коэффициента K_1 на практике может быть определено при помощи учета объема поданного закладочного материала и замеров объема, занимаемого углем (или другими ископаемыми) до его выемки.

Кроме того, при определении значения коэффициента K_1 следует учитывать величину смещения боковых пород, происшедшего до начала возведения закладочного массива, величину пустот, остающихся между поверхностью закладочного массива и поверхностями, ограждающими выработанное пространство в момент производства закладочных работ, а также значения коэффициента плотности закладочного массива.

Например, для шахты Коксовая-1 им. Сталина комбината Кузбассуголь при системе разработки горизонтальными слоями в нисходящем порядке среднее значение коэффициента $K_1 = 0,75$.

Неустраняемые простои включают в себя время, необходимое для укорачивания и демонтажа трубопроводов, для производства профилактических ремонтов, осмотров и т. п. При соответствующей организации труда время этих простоев может быть значительно снижено путем совмещения некоторых отдельных операций (осмотр машины, укорачивание трубопроводов и т. п.).

Устраняемыми считаются потери организационного порядка, как-то: перебои в подаче закладочного материала, падение давления сжатого воздуха, забивание трубопроводов закладочным материалом и т. п.

Если время, расходуемое на неустраняемые потери, можно сравнительно точно определить, то время устраняемых потерь зависит главным образом от организации труда как на участке, обслуживаемом закладочной машиной, так и на шахте в целом, от технического состояния закладочных машин и трубопроводов, а поэтому определить его предварительно, хотя бы и приближенно, не представляется возможным. Значение K_2 определяется на основании практических данных, и величина его колеблется в довольно широких пределах; так, на шахте им. К. Либкнехта (ГДР) его величина равна 0,26, а на шахте Коксовая-1 им. Сталина — 0,22.

Пневматическая закладочная машина камерного типа по существу представляет собой своеобразный питатель, который должен подавать в закладочный трубопровод материал в количестве, обеспечивающем производительность, необходимую для бесперебойной работы участка согласно принятому графику организации работ.

Теоретическая производительность закладочной машины камерного типа в общем случае может быть определена из следующего уравнения:

$$Q_2 = 60 \cdot K_3 m \omega_3 \text{ м}^3/\text{час}, \quad (2)$$

где K_3 — коэффициент загрузки, показывающий отношение объемов фактически загружаемой порции закладочного материала к теоретически возможной;

m — число загрузочных циклов, мин.;

ω_3 — возможный объем порции закладочного материала, загружаемого за один цикл машины, м^3 .

Из формулы следует, что производительность закладочной машины будет тем выше, чем больше будет число загрузочных циклов, объем загружаемой порции закладочного материала и значение коэффициента загрузки.

Однако увеличение производительности машины с увеличением числа загрузочных циклов будет происходить до определенного предела. При излишне большом числе загрузочных циклов время каждого из них может сократиться настолько, что материал не будет успевать пересыпаться из одной камеры в другую в достаточном количестве, вследствие этого величина загружаемых объемов уменьшается и производительность закладочной машины падает.

Чтобы определить зависимость производительности закладочной машины от числа загрузочных циклов, на одной из работающих на шахте Коксовая-1 им. Сталина машин ПЗМ-1м была дважды произведена замена приводных двигателей.

Сначала установленный на машине двигатель МА-143-1/8 мощностью 5,8 кВт со скоростью вращения 725 об/мин, который обеспечивал машине 9 циклов в минуту, был заменен двигателем МА-143-1/6 мощностью 6,8 кВт со скоростью вращения 960 об/мин. Число рабочих циклов в минуту увеличилось до 12, а производительность возросла с 34 $\text{м}^3/\text{час}$ до 44 $\text{м}^3/\text{час}$. В дальнейшем этот двигатель был заменен двигателем МА-143-1/4 мощностью 8,4 кВт со скоростью вращения 1460 об/мин. Число рабочих циклов в минуту возросло до 18,2, но производительность упала до 29,6 $\text{м}^3/\text{час}$.

На рис. 1 приведена зависимость производительности машины ПЗМ-1м от числа рабочих циклов.

Каждую камеру закладочной машины можно рассматривать как бункер, пропускная способность которого может быть определена из формулы

$$Q = 3600 \cdot v \cdot S \text{ м}^3/\text{час}, \quad (3)$$

где v — средняя скорость истечения материала из бункера, м/сек;

S — площадь отверстия истечения, м^2 .

Известно, что процесс истечения материала через отверстие зависит от угла наклона стенок бункера. Если этот угол будет меньше так называемого критического угла, принимаемого равным 75° , то истечение будет иметь нормальный характер и материал будет двигаться столбом

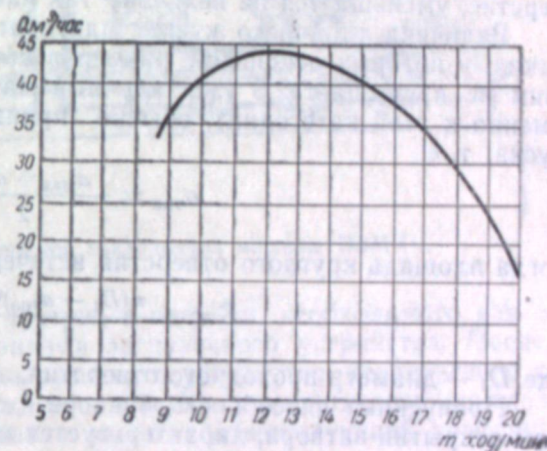


Рис. 1. Зависимость производительности пневматической закладочной машины ПЗМ-1м от числа рабочих циклов загрузочного устройства.

над отверстием истечения. При значении угла наклона больше критического будет наблюдаться гидравлический вид истечения, когда материал двигается вниз подобно жидкости.

В нашем случае наблюдается нормальный вид истечения материала, при котором средняя скорость

$$v_{cp} = \lambda \sqrt{3,2 gR} \text{ м/сек}, \quad (4)$$

где λ — коэффициент сопротивления истечению, учитывающий потери скорости от трения частиц материала внутри струи; величина λ зависит от свойств применяемого материала, т. е. его гранулометрического и петрографического состава, формы кусков и влажности;

g — ускорение силы тяжести 9,81 м/сек²;

R — гидравлический радиус, м.

Определение скорости истечения практически связано с большими затруднениями, так как для этого нужно знать величину коэффициента сопротивления истечению λ . Для предварительных подсчетов значение коэффициента λ может быть взято из справочных таблиц.

При расчетах принимается, что отверстие истечения (A на рис. 2) из-за наличия выступающих кусков материала, которые окружают отверстие, уменьшается на величину так называемого типичного куска $a_{тип}$.

Величина типичного куска для сортированных материалов, т. е. таких, у которых отношение размеров наибольших кусков к наименьшим не превышает 2,5 (закладочный материал может быть отнесен именно к этой категории), обычно принимается как размер среднего куска, т. е.

$$a_{тип} = \frac{a_{max} + a_{min}}{2} \text{ м},$$

тогда площадь круглого отверстия истечения

$$S = \frac{\pi(D_1 - a_{тип})^2}{4} \text{ м}^2, \quad (5)$$

где D_1 — диаметр проходного отверстия, м.

Пропускная способность бункера, опоражнивающегося при каждом открытии затвора, характеризуется временем, требующимся на выпускание материала; это время

$$t_2 = \frac{W_3}{S \cdot v} \text{ сек.}, \quad (6)$$

где W_3 — емкость бункера, или в нашем случае загружаемый за один цикл теоретический объем закладочного материала, м³.

Отсюда следует, что для надежности работы закладочной машины число загрузочных циклов следует принимать таким, чтобы время, необходимое для осуществления одного цикла, было бы больше времени, требующегося на опорожнение камеры, т. е.

$$t_3 = \frac{60}{m} > t_2. \quad (7)$$

Подставив значение t_2 из (6) в (7) и решив его относительно m , получаем:

$$m < \frac{60 \cdot S \cdot v}{W_3} \text{ ход/мин.}$$

Время загрузочного цикла складывается из времени полного открывания отверстия истечения, при котором закладочный материал пере-

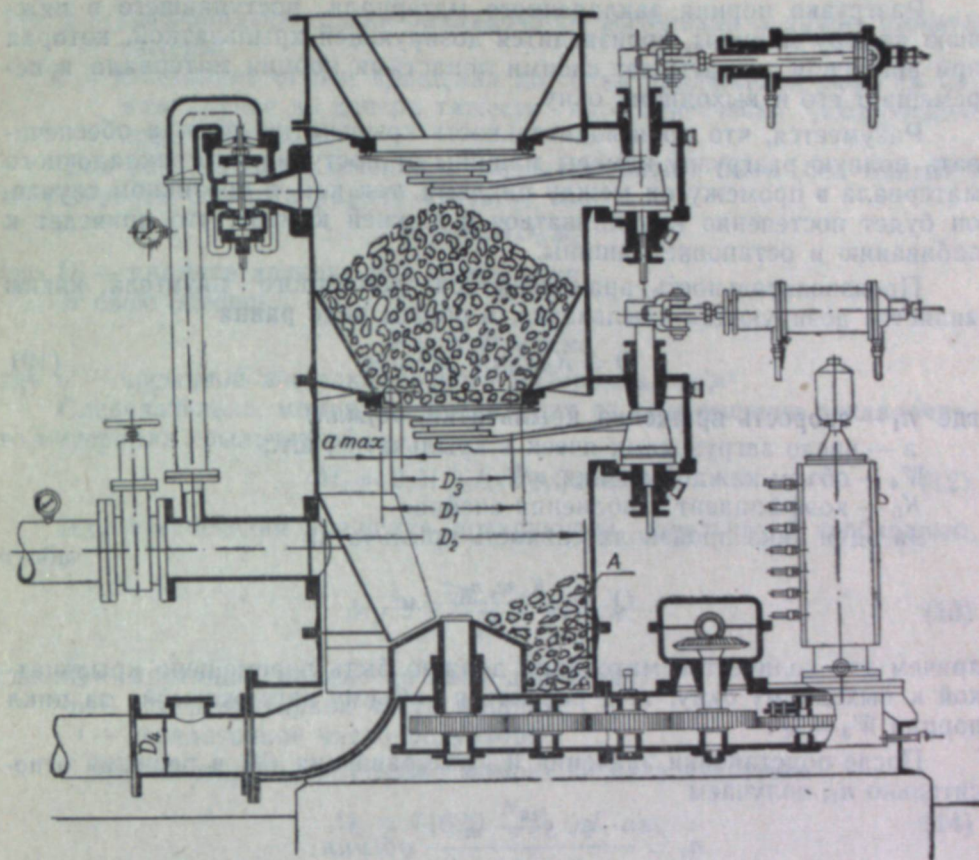


Рис. 2. Схема пневматической закладочной машины ПЗМ-1м.

сыпается из одной камеры в другую, и времени, необходимого для открывания и закрывания механизма загрузочного устройства. Последнее зависит от конструкции загрузочного устройства, технического состояния машины, давления сжатого воздуха и теоретически определено быть не может. Целесообразно ввести соответствующий коэффициент K_4 , который должен учитывать также и возможные в процессе работы машины неполадки. Тогда число загрузочных циклов

$$m < K_4 \frac{60 \cdot S \cdot v}{W_3} \text{ ход/мин.} \quad (8)$$

Практикой установлено значение коэффициента $K_4 = 0,15$. Количество циклов надо принимать на один меньше против определенного по формуле (8) с тем, чтобы компенсировать увеличение времени выгрузки закладочного материала из камер машины в случае изменения его исходных параметров в процессе работы машины. Подставив численное значение коэффициента K_4 , получаем, что число загрузочных циклов машины

$$m = 9 \frac{S \cdot v}{W_3} - 1 \text{ ход/мин.} \quad (9)$$

Опыт показывает, что с целью сохранения производительности закладочной машины и плавности ее работы число циклов не следует принимать больше 13.

Разгрузка порции закладочного материала, поступившего в нижнюю камеру машины, производится дозирующей крыльчаткой, которая при вращении захватывает своими лопастями порции материала и перемещает его к выходному окну.

Разумеется, что производительность крыльчатки должна обеспечивать полную разгрузку камеры машины от поступившего закладочного материала в промежутки между циклами, так как в противном случае он будет постепенно накапливаться в нижней камере, что приведет к забиванию и остановке машины.

Производительность вращающегося лопастного питателя, каким является дозирующая крыльчатка, в общем виде равна

$$Q = K_5 W_4 n_1 z \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (10)$$

где n_1 — скорость вращения крыльчатки, об/мин;
 z — число загрузочных ячеек в крыльчатке, шт.;
 W_4 — объем каждой ячейки, м³;
 K_5 — коэффициент заполнения ячейки.
 За один цикл производительность крыльчатки

$$Q' = \frac{K_5 w_4 n_1 z}{m} \text{ м}^3,$$

причем это количество материала должно быть перемещено крыльчаткой к выходному окну, т. е. равняться объему загружаемой за цикл порции $W_3 = Q'$.

После подстановки значения W_3 из уравнения (9) и решения относительно n_1 , получаем

$$n_1 = \frac{9 \cdot S \cdot v \cdot m}{z \cdot K_5 w_4 (m + 1)} \text{ об/мин.}$$

У большинства закладочных машин как отечественных, так и зарубежных число ячеек крыльчатки $z = 8$.

Если принять среднее значение коэффициента загрузки $K_5 = 0,8$, то после подстановки численных значений получаем

$$n_1 = 1,4 \frac{S \cdot v \cdot m}{w_4 (m + 1)} \text{ об/мин.} \quad (11)$$

Конструктор, проектирующий закладочную машину, стремится обезопасить ее в будущем от поломок и поэтому часто принимает в расчетах заведомо завышенную мощность двигателя, так как методов определения необходимой мощности не существует.

Мощность приводного двигателя расходуется главным образом на перемещение закладочного материала лопастями дозирующей крыльчатки, а также на преодоление сил сопротивления механизмов машины (холостой ход):

$$N_{\text{сум}} = N_{\text{раб}} + N_{\text{хол.}}$$

Как показывает практика, мощность холостого хода, даже у новых малообкатанных машин, не превышает 0,5 кВт, следовательно, основная задача заключается в определении мощности, расходуемой на перемещение закладочного материала.

Момент сопротивления от перемещения материала (см. рис. 2)

$$M_1 = fPR \text{ кгсм},$$

где f — коэффициент трения закладочного материала о днище нижней камеры;

R — расстояние от оси вращения до точки приложения силы (в нашем случае до центра тяжести площади ячейки дозирующей крыльчатки), м.

Так как площадь сечения крыльчатки может быть без большой погрешности принята равной сектору, то

$$R = 0,31 D_2 m,$$

где D_2 — диаметр дозирующей крыльчатки.

В свою очередь,

$$P = K_5 W_4 \gamma' z \text{ кг},$$

где γ' — насыпной вес закладочного материала, кг/м³.

Следовательно, момент сопротивления от перемещения закладочного материала крыльчаткой

$$M_1 = 0,31 D_2 K_5 W_4 \gamma' f z \text{ кгсм.} \quad (12)$$

Для обеспечения вращения дозирующей крыльчатки необходимо, чтобы

$$M_1 = \frac{M_2 \eta}{i} \text{ кгсм.} \quad (13)$$

где M_2 — крутящий момент на валу двигателя;

η — КПД редукторной части машины;

i — передаточное число редуктора.

С другой стороны, крутящий момент на валу двигателя

$$M_2 = 71620 \frac{N_{\text{раб}}}{n_2} \text{ кгсм.} \quad (14)$$

Подставив значение M_1 из (12) в (14), а значение M_2 из (13) в (14) и решив относительно $N_{\text{раб}}$, получаем:

$$N_{\text{раб}} = \frac{0,31 D_2 K_5 w_4 \gamma' f z n_2 i}{71620 \eta} \text{ л. с.}$$

Если заменить $n_2 i = n_1$, т. е. числом оборотов крыльчатки, то произведение $K_5 W_4 z n_1$ представляет не что иное, как производительность машины Q' м³/мин; отсюда

$$N_{\text{раб}} = \frac{0,31 D_2 f Q' \gamma'}{71620 \eta} \text{ л. с.} \quad (15)$$

При проектировании более удобно определять мощность двигателя в киловаттах и вводить в формулу исходные данные, не требующие для определения предварительных подсчетов, а именно производительность машины.

Q м³/час и диаметр крыльчатки D_2 мм. Следует иметь в виду, что получающиеся по этой формуле данные не показывают истинной величины расхода мощности рабочего хода, так как в ней не учитывается дополнительный расход мощности на внедрение лопастей крыльчатки в закладочный материал, находящийся в зоне «А», а также на разрушение отдельных кусков материала, попадающих в зазоры между нижними кромками лопастей крыльчатки и днищем нижней камеры машины.

Эта дополнительная затрата мощности теоретическим путем определена быть не может и учитывается поправочным коэффициентом K_6 , величина которого практически определена равной 2,1.

После подстановки численных значений и подсчетов окончательная мощность рабочего хода

$$N_{\text{раб}} = \frac{fD_2Q\gamma'}{67000\eta} \text{ кВт} \quad (16)$$

и полная мощность для работы закладочной машины

$$N_{\text{сум}} = 0,5 + \frac{fD_2Q\gamma'}{67000\eta} \text{ кВт.} \quad (17)$$

Для проверки данных, полученных по этой формуле, приводится сравнение с фактическими данными, полученными при испытании закладочных машин ПЗМ-1м и ПЗМ-2 (рис. 3).

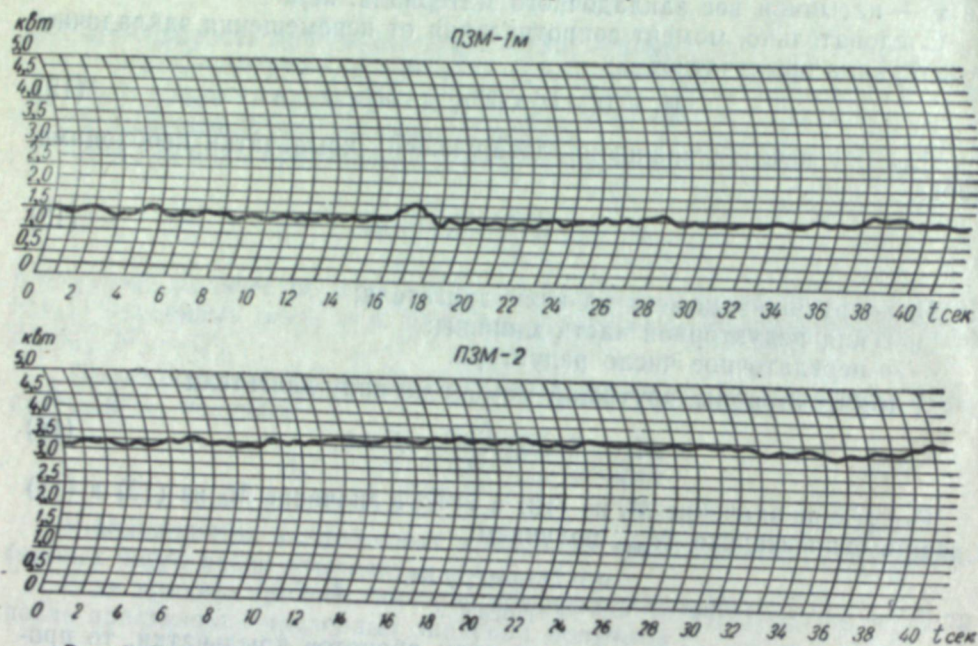


Рис. 3. Результаты замера мощности, расходуемой закладочными машинами.

Сравнительные данные сведены в таблицу.

Параметры	Обозначение	Размерность	Тип машины	
			ПЗМ-1м	ПЗМ-2
Производительность	Q	$\text{м}^3/\text{час}$	40	70
Диаметр крыльчатки	D_2	см	80	100
КПД редуктора	η		0,7	0,7
Насыпной вес закладочного материала	γ'	$\text{т}/\text{м}^3$	1,5	1,5
Коэффициент трения материала о днище	f		1,0	1,0
Необходимая мощность:	$N_{\text{сум}}$	кВт		
а) определенная по формуле		кВт	1,52	3,34
б) фактическая, записанная прибором		кВт	1,56	3,2
Погрешность		%	-3	+4

Как видно, погрешность при определении мощности весьма невелика, что дает право рекомендовать применение этой формулы при проектировании закладочных машин.

С целью обеспечения работоспособности двигателя при перегрузках его установочная мощность должна приниматься больше найденной по формуле (17) примерно на 40—50%.

Геометрические размеры закладочной машины должны обеспечивать получение от нее максимальной производительности и допускать свободную транспортировку в подземных условиях и установку машины в горных выработках наименьшего сечения.

Как было ранее отмечено, производительность закладочной машины зависит, помимо прочих причин, также и от объема порции закладочного материала, загружаемого в машину, т. е. в конечном счете от размеров камер.

Следовательно, геометрические размеры машины частично представляют ее производительность, величина же отверстия истечения предопределяет работоспособность машины в целом, являясь одновременно основной величиной, от которой завязываются все геометрические размеры проектируемой машины.

Наименьший допустимый диаметр отверстия истечения, т. е. загрузочных окон верхней и нижней камер, через которые происходит сыпание закладочного материала, может быть определен из формулы

$$D_3 = K_7 (a_{\text{max}} + 80) \text{tg } \varphi \text{ мм.} \quad (18)$$

где φ — угол естественного откоса материала в состоянии покоя. Для закладочного материала, применяемого в Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса (аргиллиты), $\varphi = 50^\circ$;

K_7 — опытный коэффициент, значение которого для сортированных материалов принимается равным 2,6.

Многочисленные данные ситового анализа, производившегося КузНИУИ и Кузнецким филиалом Гипроуглемаша в процессе испытаний и эксплуатации пневматических закладочных машин, показывают, что содержание в закладочном материале фракции класса +50 не превышает 10%; причем они находятся в смеси с более мелкими фракциями. Для подобных случаев рекомендуется [1] вести определение диаметра истечения, ориентируясь на куски среднего размера, понимая под последним размеры крупных кусков, уменьшенных на 20%.

Как известно, основной определяющей величиной для пневматической закладочной установки является диаметр трубопровода, от которого зависит производительность установки.

Во избежание закупорки трубопроводов крупность закладочного материала должна подбираться в соответствии с их диаметром.

Практикой установлено, что максимальные размеры отдельных кусков закладочного материала

$$a_{\text{max}} (1,8 \div 2,2) = D_4 \text{ мм,}$$

где D_4 — диаметр трубопровода, мм.

Подставив значение a_{max} в уравнение (18), получаем, что диаметр отверстия истечения

$$D_3 = 1,3(D_4 + 160) \text{tg } \varphi \text{ мм.} \quad (19)$$

Приведенные формулы дают возможность рассчитать основные рабочие параметры пневматической закладочной машины камерного типа.

Для ускорения и облегчения расчета построена номограмма, при помощи которой могут быть быстро найдены все необходимые параметры проектируемой закладочной машины (рис. 4).

Полученные с помощью номограммы рабочие параметры закладочной машины дают расхождение от фактически определенных при замерах на работающей машине ПЗМ-1м $\pm 6\%$, что позволяет рекомендовать эту номограмму для применения.

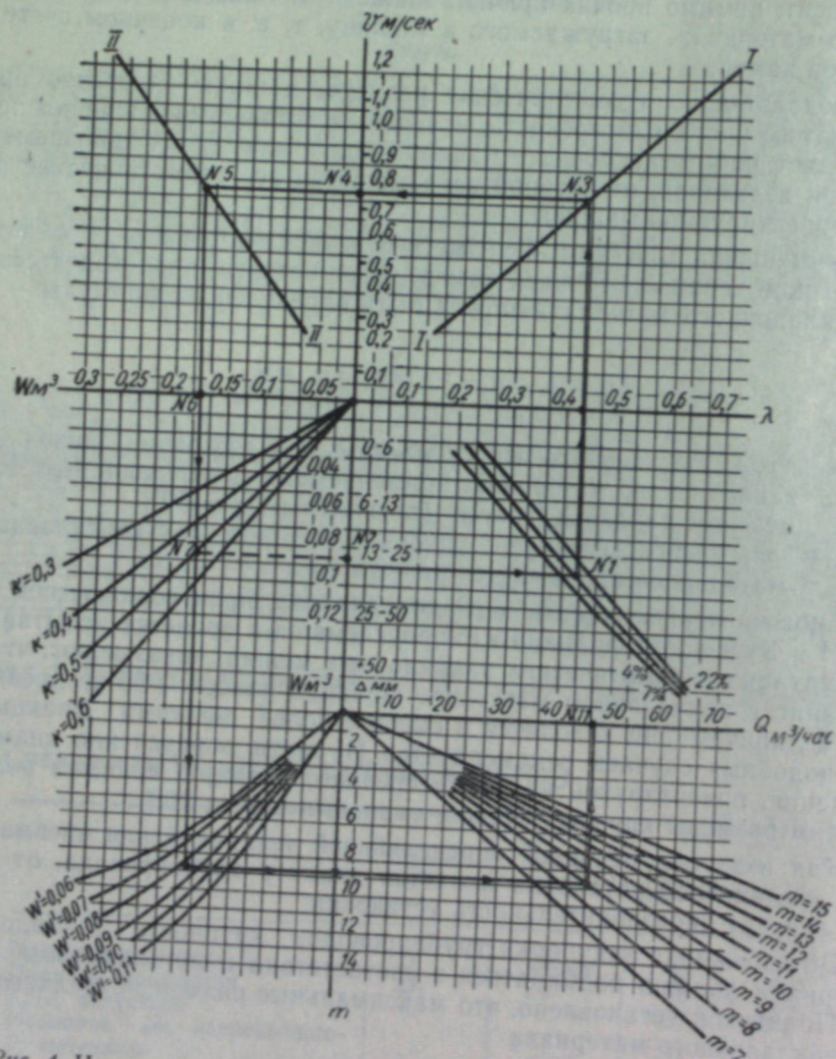


Рис. 4. Номограмма для определения рабочих параметров пневматических закладочных машин.

Таким образом, зная исходные данные применяемого закладочного материала, т. е. влажность и крупность, можно, пользуясь приведенными формулами (или по номограмме), определить рабочие параметры

закладочной машины, а именно: число ходов загрузочного устройства, диаметр отверстия истечения, число оборотов дозирующей крыльчатки, мощность приводного двигателя и производительность.

Сибгипрогормаш,
Новосибирск

Поступила в редакцию
12/VIII 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. К. В. Алферов, Р. П. Зенков, Бункерные установки. Машгиз, 1956.
2. П. Г. Михайлов, Исследование местных закладочных материалов для пневматической и механической закладки. Сб. реф., КузНИУИ, № 1, 1958.
3. А. А. Фурман, Закладка выработанного пространства. Углетехиздат, 1959.

К. И. ДАВЫДОВА, И. Н. НИКОЛАЕВ

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕЙ ТУГНУЙСКОЙ ДЕПРЕССИИ

Тугнуйская угленосная депрессия расположена на территории Читинской области и Бурят-Монгольской АССР в 30 км западнее г. Петровска-Забайкальского и в 90 км к юго-востоку от г. Улан-Удэ. Депрессия протягивается по долине рч. Тугнуй примерно на 150 км при ширине 10—12 км.

По данным Тугнуйской геологоразведочной партии* в геологическом строении депрессии принимают участие разнообразные осадочные и магматические породы, четко разделяющиеся на три комплекса: 1) нижний, представленный сильно метаморфизованными и кристаллическими нижнепалеозойскими и докембрийскими образованиями; 2) средний, сложенный нижнемеловыми-среднеюрскими угленосными отложениями; 3) верхний, состоящий из рыхлых кайнозойских осадков.

В структурном отношении Тугнуйская депрессия представляется в виде довольно крупного грабена почти широтного простирания, развившегося на палеозойском складчатом основании. Окаймляющие грабен крупные разломы сопровождаются серией средних и мелких дизъюнктивов.

Угленосная толща Тугнуйской депрессии в общем структурном плане района слагает крупную синклиналь первого порядка, осложненную поперечными более мелкими перегибами и разломами, которыми она расчленена на ряд мелких синклинальных и антиклинальных складок и ступенчатых сбросовых блоков. Угленосные отложения сохранились от размыва в пределах нескольких локальных структур второго — третьего порядков, имеющих брахисинклинальное строение.

На площади депрессии выделены следующие угленосные структуры (с востока на запад): Олонь-Шибирская, Эрдемская, Галгатайская, Заганская и Цолгинская.

Угленосные отложения в пределах каждой структуры залегают полого-синклинально с углами падения крыльев от 2—5° до 30°. Менее дислоцированы отложения Олонь-Шибирской структуры, где пласты угля залегают почти горизонтально. Наиболее крупной (по площади распространения и мощности угленосных отложений) является Эрдемская структура. Она расположена в восточной половине Тугнуйской депрессии, от с. Харауз на востоке до р. Сутай на западе. Угленосные отложения структуры разделяются на две свиты: верхнюю — безугольную и нижнюю — угленосную. Основными промышленными пластами структуры являются (сверху вниз): Малютка, Невыдержанный, Тугнуйский и Спорный. Наиболее распространены пласты Тугнуйский и Малютка. Строение мощных пластов в большинстве случаев сложное.

* Сообщение К. Е. Мизерного (рукопись).

Общие запасы угля Эрдемской структуры составляют 400 млн. т, часть из них доступна для открытой разработки.

Олонь-Шибирская структура расположена северо-восточнее с. Харауз. С юга, севера и востока она ограничена отрогами Цаган-Добанского и Заганского хребтов.

В разрезе продуктивных отложений структуры содержится до 21 угольного пласта, пронумерованных снизу вверх. Часть их, сливаясь в восточном направлении, образует мощные пласты 6—11 и 12—18.

Основное промышленное значение имеют пласты 18, 12—18, 6—11 и 6—8. Наиболее распространены пласты 18. Мощность его колеблется от 1,5 до 10 м. Пласт 12—18 мощностью от 8,3 до 45,6 м имеет повсеместное распространение в восточной части структуры. В западной и южной частях он разделяется на 7 самостоятельных пластов с мощностью от нерабочей до 10 м. Пласт 6—11 прослеживается только в юго-восточной части структуры. Мощность его достигает 49,3 м. Пласт 6—8 в южном и западном направлениях расщепляется на 3 самостоятельных пласта (6, 7 и 8) мощностью от 6,2 до 11 м.

Другие пласты структуры имеют относительно небольшие площади распространения при линзовидном характере залегания и резких колебаниях мощностей.

Ориентировочные запасы угля Олонь-Шибирской структуры по категориям $A_2 + B + C$ достигают 220 млн. т; из них к разработке открытым способом пригодно около 70%.

Заганская, Галгатайская и Цолгинская структуры исследованы слабо.

Изучение химико-технологических свойств углей Тугнуйской депрессии проводилось по пробам, отобранным Тугнуйской геологоразведочной партией. Качественная характеристика исследованных Институтом горючих ископаемых АН СССР пластовых (керновых) проб угля Эрдемской и Олонь-Шибирской структур приведена в табл. 1, 2 и 3.

В табл. 1 систематизированы данные технического и элементарного анализов и пластометрические показатели спекаемости. Из таблицы видно, что в пробах небогатого угля Эрдемской структуры выход летучих веществ колеблется от 42 до 46%, а обогащенного — от 41 до 45%. Угли в основном зольные (содержание золы 12—30%). Количество общей серы не превышает 0,86%. Содержание углерода в обогащенных пробах колеблется от 78,4 до 81,82%, водорода — от 5,5 до 5,8%. При этом, как видно из таблицы, для пласта Тугнуйского содержание углерода в угле повышается с глубиной залегания и по простиранию пласта с востока на запад. В том же направлении увеличиваются спекающие свойства угля, причем величина пластического слоя достигает до 10 мм*.

Результаты исследования углей Олонь-Шибирской структуры в общем показывают близость их к углям Эрдемской структуры. Выход летучих веществ этих углей колеблется от 42 до 46%, содержание золы — от 11 до 25%, углерода — от 76 до 79%**, водорода — от 5,5 до 5,8%, серы не превышает 0,6%. Некоторые пробы угля Олонь-Шибирской

* Наблюдаемые колебания в содержании углерода и спекаемости настолько незначительны, что говорить о какой-либо закономерности их изменений пока преждевременно. Изменения эти могут явиться или следствием некоторой окисленности углей, или объясняются различным петрографическим составом изученных проб из-за недостаточной их представительности. (Ред.).

** Некоторое понижение содержания углерода и спекаемости, а также повышение влажности в Олонь-Шибирских углях (табл. 1) автором не объясняются. Возможен меньший метаморфизм этих углей по сравнению с эрдемскими, при этом сказываются заметные различия в их петрографическом составе (табл. 2). (Ред.).

структуры при определении выхода летучих веществ показывают спекшиеся плотные корольки, но при определении спекаемости в пластометрическом аппарате эти же пробы дают только слипшийся или даже порошкообразный кокс. Указанное различие в спекаемости наблюдается и для углей Эрдемской структуры, оно объясняется различными условиями анализа, главным образом температурного режима. В первом случае уголь выдерживают в течение 7 мин. при температуре 850°, во втором температура поднимается постепенно от 0 до 250° со скоростью 8 град/мин и с 250° — со скоростью 3 град/мин.

Таблица 2

Петрографический состав исследуемых проб углей Тугнуйской депрессии

№ п. п.	Наименование выработки	Витринит, %	Семивитринит, %	Фюзинит, %	Лейптинит, %
<i>Эрдемская структура</i>					
1	Скв. 103, пл. Малютка	89	5	4	2
2	> 199, > Тугнуйский	62	7	25	6
3	> 205, > Тугнуйский	80	4	14	2
4	> 200, > Тугнуйский	67	8	21	4
5	> 47, > Тугнуйский	82	7	7	3
6	> 105, > Тугнуйский	93	2	1	4
7	> 83, > Спорный	84	6	7	3
<i>Олонь-Шибирская структура</i>					
8	Скв. 148, пл. 18	83	2	12	3
9	> 59, > 18	81	3	14	2
10	> 719, > 18	70	17	12	1
11	> 550, > 12—18	62	13	21	4
12	> 108, > 12—18	80	5	14	1
13	> 586, > 12—18	53	24	18	5
14	> 721, > 6—11	55	14	30	1
15	> 694, > 6—8	63	14	17	6
16	> 59, > 6—8	75	5	15	5

Результаты петрографического исследования, проведенные в лаборатории петрологии угля ИГИ АН СССР под руководством И. И. Аммосова, представлены в табл. 2.

Из таблицы видно, что исследуемые необогащенные пробы углей Эрдемской и Олонь-Шибирской структур по петрографическому составу неоднородны. Содержание компонентов группы витринита, семивитринита и фюзинита колеблется в них в широких пределах как для различных пластов, так для одного и того же пласта, особенно для пласта Тугнуйского Эрдемской структуры. Такое резкое изменение петрографического состава угля для одного и того же пласта можно объяснить: а) изменением условий формирования пласта, выразившимся в одновременном изменении мощности пласта и увеличении содержания фюзинита (табл. 2, пробы № 2 и № 4); б) неточной параллелизацией пластов угля по скважинам. В данном случае, возможно, подсечен не Тугнуйский пласт, а ниже или выше лежащие пласты*.

Угли зольные; зола в большинстве исследуемых проб распределена дисперсно в угольной массе. По данным технического и элементарного анализов, спекаемости и петрографического исследования, пласты Эрдемской структуры могут быть отнесены к каменным гумусовым уг-

* Наиболее вероятно эти изменения в данном случае объяснить недостаточной представительностью проб. (Ред.).

лям кларенового типа марок Д-Г и Г, угли Олонь-Шибирской структуры — к маркам Д и Д-Г.

Предварительное изучение обогатимости углей проводилось в лабораторных условиях методом расслоения и центробежной сепарации (табл. 3). Перед обогащением пробы угля дробились до величины зерен 0—3 мм.

Таблица 3

Результаты лабораторного обогащения углей Тугнуйской депрессии

Наименование выработки	Удельный вес раствора Ca (NO ₃) ₂	Зола исходного угля (А ^с), %	Концентрат		Хвосты		Метод обогащения
			выход, %	зола (А ^с), %	выход, %	зола (А ^с), %	
<i>Эрдемская структура</i>							
Скв. 103, пл. Малютка	1,38	12,11	80,0	9,06	—	—	расслоение
Скв. 47, пл. Тугнуйский	1,35	29,48	42,5	7,21	57,5	45,17	центробежная сепарация
>	1,38	29,48	57,5	12,0	42,5	56,92	расслоение
>	1,38	29,48	48,2	8,02	51,8	51,30	центробежная сепарация
>	1,40	29,48	55,0	8,9	45	51,97	>
Скв. 105, пл. Тугнуйский	1,38	19,07	74,0	9,76	26,0	40,87	>
Скв. 199, >	1,38	28,76	50,0	8,43	50,0	35,56	расслоение
Скв. 205, >	1,38	23,33	45,1	8,36	54,9	37,48	центробежная сепарация
Скв. 200, >	1,38	22,25	48,3	11,51	51,7	30,01	расслоение
Скв. 83, > Спорный	1,38	30,55	60,0	11,45	40,0	46,04	>
<i>Олонь-Шибирская структура</i>							
Скв. 148, пл. 18	1,38	12,40	79,0	8,37	—	—	центробежная сепарация
Скв. 59, >	1,38	23,48	57,0	9,33	40,0	43,27	расслоение
Скв. 108, > 12—18	1,38	18,21	57,0	7,43	43,0	34,58	>
Скв. 59, > 6—8	1,38	24,89	61,0	14,05	35,0	42,73	>

Данные, полученные при предварительном обогащении углей Эрдемской и Олонь-Шибирской структур методом расслоения, указывают на то, что в зависимости от содержания золы и условий распределения ее в угольной массе угли исследуемых структур могут быть охарактеризованы по обогатимости (по выходу концентрата) как легко-, средне- и труднообогащаемые. Метод центробежной сепарации дает концентрат менее зольный, но при этом уменьшается его выход.

Изучение коксующести угля и шихт проводилось в 2-килограммовой лабораторной печи по методу, разработанному в ИГИ АН СССР [1]. Тепловой режим и скорость коксования были близки к промышленным условиям. Оценка качества кокса производилась на основе гидравлического принципа [2]. Коксованию подвергался обогащенный спекающийся уголь пластов Спорного и Тугнуйского с толщиной пластического слоя 9—7 мм. Полученные результаты показали, что уголь при самостоятельном коксовании в условиях обычной технологии коксования металлургического кокса не дает и может служить только в качестве добавки к хорошо спекающимся жирным и отощенным углям. В качестве таких углей были взяты коксующиеся угли Южно-Якутского бассейна [3, 4]. Качественная характеристика углей, участвовавших в составе опытных шихт, приводится в табл. 4.

Смеси углей Южно-Якутского бассейна со спекающимися и слабо-спекающимися углями Тугнуйской депрессии, а также со спекающимся углем Букачачинского месторождения (Забайкалье) коксовались в

Результаты лабораторного коксования смеси тугнуйских

№ шихты	Состав шихты	Компоненты, %	Технический анализ шихты, %		Пласто-метрические показатели, мм		Ситовый состав кокса после сбра-сывания с высоты 1,8 м, %			Ситовый сос-сле 150 обо-на,	
			A ^c	V ^r	X	Y	> 40 мм	25—40 мм	0—25 мм	40 мм	25—40 мм
1	Чульмаканское месторожд., штольня 15-ПЖ	30									
	Кабактинское месторожд., штольня 111-КЖ	30	10,14	32,10	27	17	96,4	—	3,6	81,6	12,6
	Нерюнгринское месторожд., скв. 50-КО	10									
	Эрдемская структура, скв. 105 (обогащенный)	30									
2	Чульмаканское место-рожд., штольня 15-ПЖ	30									
	Кабактинское месторожд., штольня 111-КЖ	20									
	Нерюнгринское месторожд., скв. 50-КО	10	7,81	32,69	20	15	79,7	16,9	3,4	35,7	55,0
	Букачачинское месторожд., шахта 2, пл. 1—Г	20									
Эрдемская структура, скв. 105 (обогащенный)—Г	20										
3	Чульмаканское месторожд., штольня 15-ПЖ	30									
	Кабактинское месторожд., штольня 111-КЖ	4	10,53	33,95	28	16	95,0	1,8	3,2	83,0	8,7
	Олонь-Шибирская структу-ра, скв. 719-Д	30									
4	Чульмаканское месторожд., штольня 15-ПЖ	25									
	Кабактинское месторожд., штольня 111-КЖ	35	11,02	35,12	32	14	90,6	3,9	5,5	73,8	10,0
	Олонь-Шибирская структу-ра, скв. 719-Д	40									
5	Производственная шихта МКГЗ (эталонная) ПЖ	31									
	ПЖГ	8									
	Г	24	8,10	29,8	16	18	91,4	5,4	3,2	64,8	26,0
	К	24									
	ПС	13									

* П — прочность кускового кокса; d_0 — средний размер кусков кокса в мм до испы-

Таблица 5

углей с углями Южно-Якутского бассейна

тав кокса по-ротов бараба-%	Ситовый состав кокса после 300 оборотов барабана, %						Показатели качества кокса на основе гидравлического принципа*				Пористость кокса, %	Технический и элементарный анализ кокса, %			
	10—25 мм	0—10 мм	> 40 мм	25—40 мм	10—25 мм	0—10 мм	$\frac{K_2 \cdot 0,6}{\Delta M^2}$	d_0 мм	d_{150} мм	$\frac{d_0}{d_{150}}$		A ^c	V ^r	C ^r	H ^r
0,4	5,4	74,8	16,4	0,4	8,4	20,0	53,5	32,0	1,7	52	13,61	1,23	96,72	0,86	
4,4	4,9	31,7	56,0	4,7	7,6	15,5	49,2	27,4	1,8	51	10,53	1,28	95,74	1,01	
0,5	7,8	74,4	14,6	1,6	9,4	16,0	53,0	28,9	1,8	52	—	—	—	—	
4,2	12,0	61,0	14,7	2,0	22,3	10,2	52,6	22,9	2,3	—	—	—	—	—	
3,2	6,0	58,6	27,8	4,0	9,6	15,3	52,9	28,5	1,9	53	11,2	1,11	96,14	0,72	

тания; d_{150} — средний размер кусков кокса в мм после 150 оборотов барабана.

Таблица 4

Наименование выработки	Технический анализ, %				Элементарный анализ, %		Пластометрические показатели, мм		Марка угля
	W ^a	A ^c	V ^r	S ^c _{общ}	C ^r	H ^r	X	Y	
Чульмаканское месторождение, штольня № 15 . . .	0,84	10,92	35,38	0,40	86,68	5,83	10	31	ПЖ
Кабактинское месторождение, штольня № 111 . . .	1,27	8,93	26,67	0,28	87,72	5,23	12	17—18	КЖ
Нерюнгринское месторождение, скважина 50 (обогащен.)	0,38	8,79	18,18	0,48	90,57	4,74	19	7	КО
Олонь-Шибирская структура, скважина № 719, пл. 18	3,53	11,83	44,51	—	78,80	5,65	48	0	Д-Г
Эрдемская структура, скважина 105, пл. Тугнуйский (обогащен.)	2,15	9,76	45,40	0,63	80,65	5,70	25	10	Г
Букачачинское месторождение, шахта № 2, пл. 1 (обогащен.)	1,85	5,80	38,07	—	82,87	5,46	24	12	Г

одинаковых условиях с эталонной промышленной шихтой Московского коксогазового завода (шихта МКГЗ). Последняя состояла из углей Донбасса и при промышленном коксовании в печах давала металлургический кокс с остатком в барабане Сундгрена 333—340 кг и выходом мелочи фракции 0—10 мм в провале 30—40 кг, или 7,0—9,7%. Результаты опытного лабораторного коксования шихт представлены в табл. 5.

Как видно из данных таблицы, все варианты опытных шихт, за исключением шихты № 4, в которой участвует 40% слабоспекающегося угля Олонь-Шибирской структуры (скв. 119), дают металлургический кокс, не уступающий по качеству коксу эталонной шихты МКГЗ. На возможность получения металлургического кокса из углей Южно-Якутского бассейна при участии 40% хорошо спекающихся углей Тугнуйской депрессии (типа газовых углей Букачачинского месторождения) также указывает полупромышленное опытное коксование, проведенное ВУХИНОм [5].

Выводы

1. По данным технического и элементарного анализов, спекаемости, а также петрографического исследования, угли Эрдемской структуры относятся к гумусовым каменным углям кларенового типа марок Д-Г и Г, а угли же Олонь-Шибирской структуры — к клареновым маркам Д и Д-Г.

2. Угли в основном зольные и при использовании их для целей коксования требуют обогащения.

3. Предварительное лабораторное обогащение углей показало, что по обогатимости они могут быть отнесены к легко-, средне- и труднообогатимым в зависимости от характера распределения золы в угольной массе.

4. При самостоятельном коксовании в существующих коксовых печах спекающиеся угли Тугнуйской депрессии металлургического кокса не дают, а могут служить добавкой к хорошо спекающимся жирным и отоценным углям.

5. Опытное коксование различных вариантов шихт, составленных: а) из 70% углей Южно-Якутского бассейна и 30% спекающегося угля Эрдемской структуры с толщиной пластического слоя 7 мм, б) 60% углей Южно-Якутского бассейна, 20% спекающегося угля Эрдемской структуры и 20% спекающегося угля Букачачинского месторождения с толщиной пластического слоя 12 мм, в) из 70% углей Южно-Якутского бассейна и 30% слабоспекающегося угля Олонь-Шибирской структуры, показало, что указанные шихты дают вполне удовлетворительный металлургический кокс, не уступающий по прочности коксу из углей Донбасса.

Институт горных ископаемых АН СССР,
Москва

Поступила в редакцию
15/ХII 1960

ЛИТЕРАТУРА

- И. Н. Николаев, Лабораторный метод определения коксуемости углей. Изв. Отд. техн. наук АН СССР, № 5, 1952.
- К. И. Сысков, И. Н. Николаев, К вопросу о методике, оценки кокса на основе гидравлического принципа. Изв. Отд. техн. наук АН СССР, № 8, 1949.
- А. Н. Антропов, Алданский (Южно-Якутский) каменноугольный бассейн. Сов. геол., № 62, 1957.
- К. И. Давыдова, Угли Алданского (Южно-Якутского) бассейна как возможное сырье для получения металлургического кокса. Сов. геол., № 62, 1957.
- С. И. Панченко, Н. А. Попов, Значение Южно-Якутского угольного бассейна в развитии черной металлургии в районах, восточнее озера Байкал. Кокс и химия, № 2, 1958.

В. К. ВАЛЬЦЕВ, С. М. АРТАМОНОВА,
Н. Ф. ДИДОР, Л. Х. КРАВЧЕНКО

ОСАЖДЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ РАСПЛАВЛЕННЫХ СОЛЕЙ

Сообщение I

ОСАЖДЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ РАСПЛАВЛЕННОГО НИТРАТА АММОНИЯ

Расплавленный нитрат аммония давно используется в качестве среды для проведения химических реакций. Известны результаты взаимодействия окислов, карбонатов и других соединений элементов с расплавленным нитратом аммония [1]. Основные окислы вступают в реакции обмена с образованием легко растворимых нитратов. Реакции обмена карбонатов также идут до образования растворимых нитратов.

Процессы обмена находят применение в препаративной технике. Так, Виккери, используя различие в реакционной способности окислов редкоземельных элементов, осуществил их частичное разделение [2]. Вместе с тем не менее важное значение имеет исследование реакций обмена с образованием нерастворимых в нитрате аммония продуктов взаимодействия. В литературе сведений о подобных исследованиях нет.

Расплавленный нитрат аммония удовлетворяет требованиям среды, в которой могут идти реакции осаждения: он устойчив при температурах, не превышающих на 15—20°C температуру его плавления; имеет невысокую упругость пара в расплавленном состоянии при оптимальной температуре процесса; обладает довольно высокой растворяющей способностью при сравнительно низкой температуре (175—190°C).

Из расплавленного нитрата аммония осаждались редкоземельные и некоторые другие элементы. Нерастворимые соединения получались при взаимодействии нитратов лантана, неодима, диспрозия, эрбия, магния, кальция и др. с сульфатом, оксалатом аммония в расплаве нитрата аммония.

Решение поставленной задачи достигнуто в результате следующих операций: получение растворов нитратов лантана, неодима, диспрозия, эрбия, магния, кальция и др. в расплавленном нитрате аммония; осаждение или получение нерастворимых продуктов элементов в расплавленном нитрате аммония; отделение осадка от расплава; химический анализ полученных осадков.

Экспериментальная часть

Для приготовления растворов нитратов элементов в расплавленном нитрате аммония применялись следующие реактивы: аммоний азотнокислый, х. ч., перекристаллизованный, высушенный при 110°C; окислы редкоземельных элементов: La_2O_3 (99%), Nd_2O_3 (97,85%), Er_2O_3 (97,37%), Dy_2O_3 (чист.), предвари-

тельно прокаленные при 900°C; окислы щелочноземельных элементов: MgO , CaO , SrO , BaO марки ч. д. а.; уранил азотнокислый, чистый, торий азотнокислый, чистый; аммоний сернокислый, х. ч., высушенный при 110°C; аммоний щавелевокислый, х. ч.

Работа велась с 2—5-процентными растворами при температуре 170—180°C. Осаждение из разбавленных растворов укрупняет структуру осадков и облегчает отделение от маточного расплава.

Аппарат, в котором проводился процесс, представляет вертикальную трубчатую печь сопротивления из термостойкого стекла длиной 16 см и диаметром 25 см, с теплоизоляционным кожухом из того же материала.

Постоянная температура 180°C в печи поддерживалась терморегулятором.

Навеска нитрата аммония 5—6 г переносилась в пробирку из термостойкого стекла и помещалась в печь. В расплав вводился окисел или нитрат исследуемого элемента, при этом он хорошо перемешивался.

Растворением окислов в расплавленном нитрате аммония были получены растворы, содержащие лантан, неодим, диспрозий, эрбий, магний, кальций, стронций, барий, торий, уран.

Виккери, изучая растворимость окислов редкоземельных элементов, установил, что растворимость падает в ряду семейства по мере убывания основных свойств элементов [1]. В процессе растворения идет взаимодействие окислов с нитратом аммония с образованием двойных нитратов [3], вследствие чего растворимость окислов определяется растворимостью нитратов. Для двойного нитрата лантана растворимость при 118°C составляет 60 вес. %, т. е. является высокой [4].

Растворимость окислов щелочноземельных металлов также, видимо, определяется растворимостью образующихся нитратов. По нашим данным, она достаточно высока и уменьшается от магния к барию. В литературе данные о растворимости окислов щелочноземельных металлов в расплавленном нитрате аммония отсутствуют.

Прокаленный окисел тория не взаимодействует с расплавленными нитратами. Реакционная способность окиси-закуси урана значительно ниже окислов редкоземельных элементов и щелочноземельных металлов. Растворение тория и урана производилось следующим образом: водные нитраты сплавились с малым количеством растворителя и выдерживались при 250°C до получения сухого спека. Операция повторялась дважды до получения безводного продукта, часть которого (вероятно, двойные нитраты) легко растворялась в расплавленном растворителе.

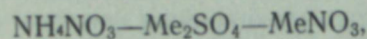
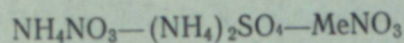
Осаждение и отделение осадка от раствора. Известно, что в водных растворах в результате реакции обмена могут образовываться осадки. Установлена также некоторая аналогия между водными растворами и расплавами нитратов щелочных металлов [5]. Руководствуясь идеей аналогии, мы выбрали такую группу солей-осадителей, анионы которых образуют нерастворимые в водных растворах соединения с исследуемыми элементами.

Действительно, редкоземельные, щелочноземельные металлы осаждаются оксалатами и сульфатами аммония и щелочных металлов. Однако в отношении образования трудно растворимых соединений аналогия между водными растворами и расплавленным нитратом аммония не будет полной. Например, торий не осаждается фторидом натрия в расплаве нитрата аммония. Щелочноземельные и редкоземельные элементы не образуют кристаллических осадков с фторидами щелочных металлов и аммония.

Осадитель обычно добавлялся в расплав в виде твердой соли. Иногда приготовлялся специальный раствор осадителя в расплавленном

нитрате аммония и приливался в раствор нитрата элемента в расплавленном нитрате аммония.

По справочным данным, растворимость сульфата аммония в нитрате аммония равна 8,9 вес. % при 180° С. Растворимость сульфатов калия и натрия при 175° С не более 6 вес. % и благодаря реакции обменного разложения между сульфатом калия и нитратом аммония определяется из диаграмм плавкости систем:



где Me = K, Na [6]. По нашим данным, растворимость оксалатов аммония и калия при 175° С равна соответственно 1,0 г и 1,05 г в 5 г нитрата аммония. Однако точность полученных данных относительна, поскольку проверка устойчивости оксалата калия в расплаве нитрата аммония при 175° С показала, что при выдержке растворенной навески в течение 20 мин. теряется 30% оксалат-иона, за 1 час — 55%, а за 2 часа — около 70%. Устойчивость оксалат-иона несколько повышается с понижением его концентрации.

При сливании растворов элементов и осадителей чаще всего немедленно появляется осадок, через некоторое время он начинает отстаиваться. Полное отстаивание иногда продолжается 30 часов. Более совершенными методами отделения осадка от раствора являются фильтрование и центрифугирование с помощью высокотемпературной центрифуги. Для нас удобнее оказался первый метод. Расплавы с осадками фильтровались в специально сконструированном для этой цели аппарате. Устройство аппарата следующее: в трубку из термостойкого стекла впаян стеклянный фильтр, под фильтром установлена пробирка для приема отфильтрованного расплава. Аппарат помещается в печь, устройство которой описано выше. Расплавы обычно фильтровались при 180° С.

Полнота осаждения, промывание осадка и анализы. Сульфаты и фосфаты количественно осаждают редкие земли и щелочноземельные металлы. Нами исследовалась полнота осаждения магния, кальция, стронция оксалатом аммония. У магния она составляла 98—87,5%, кальция — 93,4—86,8%, стронция — 97,6—90,0%. Разброс данных объясняется малой термической устойчивостью осадка. Чем больше время контакта осадка с нитратом аммония, тем больше он разлагается и тем меньше полнота осаждения. Время фильтрования зависит от крупности кристаллов осадка, свойств фильтра. Такие факторы трудно поддаются полному контролю.

Устойчивость и растворимость осадков в большой степени зависят от температуры. Например, при 225° С оксалат бария не выпадает в осадок. Осадки на фильтре промывались нитратом аммония до удаления избытка осадителя. Конец операции контролировался кристаллооптическим и химическим методами.

Осадки сульфатов, оксалатов редкоземельных элементов и кальция анализировались химически следующими методами: редкоземельные элементы определялись весовым методом, осаждением щавелевой кислотой; сульфат-ион — осаждением хлоридом бария; нитрат-ион — осаждением в виде азотнокислого нитрона; кальций и оксалат-ион — объемным перманганатометрическим методом; ион аммония — обратным титрованием после отгонки аммиака при кипячении с избытком щелочи; калий — осаждением кобальтинитритом натрия или хлорной кислотой; натрий — осаждением цинк-уранил-ацетатом или трифенилборкалием.

Осаждение элементов сульфатами аммония и щелочных металлов. Сульфат аммония удовлетворяет всем требованиям осадителя: с редкоземельными, щелочноземельными элементами образует осадки, нерастворимые в присутствии избытка осадителя; не образует соединений с растворителем при оптимальной температуре процесса; имеет сравнительно высокую растворимость.

Сульфатом аммония осаждались лантан, неодим, эрбий, кальций, количество осадителя определялось полнотой осаждения, которая, в свою очередь, проверялась химическим анализом фильтрата. Осадок отмывался от избытка осадителя и анализировался на металл, сульфат-ион и ион аммония. Результаты анализа приведены в таблице.

Результаты химического анализа осадков

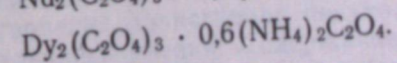
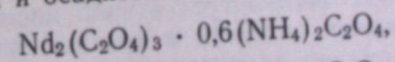
Формула	Состав, %					
	рассчитанный			найденный		
	Nd ³⁺	SO ₄ ⁻²	NH ₄ ⁺	Nd ³⁺	SO ₄ ⁻²	NH ₄ ⁺
2Nd ₂ (SO ₄) ₃ · 3(NH ₄) ₂ SO ₄ . . .	37,25	55,78	6,97	37,50	55,40	7,10
2Er ₂ (SO ₄) ₃ · 5(NH ₄) ₂ SO ₄ . . .	35,32	55,15	9,42	34,62	55,58	9,77
2La ₂ (SO ₄) ₃ · 3(NH ₄) ₂ SO ₄ . . .	36,39	56,54	7,07	36,97	54,90	8,12

Из полученных результатов следует: а) между растворенными веществами и растворителем идет реакция обмена с образованием осадков; б) для редкоземельных элементов различных подгрупп (цариевой и иттриевой) состав осадков различен, что, по-видимому, может являться следствием различия их свойств и соответственно различного поведения при осаждении.

Осадки кальция, по данным анализа, также являются двойными сульфатами. Сульфаты натрия и калия осаждают редкие земли и некоторые щелочноземельные металлы. Процесс осаждения здесь усложняется взаимодействием между осадителем и растворителем, так как идет реакция обменного разложения. В растворе появляются сульфат аммония и нитрат щелочного металла, как продукты обменного разложения. Сульфат аммония, видимо, вступает в реакцию с металлом, в результате образуется труднорастворимый двойной сульфат металла. Анализ таких осадков дал отрицательный результат на содержание щелочного металла. Торий и уран не образуют с сульфатом аммония нерастворимых осадков в расплавленном нитрате аммония.

Осаждение элементов оксалатами аммония и щелочных металлов. Оксалат аммония осаждают лантан, неодим, диспрозий, кальций, магний, стронций, барий, торий. Осадок тория растворим в избытке осадителя. Уран в этих условиях не осаждается.

По методике, изложенной выше, анализировались осадки неодима и диспрозия. Результаты показали, что вследствие обмена между растворенным веществом и осадителем образуются двойные оксалаты:



Действие оксалатов щелочных металлов аналогично действию оксалата аммония.

Обсуждение результатов

Ранее было показано [4], что реакция обмена между двойным нитратом лантана и сульфатом аммония идет в сторону образования двойного сульфата лантана при 330°С в отсутствие растворителя. В нитрате аммония реакция может быть осуществлена при более низкой температуре. Поэтому растворитель дает возможность провести реакции при более низких температурах. Температура процесса, если она не колеблется в широких пределах, не изменяет общий ход реакции, но изменяет соотношение между x и y в двойном сульфате $x\text{La}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot y(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Например, по реакции обмена между двойным нитратом и сульфатом аммония получается двойной сульфат $\text{La}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, а двойной сульфат из расплава имеет состав $2\text{La}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Следовательно, с повышением температуры процесса молярное отношение между сульфатом металла и сульфатом аммония увеличивается.

На основании новейших представлений о структуре растворов можно предположить, что это соотношение меняется также в зависимости от концентрации осадителя. Не исключается возможность одновременного выпадения осадков различного состава.

Вывод

Различное поведение элементов при осаждении разными осадителями открывает новые возможности их разделения.

Институт неорганической химии
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
19/VII 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Одрит, Я. Клейнберг. Неводные растворители. ИЛ, М., 1955.
2. R. C. Vickery. I. Chem. Soc., 10, 2800 (1949).
3. T. Meller, D. Aftandilian. Inorg. Syntheses, 5, 37 (1957).
4. В. К. Вальцев, В. П. Козырзина. Изв. СО АН СССР, № 10, 1960.
5. D. M. Gruen. I. Inorg. Nucl. Chem. Soc., 4, 1, 74 (1957)
6. Техническая энциклопедия, т. 6, 1931, стр. 181—182.

А. П. САМОДЕЛОВ

ЭЛЕКТРОДНЫЕ СВОЙСТВА
МЕМБРАННОГО ЭЛЕКТРОДА СКАНДИЯ

Применение ионитов для изготовления мембран, селективных к ионам только одного знака, расширяет возможности получения обратимых электродов для определения активности растворов электролитов.

Наиболее подробно изучены мембраны из сильноокислотных катионитов [1]. Измерение потенциалов на них показало, что эти мембраны можно применять в качестве обратимых электродов для определения активности в чистых и отчасти в смешанных растворах электролитов [2].

Ионит рассматривается как твердый электролит, основу которого образует полимер пространственной или сетчатой структуры с активными группами, способными обменивать свои ионы на другие ионы, и образующий катионный либо анионный скелет, внутри которого могут двигаться только ионы противоположного знака.

Установление разности потенциалов между мембраной и водным раствором будет определяться электрохимическим равновесием между этими фазами в отношении ионов.

Характер электродной функции мембраны, т. е. термодинамическое соответствие изменения потенциала мембранного электрода изменению концентрации какого-либо определенного вида ионов в растворе, зависит от степени заполнения поверхностных слоев мембраны этими ионами. Физическая структура ионитовой мембраны определяет электрохимическое поведение электрода. Чем плотнее структура мембраны, чем больше неподвижных активных групп в ней, тем менее вероятно проникновение в мембрану ионов одного с зарядом мембраны знака. В основе теории мембранных электродов лежат представления ионообменной теории стеклянного электрода, развитой Б. П. Никольским [3].

В настоящей работе была поставлена цель исследовать электродные свойства мембран из катионита, насыщенного ионами скандия, и выяснить, насколько поведение такого электрода обратимо по отношению к иону скандия.

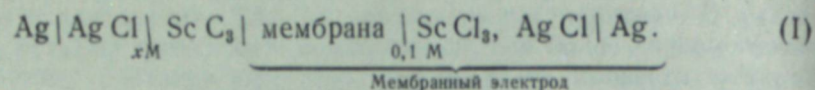
Методика исследования

В предварительных работах было установлено, что лучшим катионитом в отношении сорбции скандия является сильноокислотный малонабухающий полистироловый сульфокатионит КУ-2 (активная группа в ядре HSO_3^-).

Из ионита, предварительно насыщенного ионами скандия, готовились мембраны. Порошок ионита крупностью 200 меш смешивался с порошком полистирола, взятого в качестве связки, смесь заливалась толуолом. После растворения полистирола получалась сиропообразная масса, из которой готовились пленки. Содержание ионита в мембране варьировалось от 50 до 80%. Ионитовая пленка (мембрана) приклеивалась полистироловым клеем к полистироловой трубке, внутри которой

наливался раствор 0,1 MScCl₃ и вставлялся хлорсеребряный электрод. Это устройство в дальнейшем называется «мембранным электродом».

В чистых растворах ScCl₃ изменялась э. д. с. следующей гальванической цепи:



Концентрационный потенциал, возникающий на границе раствор — мембрана — раствор, выражается, согласно уравнению Нернста, для 1 — 1 валентного электролита:

$$E = \frac{(t_-) - (t_+)}{(t_-) + (t_+)} \cdot \frac{RT}{z \cdot F} \ln \frac{(a_{\pm})_1}{(a_{\pm})_2} \quad (1)$$

где $(a_{\pm})_1$ и $(a_{\pm})_2$ — значения средних активностей электролита в растворах,

(t_+) и (t_-) — числа переноса катиона и аниона через мембрану, для катионитовой мембраны можно принять, что $(t_+) = 1,0$; $(t_-) = 0,0$.

Если мембрана ведет себя как обратимый электрод по отношению к катиону, то э. д. с. элемента I в общем случае будет выражаться, согласно уравнению (1), формулой для элемента без переноса.

$$E_1 = E_0 - \frac{RT}{zF} \ln \gamma_+^{v_+} \cdot \gamma_-^{v_-} \cdot m_+^{v_+} \cdot m_-^{v_-} = E_0 - \frac{\nu RT 2,3}{z \cdot F} \lg a_{\pm \text{ScCl}_3} \quad (2)$$

где $\nu = \nu_+ + \nu_-$ — число ионов, на которые диссоциирует электролит

$$\nu_{\text{ScCl}_3} = 4,$$

m_+ и m_- — моляльные концентрации ионов,

γ_+ и γ_- — моляльные коэффициенты активности ионов,

a_{\pm} — средняя активность электролита,

R — газовая постоянная,

T — абсолютная температура,

z — валентность катиона, по отношению к которому обратима мембрана $z_{\text{Sc}} = 3$,

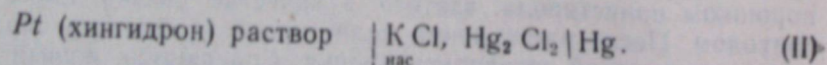
F — число Фарадея, $F = 23070,8 \text{ кал} \cdot \text{вольт}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$,

$$E_0 = \frac{\nu RT \cdot 2,3}{z \cdot F} \lg a_{\pm \text{ScCl}_3} \quad 0,1 \text{ M}$$

относится к внутренней части электрода и при неизменной активности раствора остается величиной постоянной.

Применение гальванического элемента без переноса позволяет провести более строгую термодинамическую проверку поведения мембранных электродов. Знак э. д. с. гальванического элемента выбирался так, чтобы положительное значение э. д. с. означало, что в данном элементе мембранный электрод является положительным полюсом, а вспомогательный электрод — отрицательным. Для изучения области перехода мембранного электрода от скандиевой функции к водородной измерения проводились в растворах с постоянной концентрацией ScCl₃ и переменным значением pH.

При этом измерялась э. д. с. гальванических цепей элементов I и II и определялся pH раствора.



Растворы ScCl₃ и HCl готовились весовым методом. Концентрации выражались числом молей на килограмм воды. Величины средних коэф-

фициентов активностей брались из монографии Харнеда и Оуэна [4]. Измерения электродвижущих сил производились по компенсационной схеме с высокоомным потенциометром ППТВ=1. Измерения pH и э. д. с. цепи II проводились на потенциометре ЛП-5. Величины э.д.с. элемента II, измеренные на ЛП-5, сверялись с величинами, измеренными на ППТВ-1, и были тождественными.

Скандиевая функция мембранного электрода

Если мембранный электрод ведет себя как обратимый скандиевый электрод, то электродвижущая сила гальванического элемента I должна отвечать уравнению (2), а на графике $E_1 = f(-\lg a_{\pm \text{ScCl}_3})$ должны получаться прямые с угловым коэффициентом, равным 78,74 мВ

$$\left(\frac{4RT \cdot 2,3}{3F} = 0,07874 \text{ в} \right).$$

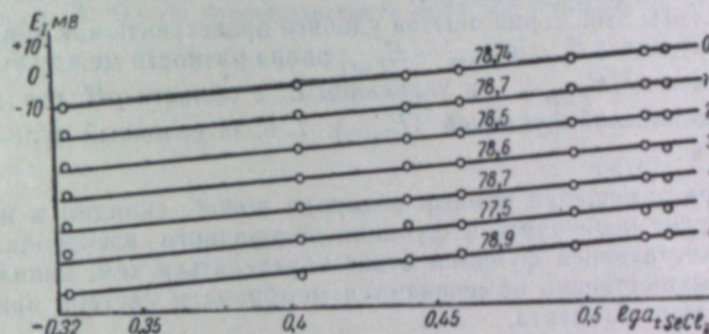


Рис. 1. Зависимость E_1 от $-\lg a_{\pm \text{ScCl}_3}$

Кривые 1, 2, 3, 4 — для мембран с 70% КУ-2; 5 — с 50% КУ-2; 6 — с 80% КУ-2.

На рис. 1 числа по оси ординат относятся к верхней теоретической кривой, а каждая из экспериментальных кривых смещена вниз на 10 мВ относительно предыдущей. Числа над прямыми означают их угловые коэффициенты.

Результаты опытов показывают, что в исследованном интервале концентраций ScCl₃ от 0,05 M до 1,0 M зависимость потенциала мембранного электрода от $-\lg a_{\pm \text{ScCl}_3}$ близка к линейной и наклон кривых близок к теоретическому для электродов с 70—80% ионита в мембране и составляет 97—98% от теоретического для мембран с 50—60% ионита. Изменение потенциала мембранных электродов соответствует функции скандиевого электрода. При высоких концентрациях 0,7—1,0 M ScCl₃ наблюдается отклонение от теоретической зависимости $E_1 = -\lg a_{\pm \text{ScCl}_3}$ в сторону положительных значений э. д. с. Очевидно, при увеличении концентрации ScCl₃ двойной слой в каналах мембраны сжимается и средняя часть каналов становится более доступной для прохождения анионов, т. е. $(t) \neq 0$. С увеличением ионита в мембране отклонение уменьшается. Время установления равновесных значений E (за такие значения принимались E , которые были устойчивы в пределах 0,5 мВ, по крайней мере в течение суток) для мембран с 70% ионита составляло примерно 20—40 минут.

Для доказательства скандиевой функции мембранного электрода недостаточно было установить, что потенциал мембранного электрода изменяется пропорционально логарифму активности ионов скандия в

растворе, необходимо было установить, что мембранные электроды действуют при этом обратимо. Были поставлены опыты по измерению э. д. с. элемента I в растворах как с убывающей, так и возрастающей концентрацией скандия. Независимо от направления, в котором проводится изменение концентрации раствора, наблюдалось быстрое и обратимое изменение потенциала, вызываемое изменением состава раствора, а ΔE_1 для данного интервала концентраций растворов соответствует

$$\Delta E_{\text{теорет.}} = \frac{RT}{zF} \ln \frac{(a_{\pm})_1}{(a_{\pm})_2},$$

где $a_{\pm 1}$ и $a_{\pm 2}$ — средняя активность ScCl_3 в растворах граничных концентраций.

Для изучения перехода мембранного электрода от скандиевой функции к водородной в смешанных растворах были проведены измерения э. д. с. элементов I и II в растворах с постоянной концентрацией скандия и переменным значением pH .

Результаты этой серии опытов удобнее представить как зависимость $\Delta E_1 = f(pH)$, где $\Delta E_1 = E_{I(pH)} - E_{I(Sc)}$ равна разности между значением E_1 при данном $(E_{I(cH)})$ и значением E_1 в области pH , где электрод обладает скандиевой функцией ($E_{I(Sc)}$), т. е. за условный нуль отсчетов принимается $E_{I(Sc)}$.

По мере замещения ионами водорода ионов скандия в мембране электрод будет переходить к функции водородного электрода. Потенциал соответствующей функции будет определяться тем, каким видом ионов преимущественно обмениваются мембрана и раствор при работе гальванического элемента.

При изображении результатов измерения э. д. с. в смешанных растворах в виде зависимости

$$\Delta E_1 = f(pH)_{\text{ScCl}_3 = 0,1M} \text{ и } \Delta E_1 = f(pH)_{\text{ScCl}_3 = 0,05M}$$

области скандиевой функции электрода прямые параллельные оси pH должны совпадать с ней, а в области водородной функции прямые для концентрации ScCl_3 0,1 М и 0,05 М, если соблюдается теоретическая водородная функция, должны идти параллельно друг другу в соответствии с уравнением (1).

На рис. 2 представлены результаты этих опытов. Опытные данные для всех электродов довольно хорошо укладываются на две общие

кривые, соответствующие двум различным концентрациям. Значения pH (средние для мембран с 70% КУ-2), при которых начинается переход от скандиевой функции мембранного электрода к водородной, составляют 1,5 для 0,1 М и 2,5 для 0,05 М раствора ScCl_3 . Заканчивается переход при $pH = 1,0$ для 0,1 М и 1,5 для 0,05 М раствора ScCl_3 .

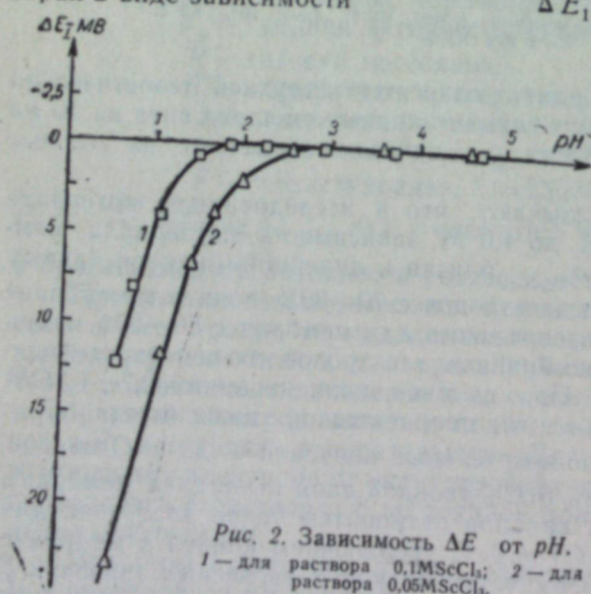


Рис. 2. Зависимость ΔE от pH .
1 — для раствора 0,1M ScCl_3 ; 2 — для раствора 0,05M ScCl_3 .

Выводы

1. Показано, что потенциал мембранного электрода скандия подчиняется уравнению $E = E_0 - \frac{RT}{zF} \lg a_{\pm \text{ScCl}_3}$.

2. Переход из одной электродной функции в другую согласуется с представлениями ионообменной теории стеклянного электрода.

Поступила в редакцию
14/VII 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. А. Матерова, Ф. А. Кожакина, Б. П. Никольский, ЖФХ, XXIX, вып. 1, 105 (1955).
2. Ф. А. Белинская, Ф. А. Матерова, Вестник ЛГУ, № 16, 85 (1957).
3. Б. П. Никольский, ЖФХ, 10, 495 (1937).
4. Г. Харнед, В. Оуэн, Физическая химия растворов электролитов, ИЛ, М., 1952.

Л. Е. ИВАНОВСКИЙ, Г. К. СТЕПАНОВ,
М. Т. КРАСИЛЬНИКОВ, О. С. ПЕТЕНЕВ

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ ХЛОРА И ХЛОРИСТОГО ВОДОРОДА НА ИНДИФФЕРЕНТНЫХ ЭЛЕКТРОДАХ

При рафинировании редких металлов электролизом расплавленных солей в большинстве случаев необходимо предварительное получение их безводных соединений для создания начальной концентрации и поддержания ее в оптимальных пределах. Это связано с определенными трудностями, особенно когда требуются безводные соли низших валентностей, что тормозит в ряде случаев развитие электрохимических методов получения некоторых металлов.

Наиболее целесообразно, казалось бы, необходимую концентрацию соли создавать и поддерживать в ходе самого электролиза. Это можно сделать с помощью пористых диафрагм. Однако трудности создания промышленных ванн с использованием диафрагм заставляют искать новые пути решения этого вопроса.

Довольно просто решить эту задачу позволяют газовые электроды. Если осуществить с достаточной скоростью катодное растворение хлора или другого приемлемого газа, то, предотвратив этим катодное выделение металла, можно за счет анодного его растворения создать в ванне необходимую концентрацию ионов осаждаемого металла. При электролизе параллельно работающий газовый катод позволил бы компенсировать снижение концентрации, происходящее за счет потерь катодных осадков с солями, вследствие летучести и т. д.

Хлорный электрод, на котором осуществляется процесс катодного растворения хлора, может быть использован также для работ в области электрохимических генераторов с высокоактивными восстановителями, например жидкими щелочными металлами.

Целью настоящей работы было исследование поведения газовых электродов в расплавах хлоридов щелочных металлов в указанных направлениях.

Экспериментальная часть

Первая серия опытов посвящена изучению поляризации индифферентных электродов в расплаве, насыщенном хлором и хлористым водородом, а также измерению поляризации этих электродов при продувании через их поры соответствующего газа. Ячейка для измерения поляризации схематически изображена на рис. 1.

Опыты проводились следующим образом. В расплавленную эквивалентную смесь хлоридов натрия и калия помещали анод и катод из

графита и свинцовый электрод сравнения [2]. Затем стакан закрывали крышкой и через расплав продували хлор или хлористый водород в течение 3—4 час., одновременно измеряя потенциал катода. Хлор для всех опытов был получен электролизом расплавленного хлорида свинца. Для очистки его от мелкодисперсных взвешенных частиц применялись фильтры. Хлористый водород перед подачей в электрод предварительно сушили, пропуская через поглотители с концентрированной серной кислотой и пятиокисью фосфора. После того, как потенциал достигал постоянной величины (точность измерений $\pm 0,01$ в), снимали поляризацию, не прекращая подачу газа через расплав. Поляризация угольного катода в расплаве, насыщенном хлором или хлористым водородом, измерялась с помощью шлейфного осциллографа в момент выключения поляризующего тока в интервале плотностей тока от 10^{-3} до 3 а/см². Время поляризации при катодной плотности тока 4 сек., температура опыта $800^\circ (\pm 10^\circ)$.

Аналогично была снята поляризация на пористом электроде, который представлял собой закрытую с одной стороны силиконовую трубку, через поры которой в расплав продувался газ.

Кроме того, была исследована растворимость хлора и хлористого водорода, а также скорость растворения хлора в хлоридных расплавах. Для опытов использовали пробирку из тугоплавкого стекла, суженную в нескольких сантиметрах от нижнего конца. Соль бралась с

таким расчетом, чтобы уровень ее был выше сужения. Фарфоровую трубку, через которую пропускали газ, погружали до дна пробирки. Через определенное время, не прекращая подачи газа, поднимали трубку так, чтобы она была погружена в расплав не более чем на 2—3 мм. Через 1—2 мин. нижнюю часть пробирки отпаивали и анализировали ее содержимое, определяя растворенный в расплаве газ. При определении хлора ампулу разбивали в растворе йодистого калия и после растворения всей соли выделившийся йод титровали гипосульфатом. Определяя хлористый водород, ампулу разбивали под водой и титровали щелочью. Несколько опытов было проведено с целью определения количества растворенного хлора в зависимости от времени барботирования его через расплав (скорость подачи хлора 4 г/час и количество расплава 60—70 г во всех опытах).

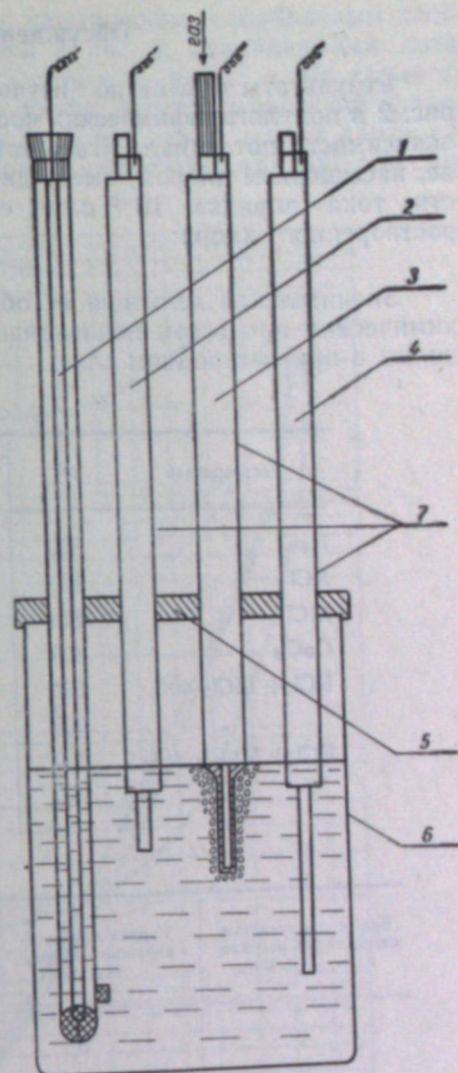
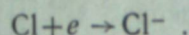


Рис. 1. Ячейка для измерения поляризации.

1 — свинцовый электрод сравнения, 2 — катод угольный, 3 — пористый электрод, 4 — анод угольный; 5 — крышка; 6 — электролизер.

Обсуждение результатов

Результаты опытов по изучению поляризации представлены на рис. 2 в полулогарифмических координатах $\varphi - \lg i$. Как видно, кривая 1 зависимости потенциала угольного катода от плотности тока в расплаве, насыщенном хлором, имеет два участка. Первый из них (до плотности тока порядка 10^{-2} а/см) соответствует катодной поляризации растворенного хлора:



Значительная величина ее обусловлена, по-видимому, не электрохимическим процессом ионизации хлора, а концентрационными изменениями в приэлектродном слое.

Таблица 1

Растворитель	t°	Растворимость хлора, вес. %	Сравниваемые данные
NaCl	820	0,00116	Вартенберга [3]
KCl	820	0,00501	>
LiCl	820	0,00698	>
CaCl ₂	800	0,0022	>
KCl + LiCl ₂ 40%	500	0,0038	Наши
"	600	0,0022	>
KCl + MgCl ₂ 40%	600	0,0036	>
"	700	0,0023	>

Таблица 2

Время пропускания хлора через расплав KCl-LiCl, мин.	Количество растворенного хлора, вес. %	Время пропускания хлора через расплав KCl-LiCl, мин.	Количество растворенного хлора, вес. %
0	0	120	0,003
10	0,00045	180	0,0038
20	0,00051	240	0,0037
40	0,0008	300	0,0038
60	0,0013	360	0,0038

Растворимость хлора в расплавах хлоридов, согласно литературным данным и нашим измерениям, составляет относительно малую величину. В табл. 1 и 2 приведены значения растворимости хлора и скорости его растворения в некоторых хлоридных расплавах.

За время поляризации (4 сек.) при силе тока $1 \cdot 10^{-3}$ а расходуется $1,2 \cdot 10^{-6}$ г/см² хлора. Если предположить, что весь растворенный хлор, содержащийся в электролите на расстоянии 1 мм от поверхности электрода ($3-5 \cdot 10^{-6}$ г/см²), расходуется за это время, то при плотностях тока выше $5 \cdot 10^{-3}$ а/см² растворенного хлора не хватит, чтобы обеспечить процесс. Поэтому параллельно должен протекать перезаряд катионов щелочных металлов $2\text{Me}^+ + e \rightarrow \text{Me}_2$, как было показано ранее [4, 5]. Дальнейшее повышение плотности тока ведет к резкому возрастанию потенциала и выделению на катоде щелочного металла.

Поляризация катода в расплаве, насыщенном газообразным хлористым водородом, представлена кривой 2, рис. 2. Стационарный потенциал угольного электрода меньше хлорного на 0,7 в. Из характера поляризации видно, что в отличие от хлора, электрохимический процесс $\text{H}^+ + e \rightarrow \text{H}$ не играет заметной роли даже при самых малых плотностях тока. Растворимость хлористого водорода составляет при 800° $6,8 \cdot 10^{-4}$

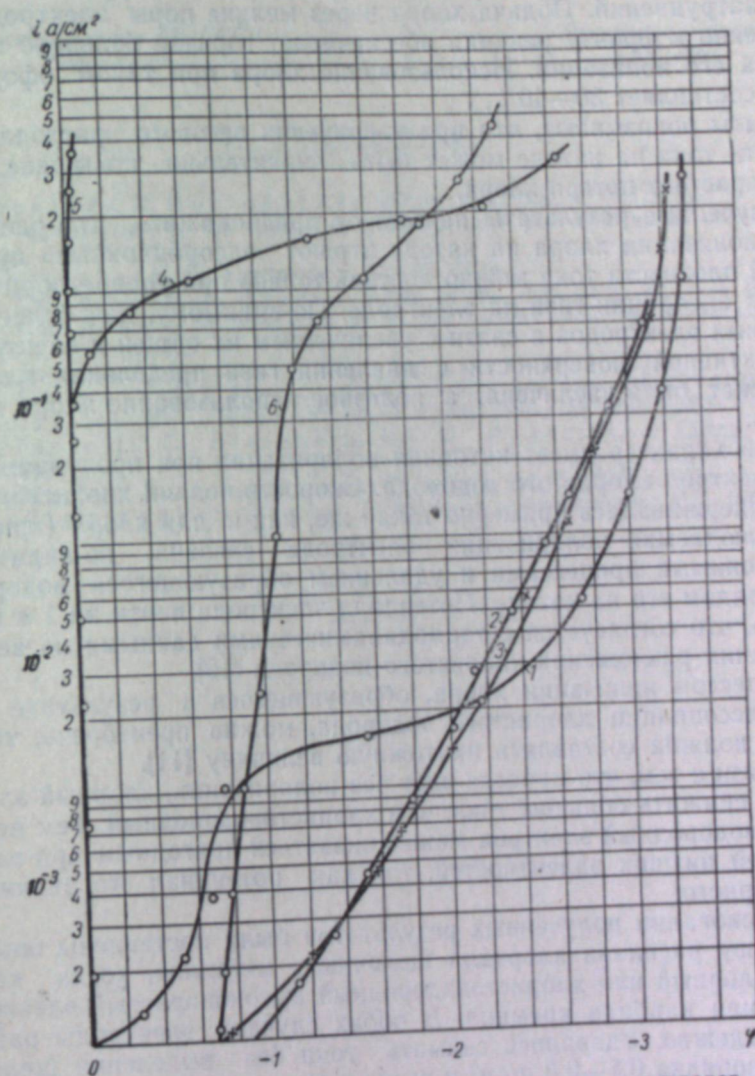


Рис. 2. Катодная поляризация индифферентных электродов.

1 — в расплаве, насыщенном хлором, 2 — в расплаве, насыщенном хлористым водородом, 3 — в расплаве KCl-NaCl без насыщения газами, 4, 5 — на пористом электроде при продувании через него хлора, 6 — на пористом электроде при продувании через него хлористого водорода.

вес. %, т. е. почти на порядок меньше в сравнении с хлором. Поэтому при минимальных плотностях тока основным процессом можно считать перезаряд катионов щелочных металлов. При более высоких плотностях тока наблюдается резкое смещение потенциала катода вплоть до потенциала выделения щелочного металла. Для сравнения приведена кривая 3, которая отвечает поляризации угольного катода в расплаве без насыщения его хлористым водородом. Практически она совпадает с кривой 2.

Поляризационные кривые 4 и 5 были сняты на силитовом катоде, через поры которого продували хлор. В первом случае (кривая 4) расход хлора составлял 4 г/час, а во втором — 10 г/час. Следовательно, ионизация хлора в широком интервале плотностей тока идет практически без поляризации. На основании [6—9] можно предположить, что электрохимический процесс ионизации хлора идет без заметных кинетических затруднений. Подача хлора через мелкие поры электрода непосредственно к фронту реакции обеспечивает гораздо большую скорость процесса его ионизации. Использование хлора при таком оформлении катода составляет 30—40%.

Опыты показывают, что при увеличении весового расхода хлора плотность тока на катоде может быть значительно повышена, но при этом возрастает потеря хлора.

Полученные результаты позволяют предположить, что решающую роль в ионизации хлора на катоде играют адсорбционные процессы. Высокой плотности тока можно достичь только при удовлетворительных условиях адсорбции газа на электроде. По-видимому, для более мелкодисперсных электродов в связи с увеличением их общей и электрохимически активной поверхности и давления газа предельная плотность тока может быть увеличена, а полезное использование хлора должно возрасти.

Иной характер имеет катодная поляризация при продувании через такой электрод хлористого водорода. Скорость подачи хлористого водорода поддерживалась примерно такая же, как и для хлора (кривая 5).

Наблюдаемая поляризация электрода связана, по-видимому, с диффузионными процессами и удалением образующегося водорода, а не с разрядом его на катоде. Потенциал электрода почти на 1 в меньше хлорного, что согласуется с термодинамическими данными по величине направления разложения хлористого водорода [10].

Процессом ионизации хлора, образующегося в результате термической диссоциации хлористого водорода, можно пренебречь, так как его доля должна составлять ничтожную величину [11].

В связи с тем, что процесс идет без поляризации, хлорный электрод позволит снижать большие токи, чем хлористоводородный. Тем не менее хлористоводородный электрод может оказаться пригодным при электролизе солей низших валентностей, так как потенциал его значительно ниже хлорного.

На основании полученных результатов были поставлены опыты по электролизу расплава хлоридов щелочных металлов, когда катодом служил хлорный или хлористоводородный высокопористый электрод из графита или карбида кремния. В обоих случаях электроды работали вполне надежно. Удавалось снимать токи без выделения щелочного металла порядка 0,5—0,8 а/см² и выше в зависимости от количества подаваемого через электрод газа и его проницаемости.

Выводы

1. Исследована поляризация катодного растворения хлора и хлористого водорода на индифферентных электродах.
2. Показано, что в расплавах хлоридов щелочных металлов, насыщенных хлором или хлористым водородом, существует заметная концентрационная поляризация. В случае применения пористых электродов, когда исследуемый газ подавался через их поры, процесс растворения хлора проходил практически без поляризации, а хлористого водорода — с относительно небольшой поляризацией при потенциалах меньше хлорного на 1 в.

3. На основании полученных экспериментальных данных высказаны соображения о возможностях применения газовых электродов при рафинировании и получении металлов электролизом расплавленных солей.

4. Установлена возможность использования хлорного электрода в высокотемпературных электрохимических генераторах.

Уральский филиал АН СССР,
Свердловск

Поступила в редакцию
1/IV 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Карпачев, О. Полторацкая, Журн. физ. хим., 6, 966 (1935).
2. Б. П. Артамонов, Сб. работ по электрохимии расплавленных солей. ЧИПХ, вып. 33, стр. 31 (1940).
3. H. Wortenberg, Zs. Electrochem, 32, 331 (1926).
4. М. В. Смирнов, Л. Е. Ивановский, Журн. физ. хим., 32, 2174 (1958).
5. М. В. Смирнов, Л. Д. Юшина, Л. Е. Ивановский. Тр. Ин-та хим. УФАИ, вып. 2, 1958, стр. 153.
6. С. Карпачев, С. Ремпель, Журн. физ. хим., 11, 144 (1933).
7. М. В. Смирнов, Л. Е. Ивановский, Журн. физ. хим., 31, 467 (1957).
8. R. Piontelli and G. Steruheim, J. Chem. Phys., 23, 1771 (1955).
9. R. Piontelli, G. Steruheim and M. Prancini, J. Chem. Phys., 24, 1113 (1956).
10. J. W. Mellor, J. Inorg. and theoretical Chemistry, vol. 2, 1927, p. 146.
11. О. Кубашевский, Э. Эванс, Термохимия в металлургии. ИЛ, 1953.

И. В. КАЛЕЧИЦ, Ф. Г. САЛИМГАРЕЕВА,
Б. В. ТРЖЦИНСКАЯ, М. Ф. ИВАНОВА

О ХИМИЗМЕ ПРЕВРАЩЕНИИ ПРОСТЫХ ЭФИРОВ
В УСЛОВИЯХ ЖИДКОФАЗНОЙ ГИДРОГЕНИЗАЦИИ

В ряде исследований [1—3] было показано, что в условиях деструктивной гидрогенизации нейтральные кислородные соединения, содержащиеся в сырье (полукоксосовых смолах), частично превращаются в фенолы, в том числе в ценные для химической переработки низшие фенолы. О химической природе нейтральных кислородных соединений полукоксосовых смол точных данных еще не получено. Однако можно считать доказанным, что в них содержатся фенолы, имеющие много заместителей и неспособные вследствие этого экстрагироваться водной щелочью (но титрующиеся органическими щелочными агентами [4]); некоторые эфиры [5, 6] и карбонильные соединения [4].

В нашей лаборатории изучались превращения различных типов высших фенолов [7] и сложных эфиров [8] в условиях жидкофазной гидрогенизации. Представлялось интересным дополнить эти исследования изучением превращений простых эфиров. Работ в данной области мало, и основные закономерности деструкции эфиров неясны.

В литературе есть указания о получении незначительных количеств фенолов из дифенилового эфира (9% [9]) и циклического эфира пентаметилтетрагидродидоксисантена [10]. Холл и Коулей [11], наряду с продуктами восстановления, выделили небольшое количество фенола из гидрогенизата дифенилоксида, полученного при высоких давлениях и температуре в присутствии MoO_3 . Большинство работ с эфирами проводилось при низких температурах и давлениях, в присутствии активных катализаторов, с целями далекими от поставленной нами. При низких температурах достаточно гладко проходит гидрирование кольца без деструкции [12], хотя из кумарина при гидрировании над хромитом меди при 250° был получен орто-гидроксифенил-3-пропанол-1 [13].

В ряде работ была установлена деструкция простых эфиров фенола по связи между кислородом и алкилом: при нагреве в запаянной трубке [14], при контакте с алюмосиликатным катализатором [15] и окисью алюминия [16, 17]. В последнем случае отщепляющийся олефин алкилирует образовавшийся фенол. В присутствии катализатора $Ni-Al_2O_3$ Н. И. Шуйкин, Л. А. Эриванская и В. В. Концова [18] установили возможность протекания деструкции анизолы не только по связи между алкилом и кислородом, но и по связи между кислородом и фенолом. В этих опытах было также получено 12,5—30% фенола. Единственной работой, в которой изучалось превращение анизолы в условиях деструктивной гидрогенизации и в присутствии промышленных катализаторов, в том числе железного, является сообщение Т. К. Климова и И. Ф. Богданова [19], но и в этой работе преследовались другие цели (влияние анизолы на гидрогенизацию ароматических углеводородов) и поэтому продукты гидрирования полностью не исследовались. Авторами

[19] было выделено от 0 до 63% фенола и показано, что анизол менее стабилен в условиях деструктивной гидрогенизации чем фенол.

Чтобы выяснить закономерность влияния структуры эфиров на положение разрыва молекулы и определить тем самым наиболее благоприятные структуры, ведущие к образованию низших фенолов, были проведены сравнительные опыты гидрогенизации простых эфиров различного строения.

Данные опытов с 7 простыми эфирами фенола сопоставляются в табл. 1.

Таблица 1

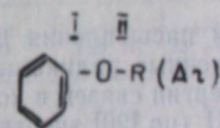
Выход продуктов деструктивной гидрогенизации простых эфиров (вес. %, температура 485° , нач. давление 160 атм, продолжительность 3 час.; количество катализатора 5%)

Исходный простой эфир	Выход на исходное вещество					
	фенола	бензола	прочих углеводородов	высококипящ. фракц.	неизмененного вещества	газ+вода+ потери
Гваякол	23,0	—	—	48,0	—	29,0
Анизол	19,9	25,7	7,9*	25,1	2,2	19,2
Фенетол	18,7	14,3	1,9	24,2	12,2	29,8
Н-пропилфениловый	25,0	9,4	2,9**	27,9	0,3	34,5
Изопропилфениловый	38,0	3,0	—	25,3	0,7	33,0
Третичнобутилфениловый	39,1	2,1	3,2	16,2	—	39,4
Дифениловый	17,5	26,4	—	0,0	51,0	5,1

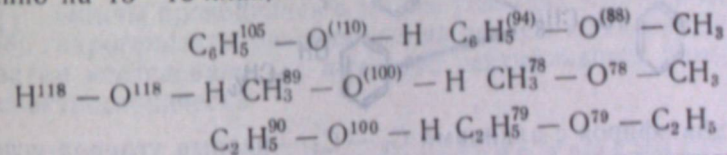
* В т. ч. 1,0% дифенила и 5,6% толуола.

** В т. ч. 2,4% толуола.

Если обозначить в молекуле простого эфира углерод-кислородные связи I и II



то следует ожидать, что связь I будет прочнее связи II за счет П—р сопряжения. Правда, соответствующих данных об энергиях связей в литературе нет, но из последней сводки В. Н. Кондратьева [20] можно видеть, что, например, энергия связи С—О в низших алифатических спиртах составляет 89—90 ккал/моль, а в феноле — 105 ккал/моль, т. е. замена этила или метила на фенол повышает энергию связи соответственно на 15—16 ккал/моль. Сопоставляя энергии связей в соединениях



и полагая для простоты полную аналогию и пропорциональность изменения энергий связи при замене одного радикала другим, можно получить для анизолы величины порядка 94 ккал/моль для связи I и 88 ккал/моль для связи II (показаны в скобках, без скобок приведены данные, заимствованные из [20]).

В соответствии с этим, если сравнить молярные выходы бензола и фенола, характеризующих соответственно вероятность разрыва по свя-

зиям I и II (табл. 2), то оказывается, что выходы фенола всегда больше, если не говорить об опытах с анизолом и дифениловым эфиром. Так как в дифениловом эфире обе связи равноценны и их деструкция должна давать фенол и бензол в эквимолекулярных количествах, больший выход бензола можно объяснить только вторичной реакцией восстановления части образовавшегося фенола. По аналогии с данными этого опыта можно полагать, что и в опытах с анизолом и фенолом количества фенола были занижены, а количества бензола завышены и, следовательно, преобладала деструкция по связи II.

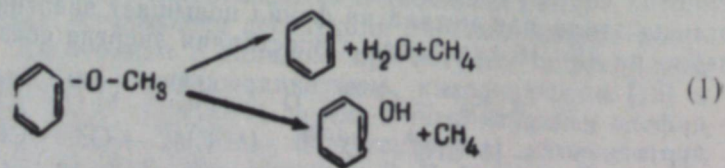
Таблица 2

Соотношения между молярными выходами продуктов деструкции простых эфиров

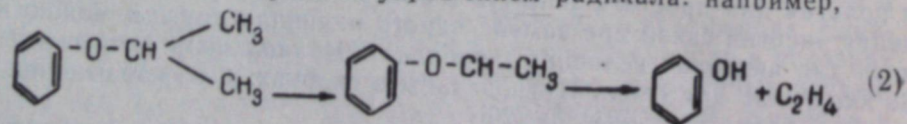
Исходный эфир	Превращения, %	В том числе			Отложение количества фенола и бензола
		в бензол (разрыв по I)	в фенол (разрыв по II)	в другие продукты (по разности)	
Анизол	97,8	35,6	23,0	39,2	0,65
Фенетол	87,9	22,4	24,3	41,2	1,08
Н-пропилфениловый	99,7	16,4	36,2	47,1	2,20
Изопропилфениловый	99,3	5,2	55,0	39,1	11,58
Третичнобутилфениловый	100,0	4,0	62,4	33,6	15,60
Дифениловый	49,0	58,5	31,7	3,9	0,54

В ряду анизол — третичнобутилфениловый эфир отношение молярных долей фенола и бензола возрастает с увеличением числа углеродных атомов в алифатическом радикале и особенно быстро в случаях, когда алифатический радикал изомеризован. В опытах с изопропил- и третичнобутилфениловыми эфирами выход бензола настолько незначителен, что можно полагать полное отсутствие разрыва связи I, так как это небольшое количество бензола вполне могло образоваться за счет восстановления фенола.

Следовательно, механизм расщепления простых эфиров, содержащих прямоцепные и разветвленные радикалы, различен. Это различие легко объясняется тем, что энергии связей в короткой прямой цепи сравнимы с энергией связей I и II (по [20] энергия разрыва связи C—C в этане 86, а в пропане 84 ккал/моль), в то время как для длинных и изомеризованных цепей, по В. В. Воеводскому [21], энергия связи снижается на 7—15 ккал/моль. Поэтому наиболее вероятным представляется в случае прямоцепных низкомолекулярных эфиров в качестве первого этапа разрыв связей I или II



в то время как для эфиров с алкилами C₃—C₄ — разрыв углерод-углеродных связей с последующим упрощением радикала, например,



Расшифровать весь механизм цепных превращений не представляется возможным, так как рекомбинации радикалов дают сложную смесь вы-

сококипящих продуктов в количестве от 16,2 до 27,9%, а в опыте с гваяколом, имеющим две функциональные группы, даже 48,0%. Эти вещества скорее всего представляют собой продукты алкилирования фенола и эфиров, что было показано Н. И. Шуйкиным и сотрудниками [18], правда, для других условий. Из углеводородов были выделены дифенил и толуол, указывающие на возможность существования радикалов фенола и метила. Характерно, что в опыте с дифениловым эфиром, не дающим алифатических радикалов и, соответственно, продуктов алкилирования, высококипящих продуктов не образовывалось.

В заключение следует отметить, что простые эфиры весьма реакционноспособны в условиях жидкофазного процесса и превращаются почти нацело, кроме дифенилового эфира, все связи которого прочны.

Экспериментальная часть

Гваякол, анизол, фенетол и дифенилоксид перед опытами очищались перегонкой.

Н-пропиловый- и изопропилфениловый эфиры были синтезированы из фенолята натрия и бромистых н-пропила и изопропила соответственно. Выхода составили соответственно 50,0% и 51,5% от теории, считая на фенол.

Третичнобутилфениловый эфир был синтезирован пропускаям изобутилена в эфирный раствор фенола при температуре 5—10° в присутствии 75-процентной серной кислоты в качестве катализатора [21]. Выход 69,8% от теории, считая на фенол.

Константы исходных веществ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Физические константы исходных эфиров

Эфир	Эксперимент. данные			Литературные данные		
	n_D^{20}	темп. кип. °C	давлен. мм. рт.ст.	n_D^{20}	темп. кип. °C	ссылка
Гваякол	—	204,0	730	—	205	13
Анизол	1,5170	149,9	733	1,5173	154,5	-
Фенетол	1,5081	150,2	733	1,5084	172,0	-
Н-пропилфениловый	1,5039	166,0	17	1,5030	81,017	м.м.
Изопропилфениловый	1,5038	81,0	20	1,4992	178,0	-
Третичнобутилфениловый	1,4872	72—73	20	1,4869	80,0/20	м
Дифениловый	—	80,0	20	1,5826	259	13
		135,5		(240)		

Опыты проводились в тех же условиях, что и со сложными эфирами [8], гидрогенизаты разделялись на кислую и нейтральную части, которые затем исследовались с помощью ректификации, химических методов и спектроскопически.

Гидрогенизация гваякола

Средний выход гидрогенизата составил 71,0%, в том числе 28,8% фенолов. 80% фенолов перегонялось в вакууме при температуре кипения карболовой кислоты, что было также подтверждено УФ-спектрами. Спектр остатка в ультрафиолете имел максимумы при 276 и 282 мкм, соответствующие пирокатехину, который мог образоваться за счет отщепления метила от гваякола.

Нейтральные вещества представляли густую, темную маслянистую жидкость. При разгоне из колбочки с елочным дефлегматором при температуре кипения бензола перегоняется около 4,0%, а остальная часть кипит в широком интервале температур и подробно не исследовалась.

Гидрогенизация анизола

Средний выход жидкого гидрогенизата составил 80,1%. Из гидрогенизата выделены фенолы в количестве 19,9% на загрузку и 3,3% воды. Исследование фенолов показало, что они целиком состоят из карболовой кислоты (температура кипения 84°/20 мм, кристаллы не дают депрессии в смешанной пробе).

Нейтральная часть хроматографическим методом (адсорбент — силикагель, вытеснитель — этиловый спирт) была разделена на углеводороды и кислородные соединения, которые в дальнейшем исследовались более подробно. Углеводороды были разогнаны на ректификационной колонке, полученные при этом промежуточные фракции подвергались хроматографическому анализу на силикагеле марки МСМ. В результате анализа (температура кипения, показатель преломления, спектры) отдельных фракций установлено, что углеводородная часть гидрогенизата содержит 1,3% метано-нафтеновых углеводородов, которые кипят в пределах 60—70° и имеют n_D^{20} — 1,4224 — 1,4248, 25,7% бензола, 5,6% толуола, физические константы которых совпали с описанными в литературе. Из остатка, полученного после разгонки на колонке, выделен продукт в количестве 1,0%, который имел температуру плавления 68,0—68,5%, спектр поглощения его в ультрафиолете совпал со спектром поглощения дифенила (максимумы при длинах волн 246 мкм).

Из кислородной части выделен непрореагировавший анизол в количестве 2,2% к загрузке. Спектры поглощения анизола, снятого перед опытом и выделенного из гидрогенизата, совпали (максимумы при длинах волн 256, 271, 178 мкм, минимумы при 275 мкм).

Гидрогенизация фенола

При гидрогенизации фенола в среднем получено 68,6% жидкого гидрогенизата, в состав которого входили фенолы в количестве 18,7% и 3,3% воды. Фенолы, как и в случае анизола, целиком представлены карболовой кислотой.

Анализ нейтральной части проводился так же, как в опыте с анизолом. Исследование углеводородов гидрогенизата фенола показало, что они содержат 1,9% метано-нафтеновых углеводородов с n_D^{20} — 1,4241—1,4289; 14,3% бензола. Фракция, кипящая в пределах 130—156°С, была разделена на хроматографической колонке на более узкие фракции, которые имели n_D^{20} — 1,4950; 1,4958, 1,4964. Эти показатели преломления очень близки к показателю преломления этилбензола (n_D^{20} — 1,4959), но более подробное исследование не было проведено из-за недостаточного количества продукта.

Из кислородных соединений выделен в количестве 12,2% на загрузку непрореагировавший фенол. Его физические константы (температура кипения 71—74,5°/20 мм, n_D^{20} — 1,5081) и спектр поглощения в ультрафиолете совпали с соответствующими показателями фенола (максимумы при длинах волн 265, 271, 278 мкм, минимумы при 268, 275 мкм).

Гидрогенизация н-пропилфенилового и изо-пропилфенилового эфиров

В результате гидрогенизации н-пропилфенилового эфира образуется в среднем 65,5% на загрузку жидкого гидрогенизата, в том числе 25% фенолов. Из изо-пропилфенилового эфира — 67,0% жидкого гидрогенизата, состоящего на 38,0% из фенолов. Фенолы в том и другом случае кипят при 84—85°/20 мм и по физическим константам соответствуют карболовой кислоте.

Из нейтральных веществ гидрогенизата н-пропилфенилового эфира выделено 0,5% метано-нафтеновых углеводородов с n_D^{20} — 1,4250, 9,4% бензола с температурой кипения 80,0—80,5° и n_D^{20} — 1,5012 и 2,4% толуола с температурой кипения 108,5—109,5 и n_D^{20} — 1,4970.

Кислородные соединения содержат 0,3% непрореагировавшего н-пропилфенилового эфира, спектр поглощения которого совпал со спектром поглощения исходного эфира (максимумы при 265, 271, 278 мкм и минимумы при 242, 268, 172 мкм).

В нейтральной части гидрогенизата изо-пропилфенилового эфира идентифицирован бензол в количестве 3% и 0,7% непрореагировавшего изо-пропилфенилового эфира, спектр которого соответствовал спектру исходного изо-пропилфенилового эфира (максимумы при 267, 272, 279 мкм и минимумы при 268, 276 мкм).

Гидрогенизация третичнобутилфенилового эфира. Из двух опытов в среднем получено 60,6% жидкого гидрогенизата с содержанием 39,1% фенолов, которые представлены карболовой кислотой. Нейтральная часть была разделена на углеводороды и кислородные соединения.

Из углеводородов с помощью хроматографического анализа было выделено 3,2% метано-нафтеновых углеводородов с температурой кипения 81,2—106,0° и n_D^{20} — 1,4213 и 2,1% бензола.

В кислородных соединениях непрореагировавшего эфира не было обнаружено.

Гидрогенизация дифенилоксида

При гидрогенизации в среднем образуется 94,9% гидрогенизата, содержащего 17,5% фенолов. Разгонка и определение физических констант фенолов показали, что они состоят только из карболовой кислоты. Нейтральные вещества гидрогенизата дифенилоксида были разогнаны на ректификационной колонке, выделен бензол в количестве 26,4% (n_D^{20} — 1,5011, температура кипения 79,5—80,0°) и 51,0% непревращенного эфира, кипевшего при 135,5°/20 мм. Кристаллы эфира плавятся при 28,5° и не дали депрессии с исходным дифенилоксидом.

Выводы

1. Изучен химизм превращений 7 простых эфиров в условиях, близких к промышленному жидкофазному процессу деструктивной гидрогенизации (485°, 300 атм, промышленный железный катализатор). Показано, что в этих условиях жирноароматические эфиры менее устойчивы, чем фенолы, превращаются почти нацело; ароматический эфир (дифениловый) весьма устойчив.

2. На основании сопоставления состава продуктов деструктивной гидрогенизации простых эфиров установлено, что в случае низших жир-

ноароматических эфиров расщепление по связи между кислородом и алкилом преобладает над расщеплением по связи между кислородом и фенилом, а в случае алкилов C_3-C_4 разрыв по связи между кислородом и фенилом не имеет места. Предложены схемы превращения простых эфиров на основе радикального механизма.

Восточно-Сибирский филиал
Сибирского отделения АН СССР,
Иркутск

Поступила в редакцию
24/VIII 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Калечиц, Ф. Г. Салимгареева. Тр. ВСФ СО АН СССР, 3 (1955).
2. Е. Е. Феофилов, Г. Н. Гарновская. Тр. ВНИИПС, 6, 183 (1958).
3. К. А. Алексеева, Б. Л. Молдавский. ХТТМ, № 1, 43 (1959).
4. С. М. Григорьев, З. Г. Зонова, М. Д. Матвеева. Изв. АН СССР, ОТН. Металлург. и топл., № 1, 164 (1960).
5. Н. И. Попова, М. В. Шорохова. Тр. ВСФ СО АН СССР, 3, 40 (1955).
6. Е. И. Казаков, Э. Х. Ливв. ЖПХ, 31, 1125 (1958).
7. И. В. Калечиц, Си Цзу-вей, Ф. Г. Салимгареева. Тр. ВСФ СО АН СССР, 26 (1959).
8. И. В. Калечиц, Ф. Г. Салимгареева, М. Ф. Иванова, Б. В. Тржцинская. Изв. СО АН СССР, № 1, 1961.
9. В. Н. Ипатьев, Н. А. Орлов. Berichte, 60, 1963 (1927).
10. В. Н. Ипатьев, Н. А. Орлов, Н. Д. Лихачев. ЖРФХО, 61, 1339 (1929).
11. С. С. Hall, С. М. Cawley, J. Soc. Chem. Ind. 58, 7 (1939).
12. Н. А. Smith. В кн. «Catalysis», ред. Р. Н. Emmett, 5, 175 (1957).
13. G. Chatelus. С. г. 224, 201 (1946).
14. E. Vamberger, Berichte, 19, 1818 (1886).
15. И. Н. Тиц-Скворцова. Вест. МГУ, сер. физ.-мат. и ест. наук, № 6, 8 (1954).
16. Н. И. Шуйкин, Л. А. Эриванская, Р. Е. Кузнецова. Вест. МГУ, сер. физ.-мат. и ест. наук, № 3, 135 (1957).
17. Н. И. Шуйкин, Л. А. Эриванская, В. В. АН. Вест. МГУ, сер. физ.-мат. и ест. наук, № 5, 125 (1957).
18. Н. И. Шуйкин, Л. А. Эриванская, В. В. Концова. ЖОХ, 26, 2562 (1956).
19. Б. К. Климов, И. Ф. Богданов. Тр. ИГи АН СССР, 3, 151 (1954).
20. В. Н. Кондратьев. Успехи химии, 26, 861, 151 (1954).
21. В. В. Воеводский. ДАН СССР, 79, 455 (1951).

Н. Л. БУРДЭ, В. Н. КОЗЛОВ

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОТХОДОВ ЛЕСОРАЗРАБОТОК

Проблема рационального использования всего комплекса дерева с каждым годом приобретает все большее народнохозяйственное значение. В настоящее время при лесоразработках полезно используется только стволовая часть дерева. Вершины, сучья, ветви, фаутные вырезки и другие отходы остаются на лесосеках и верхних или нижних складах. На сбор и уничтожение отходов приходится отвлекать большое количество рабочей силы и затрачивать денежные средства. В огромных количествах остаются на лесосеках так называемые недорубы лиственных пород, главным образом осины и березы. Выбор направления в использовании лесных отходов методами химической переработки требует знания химического состава древесины различных частей дерева как хвойных, так и лиственных пород.

В СССР первые исследования по этому вопросу принадлежат Комарову и Яковлеву [1]. При сравнении состава древесины ствола и ветвей ели, сосны и осины оказалось, что древесина ветвей содержит значительно меньше целлюлозы, чем древесина ствола, но зато в ней больше пентозанов, лигнина и веществ, растворимых в горячей воде. Древесина ветвей хвойных отличается от древесины ствола меньшим содержанием маннана. Никитин с сотрудниками [2] изучал состав древесины ветвей и сучьев дуба. Выяснено, что сучья диаметром 4—5 см мало отличаются по составу от древесины ствола. Отмечено лишь некоторое понижение содержания целлюлозы. В древесине ветвей несколько выше содержание уроновых кислот, пентозанов и веществ, растворимых в 4-процентном NaOH.

Количество лигнина в ветвях дуба оказалось пониженным. Значительно меньше в ветвях содержится дубильных веществ. Зольных элементов в древесине дубовых ветвей найдено 0,7, а в стволе — 0,2%. Жеребов [3] обнаружил понижение содержания пентозанов в нижней сжатой части ветви по сравнению с ее верхней растянутой частью. Зайцева [4] при исследовании изменения химического состава по высоте ствола заметила небольшое увеличение в содержании лигнина и уроновых кислот от основания к вершине и некоторое снижение в содержании дубителей. Медников [5] изучил зависимость содержания смолы в свежих пнях от высоты их стволовой части. Наибольшее количество смолистых веществ содержит корневая шейка пня. Работа Шаркова [6] посвящена изучению химического состава отходов лесоразработок — вершин, сучьев и ветвей спелой древесины сосны, ели, березы и осины, как сырья для гидролизной промышленности. По данным этого автора, наибольшее количество целлюлозы найдено в древесине ствола, в древесине тонких веток ее меньше. Шарков, Дмитриева и Потапова [7] провели анализ ствола и веток березы.

В данной статье приводятся результаты изучения химического состава некоторых видов отходов лесоразработок хвойных и лиственных пород, произрастающих на Урале. Лесоводственная характеристика их дана в табл. 1.

Таблица 1*

№ модели	Порода, возраст дерева (в годах) и образец	Район взятия модели	Тип лесорастительных условий	Характеристика древостоя
1	Сосна, 43, вершина с сучьями	Верхотурский лесхоз Верхотурского района (Сев. Урал)	Сосняк ягодниково-моховой	Состав: 1 яр.: 7С2Б1 Ос, Д—16 см, Н—15 м. II яр.: 5С5Е, Д—8 см, Н—7 м. Полнота—0,8; Бонитет III; класс возраста—II
2	Сосна, 115, вершина с сучьями	»	Сосняк черничниковый	Состав: 7С2Б1Е+П, К, Л, Ц; Д—24 см; Н—24 м. Полнота—0,8; Бонитет III, класс возраста—V
3	Сосна, 130, вершина с сучьями	»	Сосняк зеленомошниково-ягодниковый	Состав: 10С+Б; Полнота—0,7; Бонитет II, класс возраста—VI.
4	Ель, 105, вершина с сучьями	»	Сосняк черничниковый	Характеристика та же, что в № 2
5	Береза, 40, вершина с сучьями	»	Сосняк ягодниково-моховой	Характеристика та же, что в № 1
6	Береза, 110, вершина с сучьями	»	Сосняк черничниковый	Характеристика та же, что в № 2
7	Береза, 130, вершина с сучьями	»	Сосняк зеленомошниковый	Характеристика та же, что и для сосны № 3
8	Сосна, 115, вершина, сучья**	Ильменский Гос. Заповедник (Юж. Урал)	Лиственничник осоково-вейниково-разнотравный	Бонитет V; Н—14,3 м; Д—21,6 м
9	Сосна, 120, вершина	»	Сосняк разнотравно-злаковый	Бонитет III, Н—28 м, Д—36 см
10	Сосна, 140, вершина, сучья	»	Березняк тростниково-осоковый	Бонитет V
11	Лиственница, 107, сучья	»	Сосняк разнотравно-осоково-злаковый	Бонитет I; Н—24 м; Д—32 см
12	Лиственница, 151, сучья	»	Сосняк разнотравно-злаково-зеленолиственный	Бонитет III; Н—19,1 м; Д—30 см
13	Береза пушистая, 53, вершина, сучья	»	Березняк кочковато-осоковый	Бонитет II

* Заготовка образцов и составление их лесоводственной характеристики производились при помощи сотрудников лаборатории лесоведения Института Биологии УФАН СССР.

** Все образцы вершин для анализа брались без коры, сучья — с корой.

Окончание табл. 1

№ модели	Порода, возраст дерева (в годах) и образец	Район взятия модели	Тип лесорастительных условий	Характеристика древостоя
14	Ольха серая, 29, вершина, сучья	Ильменский Гос заповедник (Юж. Урал)	Березняк разнотравно-осоковый	Бонитет II
15	Береза, 150, вершина	»	Березняк тростниково-осоковый	Бонитет V
16	Ольха черная, 50, вершина, сучья	»	Березняк кочковато-осоковый	Бонитет IV
17	Осина, 52, вершина, сучья	»	Осинник снытьево-папоротниковый	Бонитет II, Н—20 м; Д—16 см
18	Ива козья, 28, вершина	»	Сосняк разнотравно-злаково-зеленолиственный	Бонитет III, Н—9,5 м
19	Черемуха, 28, вершина, сучья	»	Черемушник разнотравный	Бонитет III

Нами изучался химический состав вершин вместе с сучьями (без коры), вершин (без коры) и сучьев (с корой)*. Отобранные образцы измельчались электропилой и затем подвергались рассеиванию. Для исследования химического состава из каждого образца брались две пробы фракции опилок размерами от 0,5 до 1,0 мм. В пробах определялись влажность, целлюлоза, лигнин, вещества, экстрагируемые эфиром и горячей водой, редуцирующие вещества, полученные при определении легко- и трудногидролизуемых полисахаридов, полиуроновые кислоты и зола [8—10]. Целлюлоза определялась азотнокислым методом в спиртовой среде; пентозаны — осаждением фурфурола флороглюцином; лигнин — по методу Кенига; вещества, растворимые в эфире, извлекались в аппарате Сокслета, растворимые в горячей воде — по убыли в весе навески древесины после 3-часовой экстракции водой на кипящей водяной бане; редуцирующие вещества легкогидролизуемых и трудногидролизуемых полисахаридов, обозначенные соответственно — РВ ЛГП и РВ и ТрГП, методом Бертрана в нейтральных гидролизатах, полученных после обработки навесок 2,5 и 80-процентной серной кислотой; полиуроновые кислоты — по методу Толленса и Лефевра; метоксильные группы — объемным методом с бромом; зольность — сжиганием навески.

Каждая проба анализировалась не менее 2 раз, и при удовлетворительной сходимости результатов вычислялись средние значения. Расхождение результатов параллельных анализов для целлюлозы и пентозанов $\pm 0,5—0,3\%$, а для всех остальных компонентов $\pm 0,2—0,1\%$, мы считаем допустимыми при определении химического состава древесины.

Результаты анализов исследуемых видов отходов лесозаготовок приведены в табл. 2, для сравнения дан химический состав стволовой части соответствующих деревьев (середины или низа ствола) [11].

* В последующем тексте слова (без коры) и (с корой) сокращенно обозначаются (б. к.) и (с. к.).

Таблица 2

№ модели	Порода, возраст, бонитет, место взятия образца по секторам и высоте ствола	Химический состав различных образцов отходов древесины в % к весу абсолютно сухой древесины*									
		целлюлоза, по Кюршнеру	пентозаны с поправкой на полиуронов. кислоты	лигнин, по Кеннгу	экстракт		РВ ЛГП	РВ ТрГП	полиуроновые кислоты	метоксильные группы	зола
					эфирный	водный					
вершины с сучьями без коры											
1	Сосна (с) сред. ствола	43,62 47,95	14,60 11,38	32,89 31,90	3,83 4,46	6,62 4,80	12,73 9,27	49,97 —	2,78 3,24	4,49 3,06	0,79 0,77
2	Сосна (с) сред. ствола	44,50 47,93	10,80 8,76	34,14 34,32	5,31 10,58	6,69 5,81	13,91 12,32	48,43 48,16	1,74 1,83	3,16 2,91	0,64 0,26
3	Сосна (с) сред. ствола	40,38 48,13	14,66 10,90	36,05 34,46	4,03 6,68	6,49 4,61	16,43 14,63	56,27 53,98	1,10 2,11	4,30 2,90	0,47 0,28
4	Ель (с) сред. ствола	45,63 49,34	11,15 10,18	34,45 32,00	2,76 1,57	7,31 3,37	13,72 11,70	67,00 61,82	4,32 4,33	3,86 3,40	0,68 0,37
5	Береза (с) сред. ствола	41,18 47,28	24,02 27,06	27,53 26,81	2,38 2,00	3,52 0,88	15,95 16,55	31,30 56,48	2,90 1,44	4,71 4,79	0,91 0,28
6	Береза (с) сред. ствола	40,73 48,71	24,41 25,15	31,91 28,34	3,67 2,34	3,36 1,42	16,98 18,62	50,04 60,24	2,05 4,60	4,61 5,37	0,76 0,35
7	Береза (с) сред. ствола	35,62 43,50	22,15 24,23	32,77 30,25	4,43 2,25	6,14 2,99	17,49 16,45	47,21 55,18	2,90 4,54	3,61 4,83	0,70 0,61
вершины без коры											
8	Сосна (ю) сред. ствола	44,16 46,47	12,49 9,58	31,20 30,90	3,35 3,50	4,04 3,55	10,03 11,90	44,67 59,62	2,70 3,23	3,45 3,77	0,30 0,28
9	Сосна (ю) сред. ствола	38,47 43,58	12,66 10,02	34,60 33,60	7,58 5,42	10,30 4,99	16,69 10,83	47,82 51,54	4,18 3,30	4,45 3,57	0,36 0,36
10	Лиственница (ю) низ ствола	41,19 37,16	10,02 11,34	31,49 27,45	1,76 1,35	10,21 26,69	17,58 22,32	45,09 51,80	2,91 2,09	3,33 3,54	0,49 0,26
11	Береза пушистая (ю) низ ствола	38,96 44,48	28,92 27,22	31,87 29,88	2,24 1,85	4,67 2,15	19,13 16,22	55,34 55,31	0,82 3,43	4,30 4,02	0,65 0,30
12	Береза (ю) низ ствола	39,76 41,22	26,27 27,22	30,39 29,20	3,28 1,67	3,63 1,16	17,66 17,03	57,92 56,80	5,26 3,56	4,65 4,18	0,55 0,35
13	Ольха серая (ю) низ ствола	40,07 41,44	23,75 22,43	32,94 32,22	3,37 1,42	7,87 8,83	17,47 13,33	49,84 53,02	4,22 3,87	5,58 5,22	0,53 0,98
14	Ольха черная (ю) сред. ствола	38,96 40,01	26,67 23,35	35,82 34,80	1,86 2,63	7,89 5,62	19,25 15,67	47,25 50,08	4,43 3,50	4,88 4,88	0,96 1,12
15	Осина (ю) низ ствола	46,54 50,89	24,14 20,37	29,28 28,31	1,66 1,51	4,68 6,24	14,93 9,72	53,35 55,48	5,46 5,67	4,26 5,59	1,86 1,31
16	Ива козья (ю) низ ствола	43,81 46,31	19,94 19,46	32,28 33,74	1,93 1,92	8,74 9,30	11,68 13,03	48,64 64,56	5,42 4,75	5,17 3,26	1,64 1,05

Окончание табл. 2

№ модели	Порода, возраст, бонитет, место взятия образца по секторам и высоте ствола	Химический состав различных образцов отходов древесины в % к весу абсолютно сухой древесины*									
		целлюлоза, по Кюршнеру	пентозаны с поправкой на полиуронов. кислоты	лигнин, по Кеннгу	экстракт		РВ ЛГП	РВ ТрГП	полиуроновые кислоты	метоксильные группы	зола
					эфирный	водный					
17	Черемуха (ю) низ ствола	43,08 (без поправки на полиуронов. кислоты) 43,42	21,87 22,08	30,58 29,79	0,79 0,74	7,60 6,75	22,89 18,32	— 56,52	— 3,58	4,53 3,47	0,75 0,78
Сучья с корой											
18	Сосна (ю) сред. ствола	36,23 46,70	17,73 11,56	35,10 31,69	5,05 3,52	6,49 4,21	14,16 13,88	43,24 59,12	4,96 1,60	4,17 3,70	0,64 0,42
19	Сосна (ю) сред. ствола	34,97 43,58	15,04 10,02	36,00 33,60	6,83 5,42	12,99 4,99	18,17 10,83	43,71 51,54	5,35 3,30	3,95 3,57	0,59 0,36
20	Лиственница (ю) сред. ствола	33,54 46,76	— 10,30	— 30,23	4,87 1,20	11,71 10,95	16,99 16,44	30,52 43,24	— 3,02	3,87 4,22	1,78 0,24
21	Лиственница (ю) низ ствола	32,62 37,16	10,75 11,34	39,28 27,45	4,47 1,35	10,74 26,69	16,89 22,32	33,39 51,80	4,84 2,09	2,48 3,54	1,54 0,26
22	Береза пушистая (ю) низ ствола	30,54 44,48	25,61 27,22	32,34 29,88	3,34 1,85	6,18 2,15	19,21 16,22	45,39 55,31	2,67 3,43	3,97 4,02	1,51 0,30
23	Ольха серая (ю) низ ствола	33,21 41,44	17,67 22,43	39,62 32,22	5,24 1,42	9,97 8,83	19,97 13,33	54,19 53,02	5,69 3,87	3,24 5,22	1,57 0,98
24	Ольха черная (ю) сред. ствола	27,31 40,01	18,51 23,35	40,54 34,80	3,67 2,63	15,11 5,62	17,60 15,67	51,68 50,08	4,59 3,50	4,22 4,88	2,41 1,12
25	Осина (ю) низ ствола	35,25 50,89	20,88 20,37	30,29 28,31	2,73 1,51	10,57 6,24	14,53 9,72	54,59 55,48	4,75 5,67	3,83 5,59	4,21 1,31
26	Черемуха (ю) сред. ствола	36,62 43,42	22,83 22,08	34,06 29,79	1,04 0,74	9,51 6,75	17,29 18,32	51,27 56,52	6,10 3,58	2,94 3,47	1,53 0,78

* По каждому образцу для сравнения дается химический состав ствольной части соответствующих деревьев (нижняя строка).

Данные исследования древесины всех трех видов отходов показывают, что содержание целлюлозы в них ниже (исключение — лиственница), а лигнина и веществ, экстрагируемых эфиром, выше, чем в ствольной части дерева. Если принять содержание каждого компонента в ствольной части дерева за 100%, то разница содержания выразится округленно в следующих цифрах.

По сравнению со ствольной частью в сучьях (с к.) сосны и лиственницы целлюлозы содержится меньше на 21—28%, а у лиственных пород на 15—32%; содержание лигнина в вершине с сучьями (б. к.) выше на 7—8%, в вершине (б. к.) — на 2—6%, в сучьях (с к.) — на 8—23%. В сучьях (с к.) лиственницы это повышение достигает 43%.

Почти у всех изученных пород пентозанов больше в вершине (б. к.) на 6—18% у лиственных и на 28% у сосны; в сучьях (с к.) лиственных пород возможно как равное, так и уменьшенное по сравнению со стволовой частью дерева содержание пентозанов в пределах от 5 до 20%, у сосны оно увеличивается на 52%.

В вершине с сучьями (б. к.) содержание веществ, экстрагируемых эфиром, на 40—75%, а в вершине (б. к.) на 30—137% выше. В сучьях (с к.) лиственницы и ольхи серой этих веществ примерно в 4 раза больше, а у других пород на 30—90% больше, чем в стволовой части.

За некоторыми исключениями, содержание водноэкстрактивных веществ в отходах более высокое, чем в стволовой части дерева. Так, в сучьях (с к.) сосны, ольхи черной и березы оно в 2—2,5 раза, а в вершине (б. к.) березы и березы пушистой в 3 раза выше, чем в середине ствола.

Содержание полиуроновых кислот у некоторых пород в отходах уменьшается, у некоторых — увеличивается.

Что касается метоксильных групп, то в вершине (б. к.) их содержание увеличивается у всех пород, кроме лиственницы и осины. Характерно, что тогда как у хвойных в вершине с сучьями (б. к.) наблюдается увеличение содержания метоксильных групп, у березы, напротив, — уменьшение. В сучьях (с к.) бывает как увеличенное (сосна), так и уменьшенное (все лиственные породы и лиственница) содержание метоксильных групп.

Почти во всех рассмотренных случаях содержание золы увеличивается особенно сильно в вершине с сучьями (б. к.) лиственницы, березы пушистой (в 2 раза), в сучьях (с к.) ольхи черной, осины и березы пушистой (в 2—4 раза).

Для суждения об изменениях химического состава отходов в зависимости от возраста дерева сравним данные анализа образцов модельных деревьев № 1, 2, 5 и 6 (с к.) и модельных деревьев № 18 и 19 (б. к.).

Из приведенных в табл. 2 данных следует, что в образцах (б. к.) с увеличением возраста сосны и березы содержание полиуроновых кислот и золы уменьшается, а лигнина, веществ, экстрагируемых эфиром и РВ ЛГП, увеличивается. Содержание пентозанов и метоксильных групп с увеличением возраста у сосны уменьшается, а у березы остается без изменений. Содержание РВ и ТрГП у сосны уменьшается и у березы увеличивается. Содержание целлюлозы у березы с возрастом почти не изменяется.

В сучьях (с к.) с увеличением возраста сосны содержание целлюлозы, пентозанов, метоксильных групп и золы уменьшается, а лигнина, веществ, экстрагируемых эфиром и горячей водой, РВ ЛГ, РВ ТрГП и полиуроновых кислот — увеличивается. Аналогичное изменение содержания пентозанов, метоксильных групп и золы наблюдается и для вершин. Содержание лигнина, веществ, экстрагируемых эфиром РВ ЛГП, РВ ТрГП и полиуроновых кислот с возрастом в сучьях (с к.) увеличивается. В вершине с сучьями (б. к.) содержание РВ ТрГП и полиуроновых кислот подчиняется обратной зависимости; содержание водорастворимых веществ в вершине с сучьями (б. к.) остается практически неизменным, а в сучьях (с к.) — сильно возрастает.

Результаты исследования химического состава отходов лесоразработок (вершин и сучьев) показывают, что их можно использовать в качестве ценного сырья для выработки широкого ассортимента продуктов химической и механической переработки.

Уральский филиал АН СССР,
Институт химии,
Свердловск

Поступила в редакцию
1/VI 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Комаров, А. Я. Яковлев, Журн. Бум. пром., № 3, 13 (1932).
2. Никитин, Т. И. Руднева, А. Ф. Зайцева, М. М. Чочнева, ЖПХ, 22, 67 (1949).
3. Жеребцов, Журн. Бум. пром., № 3—4, 14 (1949).
4. А. В. Зайцева, Изучение химического состава древесины дуба. Автореф. дисс., Л., 1951.
5. Ф. А. Медников, ЖПХ, т. XXVII, № 11, 1213 (1954).
6. В. И. Шарков, Гидролизная и лесохим. пром., № 7, 3 (1955).
7. В. И. Шарков, О. А. Дмитриева, Н. Л. Потапова, Лесоинженерное дело, № 4 (1958).
8. Т. И. Руднева, С. Антоновский, Руководство к практическим работам по химии древесины и целлюлозы, 1951.
9. Сартания, Руководство к лабораторным работам по курсу сульфитных щелоков, 1939.
10. Ф. П. Комаров, Руководство к лабораторным работам по химии древесины и целлюлозы. Гослестехиздат, 1934.
11. Н. Л. Бурдэ, В. Н. Козлов, Изв. высшей школы, Лесной журн., № 4 (1960).

К. А. СОБОЛЕВСКАЯ, В. Г. МИНАЕВА

К ИЗУЧЕНИЮ ФЛОРЫ АЛТАЯ КАК ИСТОЧНИКА ФЛАВОНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

В течение последних десятилетий особый интерес исследователей различных стран и специальностей вызывает большая группа химических соединений растений — группа флавоноидов, значительную часть которой составляют флавоновые вещества.

Как следует из многочисленных литературных данных [1—6 и др.], эти вещества широко распространены в растительном мире, где, по-видимому, играют немаловажную роль. Многие представители этой группы обладают биологической активностью и объединяются с рядом других биологически активных флавоноидов под общим названием биофлавоноиды.

Интерес к изучению флавоновых веществ особенно возрос с 1936 г., когда венгерский биохимик Сент-Дьердьи открыл витамин P, представленный в растениях обычно рядом флавоноидов, более или менее сходных по своему строению.

До последних лет считали, что действие витамина P состоит в восстановлении нарушенной проницаемости кровеносных капилляров и увеличении их прочности, что очень важно при ряде патологических состояний организма (геморрагические диатезы, гипертония, послелучевые отеки и эритемы, нефриты, кровоточащие язвы внутренних органов и др.).

В последнее время биофлавоноиды приобрели еще большее значение, так как выяснилось, что они обладают общим противовоспалительным действием и способностью регулировать проницаемость оснвного вещества соединительной ткани [7, 8].

В вопросе о физиологической роли флавоновых веществ в растении еще нет ясности. Одни исследователи полагают, что они участвуют в окислительно-восстановительных процессах растения и в процессах размножения, хотя в отношении последнего данные чрезвычайно скудны и разноречивы [9]. Другие приписывают им и защитную роль [10].

Довольно ограничены сведения о характере количественных и качественных изменений флавоновых веществ в растениях в онтогенезе и в особенности под влиянием различных экологических факторов [11—14]. В отношении же представителей сибирской флоры эти вопросы совсем не исследованы, не говоря уже о том, что изучение дикорастущей флоры Сибири и, в частности, флоры Алтая как источника получения высококачественного P-витаминного сырья окажет значительную помощь в удовлетворении запросов медицинской промышленности.

Предпринятое нами исследование ставит своей задачей выявление дикорастущих растений Сибири, богатых флавоновыми веществами, изучение условий, при которых в растениях более интенсивно идет накопление этих веществ, выявление закономерностей накопления флавоновых веществ в процессе роста и развития растений.

В решении поставленных задач мы руководствовались эколого-географическим принципом, приняв для сбора материала профиль северо-южного направления от зоны лесостепи Новосибирской области, через зону степей Кулунды и горную систему Алтая, от его предгорий и горных лесов и до пустынной Курайской степи на юго-востоке Алтая. В горных районах исследования сбор материала проводился по вертикальным поясам. Например, в юго-восточном Алтае по профилю: Чуйская степь, горные каменистые склоны с их характерной «каменистой степью», горные лиственничные леса, субальпийские и альпийские луга и высокогорная тундра. Этот профиль был взят по южному склону Курайского хребта. В настоящем сообщении приводятся некоторые предварительные данные о флоре Алтая.

Начиная с 1957 г., мы изучали алтайские растения на содержание флавоновых веществ. При определении количественного содержания суммы флавоновых веществ был использован метод Вильсона, усовершенствованный А. Р. Гусевой [15]. К настоящему времени изучено более 100 видов 15 семейств, из них выделены наиболее богатые флавоновыми веществами. Например, некоторые виды родов горец — *Polygonum* и щавель — *Rumex* из семейства гречишных — *Polygonaceae*, род зверобой — *Hypericum* из семейства зверобойных — *Hypericaceae*, род володушка — *Vupleurum* из семейства зонтичных — *Umbelliferae* и род родиола — *Rhodiola* из семейства толстянковых — *Crassulaceae*.

Среди представителей этих родов выделяются следующие виды: родиола морозная — *Rhodiola algida* (Ldb.) F. et M. — алтайско-монгольский эндемик, произрастающий в каменисто-щебнистой тундре и по окраинам ледников. Цветы этого растения содержат наибольшее количество флавоновых веществ — до 202 мг/г.

Родиола розовая — *Rhodiola rosea* L. — аркто-горный вид, собранный, как и предыдущий, на Курайском хребте, на высоте 2600 м, цветы растения содержат до 162 мг/г флавоновых веществ.

Заслуживают внимания представители рода зверобой. Из трех собранных видов — зверобой продырявленный — *Hypericum perforatum* L., зверобой большой — *H. ascyron* L., зверобой жестковолосый — *H. hirsutum* L. — первый оказался наиболее богатым флавоновыми веществами. Образцы этого вида, собранные в окрестностях с. Манжерок, содержат 139,11 мг/г флавоновых веществ, в то время как образцы зверобоя большого только 13,00 мг/г, зверобоя жестковолосого — 14,00 мг/г.

Много флавоновых веществ содержат представители рода володушки, среди которых наиболее подробно были изучены володушка многожилчатая — *Vupleurum multinerve* DC и володушка золотистая — *V. aureum* Fisch. как наиболее распространенные и, следовательно, представляющие значительный интерес для получения P-витаминного сырья. Наибольшее количество флавоновых веществ содержит володушка многожилчатая: от 23,50 мг/г (в пустынной степи окрестностей Чегангожильчатая: от 23,50 мг/г (в пустынной степи окрестностей Чегангожильчатая: от 23,50 мг/г (на альпийском лугу). Второй вид — володушка золотистая — содержит до 40,62 мг/г флавоновых веществ.

Из изученных нами представителей рода горец — *Polygonum* самым высоким содержанием флавоновых веществ отличается вид горец горный — *P. alpinum* All. (до 40 мг/г), а из рода *Rumex* — щавель обыкновенный *R. acetosa* L., плоды которого содержат более 70 мг/г флавоновых веществ.

Изучая количество флавоновых веществ в растениях, мы уделяли большое внимание связи между накоплением этих веществ и различными экологическими условиями. При этом, как показали данные одного года, намечаются некоторые закономерности. Так, количество флавоно-

веществ обычно увеличивается по мере поднятия в горы: у володушки многожилчатой на высоте 1970 м оно составляет 44,75 мг/г, на высоте 2250 м — 55,50 мг/г (сбор 14/VII); на высоте 2100 м — 39,50 мг/г, 2300 м — 45,20 мг/г, 2550 м — 61,50 мг/г (сборы 6/VIII); у володушки золотистой на высоте 2300 м — 23,75 мг/г, 2400 м — 36,30 мг/г (сбор 29/VII); на высоте 2100 м — 24,62 мг/г, 2300 м — 37,93 мг/г (сбор 16/VIII); у горца горного на высоте 2050 м — 14,50 мг/г, 2500 м — 38,00 мг/г. Возрастание количества флавоновых веществ с высотой можно объяснить защитной ролью этих соединений в растении.

При изучении зависимости накопления флавоновых веществ от местообитания мы получили некоторые данные также о влиянии экспозиции склона, где произрастает растение. Например, у володушки многожилчатой, собранной на высоте 2200 м, на западном склоне содержится 48,50 мг/г флавоновых веществ, на южном — 54,50 мг/г; у володушки золотистой на высоте 2200 м, на восточном склоне — 27,50 мг/г, на южном — 31,37 мг/г. Эти данные говорят о большем накоплении флавоновых веществ на южных склонах.

Говоря о значении экологического фактора для накопления тех или иных веществ, нельзя забывать об эколого-генетической природе растения, так как в ряде случаев она может быть определяющей. Некоторые наши данные подтверждают это.

Если сравнить между собой два вида володушки — многожилчатую и золотистую, то очевидно следующее: володушка многожилчатая — характерный представитель флоры Алтая, компонент горных лиственных лесов и южных склонов — в лиственных лесах обычно содержит на 15—50% меньше флавоновых веществ, чем на альпийских лугах. В противоположность этому другой вид — володушка золотистая — типичный мезофит, как правило, в лиственном лесу, особенно с моховым покровом, накапливает максимальное количество флавоновых веществ (до 40 мг/г). У типичного альпийца *Oxyria digina* (L.) Hill — кислички двухстолбчатой — количество флавоновых веществ с повышением местности с 2600 до 2750 м увеличивается более, чем на 30% (с 5,00 до 7,60 мг/г). Следовательно, при изучении химии и физиологии тех или иных растений необходимо знать их эколого-генетическую природу.

Особое место в наших исследованиях занимали вопросы локализации флавоновых веществ в органах растения и динамики их накопления в процессе вегетации. Они представляют не только теоретический интерес, но и практическое значение при использовании растения как лекарственного сырья. Предварительные исследования, проведенные в этом направлении, показали, что флавоновые вещества локализуются в основном в репродуктивных органах, а также в листьях. Наименьшее их количество обычно содержится в корнях и очень немного в стеблях (табл. 1).

При изучении динамики накопления флавоновых веществ по фазам вегетации в различных органах 2 видов растений — культивируемого в Ботаническом саду СО АН СССР щавеля обыкновенного и произрастающей в окрестностях Новосибирска володушки золотистой — установлено, что в листьях и репродуктивных органах этих растений содержание флавоновых веществ наибольшее в фазу цветения, затем во время плодоношения их количество уменьшается. Исключение составляли листья щавеля обыкновенного, в которых наибольшее количество флавоновых веществ накопилось в период плодоношения (табл. 2, 3).

Анализ богатого флавоновыми веществами вида родиолы розовой, собранной на Курайском хребте в условиях альпийского пояса, дал

Таблица 1

Содержание флавоновых веществ в органах растений					
Название вида	Фаза вегетации	Содержание флв. веществ в органах, мг/г			
		листья	цветы	стебли	корни
<i>Bupleurum multinerve</i>	цветение	65,62	73,75	15,30	2,18
<i>Bupleurum aureum</i>	цветение	16,00	33,75	1,75	0,92
<i>Rumex acetosa</i>	цветение	4,50	63,00	0,66	—
<i>Polygonum alpinum</i>	конец цвет.	36,87	53,75	2,50	—
<i>Syrenia siliculosa</i>	цветение	2,50	6,37	следы	—

Таблица 2

Динамика накопления флавоновых веществ в щавеле обыкновенном

Фаза вегетации	Содержание флавоновых веществ в органах, мг/г		
	листья	репродуктивные органы	стебли
Бутонизация	7,00	24,50	1,00
Цветение	4,50	63,00	0,66
Начало плодообразования	8,00	30,00	0,50
Конец плодообразования	11,37	5,50	1,57

Таблица 3

Динамика накопления флавоновых веществ в володушке золотистой

Фаза вегетации	Содержание флавоновых веществ в органах, мг/г			
	листья	репродуктивные органы	стебли	корни
Данные 1959 г.				
Бутонизация	13,50	29,00	1,58	0,91
Цветение	16,00	33,75	1,75	0,92
Начало плодообразования	21,37	26,00	2,25	1,08
Конец плодообразования	4,15	13,41	0,87	1,19
Данные 1960 г.				
Розетка	22,00	—	—	—
Начало цветения	11,25	49,37	2,18	0,93
Конец цветения и начало плодообразования	17,00	32,00	3,00	1,00
Конец плодообразования	13,50	24,00	3,00	0,50

следующую картину: репродуктивные органы растения, произрастающего на высоте 2600 м, содержали в период цветения 162,00 мг/г флавоновых веществ, а к моменту образования плодов — 20,00; на высоте 2700 м те же органы того же растения имели в период цветения 129,00, а в период плодообразования — 85,00 мг/г.

В стеблях и корнях содержание флавоновых веществ в процессе вегетации почти не изменяется или изменяется очень мало.

В настоящем сообщении нами приводятся лишь отдельные предварительные результаты, требующие дальнейшего глубокого изучения. На основании имеющихся данных можно сделать следующие выводы:

1. Из 100 изученных видов флоры Алтая наибольшее количество флавоновых веществ содержат представители семейств толстянковых —

родиола розовая и родиола морозная; из семейства зверобойных — зверобой продырявленный; из семейства зонтичных — володушка многожилчатая и володушка золотистая; из семейства гречишных — щавель обыкновенный и горец горный.

2. Накопление флавоновых веществ зависит от экологических условий: количество их возрастает с увеличением высоты над уровнем моря. Влияет на накопление флавоновых веществ также экспозиция склона.

3. При изучении влияния экологических условий на накопление флавоновых веществ в растении необходимо учитывать его эколого-генетическую природу.

4. Предварительное исследование распределения флавоновых веществ по органам растения показывает, что эти вещества в основном локализируются в репродуктивных органах и листьях, меньше их в стеблях и минимальное количество в корнях.

5. Представленные данные по динамике накопления флавоновых веществ в период вегетации говорят об увеличении их содержания в листьях и репродуктивных органах к моменту цветения и уменьшения в период плодообразования.

Центральный Сибирский Ботанический сад
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
29/XII 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. И. Вигоров, Содержание каротина и флавонов в яблоках северной зоны плодородия, Сб. тр. по лесному хоз-ву, вып. 5, 73—82, Свердловск, 1959.
2. А. Радоев, А. Младенов, Содержание на витамин Р — вещества в дикорастущих и облагороженных растениях и плодах, Научни тр. Висш. ин-т хранит. и акус. пром-т, 5, 381—383, Пловдив, 1959.
3. R. Hansel, L. Hörhammer, Vergleichende Untersuchungen über die Flavonglycoside der Betulaceen, Arch. d. Pharm., 287/59, 117, 1954.
4. L. Hörhammer, L. Kriesmair, Zur Kenntnis der Polygonaceenflavone. II. Über die Nebenflavone aus Polygonum polystachium L., Arch. d. Pharm., 288/60, 488—494, 1955.
5. L. Hörhammer, H. Wagner, H. Götz, Über das Vorkommen von Flavonen in einheimischen Umbelliferen, Arch. d. Pharm., 291/63, 44, 1958.
6. Харада, Сайки, Фармацевтическое изучение папоротников. IV. Распространение флавоноидов у папоротников. Якугаку дзаси. 75, 3, 2, 1955.
7. М. Н. Запрометов, Витамины Р и его применение, Сб. Витаминные ресурсы и их использование, 4, 5—29, М., 1959.
8. Биофлавоноиды и проницаемость капилляров (пер. с англ.), ИЛ, М., 1957.
9. T. A. Geissman, Anthocyanins, Chalcones, Aurones, Flavones and Related Water-Soluble Plant Pigments, Moderne Methoden der Pflanzenanal., III, 450, 1955.
10. E. Jenej, J. Uri, Über die pharmakologischen Wirkungen von Flavonfarbstoffen, Die Pharmazie, 9, 7, 533—546, 1954.
11. В. А. Вадова, В. А. Плинер, Динамика накопления витаминов С и Р в плодах шиповника в процессе вегетации, Тр. Всес. науч.-иссл. витамин. ин-т., 4, 119, М., 1953.
12. М. Н. Нестюк, Изучение динамики флавоновых веществ в процессе развития некоторых сортов редиса, Вести. Моск. ун-та, сер биол.-почв., 3, 1958.
13. R. Bassler, Einfluss ökologischer und ontogenetischer Faktoren auf die Flavone von Fagopyrum sagittatum Gilib., Pharmazie, 12, 11, 758, 1957.
14. J. R. Troyer, Quantitative changes in buckwheat flavonoid substances during seedling development, Plant Physiol., 31, 1, 75—78, 1956.
15. А. Р. Гусева, К методике определения флавоновых веществ в растениях. Биохимия, 18, 4, 480—483, 1953.
16. Флора СССР, тт. IV—XVII, М.-Л., 1935—1950.
17. П. Н. Крылов, Флора Западной Сибири, т. IV—XI 1930—1949.

З. Н. ГАЛАЧАЛОВА, А. М. ШКУРИНА

ОБ УСВОЕНИИ РАСТЕНИЯМИ АЗОТА, ВВОДИМОГО ПРИ ВНЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМКАХ В ЛИСТ РАСТЕНИЯ

В теории внекорневого питания существуют две точки зрения на физиологическую роль веществ, введенных в лист. Одни исследователи [1—4] видят в основе действия внекорневых подкормок явления раздражения плазмы клетки, вызванные воздействием минеральных веществ, поступивших через лист и обуславливающих вспышку физиолого-биохимических процессов (фотосинтез, дыхание, активность ферментных систем и т. д.). Другие [5—7] считают, что внекорневое питание следует рассматривать скорее как дополнительное к корневому и что поэтому оно играет особую роль в случае частичного голодания растения.

В последние годы внекорневому питанию растений уделяется значительное внимание, и внекорневая подкормка как агротехнический прием уже заняла определенное место в системе ухода за некоторыми сельскохозяйственными растениями (хлопчатник, сахарная свекла, плодовые и овощные культуры).

Наряду с исследованиями, подтверждающими положительный эффект применения внекорневого питания растений [8—15], имеются работы, отрицающие его положительное действие [16—18]. Противоречивость литературных данных является следствием разнообразия объектов, методов исследования и, главное, отсутствия учета физиологического состояния растений, микроклиматических условий в период эксперимента в исследованиях различных авторов.

Наши исследования проводились с целью: 1 — доказать значимость внекорневого введения в лист веществ даже при условии максимального обеспечения растений корневым питанием; 2 — определить возможность и степень включения в азотный обмен растения введенных в лист минеральных соединений азота.

Для выяснения степени участия в азотистом обмене введенного с раствором в лист азота мы применили изотоп азота N^{15} . Высокая чувствительность метода позволяет обнаружить в отдельных частях растений даже ничтожные количества азота (1—2 мкг) и точно определить перемещение и распределение азотистых соединений внутри растения.

Опыты проводились в Новосибирском теплично-парниковом комбинате на томатах сорта «Лучший из всех» в осенне-зимний культурооборот 1957 г. на богатой черноземной почве с добавлением органических и минеральных удобрений. С момента высадки рассады и до конца вегетации было проведено семь подкормок через каждые 20 дней. Такая система подкормок полностью обеспечивала растения питательными веществами, о чем свидетельствовало их хорошее развитие, темно-зеленая окраска и сильная облиственность.

Для внекорневой подкормки применялся раствор следующего состава:

ва: суперфосфат — 5%, аммиачная селитра — 0,25%, меченная в аммонийной группе ($N^{15}H_4NO_3$), хлористый калий — 0,2%, борная кислота — 0,05%. Общая концентрация раствора — 1,5% при норме расхода 10 л на 100 м². Подкормка проводилась на опытных растениях по схеме: однократная, двухкратная, трехкратная (каждая последующая через 15 дней). Через 15 дней после каждой подкормки брались пробы на определение сырого веса целых растений и отдельных их органов. В фиксированном и высушенном материале определялся общий азот, по Кьельдалю, осаждение белков производилось гидратом окиси меди, по Барнштейну. Количество N^{15} определялось на масс-спектрометре. Для этого азот белка, полученный после сжигания и отгонки по Кьельдалю, в виде аммиачной соли переводился в специальной вакуумной установке в газообразный азот под действием щелочного гипобромита. Полученная таким образом проба азота, лишенная посторонних примесей, запаивалась в стеклянные ампулы и поступала для определения количества N^{15} на масс-спектрометре.

Результаты исследования

В табл. 1 приводятся данные о накоплении сухого вещества в растениях томатов в зависимости от числа внекорневых подкормок.

Таблица 1

Вес отдельных органов растений томатов в граммах воздушно-сухого вещества (% к контролю)*.

Объект исследования	Вес растений, получивших различное количество внекорневых подкормок		
	одну	две	три
Целое растение	106,5	112,2	113,3
Листья	99,5	102,7	107,0
Стебли	104,4	118,8	114,0
Корни	95,6	96,9	112,6
Плоды	105,0	113,2	131,7

* Повторность опыта 4-кратная, в каждой повторности испытывалось по 32 растения.

Анализ приведенных данных показывает, что вес вегетативной массы растения увеличен после применения внекорневых подкормок: после первой подкормки прирост вегетативной массы по отношению к контролю составил — 6,5%, после двух подкормок — 12,2%, после трех — 13,3%. Нужно отметить, что заметно увеличивается вес плодов после второй (на 13,2%) и третьей подкормок (на 31,7%).

Накопления сухого вещества в корнях при первой и второй подкормках не наблюдалось, и только после третьей подкормки вес корней увеличился на 12,6%. Это объясняется, вероятно, тем, что нанесенные на листья вещества могут тормозить или усиливать поглотительную деятельность корней [19—22]. Павловым [23] было показано, что нанесение азота на листья кукурузы замедляет его поглощение корнями вследствие ослабления притока к корням ассимилятов, которые расходуются в самих листьях на связывание азота, поглощенного листьями.

Известно, что при внекорневой подкормке азотистые вещества, нанесенные на лист, быстро поглощаются [4, 5, 24, 25, 26]. Исследованиями Андреевой [27] показано, что введенный в лист минеральный азот (меченный в аммонийной группе $N^{15}H_4NO_3$) включается в образование белка в

процессе фотосинтеза. На связь синтеза белка в зеленом листе с процессом фотосинтеза указывают исследования Сисакяна, Филипповича [28] и других авторов. Однако прямых доказательств включения минерального азота в белковые органические соединения листа при внекорневом введении азотистых соединений в лист пока нет.

Данные химического анализа на содержание различных фракций азота в отдельных органах растения в зависимости от количества внекорневых подкормок представлены в табл. 2. Из данных таблицы видно, что с увеличением числа подкормок содержание азота в растении в общем повышается. Сопоставляя данные анализа надземной массы и корней, можно прийти к заключению, что величина изменений для отдельных фракций азота в корнях и надземной массе различна. В корнях значительно меньше содержится учитываемых нами фракций азота и особенно белкового азота. Для надземной массы, наоборот, характерны увеличение содержания белковых и небелковых фракций в листе и менее заметные изменения в содержании этих же фракций в стеблях. Пока неясно, чем вызвано повышенное содержание азота в растении, является ли оно следствием непосредственного включения нанесенного на лист минерального азота в белковый обмен растения или же вызвано усилением поглощения азота из почвы под влиянием внекорневых подкормок, вызывающих, как утверждают некоторые авторы, общее раздражающее действие на протоплазму и приводящих к вспышке всех физиолого-биохимических процессов. В разрешении этого вопроса неопределимую услугу может оказать меченый азот N^{15} .

Таблица 2

Влияние внекорневых подкормок на содержание азотистых соединений в отдельных органах томатов (мг азота на 1 г абс. сухого в-ва)

Объект исследования	1-я подкормка			2-я подкормка			3-я подкормка											
	Азот общий		Азот белковый		Азот небелковый		Азот общий		Азот белковый		Азот небелковый							
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2						
Листья	30,9	32,2	24,3	27,6	6,2	4,3	32,1	34,2	27,9	29,9	4,6	4,0	34,0	37,3	30,3	34,4	3,3	2,9
Стебли	16,9	18,1	11,3	13,2	5,4	4,2	17,4	19,0	14,2	16,3	3,1	5,0	18,1	—	15,1	17,4	2,1	—
Корни	10,8	11,9	6,4	7,3	4,1	7,8	11,7	12,7	8,3	9,1	3,2	3,5	14,0	16,8	8,8	10,3	5,1	6,2
Плоды	18,1	29,7	21,1	23,4	6,8	6,2	30,9	32,9	24,1	26,8	—	6,1	33,1	36,4	27,7	32,1	5,0	4,0

* 1 — контроль
** 2 — опыт

Результаты масс-спектрометрического изотопного анализа проб, выделенных из растений азотистых соединений, минерализованных и восстановленных до элементарного азота, приведены в табл. 3. Количество N^{15} выражено в избытке атомных процентов (эта величина представляет собой повышение концентрации тяжелого изотопа над содержанием его в $N^{15}H_4NO_3$, взятого для опытов).

Из табл. 3 видно, что поступивший через листья меченый азот включается в состав органических азотистых соединений и оттекает из них в другие органы в большем или меньшем количестве. В синтезе белка отмечены различия между первой, второй и третьей подкормками. Наибольший избыток атомных процентов в листьях (2,555) был достигнут после двух внекорневых подкормок, а после третьей составлял 1,993. Такое резкое снижение произошло, очевидно, за счет оттока из листьев значительного количества ассимилятов в плоды, и если после одной и двух внекорневых подкормок избыток атомных процентов в плодах составлял 0,127—0,697%, то после трех подкормок он возрос до 1,075.

Таблица 3

Избыток атомных процентов N^{15} в отдельных фракциях азота, выделенных из растений после внекорневых подкормок

Время отбора проб	Азот белковый				Азот небелковый			
	1	2	3	4*	1	2	3	4
Через 15 дней после 1-ой подкормки	0,09	0,397	1,158	0,127	0,168	0,178	0,211	0,412
Через 15 дней после 2-ой подкормки	0,086	0,452	2,555	0,697	0,192	0,230	0,285	0,355
Через 15 дней после 3-ей подкормки	0,280	0,477	1,993	1,075	0,245	0,139	0,153	—

*1 — корни; 2 — стебли; 3 — листья; 4 — плоды.

Содержание N^{15} в небелковой фракции корней было значительно выше, чем в белковых фракциях. Это говорит о том, что синтез белка в корнях за счет поступившего азота через листья идет очень медленно в сравнении с листьями, стеблями и плодами. Если по истечении 15 дней избыток атомных процентов N^{15} в небелковой фракции корней после первой подкормки достигал 0,168, после второй — 0,192 и после третьей — 0,245, то в белковую фракцию корней в это же время его поступило соответственно 0,090—0,086 и только после третьей подкормки — 0,280. В стеблях и листьях, наоборот, содержание N^{15} в небелковой фракции снижалось. Это объясняется тем, что большая часть его потрачена на построение белковых молекул этих органов. Более интенсивное включение меченого азота N^{15} в белковые фракции плодов отмечено только после второй подкормки. Если все количество нанесенного азота на лист принять за 100%, то поступление меченого азота в белковые соединения отдельных органов растения достигает значительной величины: в листьях обнаружено от 33,5 до 52,3%, в плодах — от 13,2 до 30,0%, в стеблях — от 9,6 до 12% и в корнях от 2,3 до 6,5%.

Таблица 4

Поступление меченого азота в различные азотсодержащие фракции и растения (% от нанесенного азота на лист)

Томаты	Азот белковый Азот небелковый					
	Подкормка					
	1-ая	2-ая	3-я	1-ая	2-ая	3-я
Корни	2,3	6,5	5,3	0,99	2,10	0,66
Стебли	12	15	9,6	0,40	0,78	0,17
Листья	33,5	52,3	47,6	0,02	0,08	0,03
Плоды	13,2	21,3	30,0	1,05	3,3	—

Приведенные в табл. 4 данные еще раз подтверждают положительное действие внекорневых подкормок. Несмотря на то, что опыты были проведены на богатом питательном фоне, не допускающем даже частичного голодания, меченый азот поступал в белки листьев, стеблей, корней и плодов. Мы склонны объяснить это исключительно ответной реакцией растения на раздражение плазмы, вызванное воздействием минеральных веществ, поступивших через лист.

Выводы

1. Полученные данные с применением меченого азота (N^{15}) являются прямым доказательством того, что нанесенные на листья азотистые минеральные соединения поступают в листья и включаются в обмен веществ.

2. Несмотря на достаточное обеспечение растений азотом из почвы, при нанесении азотсодержащих соединений на поверхность листа азот поступает в большем или меньшем количестве через листья во все органы растения и участвует в обмене веществ.

Центральный Сибирский Ботанический сад
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
23/VI 1960

ЛИТЕРАТУРА

- Н. П. Красинский, Некорневая подкормка растений и метод меченых атомов. Природа, № 1, 1957.
- С. С. Сербин, Внекорневая подкормка сахарной свеклы. Земледелие, № 6, 1953.
- П. К. Уреулenco, Внекорневая подкормка плодовых растений. Сб. Внекорневая подкормка сельскохозяйственных растений. Сельхозгиз, 1955.
- К. М. Малышева, О физиологическом действии введенных в лист растворов минеральных веществ. Изв. СО АН СССР, № 1, 1960.
- К. М. Маштакова, Внекорневая подкормка как средство повышения урожая пшеницы и снижения поражаемости ее ржавчиной. Сб. Внекорневая подкормка сельскохозяйственных растений. Сельхозгиз, 1955.
- О. А. Гречухина, Внекорневая подкормка как метод изучения требований растений к условиям питания. Вестник ЛГУ, вып. 1, 1955.
- В. А. Голикова, О внекорневых подкормках томатов. Сб. Внекорневая подкормка сельскохозяйственных растений. Сельхозгиз, 1955.
- Ф. Ф. Мацков, Подкормка растений через листья. Изд-во АН УССР, Киев, 1952.
- И. В. Якушкин, М. М. Эдельштейн, Внекорневая подкормка сахарной свеклы. Пищепромиздат, М., 1953.
- Г. В. Барнинов, Е. И. Ратнер, Особенности поступления веществ через листья при внекорневой подкормке. Физиол. растений, т. 6, вып. 3, 1959.
- Н. С. Петинoв, А. Н. Павлов, Повышение белковистости зерна яровой пшеницы в условиях орошения посредством внекорневых азотистых подкормок. Физиол. растений, т. 2, вып. 2, 1955.
- В. П. Дадькин, О применении внекорневой подкормки в районах Крайнего Севера. Сб. Внекорневая подкормка сельскохозяйственных растений. Сельхозгиз, 1955.
- В. Л. Дорохов, Влияние внекорневых подкормок на интенсивность фотосинтеза. Физиол. растений, т. 4, вып. 2, 1957.
- R. E. Hay, E. B. Eharbey and E. E. De-Murk, Plant Phys., v. 28, № 4, 1953.
- Н. П. Красинский, Некорневая подкормка растений и метод меченых атомов. Природа, № 1, 1957.
- I. H. Wainberger, V. E. Prince, Havies, Tests on Follior Fertilization on Plach. trees with urea, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 53, 1949.
- В. В. Пиневич, Некоторые вопросы питания растений через листья. Вестник ЛГУ, № 15, 1956.
- А. Ф. Калинин, Формы азотных удобрений при внекорневом питании растений. Земледелие, № 6, 1954.
- G. N. Thorne, D. J. Watson, Uptake of nutrients from solutions sprayed on leaves, Rothamsted Exp. Sta. Rep., 1952.
- G. N. Thorne, Absorption of nitrogen, phosphorus and potassium from nutrient sprays by leaves, J. Exp. Bot., 5, 37, 1954.
- Д. Н. Торн, Поглощение азота, фосфора и калия из растворов при внекорневом питании. Сб. Внекорневое питание растений. ИЛ, М., 1956.
- Ф. Ф. Мацков, Т. К. Иконенко, О взаимосвязи между внекорневым питанием, фотосинтезом и корневым питанием растений. ДАН СССР, т. 118, вып. 3, 1958.
- А. Н. Павлов, Поступление веществ через листья и корни у кукурузы. Физиол. растений, т. 7, вып. 3, 1960.

24. И. В. Мессолов, А. Н. Лалшина, А. В. Попова, О внекорневой подкормке растений. Земледелие, № 5, 1956.
25. А. Н. Павлов, Физиологическое обоснование приемов повышения содержания белка в зерне яровой пшеницы в условиях орошения. Автореф., дисс. М., 1955.
26. Р. Вольк, С. Мак-Ойлифф, Факторы, влияющие на поглощение мочевины листьями табака. Сб. Внекорневое питание растений, ИЛ, М., 1956.
27. Т. Ф. Андреева, К вопросу о синтезе белка в зеленом листе. Физиол. растений, т. 3, вып. 2, 1956.
28. Н. М. Сисакян, И. И. Филиппович, О синтезе белка в изолированных хлопьях. ДАН СССР, 102, № 3, 1955.

Н. К. БОЛДЫРЕВ

ЛИСТОВАЯ ДИАГНОСТИКА ПИТАНИЯ И ВНЕКОРНЕВАЯ АЗОТНАЯ ПОДКОРМКА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

В ряде работ отмечалось повышение урожая и качества зерна пшеницы при внекорневой подкормке ее азотом [1—4]. Однако многие авторы получили совершенно противоположные результаты [5—9].

Противоречивость данных об эффективности внекорневой подкормки объясняется тем, что применение ее зачастую строится без учета состояния питания растений тем или иным элементом перед проведением внекорневой подкормки.

В связи с этим и возникает необходимость решения очень важной для производства задачи — установления объективных показателей нуждаемости растений в азоте и других элементах в различные фазы роста и развития культуры.

Для того чтобы определить, нуждается ли пшеница в поздней азотной подкормке, В. Зельке [4] рекомендует принимать во внимание целый комплекс почвенных и агротехнических факторов, от которых зависит количество азота в почве к моменту применения подкормки.

Д. А. Сабинин считает, что этот вопрос «... не может быть решен одним, хотя бы и точным, знанием карты запаса питательных веществ наших полей. Только диагностирование азотистого питания растений (по физиологическим показателям — Н. Б.) к моменту применения удобрения может служить достаточным руководящим указанием для рационального использования удобрений [10, стр. 59].

Необходимость учета внутреннего состояния растения и особенностей обмена веществ в нем в связи с применением удобрений была подчеркнута Д. Н. Прянишниковым [11]. А в монографии Н. С. Петина [12] была показана большая перспективность диагностирования потребности пшеницы в воде и назначения сроков полива растений по физиологическим показателям листьев.

В наших работах [13—16] были установлены физиологические показатели для пшеницы, позволяющие дифференцированно применять позднюю азотную подкормку этой культуры: а) процентное содержание азота и фосфора в листьях в конце цветения в сопоставлении с видом на урожай зерна; б) соотношение между N и P_2O_5 в листьях перед подкормкой; в) активность пероксидазы в листьях. Так, в работе [15] было показано, что при содержании в листьях в конце цветения менее 2,60% азота и соотношении между N и P_2O_5 ниже 4 применение внекорневой и корневой подкормки азотом позволило повысить белковость зерна с 12,8 до 18,1—20,8%. Действия азота на урожай зерна при внесении подкормки в конце цветения не отмечалось.

Задача настоящей работы заключалась в том, чтобы проверить намеченные ранее [15, табл. 7] физиологические показатели нуждаемости

растений в поздней азотной подкормке при различных уровнях азотного питания растений до ее применения.

Методика опытов. Вегетационные опыты проводились на кафедре агрохимии Омского сельскохозяйственного института им. С. М. Кирова в 1958—1959 гг. В сосуды помещали 5,5 кг абсолютно сухой почвы. Повторность опыта трехкратная. Перед набивкой сосудов вносили 20 мг азота, 50 мг фосфорной кислоты и 100 мг окиси калия на 1 кг абсолютно сухой почвы. Для некоторых вариантов опыта количество азота увеличивали в несколько раз.

Почва — слабо выщелоченный среднесупесчаный чернозем. В 1 кг почвы перед посевом в 1958 г. находилось 17,5 мг N—NO₃ и 109 мг P₂O₅ (по Труогу). В 1959 г. соответственно: 6,8; 180 и 225 мг K₂O (по Бровкиной). Влажность почвы в сосудах поддерживалась из расчета 60% (1958 г.) и 80% (1959 г.) от полной влагоемкости.

В сосуд высаживалось 32 проросших зерна пшеницы. Первое прорезывание с оставлением 20 растений в сосуде делалось в фазе трех листьев. Второе прорезывание с оставлением в сосуде 15 растений проводилось в начале трубкования. В конце цветения из каждого сосуда удалялось по три растения и необходимые листья главного побега отбирались для анализа [15, 16]. Внекорневая подкормка мочевиной в 1958 г. проводилась один (вариант 3) или два (вариант 4) раза тотчас после взятия трех растений для анализа. Опрыскивание делали в вечернее время 0,70%-ным раствором мочевины по 25 мл на сосуд. Раствор распылялся пульверизатором, соединенным с пневматическим насосом. Контрольные растения обрызгивались дистиллированной водой.

В опыте 1959 г. внекорневая подкормка растений в вариантах 3, 6 и 9 проводилась один раз в начале цветения по 25 мл 0,70%-ного раствора мочевины. В других вариантах подкормку приурочивали к фазе трубкования и производили трехкратное опрыскивание через день по 50 мл 0,70%-ного раствора мочевины на сосуд. Листья растений, опрыснутых мочевиной и отобранных для анализа в конце цветения, промывались дистиллированной водой, высушивались при 70°, размалывались и поступали на анализ, методика которого изложена в работе [16].

Наличие разных уровней питания растений азотом позволило проследить влияние внекорневой подкормки мочевиной на урожай и качество зерна, а также связать эффективность такой подкормки с изменениями в химическом составе листьев пшеницы.

Схема и результаты опытов приводятся в табл. 1 и 2, из которых видно, что при высокой обеспеченности растений азотом с начала вегетации содержание азота в листьях к моменту применения внекорневой подкормки было значительно выше «критического уровня» питания пшеницы этим элементом и указывало на избыточно высокую обеспеченность растений азотом [16]. Поэтому внекорневая подкормка мочевиной в фазе цветения и трубкования (табл. 1 и 2, варианты 8—10) дала отрицательный результат: вызвала ожог и ускорила отмирание листьев, уменьшила содержание в них фосфора, что отрицательно отразилось на снабжении всех вегетирующих органов и формирующегося зерна углеводами и белками.

Последнее привело к снижению веса сухой массы растений и урожая зерна, абсолютного и относительного содержания в нем азота, а также уменьшило вес 1000 зерен.

Иное действие внекорневой подкормки наблюдалось при низком и среднем уровне питания растений азотом до ее применения. Так, анализ листьев в вариантах 1, 2 и 5 (табл. 2) показал, что содержание в них азота находилось ниже нижней границы «критического уровня» пи-

Таблица 1

Влияние внекорневой подкормки мочевиной в конце цветения на урожай и качество зерна (лютецис-758, 1958 г.)

Варианты опыта	Урожай, г/сосуд		Урожай зерна, %	Вес 1000 зерен, г	Содержание в листьях перед подкормкой, %			Прогноз качества зерна по химическому составу листьев			Содержание в зерне азота		
	сухой массы	зерна			N _(л)	P ₂ O ₅ (л)	N:P ₂ O ₅	N _(з)	P ₂ O ₅ (з)	%	мг/сосуд		P ₂ O ₅ , %
1. Контроль	12,30	4,84	100	33,6	0,61	4	<2,50	1,11—1,37	2,70	131	1,33		
2. N ₅₀ P ₅₀ K ₁₀₀ *	22,36	9,96	206	37,7	0,64	5,5	3,17	1,41—1,44	2,93	292	1,40		
3. N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₀₀ +N ₁₅	22,51	9,18	190	7,6	0,59	5,7	3,03	1,35—1,88	2,83	260	1,40		
4. N ₅₀ P ₅₀ K ₁₀₀ +N ₃₀	21,91	8,77	181	35,2	—	—	3,03	1,85	2,85	250	1,34		

Примечание. Прогноз содержания в зерне азота проведен по уравнению $N(з) \approx k \cdot N(л)$, где k — коэффициент перевода азота листьев в азот зрелого зерна $N(з)$, равный для этого сорта 0,90 (при уравновешенном питании растений азотом и фосфором). Прогноз содержания в зерне P₂O₅ проведен по установленному нами уравнению $N(з) \approx a \cdot P_2O_5(л) \approx k \cdot N(л)$, где $a = 2,25$ выражает зависимость между содержанием азота и фосфора в листьях и в зерне яровой пшеницы при уравновешенном питании растений этими элементами. Цифры P₂O₅ в левой колонке таблицы получены из данных левой части выражения (1), а в правой колонке — при решении правой части равенства.

* Индексы при символах элементов N, P, K здесь и в следующей таблице обозначают дозу питательных веществ в миллиграммах на один килограмм абсолютно сухой почвы. Данные химического анализа листьев и зерна выражены на абсолютно сухое вещество.

тения, а содержание P₂O₅ в листьях было значительно выше этого уровня [14, 16].

Количество азота и P₂O₅ в листьях, а также соотношение между ними характеризовало неравномерность питания растений в вариантах 1—3 в связи с сильным недостатком азота и высоким содержанием доступного фосфора в почве. Этот вывод, сделанный на основании листового анализа, был подтвержден почвенным анализом.

Так, в наших десяти полевых и вегетационных опытах было установлено, что растения пшеницы обычно испытывали недостаток в азоте и были очень отзывчивы на его внесение, если на 1 мг N—NO₃, находящегося в 1 кг почвы пахотного горизонта (0—30 см) перед посевом, приходилось более 10 мг фосфорной кислоты (P₂O₅), определенной по методу Труога. При этом отзывчивость растений на внесение суперфосфата была слабой или совершенно отсутствовала. Совсем иначе вели себя растения, когда в почве на одну часть азота нитратов приходилось меньше пяти частей доступной фосфорной кислоты. Зато на азот растения в последнем случае не реагировали.

В опыте 1959 г. на 1 мг азота нитратов приходилось более 26 мг P₂O₅, что обусловило высокое содержание P₂O₅ в листьях растений по большинству вариантов опыта. Очень высокое содержание

Таблица 2

Влияние внекорневой подкормки мочевиной на урожай и качество зерна яровой пшеницы лютецие-62 при разных уровнях азотного питания растений (1959 г.)

Варианты опыта	Уровень азотного питания	Урожай, г/госуд		Урожай зерна, %	Вес 100 зерен	Содержание в листьях в конце цветения, %			Прогноз качества зерна по химическому составу листьев		Содержание в зерне азота		
		сухой массы	зерна			N	P ₂ O ₅	N:P ₂ O ₅	N(%)	P ₂ O ₅ (%)	%	мг/госуд	P ₂ O ₅ , %
1. Контроль		8,17	3,32	100	26,6	2,53	1,21	2,1	>2,50	1,11	2,87	95	1,22
2. N ₂₀ P ₅₀ K ₁₀₀	низкий	13,18	5,20	156	2,7	2,33	0,78	3	2,25	1,00	2,50	130	1,11
3. N ₂₀ P ₃₀ K ₁₀₀ + N ₁₅ *		12,65	5,16	56	27,7	2,98	0,80	3,6	2,86	1,27	2,87	148	1,13
4. N ₂₀ P ₅₀ K ₁₀₀ + N ₉₀ **		16,92	6,82	206	28,4	4,49	0,79	5,7	—	—	3,10	211	1,16
5. N ₅₀ P ₅₀ K ₁₀₀		18,45	7,62	230	31,1	2,55	0,54	4,7	2,44	1,08	2,62	200	1,21
6. N ₅₀ P ₅₀ K ₁₀₀ + N ₁₅ *	средний	20,25	8,03	242	31,0	3,03	0,71	4,3	2,91	1,29	2,44	196	1,17
7. N ₅₀ P ₃₀ K ₁₀₀ + N ₉₀ **		25,46	10,72	323	30,7	3,84	0,66	5,8	—	—	2,36	253	1,07
8. N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₀₀		35,79	14,04	423	31,9	3,06	0,85	3,6	2,94	1,30	2,82	395	1,05
9. N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₀₀ + N ₁₅ *	высокий	32,63	13,28	400	31,4	3,15	0,74	4,3	3,02	1,34	2,82	395	1,20
10. N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₀₀ + N ₉₀ **		32,35	12,84	387	30,0	4,56	0,68	6,7	—	—	2,85	356	1,13

* Подкормка проводилась в начале цветения.

** Подкормка проводилась в фазе трубкования.

Прогноз качества зерна проведен по равенству $N_{(a)} = k \cdot N_{(n)} = 2,25 \cdot P_2O_{5(a)}$, где k равен 0,96 [16].

фосфора в листьях контрольного варианта объясняется не только наличием большого количества доступного фосфора в этой почве, но еще и тем, что при сильном недостатке азота растения односторонне обогащаются фосфором [17]. Избыток фосфора и недостаток азота, которые наблюдались в вариантах 1—3 и 5, привели к тому, что процессы формирования всех элементов колоса к моменту проведения поздней внекорневой подкормки уже закончились и содержание азота повысилось у растений варианта 3 (табл. 2) в листьях на 0,65, в зерне — на 0,37%.

При низком и среднем уровне азотного питания растений внекорневая подкормка пшеницы в фазе трубкования увеличивала содержание азота и фосфора в листьях растений (варианты 4,7), что, по литературным данным [4, 8, 18, 19] и результатам наших опытов, является причиной положительного действия такой подкормки на урожай зерна яровой пшеницы. В то же время подкормка в этой фазе может понижать процент азота в зерне (вариант 7), что связано, вероятно, с более высокой, чем в варианте 4, прибавкой урожая сухой массы и зерна, полученной от одной и той же дозы азота.

Результаты опыта 1959 г. подтвердили данные 1958 г. о том, что применение внекорневой азотной подкормки в период цветения не дает положительного результата, если в листьях растений перед подкормкой азота содержится более 3,1%. В этих условиях большое значение, очевидно, будут иметь внекорневые подкормки фосфором и калием, что является задачей наших дальнейших исследований.

Таким образом, применение внекорневой или корневой [16] подкормки азотом в пору цветения оказывается эффективным для повышения качества зерна и, возможно, для повышения урожая пшеницы, если содержание азота в листьях ниже 2,6%, соотношение между N и P₂O₅ меньше 4 и вид на урожай культуры средний или высокий.

Влияние внекорневой подкормки азотом на качество зерна прогрессивно падает с повышением содержания азота в листьях от 2,6 до 3,0% и увеличением соотношения между N и P₂O₅ от 4 до 6. Наконец, такая подкормка оказывается бесполезной или даже вредной для урожая и качества зерна яровой пшеницы при содержании азота в листьях более 3,0—3,1% и соотношении между N и P₂O₅ более 6.

Подтверждением этого вывода могут служить данные полевых опытов В. Ф. Иванникова [6], по наблюдениям которого внекорневая подкормка азотом пшеницы с содержанием азота в листьях 3,33% не влияла на урожай и качество зерна.

Следует отметить, что внекорневая азотная подкормка не может заменить основного внесения азота перед посевом, особенно на бедных этим элементом почвах. Необходимость основного внесения азотных и других удобрений на такой почве под следующую культуру может быть также установлена с помощью метода листовой диагностики [14—17].

Метод листовой диагностики оказался полезным для прогноза содержания в зерне азота и фосфора (табл. 1 и 2), проведенного с помощью установленных нами уравнений:

$$N_{(a)} \approx k \cdot N_{(n)} \approx a \cdot P_2O_{5(a)} \approx a^2 \cdot P_2O_{5(a)}, \text{ где } a = 2,25; a^2 = 5; \quad (1)$$

или

$$N_{(a)} : P_2O_{5(a)} \approx \sqrt{\frac{N_{(a)}}{P_2O_{5(a)}}}. \quad (2)$$

Данные, полученные химическим анализом листьев в конце цветения, оказались очень близкими к фактическому содержанию азота и фосфора в зрелом зерне большинства вариантов вегетационных опы-

тов*. Исключение составили варианты с внекорневой подкормкой в фазе трубкования, большие дозы азота которой нарушали отмеченную ранее [14—16] взаимосвязь химического состава листьев и зерна.

При прогнозировании качества зерна с помощью уравнений (1) и (2) рекомендуется придерживаться следующих правил.

Если содержание азота и P_2O_5 в листьях близко к показателям «критического уровня» питания, то прогноз содержания фосфора в зерне можно вести как по левой ($a \cdot P_2O_5 \approx k \cdot N_{(л)}$), так и по правой ($a \cdot P_2O_5 \approx a^2 \cdot P_2O_{5(л)}$) части равенства (1) или по уравнению (2). При этом прогноз содержания в зерне азота проводится по обычным коэффициентам перевода (k) азота листьев в азот зрелого зерна, свойственным данному сорту при сбалансированном питании [16]. Последнее хорошо подтверждается данными табл. 1, где прогноз содержания фосфора (P_2O_5) по обеим частям равенства (1) дал близкие результаты, а расчетное соотношение между азотом и P_2O_5 в зерне, вычисленное по уравнению (2), почти равно фактическому соотношению между этими элементами в зрелом зерне. Если содержание азота и P_2O_5 в листьях превышает «критические уровни» питания, а соотношение между ними находится в пределах оптимального (от 4 до 6), то более точный прогноз содержания в зерне фосфора осуществляется по левой части равенства (1) (см. табл. 2).

При наличии сильной диспропорции между этими элементами в листьях в сторону значительного преобладания азота над фосфором для прогноза содержания азота в зерне применяются более низкие коэффициенты перевода [16], а прогноз фосфора проводится по правой части равенства (1) или по уравнению (2).

Если процент азота в листьях значительно ниже «критического уровня» питания, а соотношение между N и P_2O_5 ниже 4 (см. табл. 2), то прогноз содержания в зерне фосфора проводится по левой части равенства (1). При этом, если низкий процент азота в листьях объединяется с видом на низкий урожай зерна, коэффициент перевода азота листьев в азот зерна почти всегда поднимается выше единицы (1,1—1,2).

Таким образом, при наличии неуравновешенного питания растений, т. е. при соотношениях N и P_2O_5 больше 6 и меньше 4, для прогноза содержания в зерне фосфора используется та часть равенства (1), где находится элемент, содержание которого в листьях опускается ниже критического уровня питания.

Омский
сельскохозяйственный институт

Поступила в редакцию
4/V 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. Ф. Мацков, Внекорневое питание растений. Изд-во АН УССР, Киев, 1957.
2. Н. С. Петин, А. Н. Павлов, Повышение белковистости зерна яровой пшеницы в условиях орошения посредством внекорневых азотистых подкормок. Физиология растений, т. 2, вып. 2, 1955.
3. Д. Горн, Д. Уотсон, Влияние поверхностного внесения азота в апреле или внекорневой подкормки при колошении на урожай и образование листовой поверхности пшеницы. Сб. Культура пшеницы. ИЛ., М., 1956, стр. 7.
4. В. Зельке, Поздняя азотная подкормка. Сб. Применение минеральных удобрений в зарубежных странах. Сельхозгиз, 1958, стр. 389.

* Диагностика содержания фосфора в зерне по материалам полевых опытов 1957—1959 гг. освещается в другой работе, публикуемой в журнале «Физиология растений» т. 7, вып. 5, 1960, стр. 578.

5. В. Ф. Иванников, Внекорневая подкормка пшеницы. Тр. Белорус. с.-х. акад., т. 27, вып. 2, Горки, 1958, стр. 45.
6. В. Ф. Иванников, Внекорневая авиаподкормка пшеницы. Сб. Внекорневая подкормка с.-х. растений. Сельхозгиз, 1955, стр. 91.
7. В. В. Пиневич, Некоторые вопросы питания растений через листья. Вестник ЛГУ, № 15, 1956.
8. Н. И. Шереверя, О применении метода меченых атомов при изучении внекорневого питания растений. Физиология растений, т. 6, вып. 5, 1959, стр. 544.
9. И. В. Мосолов, А. Н. Лапина, А. В. Папова, Влияние внекорневых подкормок на урожай с.-х. растений. Тр. Всес. науч.-иссл. ин-та удобрений и агропочвовед. (ВИУА), вып. 33. Сельхозгиз, М., 1959, стр. 3.
10. Д. А. Сабинин, Диагностирование потребности растений в удобрениях по физиологическим признакам. Химизация соц. земледелия, № 1, 1932, стр. 50.
11. Д. Н. Прянишников, Обмен азотистых веществ и питание растений. Избр. соч., т. 2, М., 1953, стр. 453.
12. Н. С. Петин, Физиология орошаемой пшеницы. Изд-во АН СССР, 1959.
13. Н. К. Болдырев, К вопросу о диагностике азотного питания и качества зерна яровой пшеницы. Сб. Докл. VII науч. конф., посвящ. 40-летию Великой Октябрьской социалистической революции, вып. 3. Изд. Томск. ун-та, Томск, 1957, стр. 124.
14. Н. К. Болдырев, Зависимость между химическим составом листьев, урожаем и качеством зерна яровой пшеницы в связи с применением удобрений. Докл. АН СССР, т. 126, № 4, 1959, стр. 886.
15. Н. К. Болдырев, Влияние условий питания на рост листьев, их химический состав, на урожай и качество зерна яровой пшеницы. Тр. Омск. с.-х. ин-та им. С. М. Кирова, т. 37, 1959, стр. 9—29.
16. Н. К. Болдырев, Диагностирование потребности яровой пшеницы в азоте и фосфоре в период цветения по общему химическому анализу листьев. Почвовед., № 11, 1959, стр. 104.
17. H. Lundegardh, Leaf analysis, London, 1951.
18. Ф. Ф. Мацков, Т. К. Иконенко, О взаимосвязи между внекорневым питанием, фотосинтезом и корневым питанием растений. Докл. АН СССР, т. 118, № 3, 1958, стр. 601.
19. Н. И. Шереверя, О взаимосвязи минерального питания растений через листья и корни. Физиология растений, т. 6, вып. 1, 1959, стр. 21.

А. П. САМОЙЛОВА

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЯДЫ ГАЛОФИТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ДЕПРЕССИЯХ СОЛЕННЫХ ОЗЕР ХАКАССИИ

Под экологическим рядом растительности принято понимать цепь растительных сообществ, последовательно сменяющих друг друга в пространстве параллельно изменению характера местообитания. Причиной, вызывающей возникновение в природе экологических рядов ассоциаций, является изменение эдафических условий, и в первую очередь водного и солевого режимов почв, под влиянием рельефа.

Метод экологических рядов является одним из основных приемов изучения растительности засоленных местообитаний, позволяющим более полно вскрывать закономерности размещения галофитных сообществ и выявлять экологическую природу тех или иных ассоциаций и отдельных видов растений. Широко применял его в своих исследованиях известный эколог и геоботаник Б. А. Келлер. Изучая растительность вокруг соленых озер в пустынной и полупустынной зонах СССР, он пришел к выводу, что в природе для разных ступеней засоления и увлажнения почв у растений выработались свои характерные системы экологических приспособлений [1]. Последовательная смена экологических групп растений по радиусу от озера приводит к образованию в озерной депрессии экологических рядов ассоциаций. Описания экологических рядов галофитной растительности, в том числе приозерной, мы находим в работах В. А. Крюгера [2], М. М. Ильина [3], а также известного знатока растительности засоленных почв Украины Г. И. Билька [4, 5]. Следует отметить, что растительные сообщества по берегам многочисленных соленых озер степных районов Сибири изучены до сих пор крайне недостаточно.

В 1947—1950 гг. автор проводил исследование приозерной галофитной растительности Тувы и Хакассии; часть полученных при этом материалов опубликована [6, 7]. Наряду с изучением флористического состава и фитоценологических особенностей растительности солончаков и солонцов преследовалась цель выявить влияние внешней среды (почв, рельефа, засоления озер) на характер приозерной галофитной растительности. В связи с этим особое внимание было уделено изучению экологических рядов ассоциаций около озер. Настоящая работа содержит характеристику экологических рядов растительности по берегам соленых озер Хакассии.

Степи Хакассии, расположенные в Хакасско-Минусинской котловине, изобилуют солеными озерами. Этому способствуют особенности климата, рельефа и геологического строения района: сухое и жаркое лето, наличие обширных бессточных депрессий, неглубокое залегание соленосных девонских пород. По составу солей минеральные озера Хакассии довольно однообразны; для большинства из них характерно смешанное хлоридно-сульфатное засоление с преобладанием глауберовой и поваренной солей. Некоторые озера в большем количестве содержат хлори-

ды (оз. Кизыл-Куль), другие — сульфаты (оз. Сульфатное). Изредка встречаются содовые озера (оз. Б. Черное, Хорлана, Сосновое). Однако озера Хакасских степей очень неоднородны по степени засоления. Ряд озер засолен очень сильно (плотный остаток до 220 г/л), к ним относятся озера Кизыл-Куль, Улук-Куль, Сульфатное, Джирим. Многие озера характеризуются средней степенью засоления (плотный остаток 20—60 г/л). Встречаются и водоемы слабо минерализованные (озера Биле, Власьевское), пригодные для питья скоту.

Почвенный покров озерных депрессий образован многочисленными разностями засоленных почв. Широким распространением пользуются здесь солончаки (типичные, мокрые, луговые, болотные), занимающие центральную часть котловины. Выше по склону они сменяются обычно солончаками-солонцами, а затем солонцами или засоленными песчаными почвами. Очень часто вокруг озер, особенно в северной части Хакасских степей, встречаются лугово-солончаковые и болотно-солончаковые почвы. Обычно также почвы солончаковатые и солонцеватые.

При изучении экологических рядов приозерной галофитной растительности Хакассии автором были охвачены озера, отличающиеся составом солей, степенью минерализации, характером котловины. Исследована растительность вокруг озер Июсо-Ширинских степей, расположенных в северной части Хакассии, и более южных Приабаканских степей. В целом изучены растительные сообщества по берегам 24 соленых озер. Описание экологических рядов галофитных ассоциаций в большинстве случаев сопровождалось характеристикой почв для ведущих членов экологического ряда; значительная часть почвенных описаний сделана почвоведом М. В. Кирилловым, за что автор приносит ему искреннюю благодарность.

Исследования показали, что растительный покров озерных депрессий Хакассии слагается многочисленными галофитными сообществами [7] и характеризуется большой неоднородностью и пестротой. Однако более детальное ознакомление с приозерной растительностью позволяет сказать, что распределение фитоценозов подчиняется здесь некоторым общим закономерностям. В котловине каждого соленого озера ведущие ассоциации располагаются в виде «поясов» или полос, окружающих озеро на более или менее значительном протяжении (нередко в виде концентрических кругов или эллипсов). Чередующиеся в определенной последовательности полосы растительных сообществ образуют экологический ряд. Наиболее полно прослеживаются экологические ряды ассоциаций на склонах озерных депрессий по направлению от уреза воды к террасам и плакорным пространствам, что обусловлено сменой типов и разновидностей почв в связи с изменением степени их засоления и увлажнения. Помимо этих «основных» экологических рядов, в котловинах соленых озер нередко наблюдаются частные случаи смены ассоциаций, вызванные особенностями рельефа озерной впадины, влиянием выпаса, заболачиванием или наличием пресных ручьев и рек. Таким образом, по берегам одного озера нередко наблюдается несколько экологических рядов галофитных ассоциаций. Говоря об экологических рядах приозерной галофитной растительности Хакассии в целом, следует отметить, что они очень разнообразны как по числу членов, так и по составу ассоциаций.

Важным фактором, влияющим на характер экологических рядов ассоциаций, является степень минерализации озер. Наиболее четко выражены экологические ряды по берегам сильно засоленных озер. Таких озер отмечены прежде всего в Уйбатской степи, являющейся наиболее засушливым участком Приабаканских степей. Примером озер

этой группы может служить периодически высыхающее озеро Кизыл-Куль (или Абаканское), лежащее в центре Уйбатской степи. Оз. Кизыл-Куль известно тем, что на нем в течение многих лет добывается поваренная соль. На пологом северном берегу озера описан следующий экологический ряд (рис. 1).

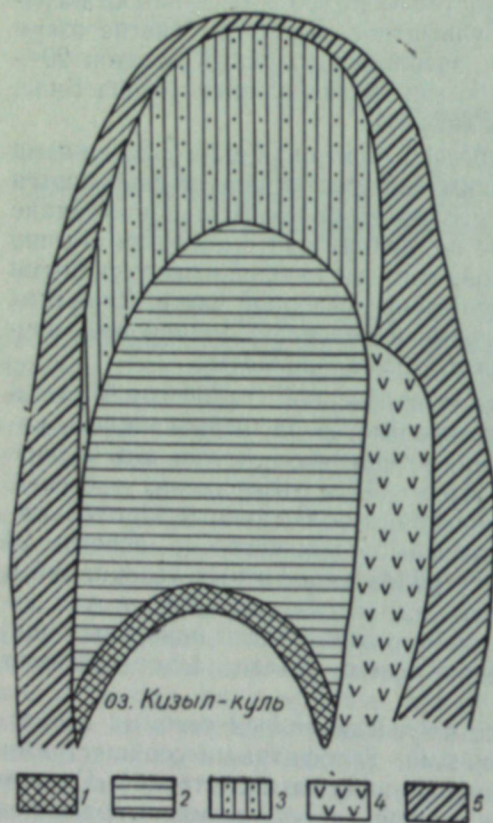


Рис. 1. Схема распределения растительности на северном берегу оз. Кизыл-Куль.
1 — *Salicornia herbacea* на солончаке; 2 — *Kalidium foliatum* на солончаке; 3 — *Elymus dasystachys* на осолонцованных почвах; 4 — *Atropis tenuissima* — *Artemisia nitrosa*; 5 — *Lasiagrostis splendens* на солонце.

ставлен сообществом поташника, третий пояс слагают ассоциации ксерогалофита *Artemisia nitrosa* или галофитных злаков, *Elymus dasystachys* и *Atropis tenuissima*. Четвертый пояс во всех случаях образован группировками чия.

К числу наиболее засоленных озер Июсо-Ширинских степей принадлежит оз. Сульфатное, расположенное к западу от станции Копьево. Для него характерно смешанное хлоридно-сульфатное засоление с преобладанием сернокислых солей; на озере производится добыча сульфатов. Поясное распределение растительности наиболее четко выражено на южном берегу озера и проявляется в следующем (рис. 2):

- I пояс (очень узкий) — ассоциация солероса на болотном солончаке,
II пояс — асс. *Aster tripolium* + *Atropis tenuiflora*; почва — смешанный солончак,
III пояс — асс. *Carex enervis* + *Agropyrum repens* на темноцветной луговой почве,
IV пояс — злаково-разнотравный луг, который сменяется разнотравной луговой степью плакоров на обыкновенном черноземе.

Довольно сильно засолено также небольшое хлоридно-сульфатное оз. Джирим, расположенное в северной части Баградского района Хакассской автономной области; на этом озере добывается лечебная грязь для курорта Шира. Экологический ряд галофитных ассоциаций хорошо прослеживается здесь на пологом западном берегу.

I пояс — асс. *Salicornia herbacea* — *Atropis macranthera* на солончаково-болотной почве, ширина пояса 7—12 м,

II пояс — разнотравно-бескильнищевая ассоциация шириной 16 м,

III пояс — осочково-пикульниковая степь (с *Carex duriuscula* и *Iris ensata*), почва — глубокостолбчатый солонец, ширина 50 м. Третий пояс переходит в дерновинно-злаковую степь.

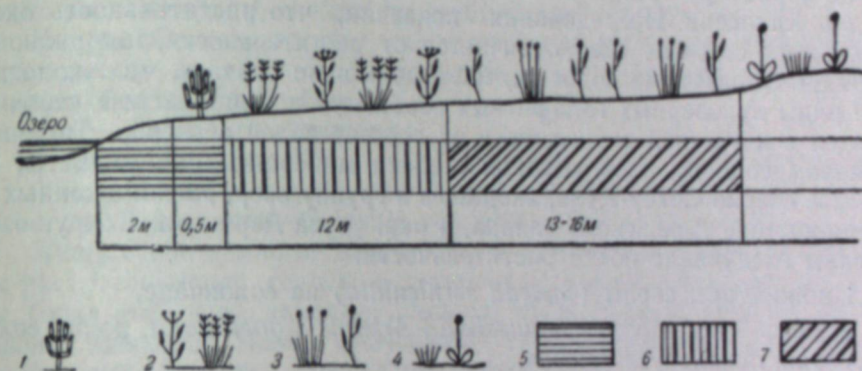


Рис. 2. Экологический ряд растительности на южном берегу оз. Сульфатного.
1 — *Salicornia herbacea*; 2 — *Aster tripolium* + *Atropis tenuiflora*; 3 — *Carex enervis* + *Agropyrum repens*; 4 — злаково-разнотравный луг; 5 — болотный солончак; 6 — смешанный солончак; 7 — темноцветная луговая почва.

Растительный покров депрессии сульфатно-натриевого оз. Учум, известного одноименным грязевым курортом, образован в основном участками ассоциаций солероса, астры солончаковой и бескильницы. Экологический ряд, описанный в юго-восточной части озера, состоит из пояса солероса, пояса асс. *Salicornia herbacea* — *Atropis macranthera* и пояса асс. полыни селитряной (*Artemisia nitrosa*), который сменяется полосой типчаково-пикульниковой степи, переходящей в дерновинно-злаковую степь.

Приведенная характеристика показывает, что экологические ряды ассоциаций в депрессиях наиболее засоленных озер Июсо-Ширинских степей существенно отличаются от растительности вокруг аналогичных озер Приабаканских степей. Если первым членом приозерного экологического ряда в Июсо-Ширинских степях также является ассоциация эвгалофита солероса, то средние члены ряда в отличие от озер Уйбатской степи образованы не ксерогалофитами, а мезогалофитами (*Atropis macranthera*, *A. tenuiflora*, *Aster tripolium*). Последним членом экологического ряда в Июсо-Ширинских степях являются луговые или степные сообщества, несущие черты засоления, нередко в этом поясе присутствует *Iris ensata*. Для приозерной галофитной растительности Июсо-Ширинских степей по сравнению с Приабаканскими степями характерно большее разнообразие лугово-солончаковых сообществ, в то время как состав ассоциаций типичных галофитов здесь очень беден и ограничивается группировками солероса; роль эвгалофитных сообществ в сложении растительного покрова вокруг озер Июсо-Ширинских степей очень незначительна. Следует также отметить, что полоса засоленных почв и

галофитной растительности вокруг озер Июсо-Ширинских степей значительно уже, чем в Приабаканских степях. Перечисленные факты свидетельствуют о том, что на характер приозерной галофитной растительности Хакассии и особенности экологических рядов ассоциаций наряду с другими условиями оказывает существенное влияние географический фактор.

Довольно своеобразна растительность в депрессиях некоторых высоко минерализованных озер Койбальской степи. Койбальская степь, расположенная в треугольнике между реками Енисеем и Абаканом и предгорьями Западного Саяна, входит в группу Приабаканских степей. Интересной особенностью озер этой степи является то, что многие из них по характеру засоления относятся к содовому типу, довольно редкому для Хакассии. Исследования показали, что растительность около засоленных содовых озер отличается от растительности, окружающей хлоридно-сульфатные водоемы, поэтому можно сказать, что экологические ряды приозерных галофитных сообществ в Койбальской степи находятся в известной зависимости от состава солей в озерах. Типичным примером содовых озер высокой степени минерализации является небольшое озерко Сохсу-Куль, входящее в группу озер, расположенных на северо-востоке Аскизского района, в окр. улуса Азракова. Вокруг озера описаны следующие пояса растительности:

I пояс — асс. сведы (*Suaeda serniculata*) на солончаке,

II пояс — асс. *Atropis tenuissima* + *Artemisia anethifolia*, почва солончаковатая тяжелосуглинистая,

III пояс — группировка чия на солончаковатой песчаной почве; ближе к озеру чий растет с *Atropis tenuissima* и *Agropyrum ramosum*, далее наблюдается переход к четырехзлаковой чиевой степи.

Известное сходство с оз. Сохсу-Куль по характеру окружающей их растительности имеют лежащие неподалеку небольшие содовые озера Тирен-Куль и Абдырал-Куль. Первый член экологического ряда также образован здесь сообществом сведы, а последний — группировками чия, средний член ряда представлен ассоциацией *Atropis tenuissima*, кроме того, на оз. Абдырал-Куль в экологические ряды вклиниваются своеобразная ассоциация *Atropis Hauptiana* — *Polygonum aviculare* и асс. *Agropyrum ramosum*. При сравнении с хлоридно-сульфатными озерами видно, что для содовых озер свойственно полное отсутствие в экологических рядах пояса солероса, который заменяется сообществом сведы.

Заканчивая характеристику экологических рядов галофитной растительности по берегам высокоминерализованных озер Хакассии в целом, следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев первый пояс образован здесь сообществами эвгалофитов (солероса или сведы), далее следуют ассоциации ксерогаофитов или мезагалофитов, оканчивается экологический ряд группировками галомезофитов (в Июсо-Ширинских степях) или поясом чия (в Приабаканских степях).

Экологические ряды ассоциаций вокруг слабо засоленных озер обычно резко отличаются от рядов растительности около водоемов с высокой степенью засоления.

Эту картину можно наблюдать на примере группы озер в окр. улуса Азракова. Относясь к водоемам содового типа, эти озера неодинаковы по степени засоления. Выше были описаны экологические ряды растительности вокруг высокоминерализованных озер этой группы — Сохсу-Куль и Абдырал-Куль. Экологический ряд в котловине слабо засоленного оз. Соснового отличается тем, что его слагают ассоциации галомезофитов и даже гигрофитов.

I пояс в воде — заросли *Typha latifolia*,

II пояс — асс. *Atropis tenuiflora* или асс. *Hordeum brevisubulatum* + *Carex songorica* (на заболоченном берегу),

III пояс — асс. *Lasiagrostis splendens*.

Еще более опресненное оз. Нескегралты (из этой же группы озер) окружено сплошными зарослями тростника.

В долине р. Абакана неподалеку от с. Иудино (в пределах Койбальской степи) отмечено небольшое слабо засоленное оз. Алты-Куль. Здесь описан следующий экологический ряд ассоциаций:

1. асс. *Phragmites communis* или *Scirpus Tabernaemontani*,

2. Разнотравно-осоковый луг,

3. асс. *Iris ensata* — *Atropis tenuiflora*,

4. асс. *Lasiagrostis splendens* (небольшими участками).

Наименее засоленным из обследованных мной озер Июсо-Ширинских степей является оз. Власьевское. Экологический ряд образован здесь такими ассоциациями:

1. асс. *Phragmites communis*,

2. асс. *Atropis tenuiflora* — *Cirsium acaulis* + *Halerpestes ruthenica*,

3. асс. *Atropis tenuiflora* + *Hordeum brevisubulatum*,

4. асс. *Iris ensata* + *Galatella punctata* — *Saussurea amara*.

Лишь очень немногие из слабоминерализованных водоемов окружены растительностью, свидетельствующей о значительном засолении почвы. Сюда относится, например, содовое оз. Б. Черное. Первый пояс образован здесь асс. *Suaeda corniculata* — *Atropis tenuissima*, второй — асс. *Lasiagrostis splendens* — *Atropis tenuissima*.

Обобщая все сказанное о растительности по берегам слабо засоленных озер, можно отметить, что опреснение водоемов приводит обычно к появлению в их котловинах ассоциаций типа засоленных лугов с господством бескильницы тонкоцветковой, ячменя солончакового, галомезофитных осок и разнотравья. Около воды часто развиваются заросли гигрофитов (тростник, камыш, режа рогоз). Экологические ряды по берегам этих водоемов обусловлены уже не параллельным возрастанием степени увлажнения и засоления почвы по мере приближения к озеру, как это имеет место в случае высоко засоленных озер. Наоборот, по направлению к озеру здесь наблюдается некоторое уменьшение засоленности почвы при увеличении ее влажности.

Озера средней степени засоления по характеру растительности занимают обычно промежуточное положение между водоемами высоко- и слабоминерализованными. Примером озер этого типа является хлоридно-сульфатное оз. Первое Утичье, расположенное к востоку от оз. Шири по дороге на Батени. Как видно из рис. 3, поясное распределение растительности в котловине этого озера выражено очень четко. Наибольшую роль в сложении растительного покрова играют здесь три ассоциации: асс. *Phragmites communis*, асс. *Atropis macranthera* — *Glaux maritima* и асс. *Agropyrum repens*. В северной части депрессии отмечены участки с господством волоснецов (*Elymus akmolinensis* и *E. salsuginosus*).

Своеобразные экологические ряды галофитной растительности отмечены в котловине средnezасоленного хлоридно-сульфатного оз. Алтайского. Оз. Алтайское находится в 15 км к западу от с. Алтай, являясь наиболее северным соленным озером правобережной части Приабаканских степей. Особенно хорошо наблюдается поясное распределение галофитных сообществ на северо-западном берегу озера; экологический ряд состоит здесь из пяти членов (рис. 4).

I. пояс — асс. *Salicornia herbacea*, почва — мокрый слабо засоленный солончак,

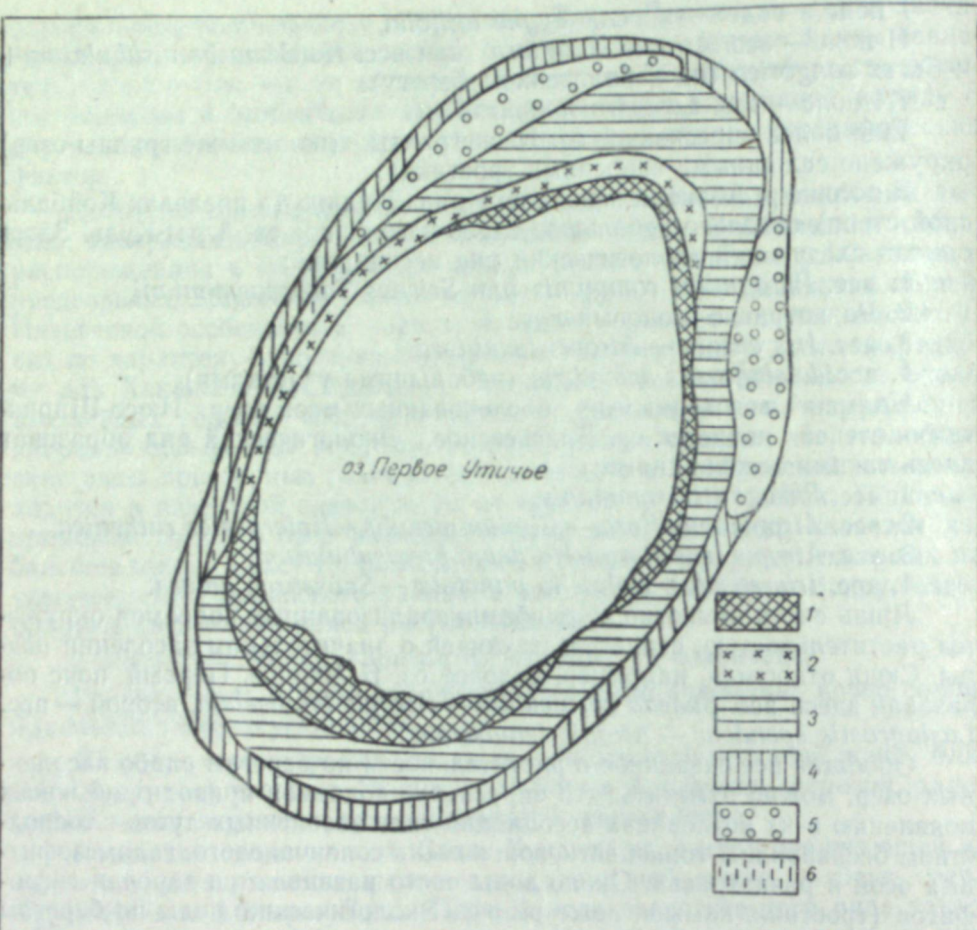


Рис. 3. Схема распределения растительности около оз. I Утичьего.

1 — *Phragmites communis*; 2 — *Atropis macranthera* + *Phragmites communis*; 3 — *Atropis macranthera* — *Glaux maritima*; 4 — *Agropyrum repens*; 5 — *Elymus*; 6 — комплексный засоленный луг.

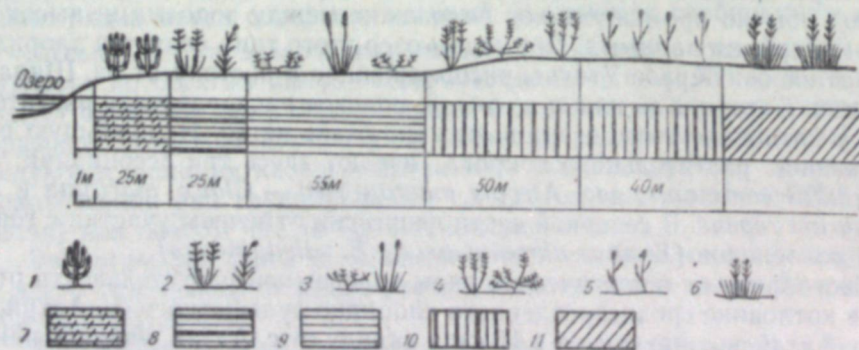


Рис. 4. Экологический ряд растительности на северо-западном берегу оз. Алтайского.

1 — *Salicornia herbacea*; 2 — *Atropis tenuiflora* + *Carex Karelini*; 3 — *Elymus sa'suginosus* — *Suaeda corniculata*; 4 — *Artemisia nitrosa* — *Atropis tenuissima*; 5 — *Agropyrum ramosum*; 6 — дерновинно-злаковая степь; 7 — слабо засоленный солончак; 8 — луговой солончак; 9 — солончак; 10 — солончак-солонец; 11 — темнокаштановая почва.

II пояс — асс. *Atropis tenuiflora* + *Carex Karelini* на луговом солончаке.

III пояс — асс. *Elymus sa'suginosus* — *Suaeda corniculata*, почва — солончак,

IV пояс — асс. *Artemisia nitrosa* — *Atropis tenuissima* на солончаке-солонце,

V пояс — асс. *Agropyrum ramosum*, почва та же, что и в предыдущем поясе; это сообщество сменяется дерновинно-злаковой степью на темнокаштановой почве.

Как видно из приведенной характеристики, особенность растительного покрова на северо-западном берегу оз. Алтайского состоит в том, что в сложении экологического ряда одновременно участвуют ассоциации солероса и сведы, обычно взаимно исключают друг друга. Кроме того, здесь имеет место инверсия поясов галофитной растительности, выражающаяся в том, что лугово-солончаковая ассоциация *Atropis tenuiflora* + *Carex Karelini* вклинивается между сообществами эвгалофитов. Морфологического описание почв в экологическом ряду на оз. Алтайском и особенно их химический анализ показывают, что около самой воды лежат менее засоленные почвы; по мере удаления от озера степень засоления возрастает, достигая наибольшей величины под ассоциацией сведы, далее содержание солей в почвах падает. Это обстоятельство хорошо объясняет наличие волоснецово-сведового сообщества в центре экологического ряда. Присутствие около оз. Алтайского ассоциаций солероса и сведы обусловлено, по-видимому, карбонатно-сульфатным засолением почв, заполняющих котловину озера; анализ показал, что в случае преобладания в почве сульфатов на них формируется сообщество солероса, в то время как ассоциация сведы отмечена на почве с повышенным содержанием карбонатов натрия. Это наблюдение вполне согласуется с отмеченным выше фактом нахождения сообщества сведы около озер содового типа.

Наблюдаемое в некоторых случаях несоответствие экологических рядов приозерной растительности степени засоления водоемов объясняется, очевидно, тем, что формирование почв в озерной депрессии не всегда находится в прямой связи с озером, а испытывает действие других факторов. Кроме того, необходимо учитывать, что степень минерализации и уровень воды в озерах Хакаснии подвержены большой изменчивости, что может временно нарушать связь между характером растительности и концентрацией озерной рапы. Например, только что рассмотренное оз. Алтайское до 1925 г. являлось источником сначала поваренной соли, а затем мирабилита; за последние десятилетия дважды значительно повысился уровень воды озера и снизилась концентрация рапы, что вызвало опреснение почв около озера. Именно этим обстоятельством можно объяснить факт нахождения ассоциации солероса на слабо засоленном солончаке; можно ожидать, что в недалеком будущем это сообщество солончака; можно ожидать, что в недалеком будущем. Анализ литературных [8, 9] и опросных данных показывает, что колебания степени минерализации воды свойственны для многих озер Июсо-Ширинских степей, что, безусловно, отражается на характере приозерной растительности.

Наиболее полно и четко экологические ряды галофитной растительности выражены на довольно пологих, постепенно и равномерно поднимающихся склонах озерной котловины. При нарушениях блюдцеобразной формы депрессий и усложнении их рельефа наблюдается изменение характера экологических рядов, выпадение отдельных членов ряда, нарушение поясного распределения растительности и образование слож-

ных комплексов ассоциаций. Большие изменения в правильном чередовании поясов растительности и в их ширине происходят там, где берега озер очень низкие и плоские или, наоборот, склон озерной котловины очень крутой. Оба эти случая отмечены, например, на южном берегу оз. Сульфатного. На типичном участке склона здесь хорошо выражен четырехчленный экологический ряд, описанный выше. К востоку рельеф озерной котловины изменяется: пойма расширяется и становится очень низкой и заболоченной, а крутизна склона коренного берега резко возрастает. Это приводит к выпадению первого пояса солероса; второй пояс, образованный ассоциацией астры солончаковой и бескильницы тонкоцветковой, разделяется на две узкие полоски, окаймляющие обширный участок новой ассоциации осоки безжилковой. Третий и четвертый члены экологического ряда на крутом склоне берега образуют очень узкие пояса.

Увеличение крутизны склона озерной котловины приводит не только к суживанию поясов растительности, но и к выпадению отдельных членов экологического ряда или реже — к замене одной ассоциации другой. Последнее наблюдалось, например, на оз. Горьком в Июсо-Ширинской степи, где неподалеку друг от друга описаны два экологических ряда, один на более пологом, другой на крутом склоне котловины. Пояс засоленного осокового луга, отмеченный на пологом участке берега, при возрастании крутизны склона выпадает, и на его месте в экологическом ряду появляется узкая полоса ассоциации ковыля сибирского и вейника наземного.

Большое влияние на характер экологических рядов оказывают выпадающие в некоторые соленые озера пресные речки и ключи. В этом случае ассоциации эвгалофитов заменяются лугово-солончаковыми и даже мезогигрофитными сообществами, которые яркой зеленью и густым травостоем хорошо выделяются на фоне скудной растительности типичных солончаков и солонцов. Например, на оз. Шира в месте впадения рч. Сон большую площадь занимают заросли тростника, в то время как в других частях озерной котловины отмечены разнообразные галофитные сообщества, а тростник почти не встречается. Опресняющее действие ключей наблюдается на оз. Сосновом (из группы озер в окр. улуса Азракова). Окружающая озеро ассоциация бескильницы тонкоцветковой на том участке, где бьет пресный ключ, сменяется лугом из ячменя солончакового, за которым далеко в озеро вдается коса с зарослями рогоза широколистного.

Галофитная растительность озерных котловин, помимо отмеченных выше условий физико-географической среды, испытывает влияние выпаса — важного фактора формирования растительных сообществ в степной зоне. При обследовании растительного покрова вокруг соленых озер Хакассии почти всегда бросается в глаза, что травостой многих ассоциаций сильно сбит и стравлен, что свидетельствует об интенсивном использовании этих фитоценозов в качестве пастбищ. По наблюдениям чабанов, овцы очень охотно поедают сведу, которая является хорошим наживочным кормом. Излюбленными пастбищами крупного рогатого скота и лошадей являются лугово-солончаковые мелкозлаковые ассоциации с господством *Atropis tenuiflora*. Широко используются под выпас также чиевые группировки и ассоциации *Atropis tenuissima*.

Под влиянием пастбы, нередко бессистемной, с чрезмерной нагрузкой на травостой существенно изменяется видовой состав коренных галофитных сообществ, что проявляется, с одной стороны, в обеднении их видами за счет выпадения неустойчивых к выпасу растений, с другой стороны — в появлении сорных растений и разрастаний неподаваемых

трав, особенно ириса-пикульки (*Iris ensata*). Таким образом, выпас, без сомнения, является одной из причин непостоянства видового состава, характерного для галофитных формаций и даже ассоциаций Хакассии, и многочисленности растительных сообществ на засоленных почвах (почти каждый описываемый участок растительности представляет здесь новую ассоциацию). Изменение видового состава галофитных ассоциаций под влиянием выпаса часто сопровождается изменением структуры этих сообществ, что выражается обычно в появлении мелко-травных синузидий или в изменении числа ярусов. Иногда многолетняя пастба приводит к изменению внешнего вида и формы отдельных растений; подобное явление отмечено нами в котловинах озер Алтайского и Б. Черного, где в качестве пастбища интенсивно используются участки, заросшие сведой. Сведя, представленная обычно в Хакассии прямоходящей формой (*Saueda corniculata* var. *erecta*), дает на пастбищах стелющуюся разновидность (var. *prostrata*).

Все сказанное выше о влиянии фактора выпаса на галофитные сообщества Хакассии, безусловно, накладывает отпечаток и на характер приозерных экологических рядов, увеличивая их разнообразие и внося существенные коррективы в основные закономерности распределения галофитных ассоциаций, обусловленные физико-географическими факторами.

Заканчивая характеристику приозерной галофитной растительности Хакассии, хочется отметить плодотворность метода экологических рядов в проведенных исследованиях. Применение этого метода позволяет объяснить причины большой неоднородности растительного покрова в депрессиях соленых озер, показывая влияние на растительность сложного комплекса факторов внешней среды.

Выводы

1. Для приозерной галофитной растительности Хакассии характерна большая комплексность, однако около большинства соленых озер ведущие ассоциации располагаются в виде последовательно сменяющихся друг друга поясов, образуя экологические ряды, причиной формирования экологических рядов ассоциаций является закономерное изменение увлажнения и засоления почв по склону озерной котловины.

2. Важным фактором, влияющим на характер экологических рядов, является степень минерализации озер: экологические ряды растительности по берегам сильно и слабо засоленных водоемов существенно отличаются друг от друга; растительность по берегам озер со средней степенью минерализации носит обычно промежуточный характер.

3. Растительность озерных депрессий испытывает влияние географического положения; подмечена существенная разница в характере экологических рядов и в составе галофитных ассоциаций Приабаканских и Июсо-Ширинских степей.

4. Наиболее типично выражены экологические ряды галофитной растительности на довольно пологих, постепенно поднимающихся склонах озерной котловины; изменение рельефа оказывает большое влияние на характер экологических рядов, вызывая выпадение отдельных членов ряда, нарушая поясное распределение растительных сообществ и приводя к образованию новых экологических рядов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Келлер, Растительность засоленных почв СССР. Растительность СССР, т. II, М.—Л., 1940.
2. В. А. Крюгер, Из жизни солончаков и их растительности. Оренбург, 1925.
3. М. М. Ильин, Растительность Эльтонской котловины. Л., 1927.
4. Г. И. Билык, Растительность засоленных угодий левобережья Среднего Приднестровья. Геоботанич. сб., № 1, Киев, 1937.
5. Г. И. Билык, Экологические ряды галофитных фитоценозов Приморской полосы УССР. Ботанич. журн. УССР, т. 1, № 3—4, 1940.
6. А. П. Самойлова, Растительность берегов некоторых соленых озер Тувинской автономной области. Тр. ТГУ, т. III, сер. биол., 1951.
7. А. П. Самойлова, К характеристике флоры и растительности засоленных почв Хакасии. Изв. Томск. отд. Всес. бот. об-ва, т. IV, 1959.
8. М. Г. Курлов, Качинская степь и ее лечебные богатства. Томск, 1927.
9. Т. Г. Попова, К познанию альгофлоры водоемов Северной Хакасии. Изв. Зап.-Сиб. фил. АН СССР, сер. биол., 1946, 1948.

В. А. КУЗЬМИН

**ПОЧВЫ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ
ОКО-АНГАРСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

Сооружение крупного промышленного комплекса в районе строящейся Братской гидроэлектростанции требует всестороннего изучения прилегающей территории, которая будет использована как для размещения промышленных объектов, так и для организации сельского и лесного хозяйства. Для рационального ведения сельского и лесного хозяйства необходимо знание почвенного покрова. С этой целью Лаборатория почвоведения Отдела биологии Восточно-Сибирского филиала СО АН СССР предприняла летом 1959 г. почвенные исследования в северной части Око-Ангарского междуречья. Задача заключалась в выявлении основных закономерностей распределения почв и составлении почвенной карты.

Исследованная территория расположена на юге Средне-Сибирской плоской возвышенности и ограничена с запада р. Окой, с севера и востока — Ангарой, с юга — притоком Ангары р. Ярмой.

Для района характерны пологоволнистые междуречные пространства. Абсолютные высоты их достигают 500—600 м. Эрозионный врез гидрографической сети колеблется от 150 до 200 м. Юго-восточная часть района более высокая и сильнее изрезана речной сетью. Здесь берут начало наиболее крупные притоки Ангары — Кежда Наратаяская, Чама, Карахун. Восточный склон водораздела, спускающийся к Ангаре, довольно крутой. Западный склон, наоборот, весьма пологий и постепенно переходит в пониженную монотонную, сильно заболоченную приокскую равнину. Последнюю в ее средней части оживляют трапповые останцы, поднимающиеся над равниной на 200—250 м.

Территория сложена осадочными породами ордовикского возраста, представленными разноцветными песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Различие фациального состава отложений создает пестроту почвообразующих пород. В местах выхода на поверхность красноцветных отложений почвообразующими породами служат обычно карбонатные суглинки. Серые песчаники дают при выветривании чаще всего бескарбонатные суглинки супеси. Поверхностные отложения нередко слоистые: наблюдается чередование серых или желтовато-серых песков и супесей с красноцветными суглинками и глинами.

Мощность рыхлых отложений на водоразделах колеблется от 0,5 до 2 м, на склонах она может достигать 3—4 м. Пологие склоны к Оке и к Ангаре в северной части района сложены рыхлыми песками мощностью до 20 м.

Климат района континентальный, с большими амплитудами температур. Среднегодовая температура отрицательная. Из 300—350 мм годовых осадков основное количество приходится на июнь — август.

Почти вся территория в различное время подвергалась воздействию

лесных пожаров, что привело к уничтожению ранее существовавшей растительности и поселению новой. В настоящее время преобладающей породой на междуречье является сосна. Она занимает широкую полосу, прилегающую к долинам Оки и Ангары, покрытую рыхлыми песчаными наносами. Площадь под сосной наиболее расширена в нижнем течении Оки и ангарской дуге. По мнению А. Н. Криштофовича [1], сосновые боры можно считать наиболее древней растительной формацией этого района. Значительная территория в средней части междуречья на подзолистых почвах была занята в прошлом, по-видимому, темнохвойной тайгой. Остатки ее сохранились местами на водоразделах и верхних частях склонов, где преобладают пихта и кедр, а на нижних и северных, часто заболоченных, склонах доминирует ель. К затененным северным склонам приурочена долго не оттаивающая сезонная, а может быть и многолетняя; мерзлота. Место сгоревшей тайги занимают в настоящее время смешанные и березово-осиновые леса. Первые из них являются переходом от таежных к сосновым сообществам. В осветленных лесах, где преобладает сосна, хорошо развит травяной покров. В лесах с под-ростом таежных пород обильно развиваются мхи.

Березово-осиновые леса распространены на водоразделах Омь-Карахун и Тарей-Судовка. Наряду с березой и осиной в таких лесах растут сосна, лиственница, редко кедр, ель, пихта. На сухих осветленных местах в травяном покрове преобладают бобовые, плоские увлажненные водораздельные пространства северной части района заняты травостоем с преобладанием осок.

На месте старых и свежих гарей всегда встречается лиственница, нередко возвышаясь над сплошным зеленым покровом леса; огромные поваленные лиственницы можно часто наблюдать в составе валежника. Вероятно, в прошлом, до пожаров, лиственница была более распространенной породой, входя как составной компонент в число темнохвойных или в качестве самостоятельной лесообразующей породы.

Сведения о почвах описываемой территории мы находим в работах Переселенческого управления. В 1910 г. в этом районе проводили исследования почвовед А. М. Панков [2] и ботаник А. Н. Криштофович [1]. А. М. Панков опубликовал краткий предварительный отчет, а окончательного, к сожалению, не было издано. Эти исследователи выделили три ботанико-географических района (с учетом распространения почв): 1 — район сосновых боров на песчано-подзолистых почвах приангарского склона; 2 — центральный район тайги верховий речек и водораздельных плато на маломощных светло-серых почвах различной степени оподзоленности и разного механического состава; 3 — район сосновых боров окинского склона на боровых неоподзоленных песках.

Аналитические данные, характеризующие свойства почв, в работах Переселенческого управления отсутствуют.

Материалы А. М. Панкова и А. Н. Криштофовича были использованы И. В. Николаевым [3] при составлении почвенной карты Иркутской области масштаба 1 : 2500000. В северной части Око-Ангарского междуречья на карте И. В. Николаева выделены следующие почвы: слабоподзолистые песчаные (боровые пески) на окинском склоне, средне- и сильноподзолистые песчаные на севере, коричневые слабооподзоленные легкоглинистые и тяжелосуглинистые на востоке, повышенные участки водоразделов на юге показаны суглинистыми и легкоглинистыми почвами разной степени подзолистости.

На основании полевых маршрутных и лабораторных исследований мы имеем возможность дать некоторые коррективы к названной карте. Во-первых, кроме подзолистых, необходимо выделить дерново-подзоли-

стые почвы, распротраненные в южной части междуречья Чама — Ангара. Во-вторых, почвы на красноцветных карбонатных породах, названные И. В. Николаевым коричневыми слабооподзоленными, на основании аналитических показателей отнесены нами к дерново-подзолистым.

Ниже приводится характеристика подзолистых, дерново-подзолистых и дерновых лесных почв, наиболее распространенных в данном районе.

Подзолистые почвы

Подзолистые почвы распространены главным образом в северной части междуречья Чама — Ангара на серовато-желтых грубозернистых песках под сосновыми насаждениями. Встречаются они и в южной части района, в частности по обоим берегам Правого Карахуна в темнохвойной тайге, частично сгоревшей.

Наиболее повышенные участки на юге района заняты сильно- и среднеподзолистыми почвами, имеющими горизонт A_2 мощностью 25—40 см, под которым залегает красновато-коричневый уплотненный горизонт B более тяжелого механического состава. Гумусовый горизонт или совсем не выражен, или представлен тонкой задернованной прослойкой. На склонах степень оподзоленности менее выражена. На грубозернистых светло-желтых песках Чамо-Ангарского водораздела почвенный профиль мало дифференцирован и почвы отнесены к слабоподзолистым. Механический состав подзолистых почв разнообразен (от песка до тяжелого суглинка).

Для морфологической характеристики подзолистых почв приведем описание разреза 205-Б.

Разрез 205-Б

Заложено на юго-восточном отроге водораздела между Левым и Правым Карахуном. Лиственнично-елово-кедрово-пихтовый лес, ранее сгоревший. Заросли иван-чая, малины. Встречается брусника, хвощ. Абсолютная высота 540 м.

- A_0 — 0—3. Подстилка из слабо разложившейся хвои, веток, стеблей, частично сгоревших.
 - A_2 — 3—41. Коричневато-серый средний суглинок, плитчатый. Встречаются угольки, ходы дождевых червей; пронизан корнями. Переход ясный.
 - B_1 — 41—70. Серовато-коричневый тяжелый суглинок ореховатой структуры, слабо уплотнен, сильно увлажнен. Переход по окраске и структуре ясный.
 - B_2 — 70—92. Красновато-коричневый, глинистый; крупно-ореховатая структура с глянцем, уплотнен, сильно увлажнен.
 - C_1 — 92—105. Красновато-коричневый средний суглинок ореховатой структуры, слабо уплотнен, переход по вскипанию резкий.
 - C_2 — 105—120. Коричневый с красноватым оттенком легкий суглинок с обломками серого песчаника. Вскипает от соляной кислоты.
- Почва среднеподзолистая, среднесуглинистая на двучленном наносе.

Данные механического анализа (табл. 1) показывают, что в почве разреза 216-Б 95% составляет песок. По содержанию физической глины и ила наиболее обедненными оказываются подзолистый горизонт и порода. К поверхности почвы заметно возрастает количество крупной пыли.

В почве разреза 205-Б видна четкая дифференциация по механическому составу. В горизонте B уменьшается количество тонкого песка и крупной пыли при возрастании илистой фракции. В то же время отно-

Таблица 1

Механический состав подзолистых почв

№ и местоположение разреза, название почвы	Горизонт	Глубина образца, см	Потеря от обработки, HCl, %	Содержание фракций, %							Сумма < 0,01 мм
				> 1 мм	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	
216-Б Вершина водораздела, старый изреженный сосняк. Почва слабоподзолистая песчаная на песке	A ₁	5-7	2,9	0,9	31,1	56,4	4,9	1,0	0,5	3,2	4,7
	A ₂	9-16	0,3	6,5	38,5	49,9	3,5	0,6	0,3	0,7	1,8
	B	25-35	0,9	7,7	37,4	49,0	1,5	0,2	2,1	2,1	4,4
	C	60-70	0,8	2,6	37,0	57,9	0,8	0,4	0,3	1,0	1,7
205-Б Верхняя часть Юго-Восточного склона водораздела, горевший листовнично-елово-кедрово-лихтовый лес. Почва среднеподзолистая среднеуглинистая на двухчленном наносе.	A ₂	5-15	3,8	нет	0,8	32,6	33,0	5,8	9,7	18,1	33,6
	A ₂	25-35	3,1	.	0,8	30,4	37,1	6,1	11,3	14,3	31,7
	B ₁	45-55	5,3	.	0,7	25,8	32,0	5,4	9,0	27,1	41,5
	B ₁	60-70	5,7	.	1,8	27,9	26,6	6,5	10,3	26,9	43,7
	B ₂	75-85	5,2	.	1,6	20,2	21,5	7,3	12,2	37,2	56,7
	C ₁	95-105	4,1	.	1,4	44,0	15,8	6,9	5,4	26,5	38,8
	C ₂	110-120	7,9	.	0,4	61,9	10,7	2,8	4,0	21,0	27,8

Таблица 2

Валовой химический состав подзолистых почв *

Разрез	Горизонт	Глубина образца, см	Гигроскопическая влага, %	Потеря при прокаливании, % к сухой почве	Содержание, % к прокаленной почве										сумма	
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅		SO ₃
216-Б	A ₁	5-7	1,40	2,24	93,73	2,44	1,24	0,23	0,10	0,51	0,25	0,23	0,66	0,02	0,07	99,48
	A ₂	9-16	0,14	1,10	94,30	2,56	1,21	0,13	0,05	0,35	0,25	0,46	0,39	0,02	0,07	99,79
	B ₁	25-35	0,25	1,15	92,16	3,67	2,03	0,19	0,05	0,20	0,52	0,97	0,55	0,02	0,03	100,34
	C	60-70	0,14	1,06	93,80	2,65	1,34	0,19	0,04	0,21	0,34	0,30	0,47	0,02	0,09	99,55
205-Б	A ₂	5-15	1,78	3,84	74,50	13,73	4,66	0,44	0,10	2,18	1,48	2,34	0,92	0,02	сл.	100,37
	A ₂	25-35	1,50	3,16	72,84	13,20	5,37	0,33	0,10	2,23	1,86	2,15	1,04	0,02	сл.	99,14
	B ₁	45-55	2,63	3,96	69,25	14,18	7,08	0,48	0,10	2,26	2,27	2,10	1,20	0,02	0,07	99,01
	B ₂	75-85	2,73	5,55	71,95	14,05	6,35	0,38	0,11	1,78	2,44	2,05	0,87	0,02	сл.	100,00
	C ₂	110-120	1,36	5,00	78,97	8,16	3,79	0,35	0,11	3,31	2,57	2,13	0,58	0,02	сл.	99,99

* Анализы произведены Н. Н. Ильяшенко.

сительно стабильным, до 85 см, остается содержание частиц размером 0,01—0,001 мм.

По валовому химическому составу (табл. 2) описываемые почвы сильно различаются. В песчаной подзолистой почве по сравнению с суглинистой значительно увеличивается количество кремнекислоты и уменьшается содержание всех остальных компонентов. Наблюдается накопление полуторных окислов в горизонте В. Относительные показатели этого накопления довольно высокие, если учесть, что абсолютное содержание полуторных окислов невелико. К горизонту В приурочено повышенное содержание окислов магния и калия.

В суглинистой подзолистой почве горизонт А₂ обогащен кремнеземом, а в аллювиальном горизонте увеличивается количество полуторных окислов, особенно железа. Содержание окисей кальция и магния дости-

гает максимума в породе, что связано с наличием в ней карбонатов. Повышенное содержание SiO₂, Ca и Mg на глубине 110—120 см и снижение полуторных окислов объясняется не только более легким механическим составом породы, но и изменением минералогического состава. Порода, представленная элювием серого песчаника, в отличие от лежащей выше красноцветной толщи содержит, по-видимому, больше кварца. Для обоих разрезов характерно очень малое содержание окислов марганца, фосфора и серы.

Содержание гумуса в подзолистых почвах низкое (табл. 3). Количество обменных оснований в песчаной почве незначительное; реакция кислая. Гидролитическая кислотность высоких показателей достигает

Таблица 3

Гумус, поглощенные основания, кислотность и подвижное железо в подзолистых почвах

Разрез	Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	Поглощенные основания в мг-экв. на 100 г			pH		Обменная кислотность, мг-экв.	Гидролитическая кислотность, мг-экв.	Fe ⁺⁺⁺ , мг на 100 г	
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	водное	солевое			по Кирсанову	по Тамму
216-Б	A ₀	0-4	90,15*	31,0	25,0	56,0	4,30	3,97	2,00	33,20	сл.	59
	A ₁	5-7	2,20	5,3	2,9	8,2	4,95	4,00	0,05	11,50	6,2	140
	A ₂	0-16	0,37	0,8	0,3	1,1	5,21	3,93	0,15	0,95	37,3	67
	B	25-35	0,43	0,6	0,4	1,0	5,36	4,37	0,15	1,18	37,0	223
C	60-70	не опр.	0,6	0,2	0,8	5,70	4,50	0,05	0,52	17,7	117	
205-Б	A ₀	0-3	76,61*	46,0	28,0	74,0	5,34	4,98	1,00	14,40	8,3	200
	A ₂	5-15	1,79	9,0	5,8	14,3	4,80	3,70	1,00	4,17	47,7	459
	A ₂	25-35	0,56	6,7	4,6	14,3	4,80	3,70	0,56	2,70	45,5	291
	B ₁	45-55	0,55	13,3	5,7	19,0	5,25	3,90	0,28	2,67	50,8	224
	B ₁	60-70	не опр.	14,0	7,0	21,0	5,62	4,32	0,08	1,32	53,2	не опр.
	B ₂	75-85	.	14,7	7,0	21,7	5,85	4,60	нет	1,12	46,6	212
C ₁	96-105	.	14,0	4,7	18,7	6,25	5,23	нет	0,93	50,0	не опр.	

* Потеря при прокаливании.

только в подстилке и гумусовом горизонте. Количество подвижного железа, определенное по Кирсанову, высокое. Наибольшее содержание его приходится на горизонты А₂ и В. Максимальное количество железа, выделяемое оксалатной вытяжкой, соответствует иллювиальному горизонту.

Поглощенные основания суглинистой подзолистой почвы (разрез 205-Б) хорошо согласуются с распределением по профилю илстой фракции. Наиболее низкие значения pH соответствуют подзолисто-горизонту. Обменная кислотность, как и в песчаной почве, незначительна, несмотря на низкие показатели pH солевой вытяжки. Распределение по профилю железа, извлекаемого 0,2 NHCl, равномерное. Железо, определенное по Тамму, в большем количестве извлекается из подзолистого горизонта.

Дерново-подзолистые почвы

Дерново-подзолистые почвы распространены в южной части междуречья Чама—Ангара и на водоразделе между Тареем и Кежмой. Занимают они преимущественно водораздельные пространства и верхние части склонов, сменяясь ниже по рельефу дерновыми лесными неоподзоленными почвами. Современная растительность в южной части водораздела Чама—Ангара представлена смешанными лесами иногда с

преобладанием сосны, иногда лиственницы. На междуречье Тарей — Кежма большие площади занимают березово-осиновые леса с хорошо развитым травяным покровом.

В отличие от подзолистых почв под лесной подстилкой дерново-подзолистых располагается темно-серый или серовато-бурый гумусовый горизонт мощностью 6—12 см. Нижележащий горизонт A_2 обычно меньше, чем в подзолистых почвах (12—25 см), но степень оподзоленности может быть проявлена сильнее. Структура этого горизонта в суглинистых почвах плитчатая. Залегающий под ним красновато- или серовато-коричневый горизонт B более тяжелого механического состава, уплотнен, с ореховато-призматической структурой.

Почвообразующими породами служат элювиально-делювиальные, чаще всего бескарбонатные, отложения. Почвы на карбонатных породах при наличии ясно выраженных признаков оподзоленности и залегании карбонатов ниже горизонта B также отнесены к дерново-подзолистым.

Для примера приведем описание оподзоленной почвы на карбонатной породе.

Разрез 212-Б

Заложен на водоразделе между р. Карахуном и Ангарой под сосново-лиственничным лесом с березовым подлеском. Подрост кедра, пихты, сосны. Брусничник с разнотравьем. Развита моховая покров.

A_0 — 0—5 — моховая подстилка.

A_1 — 5—10 — темно-коричневая супесь, рыхлая, задернованная, переход ясный.

A_2 — 10—22 — светло-коричневый легкий суглинок, слабо увлажнен, бесструктурный, переход четкий.

B_1 — 22—34 — красновато-коричневый средний суглинок, глыбистый, влажный, уплотненный, переход постепенный.

B_2 — 34—50 — окрашенный интенсивнее, чем B_1 , тяжелый суглинок, призматическая с глинцем структура, уплотнен, более влажный, чем вышележащий.

C — 50—60 — красновато-коричневый средний суглинок с мелкими обломками красноцветного и серого песчаника. Вскипает от НСІ. Почва дерново-сильноподзолистая супесчаная на элювии известковистых песчаников.

Аналитические данные для этого разреза (табл. 4—6) указывают на сильное оподзоливание. Наблюдается значительное изменение механического состава: вынос тонких фракций из верхней части профиля и скопление их в горизонте B . Подзолистый горизонт обогащен кремнеземом, а полуторные окислы вынесены в иллювиальный горизонт. В прямой зависимости от распределения ила находятся поглощенные основания. Реакция верхней части профиля кислая.

Представителем легких дерново-подзолистых почв на бескарбонатной породе может служить разрез 209-Б.

Разрез 209-Б

Заложен на водоразделе между р. Карахуном и руч. Глубоким на высоте с отметкой 540 м. Смешанный двухъярусный лес: в первом ярусе изреженные лиственницы, кедры, во втором — береза, пихта, ель. Подрост пихты, кедра, березы. Брусничник с редким разнотравьем: грушанка, майник, хвощ, костяника, линнея. Местами моховой покров с зарослями багульника.

A_0 — 0—7 — подстилка, сверху моховая, ниже полуразложившиеся остатки опада.

A_1 — 7—13 — коричневатый песок с угольками, сильно переплетен корнями.

A_2 — 13—37 — желтовато-коричневая супесь, рыхлая, влажная, переход ясный.

B_1 — 37—58 — коричневатый легкий суглинок ячеистой структуры с глинцем, переход постепенный.

B_2 — 58—85 — красновато-коричневый средний суглинок с пятнами желтого песка, структура призматическая, уплотнен.

C — 85—110 — серовато-коричневый средний суглинок с многочисленными обломками охристого песчаника. Вскипания от соляной кислоты по всему профилю нет. Почва дерново-сильноподзолистая супесчаная на элювии охристых песчаников.

В табл. 4—6 приведены данные для двух разрезов дерново-сильноподзолистых почв на бескарбонатных породах.

Результаты механического анализа разрезов 209-Б и 222-Б (табл. 4) дают картину, типичную для дерново-подзолистых почв: обеднение тонкими фракциями верхней части почвы и накопление их в иллювиальном горизонте.

Таблица 4

Механический состав дерново-подзолистых почв

№ и местоположение разреза, название почвы	Горизонт	Глубина образца, см	Потеря от отработки, %	Содержание фракций, %						сумма <0,001
				1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	
212-Б										
Водораздел Карахун-Ангара. Сосново-лиственничный лес. Брусничник с моховым покровом. Почва дерново-сильноподзолистая на элювии известковистых песчаников	A_1	5—10	5,0	1,5	63,8	19,4	3,1	6,6	6,1	15,8
	A_2	11—21	0,2	7,0	50,3	19,0	4,9	12,5	6,3	23,7
	B_1	23—33	3,6	0,4	45,9	14,4	5,2	11,3	21,8	38,3
	B_2	35—45	6,5	0,5	37,3	18,6	3,8	15,0	24,8	43,6
C	50—60	15,2	нет	41,0	19,4	3,9	10,9	24,8	39,6	
209-Б										
Водораздел. Смешанный двухъярусный лес: 1-й ярус — лиственница, 2-й ярус — береза, пихта, ель. Почва дерново-сильноподзолистая супесчаная на элювии песчаников.	A_1	10—13	3,4	7,4	69,2	9,9	2,5	3,2	3,4	9,1
	A_2	15—25	2,3	2,9	68,3	12,8	3,5	8,5	3,7	15,7
	B_1	25—35	1,8	5,6	65,3	14,6	9,6	4,4	5,7	12,7
	B_2	45—55	4,6	5,7	61,3	8,2	2,2	5,8	16,8	24,8
	C	90—100	5,4	8,5	47,7	11,6	3,7	9,9	18,6	31,2
222-Б										
Водораздел Тарей-Кежма. Березняк с осинной, сосной. В травостое преобладают осоки. Почва дерново-сильноподзолистая легкосуглинистая, подстилаемая тяжелосуглинистым элювием песчаников.	A_1	4—11	3,9	9,1	54,0	20,3	3,6	4,9	8,1	16,6
	A_2	12—22	2,4	13,4	36,1	25,1	6,8	8,1	10,5	25,4
	B_1	22—32	1,1	15,0	39,9	19,5	4,8	8,6	12,2	25,6
	B_2	35—45	3,5	9,0	33,2	11,9	14,0	2,7	29,2	45,9
C	50—60	3,9	7,2	17,4	29,4	7,3	10,3	28,4	46,0	

Валовой химический анализ разреза 222-Б (табл. 5) указывает на возрастание в верхней части профиля содержания кремнекислоты. В нижней части горизонта A_2 и в горизонте B заметно увеличение полуторных окислов.

Количество гумуса в почвах резко снижается от перегнойного горизонта к подзолистому (табл. 6).

Распределение поглощенных оснований по профилю почв обусловлено механическим составом. С увеличением книзу иллювиальной фракции возрастает сумма поглощенных Са и Mg. В горизонте A_1 в связи с уве-

Таблица 5

Валовой химический состав дерново-подзолистых почв*

Разрез	Горизонт	Глубина образца, см	Гигроскопическая влага, %	Потеря при прокаливании, % к сухой почве	Содержание, % к прокаленной почве					
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	сумма
212-Б	A ₁	5—10	2,15	4,96	78,23	10,72	3,96	1,03	1,43	95,37
	A ₂	11—21	1,00	3,32	82,34	9,50	4,30	0,58	1,39	98,11
	B ₁	23—33	1,53	4,15	75,61	12,49	5,76	0,73	2,32	96,91
	B ₂	35—45	2,23	5,96	64,21	17,12	7,91	1,49	4,01	94,78
	C	50—60	1,13	10,15	76,27	11,90	5,13	1,20	1,53	96,03
222-Б	A ₁	4—11	3,00	5,63	80,17	7,30	2,88	1,48	2,34	94,17
	A ₂	12—22	1,08	3,32	78,26	10,71	3,56	1,45	3,30	97,28
	A ₃	22—32	1,33	2,87	77,53	11,03	4,61	1,24	2,33	96,74
	B	50—60	3,08	5,08	77,06	11,14	5,63	1,33	2,33	97,49

Примечание. В горизонте С разреза 212-Б данные приведены в пересчете на бескарбонатную почву.

* Анализы произведены Н. Н. Ильяшенко.

Таблица 6

Гумус, поглощенные основания, кислотность и подвижное железо в дерново-подзолистых почвах

Разрез	Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	Поглощенные основания, мг-экв.			рН		Обменная кислотность, мг-экв.	Гидролитическая кислотность, мг-экв.	Fe, мг на 100 г	
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	водной суспензии	солевой суспензии			по Кирсанову	по Тамму
212-Б	A ₀	0—5	88,33*	30,0	19,0	49,0	5,28	4,60	3,20	14,20	следы	46
	A ₁	5—10	6,06	19,6	7,0	26,6	5,00	4,20	0,10	6,50	19,8	406
	A ₂	11—21	1,39	6,0	3,2	9,2	5,43	3,98	0,50	2,82	32,0	350
	B ₁	23—33	0,63	8,0	3,4	11,4	5,78	3,92	0,50	1,97	16,9	не опр.
	B ₂	35—45	0,64	13,6	4,2	17,8	7,83	6,67	нет	0,42	16,4	270
	C	50—60	не опр.	—	—	9,2	7,63	7,40	нет	не опр.	—	—
209-Б	A ₀	0—7	59,61*	87,5	37,5	125,0	5,12	4,67	1,60	18,80	3,3	235
	A ₁	10—13	5,62	5,6	2,2	7,8	4,50	3,92	0,40	6,08	43,7	190
	A ₂	15—25	1,48	3,8	2,6	6,4	4,52	3,65	0,78	4,35	51,4	269
	A ₂	25—35	0,77	3,0	1,0	4,0	4,46	3,60	0,74	3,10	51,6	235
	B ₁	45—55	0,49	5,8	4,0	9,8	4,70	3,60	0,54	2,90	18,2	157
	B ₂	10—80	не опр.	11,2	8,8	18,0	4,86	3,74	0,80	2,70	25,0	не опр.
	C	90—100	.	9,6	5,4	15,0	5,02	4,80	0,40	2,50	21,9	302
222-Б	A ₀	0—4	91,31*	58,0	25,0	83,0	5,73	4,93	3,40	17,40	следы	не опр.
	A ₁	4—11	5,33	20,6	5,6	26,2	5,68	4,80	0,05	5,20	30,5	.
	A ₂	12—22	1,28	5,6	2,8	8,4	5,22	3,77	0,65	3,18	44,3	.
	A ₂	22—32	0,56	5,0	2,2	7,2	5,25	3,41	1,60	3,25	36,8	.
	B	35—45	0,45	12,2	9,4	21,6	5,27	3,45	2,80	4,80	41,7	.
	C	50—60	не опр.	16,4	3,8	20,2	5,15	3,41	2,15	4,35	53,7	.

* Потеря при прокаливании.

личением содержания гумуса возрастает и количество обменных катионов.

По характеру распределения кислотности в профиле почвы сильно различаются. Если в разрезе 209-Б показатели обменной кислотности и

pH не испытывают значительных изменений с глубиной, то в разрезе 222-Б максимум обменной кислотности приходится на нижнюю часть профиля. В горизонте В этой почвы по сравнению с подзолистым возрастает не только обменная, но также и гидролитическая кислотность. Максимальное содержание подвижного железа (по Кирсанову) в разрезах 212-Б и 209-Б приурочено к подзолисто-му горизонту.

Дерновые лесные почвы

Значительная площадь на Око-Ангарском водоразделе занята почвами легкого механического состава, имеющими слабо выраженную дифференциацию профиля. А. М. Панков [2], а позднее И. В. Николаев [3] и К. П. Горшенин [4] называли эти почвы боровыми песками. Кроме песчаных и супесчаных почв, встречаются и суглинистые разности, занимающие нижние части склонов в районах распространения подзолистых и дерново-подзолистых почв, характеризующиеся довольно однородным строением профиля и отсутствием или очень слабо выраженной оподзоленностью.

Авторы «Почвенной карты юга Иркутской области» масштаба 1 : 2000000 (И. В. Николаев, Б. В. Надеждин, О. В. Макеев и М. А. Корзун)* на породах, богатых основаниями, выделили дерновые лесные почвы, для которых характерно наличие маломощного дернового горизонта при отсутствии морфологических признаков оподзоленности.

Описываемые нами почвы также формируются на богатых основаниями породах. Поэтому мы считаем возможным отнести их к дерновым лесным, выделив в особый род на легких породах.

По генезису песчаные почвы под осветленными сосновыми или березово-осиновыми лесами существенно отличаются от почв нижних частей склонов, развивающихся на суглинках под покровом смешанных лесов с включением темнохвойных.

В первом случае отсутствие оподзоленности связано, вероятно, кроме богатой и устойчивой к выветриванию породы, с длительным произрастанием сосновых или мелколиственных пород, не образующих густого покрова и не имеющих мощной моховой подстилки. Имеет значение также более молодой относительный возраст почв, находящихся на окинском склоне водораздела, где толща рыхлых песков была переложена, вероятно, в более позднее время, чем сформировался рельеф и началось почвообразование на водораздельных участках.

Факторами, тормозящими подзолообразование на суглинистых почвах нижних частей склонов, служат, по-видимому, долго сохраняющаяся сезонная мерзлота, препятствующая созданию нисходящего тока, и более тяжелый механический состав по сравнению с вышележащими элементами рельефа, где развиваются оподзоленные почвы.

Морфологическую характеристику дерновых лесных почв дадим по описанию разреза 201-Б.

Разрез 201-Б

Заложен на юго-восточном, спускающемся к р. Оке склоне водораздела, в 3 км на юго-восток от устья р. Оми. Разновозрастный сосняк-брусничник. Резко встречаются лиственница, береза. В травостое преобладают прострел, косяника, на выгоревших участках — малина, багульник. Абсолютная высота 480 м.

* Карта подготовлена для «Атласа Иркутской области».

- A_0 — 0—1. Подстилка, в основном хвойная.
 A_1 — 1—10. Коричневато-серый слабо гумусированный песок с угольками, влажный. Переход постепенный.
 A_1/B — 10—22. Серовато-коричневый песок, рыхлый, влажный. Переход очень постепенный.
 B_1 — 22—52. Несколько желтое предыдущего рыхлый песок. Слабо заметный переход.
 B_2 — 52—80. Желтовато-коричневый песок с коричневыми прослойками. По ходам корней видны бурые полоски. Переход слабо заметен.
 C — 80—150. Желтовато-коричневый равномерно окрашенный тонкозернистый песок. Вскипания нет. Почва дерновая лесная, песчаная на песке (борового песка).

По механическому составу дерновые лесные почвы представлены в основном песчаными и супесчаными разностями (табл. 7) с преобладанием тонкого песка (в некоторых разрезах до 80%). Перемещения тонких фракций по профилю не наблюдается. В песчаных почвах на однородных породах (разр. 201-Б) заметно постепенное уменьшение физической глины книзу, что можно объяснить физическим выветриванием, интенсивнее проявляющимся в толще почвы, находящейся ближе к поверхности.

Таблица 7

Механический состав дерновых лесных почв

№ и местоположение разреза, название почвы	Горизонт	Глубина бразца, см	Потеря от обраб. HCl, %	Содержание фракций, %							сумма <0,01
				1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001		
219-Б Северный склон к долине р. Кежмы. Лиственничник с елью, березой. Почва дерновая лесная супесчаная на делювии красноцветных песчаников.	A_1	4—11	2,9	2,4	67,1	16,5	1,9	3,8	8,7	14,4	
	B_1	20—30	2,6	2,2	67,3	15,0	2,2	4,2	9,1	15,5	
	B_2	40—50	1,5	1,8	59,6	20,6	3,5	3,1	11,4	18,0	
	B/C	65—75	1,5	3,5	78,0	7,1	1,0	1,5	8,9	11,4	
201-Б Верхняя часть Юго-Восточного пологого склона водораздела. Сосняк-брусничник. Почва дерновая лесная песчаная на песке.	A_1	3—10	1,3	9,3	73,2	7,6	3,5	1,6	4,8	9,9	
	A/B	11—21	1,3	10,9	70,1	9,3	2,6	3,2	2,9	8,7	
	B_1	25—35	0,8	11,7	73,0	9,1	0,8	2,1	3,3	6,2	
	B_2	43—35	0,8	12,8	72,3	8,3	1,1	3,3	2,2	6,6	
224-Б Водораздел Тарей-Судовка. Густой березово-осиновый лес с обильным травостоем. Почва дерновая лесная супесчаная на двучленном наносе.	A_1/A_2	10—20	0,8	4,9	60,7	17,8	5,3	4,0	7,3	16,6	
	A_2/B_1	30—40	1,2	4,6	71,8	4,8	4,9	5,2	8,7	18,8	
	B_1	43—53	1,7	4,8	71,1	13,2	2,2	3,4	5,3	11,0	
	B_2	60—70	0,3	7,7	77,7	8,5	1,4	0,7	4,0	6,1	
210-Б Северный склон к р. Карахун. Березняк с подростом темнохвойных. Почва дерновая лесная среднесуглинистая на двучленном наносе.	C_1	80—90	3,2	5,3	53,2	13,0	2,9	5,6	20,0	28,5	
	C_2	115—125	5,9	3,2	36,5	17,8	3,0	9,4	30,1	42,5	
	A_1	10—20	5,0	1,3	25,7	36,8	5,4	10,3	20,5	36,4	
	A_1	25—35	4,1	0,8	30,8	33,1	2,0	13,3	21,0	36,3	
	B_2	70—80	4,9	1,8	30,8	28,1	4,6	8,9	25,8	39,3	
	C_1	95—105	3,5	4,1	50,7	18,7	1,2	7,4	17,9	26,5	
	C_2	120—130	6,1	1,6	12,6	50,0	4,1	9,8	21,9	35,8	

Несмотря на легкий механический состав, дерновые лесные почвы обладают невысоким содержанием кремнекислоты и значительно обогащены основаниями (табл. 8). Количество кремнекислоты колеблется в пределах 67—77%. Распределение ее по профилю не подвержено существенным изменениям, за исключением разреза 224-Б, где снижение SiO_2 в породе и возрастание полуторных окислов связано с неоднородностью породы. В суглинистой почве разреза 210-Б процент кремнекислоты несколько ниже, а полуторных окислов — выше, чем в легких почвах. Содержание марганца, фосфора и серы, как и в подзолистых почвах, незначительное.

Таблица 8

Валовой химический состав дерновых лесных почв*.

Разрез	Горизонт	Глубина образца, см	Гигроскопическая влага, %	Потеря при прокаливании, % к сухой почве	Содержание, % к прокаленной почве											
					SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	сумма
201-Б	A	3—10	0,93	2,85	73,49	14,00	4,52	0,20	0,12	2,74	1,57	1,45	1,27	0,02	0,05	99,43
	C	90—100	0,33	0,85	71,99	14,61	4,55	0,38	0,14	3,26	1,79	1,14	2,38	0,02	—	100,26
224-Б	A_1	3—8	3,90	11,81	74,75	12,91	3,12	—	—	2,34	1,13	—	—	—	—	94,25
	A_1/A_2	10—20	1,00	2,44	75,97	11,88	3,34	—	—	2,15	3,38	—	—	—	—	96,22
	B_1	43—53	0,50	1,77	76,99	13,17	3,34	—	—	2,43	2,62	—	—	—	—	98,55
	B_2	60—70	0,38	1,48	76,93	11,07	3,42	—	—	2,85	2,28	—	—	—	—	96,55
	C	80—90	2,02	3,19	71,14	15,25	5,68	—	—	1,60	2,78	—	—	—	—	96,75
210-Б	A_1'	115—125	2,64	3,64	67,63	16,31	6,73	—	—	1,89	2,97	—	—	—	—	95,53
	A_1'	10—20	2,36	5,43	69,81	17,09	5,50	0,50	0,11	2,29	2,19	2,14	1,17	0,02	—	99,82
	A_1'	25—35	2,36	5,33	69,96	16,18	5,49	0,59	0,10	2,67	1,91	1,76	1,18	0,02	—	99,86
	B_1	42—52	2,26	3,70	69,70	16,05	6,02	0,51	0,12	2,27	2,05	1,90	1,45	0,02	0,13	100,22
	B_2	55—65	2,14	3,71	70,97	13,14	6,32	0,36	0,11	1,89	2,38	1,72	1,96	0,02	0,11	99,28
C	70—80	2,19	3,02	70,82	16,28	5,89	0,56	0,12	2,06	2,25	1,93	0,96	0,02	—	100,89	
	95—105	1,68	2,58	70,40	17,88	4,11	0,40	0,05	1,99	1,55	2,19	0,71	0,02	0,05	99,35	

* Анализы произведены Н. Н. Ильяшенко.

Дерновые лесные почвы бедны гумусом (табл. 9). В горизонте A_1 количество гумуса составляет 1,64—2,18%.

Сумма поглощенных Ca и Mg незначительна и хорошо коррелирует с механическим составом и содержанием гумуса. В песчаных почвах количество поглощенных оснований наименьшее, в супесчаных несколько увеличивается. В связи с изменением механического состава неоднородных отложений (например, в разр. 224-Б) соответственно меняется содержание поглощенных оснований.

Реакция почв кислая. Наиболее низкие показатели pH чаще всего приурочены к средней части профиля. В двух разрезах (219-Б и 224-Б) заметных величин достигает обменная кислотность. При небольшом содержании поглощенных катионов в подгумусовых горизонтах этих почв насыщенность основаниями будет слабой. Дерновые лесные почвы, как и описанные выше подзолистые и дерново-подзолистые, характеризуются низкими показателями обменной кислотности при pH солевой вытяжки около 4. Это согласуется с выводами, сделанными

Таблица 9

Гумус, поглощенные основания, кислотность и подвижное железо
в дерновых лесных почвах

Разрез	Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	Поглощенные основания, мг·экв.			рН		Обменная кислотность, мг·экв.	Гидролитиче- ская кислот- ность, мг·экв.	Fe, мг на 100 г (по Кир- санову)
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ · Mg ⁺⁺	возной сuspension	соевой сuspension			
219-Б	A ₀	0-4	79,63*	42,0	23,0	65,0	5,10	4,72	2,60	22,4	5,2
	A ₁	4-11	не опр.	4,4	2,8	7,2	4,47	3,53	0,46	4,70	57,6
	B ₁	20-30	.	2,6	1,0	3,6	5,30	3,73	0,85	2,05	58,1
	B ₂	40-50	.	4,0	2,6	6,6	5,58	3,94	0,20	1,25	41,7
	B ₁ /C	65-75	.	3,1	1,6	4,7	6,22	4,54	0,05	0,62	31,2
	C	115-125	.	.	5,3	2,4	7,7	6,48	4,95	0,05	0,60
201-Б	A ₀	0-1	96,35*	не определено			4,22	3,84	не определено		сл.
	A ₁	3-10	1,81	3,0	2,22	5,2	4,78	4,72	нет	не опр.	46,3
	A ₁ /B ₁	11-21	0,44	0,9	0,8	1,7	5,12	4,74	.	.	24,0
	B ₁	25-35	0,31	1,2	0,5	1,7	4,95	4,67	.	.	не опр.
	B ₁	35-45	не опр.	1,8	0,7	2,5	5,00	4,55	.	.	15,6
	B ₂	60-70	.	1,3	0,7	2,0	5,12	4,33	.	.	не опр.
C	90-100	.	.	0,9	0,7	1,6	5,12	4,83	.	.	9,8
224-Б	A ₀	0-3	88,06*	95,0	33,0	128,0	6,23	5,50	2,00	20,8	сл.
	A ₁	3-8	не опр.	26,8	25,0	51,8	5,92	4,50	0,12	5,35	20,5
	A ₁ /A ₂	10-20	1,64	1,6	1,2	2,8	4,52	3,46	2,30	4,70	78,1
	A ₂ /B ₁	30-40	1,15	2,6	1,2	3,8	5,05	3,63	1,00	3,15	75,7
	B ₁	43-53	0,31	1,8	0,8	2,6	5,20	3,90	0,45	1,30	не опр.
	B ₂	60-70	не опр.	1,8	0,6	2,4	5,45	3,76	0,25	0,90	15,4
C	80-90	.	9,6	2,4	12,0	5,17	3,84	0,35	1,70	не опр.	
C	115-125	.	14,8	4,8	19,6	6,00	4,25	0,05	1,35	59,5	
210-Б	A ₀	0-6	76,19*	35,0	21,0	56,0	5,10	4,52	2,00	15,5	8,0
	A ₁	10-20	2,11	10,3	6,7	17,0	4,80	4,07	0,50	4,57	65,7
	A ₁	25-35	2,18	9,7	6,3	16,0	4,95	4,0	0,22	4,52	47,8
	B ₁	42-52	0,72	13,0	4,7	17,7	5,37	4,32	0,04	1,72	79,4
	B ₂	55-65	не опр.	14,0	4,3	18,3	5,85	4,45	нет	1,30	64,1
	B ₂	70-80	.	15,3	5,0	20,3	6,20	5,04	.	1,22	55,3
C	95-105	.	10,7	5,3	16,0	6,63	5,40	.	0,75	37,6	

* Потеря при прокаливании.

ранее для почв южной части Иркутской области Б. В. Надеждиным [5] и В. П. Мартыновым [6], и свидетельствует об особенностях кислотности данных почв. Для выяснения этого явления необходимы специальные исследования.

Цифры гидролитической кислотности во всех разрезах очень близки и составляют в горизонте А 3—5 мг·экв. С глубиной гидролитическая кислотность снижается.

Наибольшее содержание подвижного железа (по Кирсанову) в двух разрезах (219-Б и 224-Б) приурочено к слою почвы с максимальными величинами обменной кислотности. В разрезе 201-Б подвижного железа больше всего содержится в горизонте А. В суглинистой почве не наблюдается какой-либо закономерности в распределении подвижного железа. В подстилке подвижные формы железа обнаруживаются там, где ниже потеря при прокаливании. При содержании органического вещества более 80% в солянокислой вытяжке фиксируются только следы присутствия железа.

В заключение отметим ряд особенностей, характерных для почв описываемой территории.

1. Наличие богатых основаниями, хотя и легких, пород оказывает задерживающее влияние на развитие подзолистого процесса. На легких породах, бедных основаниями, оподзоливание лучше проявляется.

2. Исследованные почвы, как и почвообразующие породы, содержат незначительное количество марганца, фосфора и серы.

3. Дерновые лесные почвы характеризуются малым содержанием гумуса, что обусловлено слабо выраженным дерновым процессом и легким механическим составом.

4. Почвы обладают низкими показателями обменной кислотности, несмотря на кислую реакцию и сильную оподзоленность.

5. Содержание подвижного железа, растворимого в 0,2 N соляной кислоте, высокое. Наибольшее количество подвижного железа, извлекаемого оксалатной вытяжкой, обычно приурочено к оподзоленному, а в дерновых лесных почвах — к подгумусовому горизонту.

Для освоения под посев сельскохозяйственных культур почвы мало пригодны по причине легкого механического состава, бедности перегноем и кислой реакции. Для приусадебных участков будущих леспрохозов следует осваивать нижние части склонов, где почвы суглинистые, слабо оподзолены и содержат больше гумуса. Распашку этих почв необходимо сочетать с внесением органических удобрений.

Целесообразнее использовать территорию для ведения лесного хозяйства.

Восточно-Сибирский филиал
Сибирского отделения АН СССР,
Иркутск

Поступила в редакцию
20/VI 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Криштофович, Очерк растительности Око-Ангарского края Иркутской губ. Тр. почв.-бот. эксп. по иссл. колонизац. районов Азиатской России, ч. 2, Бог. иссл., 1910, вып. 3. СПб, 1913.
2. А. М. Панков, Око-Ангарский район Иркутской губ. Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1910 г. СПб, 1911.
3. И. В. Николаев, Почвы Иркутской области. Иркутск, 1948.
4. К. П. Горшенин, Почвы южной части Сибири. М., 1955.
5. Б. В. Надеждин, О почвах сосновых лесов южной части Иркутской области. Тр. Вост.-Сиб. фил. АН СССР, вып. 5. Иркутск, 1957.
6. В. П. Мартынов, О солонцеватости и осолоделости некоторых почв Иркутской области. Изв. СО АН СССР, № 2, 1958.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Н. М. САЛАНСКИЙ, А. М. РОДИЧЕВ, М. К. САВЧЕНКО

ЭФФЕКТ БАРКГАУЗЕНА В ТОНКИХ МОЛИБДЕН-ПЕРМАЛЛОВЫХ ПЛЕНКАХ

Методика исследования

Измерение эффекта производилось на специальной установке. Пленка помещалась в измерительную катушку, включенную на вход широкополосного усилителя. Перемагничивание пленки достигалось плавным изменением тока в намагничивающем соленоиде коаксиальном измерительной катушке; скорость изменения поля могла варьироваться в широких пределах. После усилителя импульсы Баркгаузена интегрировались устройством достаточной разрешающей способности. Далее импульсы сортировались по магнитным моментам восьмиканальным электронным интегральным амплитудным лабораторного поля. Три пленки толщиной 600 А (№ 1), 750 А (№ 2), 850 А (№ 3) и 1200 А (№ 4) отжигались в присутствии естественного лабораторного поля. Пленки толщиной 600 А (№ 5), 750 А (№ 6), 1200 А (№ 7) отжигались в присутствии магнитного поля величиной в 100 эрстед, направленного вдоль длинной стороны пленки. Пленка № 8 толщиной 1200 А отжигалась в присутствии поля величиной 100 эрстед, направленного перпендикулярно ее длинной стороне. Кроме того, была изготовлена пленка № 9 в форме диска диаметром 11 мм, также отжигавшаяся в поле 100 эрстед, направление которого (АВ) было отмечено на пленке. (Для этой пленки была сделана плоская измерительная катушка). Все пленки, кроме № 8, имели одноосную анизотропию с легкой осью, параллельной длинной стороне пленки. Пленка № 8 имела легкую ось, перпендикулярную ее длинной стороне; диск имел легкую ось в направлении АВ.

Пленки помещались в измерительную катушку длинной стороной параллельно оси катушки, так что направление перемагничивающего поля для пленок № 1—7 совпадало с легкой осью, а для пленки № 8 было перпендикулярно этой оси. Диск перемагничивался вдоль легкой оси и перпендикулярно ей.

Результаты опытов

Распределения скачков по моментам оказались сходными с распределениями в металлических ферромагнетиках [1], причем не только по характеру, но и по абсолютным значениям моментов. На рис. 1, а даны интегральные распределения для пленок № 2 и № 6. Если считать, что область скачка охватывает всю толщину пленки, то для пленки толщиной 600 А скачки величиной $(0,6-9,0) \cdot 10^{-6}$ единиц CGSM занимают на поверхности пленки площадь соответственно $0,01-0,15 \text{ мм}^2$. Распределения скачков по моментам на всех пленках хорошо описываются формулой

$$N = N_0 e^{-\frac{1}{2} \alpha m} \quad (1)$$

где N_0 и α постоянные для данной пленки. На рис. 1, б показана зависимость логарифма числа скачков от $\frac{1}{2} m$ для нескольких пленок. Линейность этих зависимостей позволяет написать формулу (1). Полученная зависимость числа скачков с момента-

ми, большими чем m , от величины m отличается от найденной Фордом и Пью [2] с помощью магнетооптического метода: показатель степени при m у них был около 1. Оказалось, что средний момент скачков сильно зависит от толщины пленки (рис. 2) и в исследованных пределах толщин он растет линейно с ростом толщины, как будто размеры каждой перемагничиваемой скачком области в плоскости пленки

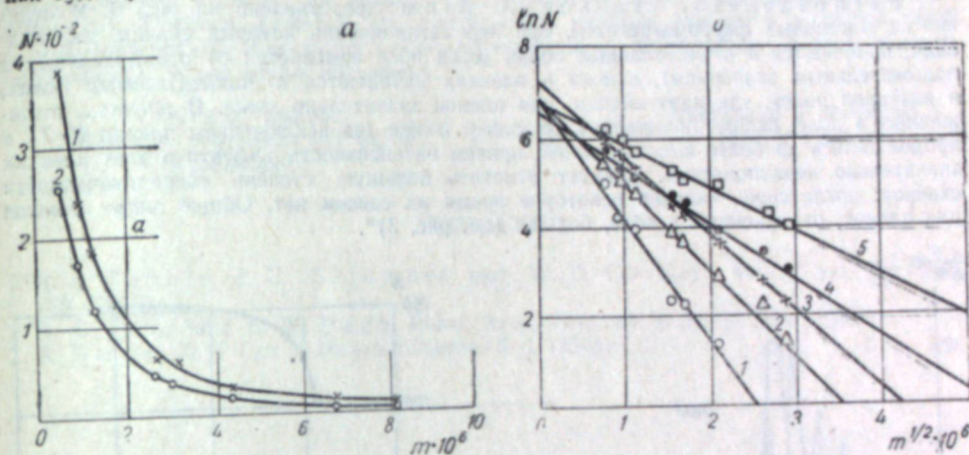


Рис. 1.

а) Распределение скачков по магнитным моментам. 1 — пленка № 6, 2 — пленка № 2. б) Зависимость логарифма числа скачков от $m^{1/2}$: 1 — пленка № 1, 2 — пленка № 2, 3 — пленка № 6, 4 — пленка № 3, 5 — пленка № 4.

сохраняются, а увеличивается лишь ее размер по толщине пленки. По-видимому, такая зависимость m_{cp} в некоторой мере обусловлена и изменением I_S с толщиной пленки.

Явно выраженной зависимости среднего момента скачков от присутствия или отсутствия поля при отжиге замечено не было. Так, для пленок толщиной 750 А (№ 2 и № 6) средний момент равен соответственно $1,81 \cdot 10^{-6}$ и $1,85 \cdot 10^{-6}$ единиц CGSM.

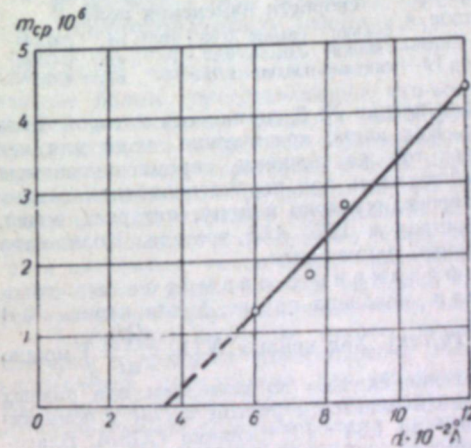


Рис. 2. Зависимость среднего момента скачков от толщины пленки.

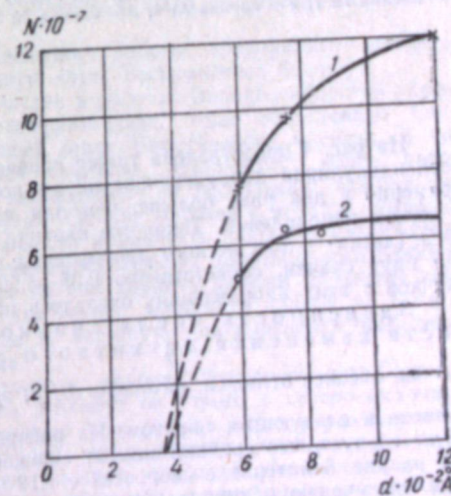


Рис. 3. Зависимость числа скачков от толщины пленки. 1 — пленки, отожженные в поле, 2 — пленки, отожженные без поля.

Зависимость числа скачков от толщины пленки (на единицу объема) представлена на рис. 3. Этой зависимостью интересовались еще Дриго и Пинье в 1948 г. [3] в целях выяснения момента наступления однодоменности и обнаружили, что эффект Баркгаузена исчезает при 1000 А. Приближенная экстраполяция кривых рис. 3 дает исчезновение эффекта при

850 А. Если учесть, что размеры скачков с уменьшением толщины пленки уменьшаются и часть их становится ниже порога чувствительности установки, то надо считать толщину 350 А большей, чем критерий однодоменности. Правда, с другой стороны, надо иметь в виду, что с наступлением однодоменности кривые могут иметь отвесный спад к нулю в области несколько более высоких толщин.

Распределение скачков по полю представлено на рис. 4. В отличие от массивных ферромагнетиков, при перемагничивании которых скачки, как правило, начинаются в отрицательных полях (если поле изменяется от отрицательных к положительным значениям), скачки в пленках начинаются в положительных полях, и интервал полей, где идут скачки, для пленок значительно хуже. В пленках, отожженных в поле, скачки начинались несколько позже (за исключением пленки № 7) и продолжались до более высоких полей, причем интенсивность эффекта в этих пленках значительно неравномерной. Следует отметить большую степень сосредоточенности скачков: после серии скачков некоторое время их совсем нет. Общее число скачков для пленок, отожженных в поле, больше (см. рис. 3)*.

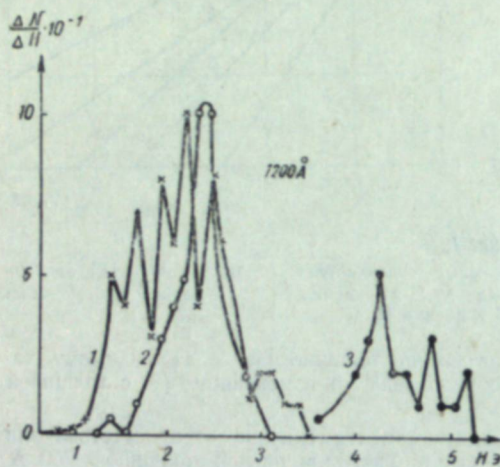


Рис. 4. Распределение скачков по полю. 1 — пленка № 7, 2 — пленка № 4, 3 — пленка № 8.

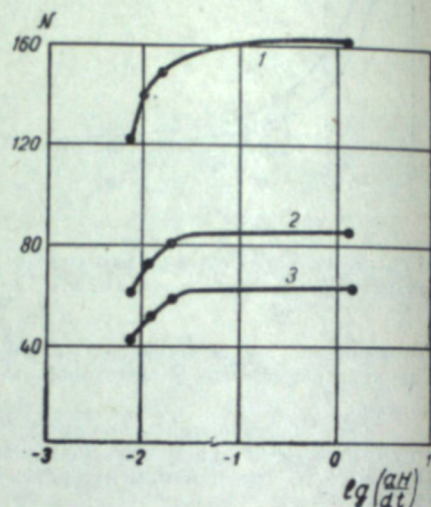


Рис. 5. Зависимость числа скачков различных магнитных моментов от скорости изменения поля.

1 — скачки выше $0,56 \cdot 10^{-6}$ ед. CGSM;
2 — скачки выше $0,88 \cdot 10^{-6}$ ед. CGSM;
3 — скачки выше $1,24 \cdot 10^{-6}$ ед. CGSM.

На рис. 4 представлена также кривая для пленки № 8, легкая ось которой была перпендикулярна перемагничивающему полю. Как видно критические поля для нее примерно в два раза больше, чем для пленок той же толщины, перемагничиваемых в легком направлении. Такая же картина наблюдалась при перемагничивании пленки № 9 (диска) вдоль легкого направления и перпендикулярно к нему: интервал полей, где идут скачки, соответственно 0,35—4,20 эрстеда и 1,75—4,55 эрстеда. Количество скачков в этих направлениях оказалось примерно одинаковым.

Зависимость числа скачков различных размеров от скорости изменения магнитного поля показана на рис. 5 для пленки № 1 (по оси абсцисс отложен логарифм dH/dt эрстед/сек). Ход кривых $N \left(\lg \frac{dH}{dt} \right)$ можно

объяснить следующим образом. Из распределения скачков по моментам при разных dH/dt следует, что средний момент скачков увеличивается с ростом dH/dt в показанном на рис. 5 интервале скоростей с $1,18 \cdot 10^{-6}$ до $1,34 \cdot 10^{-6}$ единиц CGSM. Благодаря увеличению размеров скачков часть импульсов Баркгаузена становится выше уровня чувствительности установки и общее число очков увеличивается до определенного предела. В дальнейшем может наступить спад кривой из-за недостаточности разрешающей способности установки на высоких скоростях перемагничивания.

В заключение хочется отметить возможность использования некоторых характеристик эффекта в качестве одного из критериев скорости импульсного перемагничи-

* В установке по напылению лабораторное поле, представляющее собой сумму полей земли, печки и распылителя, достигало нескольких эрстед, так что влияние поля, накладываемого при отжиге, на распределение скачков по полю и в чистом виде проследить не удалось.

вания пленок. Наиболее быстро пленка перемагничивается одним скачком. Несинхронность перемагничивания отдельных частей пленки, как легко показать, замедляет его. Если же скачков много, то желательно, чтобы все они имели критические поля возможно более близкие друг к другу, т. е. чтобы распределение скачков по полю представлялось весьма узкой кривой. Это же приводило бы к большому количеству запаздывающих скачков (на пленках, исследованных нами, запаздывающие скачки единичны). Наконец, кажется, что длительность скачков находится в тесной связи с характеристиками импульсного перемагничивания, и исследования в этой области, по-видимому, будут весьма полезными.

Институт физики
Сибирского отделения АН СССР,
Красноярск

Поступила в редакцию
12/VIII 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. R. S. Tebble, I. C. Skidmore and W. D. Corner, Proc. Phys. Soc. **A63**, 739 (1950).
2. N. C. Ford and E. W. Pugh, Journ. Appl. Phys. **30**, 4, Suppl. 270 (1959).
3. A. Drigo, M. Pizzo, Nuovo Cimento, **5**, 1 (1948).

Ю. А. ЛЬВОВ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕНЧИНСКОГО БОЛОТА

Васюганский болотный массив, залегающий на Обь-Иртышском водоразделе, ввиду его труднодоступности, до последнего времени оставался весьма слабо исследованным.

Рекогносцировочные маршруты переселенческого управления, Сибирской экспедиции лугового института и пр. позволили собрать лишь отрывочные сведения [1, 2] и помаршрутный материал только для западной части массива [3, 4]. Восточная часть массива оставалась неисследованной ни в ботаническом, ни в болотоведческом отношении.

В последние годы обширные торфоразведочные работы, предпринятые институтом «Гипроторфразведка», охватили и восточную часть Васюганского болота.

Летом 1959 г. автором, принимавшим участие в работах Западносибирской торфразведочной экспедиции института «Гипроторфразведка», было обследовано Сенчинское болото, представляющее юго-восточный отрог Васюганского массива. В качестве транспортного средства использовался вертолет. Наземному этапу работ предшествовали подробные аэровизуальные наблюдения по нескольким взаимопересекающимся над территорией болота маршрутам. Осмотр массива с воздуха позволил выявить особенности распределения растительности и наметить наиболее характерные площадки для наземного исследования. В намеченных пунктах производилось геоботаническое описание и отбирались пробы торфа на всю глубину залежи. В местах кони такта различных типов болот проложено два пеших маршрута длиной до 1 км с многократным зондированием торфяной толщи по маршруту для выяснения особенностей взаимосочетания различных типов залежи.

Сенчинский болотный массив расположен в районе верховьев рр. Сенчи и Шегарки в пределах Новосибирской области. Вытянут он строго в северо-восточном направлении, параллельно как верхнему течению рек района, так и разделяющим Васюганский массив языкам суши. Большую часть нашего массива составляет низинное гипново-осоковое болото, занимающее плоскую вершину и южный склон водораздела. На северный склон оно проникает по корытообразно вогнутому центральному частям водоразделов второго порядка. Остальная же часть этого склона занята верховым болотом. По границе между этими двумя типами развивается полоса переходного характера.

Растительный покров гипново-осоковой топи имеет комплексный характер. При аэровизуальных исследованиях он наблюдается как своеобразный грядово-мочажинный комплекс из очень крупных, 50 и более метров в диаметре, межгрядовых понижений и узких гряд, образующих сеть с ячейками почти правильной округлой формы. В языках низинного болота, располагающихся на более низких отметках уровня поверхности и служащих путями сброса избыточных болотных вод, гряды разорваны и ориентированы поперек длинной оси языка. Этот факт говорит о том, что образо-

вание рядово-мочажинного комплекса на низинном болоте подчиняется тем же законам, что и на верховом.

Растительные ассоциации внутри комплекса располагаются следующим образом. В центре межрядового понижения, обычно несколько ближе к одному из его краев, в зависимости от направления тока грунтовых (болотных) вод, наблюдается темно-зеленое пятно ассоциации хвоща топяного *Equisetum Heleocharis* Ehrh., внедренного в полностью погруженную в воду дернину *Drepanocladus Sendneri* (Schimp.) Warnst. Из других трав в этой ассоциации наиболее обычны вахта *Menyanthes trifoliata* L., калужница *Caltha palustris* L., пузырчатка *Utricularia* sp., кое-где на погруженных в воду кочках — низкорослая ива *Salix myrtilloides* L. В остальной части межрядового понижения грунтовые воды стоят чуть ниже уровня дернины *Drepanocladus Sendneri*. Среди травянистых растений здесь преобладает пушица изящная *Eriophorum gracile* Koch., менее обильны осоки *Carex lasiocarpa* Ehrh. и *C. rostrata* Stokes. Среди дернин осокowych растут омежник *Oenanthe aquatica* Poir, вахта и сабельник *Comarum palustre* L. в воде — пузырчатка; из кустарников — карликовая березка и ива черничная *Salix myrtilloides*.

Гряды при наземных исследованиях не создают впечатления сплошного кольца вокруг понижения, они разорваны на отдельные звенья шириной 1—2 м и длиной около 6 м. Их моховую дернину слагают *Helodium Blandowii* Warnst. *Aulacomnium palustre* Schwaegrt., *Pleurozium Schreberi* Mitt., *Tomenthypnum nitens* Loeske. Обычно они образуют смещения между собой, но часто встречаются чистые дернины того или иного вида мха. По грядам крайне редко разбросана береза *Betula pubescens* Ehrh. высотой 3—5 м и диаметром ствола 4—12 см, сбивающаяся на расширениях гряд в группы из 3—4 экземпляров. У основания ее стволов иногда произрастает *Sphagnum acutifolium* Ehrh. Из прочих растений отмечены карликовая березка, ива черничная, пушица изящная, подмаренник болотный *Galium palustre* L., роснянки *Drosera anglica* Huds. и *D. rotundifolia* и клюква.

Торфяная залежь низинного болота построена очень однообразно. Она на всю глубину сложена осоковым низинным торфом с преобладанием остатков *Carex lasiocarpa* и *C. rostrata*. Средняя мощность ее 2 м с колебаниями в 20 см в ту или другую сторону.

Верховое болото представлено исключительно рямом, разделенным цепочками зарождающихся мочажин на секторы. Крупные участки гряды-мочажинного и грядово-озерного комплексов встречаются только на водоразделах второго порядка. Это объясняется, видимо, облегченным сбросом избыточных вод с площади рьяма, приподнятого над уровнем низинного болота. Основу растительного покрова рьяма составляет *Sphagnum fuscum* Klinggr., образующий в центральных частях каждого сектора чистую, без примеси других сфагнов дернину. В периферийной части значительную роль играет *Sphagnum magellanicum* Brid., который примешивается сначала к *Sph. fuscum* отдельными экземплярами по межкочечным понижениям, а по краю верхового участка создает дернину как в межкочечных понижениях, так и по склонам кочек до высоты 25 см над уровнем грунтовой воды. В более широких межкочечных понижениях он может образовывать небольшие рыхлые кочки. Максимальная высота кочек *Sph. fuscum* 35—40 см; более высокие кочки в условиях данного болота не развиваются.

Травяно-кустарничковый покров образован багульником *Ledum palustre* var. *angustum* E. Busch., тяготеющим к вершинам кочек, кассандрой *Chamaedaphne calyculata* Moench. и пушицей влагалитной *Eriophorum vaginatum* L. Последняя приурочена к склонам кочек и к межкочечным понижениям. Изредка встречаются нецветущие экземпляры морошки *Rubus Chamaemorus* L. По свободным от кустарничков частям кочек в изобилии растут клюква *Oxycoccus microcarpus* Turcz. и роснянка. На вершинах кочек, где рост сфагновой дернины замедляется, в нее внедрен кукушкин лен *Polytrichum commune* Hedw. Древесный ярус образован сосной высотой до 4 м и диаметром 7—8 см. На площадке 100 м² встречается более 50 деревьев из них треть высотой около 1 м, многие сухие, погибшие.

В краевой зоне рьяма, там где начинает преобладать *Sph. magellanicum*, к сосне примешивается береза пушистая. В этой ассоциации доминирует пушица влагалитная, обильны подбел *Andromeda polifolia* L., кассандра и багульник преимущественно по вершинам кочек, морошка исчезает. Клюква в связи с уменьшением роста кустарничков и их большим разрежением встречается обильнее. Изредка обнаруживается карликовая березка. Размеры межкочечных понижений в этой группировке заметно увеличиваются, иногда появляются даже небольшие мочажинки диаметром до 1,5 м, занятые дерниной *Sph. amblyphyllum* Russ.

Несколько иная картина наблюдается при переходе рьяма в полосу мочажин, отводящих из него воду. Здесь также идет образование крупных межкочечных понижений путем развития дернины *Sph. amblyphyllum* и увеличения пушицы, но других заметных изменений в составе растительного покрова не происходит.

Мощность верховой залежи в центральных частях рьямового участка достигает

3 м, она нацело сложена фускум-торфом с максимальной степенью разложения в придонных слоях 30%.

Такое тесное соседство двух типов болот с несмешанной залежью, развивающихся при совершенно различных условиях водноминерального питания, какое мы наблюдаем на Сенчинском массиве, могло произойти только при условии, что верховое болото развилось на суходольных возвышениях минерального грунта, окруженных низинным болотом. В этом случае отсутствие доступа минерализованной воды обеспечило олиготрофный путь заболачивания, оптимальные условия для которого постоянно поддерживались более быстрым приростом верхового, чем низинного торфа. При этом верховое болото должно было напоздать на соседние территории, образуя по границе с гипново-осоковой топью полосу переходного характера.

Действительно, зондирование торфяной залежи верхового болота показало, что в контактной зоне она двуслойна; нижние слои ее образованы осоковым, а верхние фускум-торфом с резкой границей между слоями. Пласт осокowego торфа выклинивается приблизительно в 100—150 м от границы рьяма. Отсутствие в нашем районе верхового грядово-мочажинного комплекса обусловлено повышенным дренажем олиготрофных участков в результате значительного, более метра, превышения уровня их поверхности над евтрофными.

Ширина переходной полосы 50—200 м. Растительный покров ее комплексного строения. Ковер из *Sph. amblyphyllum* с едва приподнятой над уровнем воды живой частью стебля образует ровную поверхность, по которой разбросаны кочки двух типов: высотой 15 см, образованные *Sph. magellanicum* в виде плоских подушек, и более высокие, до 25 см, где наряду с указанным мхом по вершинам господствует *Sph. fuscum*. По дернине *Sph. amblyphyllum* обычны вахта, хвощ *Equisetum Heleocharis*, осока *Carex rostrata*, подбел, роснянка *Drosera anglica*, клюква *Oxycoccus quadripetalus* Gilib, шейхцерия *Scheuchzeria palustris* L. Основу травяного яруса составляет пушица изящная. По кочкам *Sph. magellanicum* вахта, хвощ, карликовая березка, кассандра, ситник *Juncus compressus* Jagd., редко осоки *Carex limosa* L. и *C. rostrata*, иногда по вершинам кочек *Polytrichum commune*. Деревья — сосна, береза — приурочены к более высоким кочкам *Sph. fuscum*, с которыми обычно сопряжены и багульник.

Несомненно, что наиболее древним и основным типом болот Васюганского массива является низинный тип, имеющий несколько вариантов, в том числе и распространенный в Сенчинском массиве гипново-осоковый вариант. Развитие на водоразделе именно низинных болот следует связывать с повышенным засолением грунтов водораздела и корытообразно вогнутой формой его поверхности. На повышениях же минерального дна болота создались благоприятные условия для литотрофного заболачивания. Следствием этого явилась четкая взаимосвязь определенного типа залежи с соответствующей группировкой современной растительности. Подобное соответствие позволяет на основании исследования современного растительного покрова точно выделять в пределах обследованной части Васюганского болота различные типы торфяной залежи и в полевых условиях по характеру растительности индентифицировать мощность, строение и качественное состояние торфяного пласта.

Томский государственный университет
им. В. В. Куйбышева

Поступила в редакцию
14/VI 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Баранов, Почвы и растительность Демьян-Иртышского водораздела. Новосибирск, 1928.
2. А. Я. Бронзов, Гипновые болота на южной окраине западно-сибирской равнины тайги. Почвовед, № 2, 1936.
3. Д. Драницыи, Матер. по почвовед. и геол. Зап. части Нарымск. края. Тр. переселенч. упр. Петроград, 1915.
4. А. И. Хайнски й, Почвы Барабы и Алтайского округа вдоль левого берега р. Оби. Тр. Почв.-бот. экспед. по иссл. колонизационных р-нов Азиатской России, ч. 1, Петроград, 1915.

ХРОНИКА

ОБЩЕЕ СОБРАНИЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ СО АН СССР

13 января 1961 г. в Новосибирске проходило общее собрание Сибирского отделения АН СССР. С докладом «Об итогах научной деятельности и внедрении законченных научных работ Сибирского отделения АН СССР за 1960 год» выступил вице-президент АН СССР председатель Сибирского отделения АН СССР, акад. М. А. Лаврентьев. В докладе были освещены итоги большой и плодотворной работы ученых Сибирского отделения за прошедший год, дана развернутая характеристика выполнения намеченных исследований по основным научным проблемам, принятым к разработке научными учреждениями Сибирского отделения, дана оценка научно-организационной деятельности Президиума Отделения и объединенных ученых советов по отраслям наук.

Докладчик подчеркнул, что для Сибирского отделения 1960 г. явился во многих отношениях переломным годом, и сейчас уже можно с уверенностью говорить, что в результате организаторской работы большого коллектива ученых, партийной организации и Президиума Отделения, при неизменной поддержке со стороны ЦК КПСС и лично Н. С. Хрущева, а также при содействии местных партийных и советских органов новый научный центр на востоке страны успешно развивается. В соответствии с указаниями Н. С. Хрущева наряду с формированием научного центра в Новосибирске большое внимание было уделено развитию сети научных учреждений в районах Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Если к моменту организации Сибирского отделения АН СССР в 1957 г. на всей огромной территории Сибири и Дальнего Востока имелось лишь 12 академических учреждений, то к концу 1960 г. в состав Сибирского отделения входят 27 институтов, 3 филиала, 3 комплексных института, 6 обсерваторий и самостоятельных лабораторий, Центральный Ботанический сад — всего 40 научных учреждений. Только в 1960 г. организованы Сибирский институт земного магнетизма, ионосферы и распространения волн, Сибирский энергетический институт в Иркутске, Северо-Восточный комплексный институт в Магадане, институт мерзлотоведения в Якутске и Читинская комплексная лаборатория, реорганизуемая сейчас в комплексный институт. Проведена большая подготовительная работа к открытию в 1961 г. 6 новых институтов, в их числе Иркутский биологический институт, Камчатский и Забайкальский комплексные институты, Красноярский институт геологии и геофизики и другие научные учреждения.

В научных учреждениях Отделения в настоящее время работает 11 академиков, 35 членов-корреспондентов, 74 доктора наук, 670 кандидатов наук и свыше 1800 научных работников, не имеющих научной степени. Общее число сотрудников к концу 1960 г. составляло 11 тыс. человек. В июне 1960 г. на общем собрании АН СССР по Сибирскому отделению было дополнительно избрано 8 членов-корреспондентов АН СССР. Отмечается укрепление связей научных учреждений Отделения с отраслевыми научными учреждениями и вузами, с планирующими органами, ведомствами, совнархозами; резко возросло количество работ, передаваемых для опытно-промышленной проверки и внедрения в народное хозяйство. Все это позволило докладчику сделать вывод о том, что задача по перебазированию крупных научных сил на восток страны и слиянию их с местными учеными, поставленная ЦК КПСС, в основном выполнена. В 1961 г. Сибирское отделение вступает с достаточно широко разветвленной сетью научных учреждений, охватывающей территорию от Новосибирска до Тихого океана. Поэтому если в первые два года основное внимание руководства Отделения было сосредоточено главным образом на решении важнейших практических и хозяйственных задач, то в 1960 г. деятельностью учреждений Отделения, собственно научной и научно-организационной деятельностью учреждений Отделения. Значительная помощь Отделению оказана бригадой ГНТК и Госплана РСФСР, которая на месте ознакомилась с деятельностью инкапитального строительства объектов Академического городка в Новосибирске и состоянии финансово-хозяйственной деятельности Отделения. В частности, было отмечено, что недостаточные темпы создания материальной базы Сибирского отделения как в Новосибирске, так и в других городах Сибири и Дальнего Востока создают серьезные трудности в работе его научных учреждений и снижают эффективность

проводимых исследований. Не решены многие вопросы культурно-бытового обслуживания Академического городка, численность населения которого уже превышает 6000 человек.

Общее собрание одобрило отчет о деятельности Сибирского отделения за 1960 г. Большой интерес участников собрания вызвал доклад директора Института математики СО АН СССР акад. С. Л. Соболева «Об использовании электронных математических машин для чтения рукописей «мая». Как было сообщено в докладе, группа сотрудников отдела прикладной кибернетики института (Э. В. Евреинов, Ю. Г. Косарев и В. А. Устинов) провела в короткий срок работу по расшифровке дошедших до нас древних рукописей народа «мая», над проблемой прочтения которых ученые работали в течение ста тридцати лет. При проведении этой работы была принята и получена в основном подтверждение гипотеза о иероглифическом характере исследуемых рукописей, которой придерживается Ю. В. Кнорозов.

На собрании Отделения в соответствии с Уставом АН СССР были проведены выборы руководителей научно-исследовательских учреждений СО АН СССР в связи с истечением срока их полномочий или назначением на должность. Директором Института ядерной физики* был избран член-корр. АН СССР Г. И. Буткер; Института языка, литературы и истории Якутского филиала СО АН СССР — канд. ист. наук З. В. Гоголев; Института автоматизации и электрометрии — член-корр. АН СССР К. Б. Карандеев; Института химической кинетики и горения — член-корр. АН СССР А. А. Ковальский; Энергетического института — член-корр. АН СССР Л. А. Мелентьев; Института мерзлотоведения — канд. геол.-минералог. наук П. И. Мельников; Института экспериментальной биологии и медицины — д-р мед. наук Е. Н. Мешалкин; Института неорганической химии — член-корр. АН СССР А. В. Николаев; Института теплоты физики — член-корр. АН СССР И. И. Новиков; Института геохимии — д-р геол.-минералог. наук А. В. Таусон; Биологического института — д-р биол. наук А. И. Черепанов; Транспортно-энергетического института — д-р техн. наук В. К. Щербаков; член-корр. АН СССР И. С. Рожков избран Председателем Президиума и директором Геологического института Якутского филиала СО АН СССР. Председатель Объединенного ученого совета СО АН СССР по биологическим наукам д-р с.-х. наук Н. Б. Жуков избран членом Президиума СО АН СССР.

В. Г. Фокин

В ОБЪЕДИНЕННОМ УЧЕНОМ СОВЕТЕ ПО ЭКОНОМИЧЕСКИМ НАУКАМ

10 января 1961 г. состоялось заседание Объединенного ученого совета СО АН СССР по экономическим наукам. Основным вопросом повестки дня явилось рассмотрение отчета о выполнении планов научно-исследовательских работ учреждений СО АН СССР по экономическим наукам. С докладами на совете выступили директор Института экономики и организации промышленного производства СО АН СССР член-корр. АН СССР Г. А. Пруденский, председатель Сибирского совета экспедиционных исследований СО АН СССР член-корр. АН СССР Н. Н. Некрасов (Дальневосточный филиал), канд. эконом. наук И. С. Буйнтуев (Бурятский КНИИ), Л. И. Куц (Читинская комплексная лаборатория), канд. техн. наук Б. В. Иванов (Транспортно-энергетический институт СО АН СССР).

В области исследования резервов роста производительности труда и рационального использования трудовых ресурсов в промышленности Сибири и Дальнего Востока Институт экономики и организации промышленного производства, являясь ведущим научным учреждением по этой проблеме, провел в 1960 г. ряд исследований, имеющих большое научное и практическое значение. На основе массовых обследований фонда рабочего времени в промышленности Сибири разработана «Методика изучения рабочего времени наблюдением на машиностроительном предприятии». Проведено исследование фактического использования рабочего времени на предприятиях Новосибирского, Красноярского и Кемеровского совнархозов. При участии ЦСУ РСФСР сделан анализ материалов, характеризующих использование металлорежущего оборудования и фонда рабочего времени 215 машиностроительных предприятий Федерации. Совместно с Институтом автоматизации и электрометрии СО АН СССР разработан опытный образец прибора по автоматическому учету и контролю использования производительности труда в промышленных методических положениях для планирования производства труда в промышленности с помощью показателя трудоемкости продукции на примере предприятий Красноярского, Новосибирского и Кемеровского совнархозов, в том числе «Методика исчисления совокупной трудоемкости в химической промышленности». Составлены отчетные и перспективные балансы трудовых ресурсов ряда городов и сельских райо-

нов Сибири. На основе этих исследований и исследований механического движения населения разработана «Методика построения и анализа балансов трудовых ресурсов городов и сельских районов» и «Методика исследования механического движения населения». Завершен первый этап работ по изучению вне рабочего времени трудящихся. Разработаны основные методические рекомендации по изучению вне рабочего времени. Проведена итоговая конференция в г. Сталинске по проблеме «Свободное время трудящихся в условиях сокращения рабочего дня». Институтом издан ряд сборников и материалов обследований по проблеме общим объемом в 98 п. л. По результатам исследований институтом разработано и направлено более 20 докладных записок, имеющих большое практическое значение, в том числе 8 докладов в адрес центральных планирующих и профсоюзных органов (Госэкономсовет СССР, ВЦСПС, Госплан и ЦСУ РСФСР, ВСНХ).

Восточно-Сибирским филиалом на основе анализа работы заводов тяжелого машиностроения городов Усоля, Иркутска и Красноярска определены основные направления устранения внутрисменных потерь рабочего времени; выявлены резервы повышения производительности труда за счет улучшения технологии и внедрения новой техники. Дальневосточным филиалом проведена работа по характеристике современного состояния с трудоемкостью продукции на шахтах Приморья.

Якутским филиалом закончены исследования по теме «Трудовые ресурсы Южной Якутии», проведен анализ трудовых ресурсов этого района. Выявлена обеспеченность трудовыми ресурсами важнейших отраслей хозяйств и даны рекомендации по закреплению и более рациональному использованию трудовых ресурсов.

Сахалинским КНИИ закончена обработка материалов по особенностям формирования рабочей силы Сахалинской области.

Институтом леса и древесины проведен анализ целодневного фонда рабочего времени в леспрохозах Красноярского края. Подготовлены методические и инструктивные положения, обеспечивающие сокращение потерь рабочего времени. Разработана методика определения экономической роли лесов и лесного хозяйства Красноярского края и схемы порайонных зон специализации труда, сложившиеся на основе использования и воспроизводства лесов края. Издано учебное пособие «Планирование и организация лесного производства в лесхозах».

Бурятским КНИИ СО АН СССР исследовались вопросы текучести кадров в республике. Читинской комплексной лабораторией (отдел экономики и географии) установлена экономическая эффективность и возможность резкого повышения производительности труда при переводе угольных шахт Букачачинского месторождения на гидравлический способ угледобычи. Начато исследование трудовых ресурсов горнорудной промышленности Читинской области.

По проблеме «Технико-экономическая оценка природных ресурсов и рациональное размещение производительных сил Сибири и Дальнего Востока» Сибирским советом экспедиционных исследований СО АН СССР, как ведущим научным учреждением по этой проблеме, в 1960 г. проводились работы по определению перспектив развития производительных сил в бассейне р. Лены и исследования по технико-экономической оценке энергетических ресурсов Центральной Сибири. Исследованы транспортные и энергетические возможности освоения рек Витима, Олекмы и Верхней Лены, а также состояние и перспективы развития промышленности и транспорта Якутской АССР. Составлена карта размещения нерудных ископаемых и строительных материалов по Иркутскому экономическому району. Выполнены работы по технико-экономической оценке энергетических ресурсов ряда экономических районов Центральной Сибири, в том числе по Иркутской, Читинской, Новосибирской областям, Красноярскому краю и Бурятской АССР. В порядке подготовки к проведению научной конференции по развитию производительных сил Дальнего Востока разработан первый вариант гипотезы развития народного хозяйства Дальнего Востока.

Дальневосточным филиалом в проведении исследований по технико-экономическим обоснованиям создания и развития энергетических систем Приморья и Приамурья закончены работы «Угольная промышленность и топливный баланс Приморья и Приамурья», «Зоны затопления в бассейнах Уссури и Сейфуна и методика их картирования».

Разработаны материалы по транспортно-экономическим связям Иркутской области. Проводились исследования по характеристике минерально-сырьевых ресурсов фактической базы северо-востока Якутии, энергетики и местной продовольственных ресурсов в районе существующих перспективных рыбного промысла и ский совнархоз представлены соображения о перспективах развития оловодобывающей промышленности в Якутской АССР.

Сахалинским КНИИ заканчиваются исследования по технико-экономической оценке энергетических ресурсов и состоянии топливной промышленности Сахалинской области. Выполнены работы по составлению гипотезы развития народного хозяйства Сахалинского экономического района.

Транспортно-энергетическим институтом завершены исследования возможных направлений развития транспортной сети Западной Сибири и Красноярского края на перспективу. Изучены транспортно-экономические связи этих районов Сибири с другими районами страны. Произведено распределение перспективных грузопотоков по отдельным видам транспорта. Разработана перспективная схема транспортной сети Красноярского края с учетом строительства новых железнодорожных и автодорожных магистралей. Установлены перспективные объемы перевозок и грузооборот основных видов транспорта, а также необходимость строительства новых железных дорог, автомобильных и трубопроводных магистралей в районах Западной Сибири.

Институтом леса и древесины СО АН СССР собран большой фактический материал по лесо-экономическому районированию Красноярского края. Проводились работы по совершенствованию методики крупномасштабного картографирования при лесоустроительных работах и по разработке методики дешифрирования лесов по крупномасштабным аэроснимкам.

В обсуждении этих вопросов приняли активное участие представители технических институтов Сибирского отделения, а также вузов Новосибирска, Сталинска и Кемерово. Совет одобрил отчет по экономическим наукам и представил его к утверждению на Общее собрание Сибирского отделения. Совет заслушал сообщение о первых итогах работ Горно-Алтайской экономической группы. Совет одобрил деятельность группы как первый и весьма ценный опыт работы «Общественного научно-исследовательского института по комплексному изучению производительных сил и природных богатств экономического района». Участники заседания совета с большим вниманием заслушали доклад член-корр. АН СССР Н. Н. Некрасова «О вопросах размещения производительных сил в Сибири и на Дальнем Востоке и современной организации этих работ».

В. Г. Фокин

В ОБЪЕДИНЕННОМ УЧЕНОМ СОВЕТЕ ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ

Объединенный Ученый совет СО АН СССР на своих заседаниях 9 января с. г. подвел итоги работы химических учреждений Отделения за 1960 г. Все разделы научно-исследовательских работ выполнены. В ходе обсуждения совет отметил наиболее существенные результаты.

В Новосибирском институте органической химии установлено, что при высокой температуре происходит дезалкилирование антрахиноновых красителей, что может иметь значение для крашения искусственного волокна при высокой температуре; выделены физиологически активные вещества из шлемника байкальского и начато их фармакологическое изучение совместно с Институтом экспериментальной биологии и медицины; установлена возможность изомеризации сульфонов бензолного ряда на примере метилтиолисульфонов.

Иркутский институт органической химии разработал новый способ получения вторичных и третичных ацетиленовых спиртов с выходом до 80% на основе блочной сополимеризации акролеина с виниловыми соединениями получены растворимые в инертных растворителях гидросиламинные производные сополимеров.

Институт катализа получил данные по осушке растворителей на окиси алюминия и удалению из них кислорода, серы и непредельных соединений на катализаторе, что может служить основой для получения полимерных материалов; совместно с Институтом математики на электронной счетной машине рассчитаны оптимальные условия работы аппаратов для производства серной кислоты.

Институт химической кинетики и горения изучал явление передачи энергии, электронного возбуждения предшествующего первичному разрыву химической связи, что позволило количественно оценить перенос энергии между ароматическим остатком и акцептором возбуждения. Исследованы реакции рекомбинации радикалов в твердой фазе в широком диапазоне температур на примере фторалкил-ных и перекисных радикалов в тефлоне. Институт химии (Иркутск) разработал способ получения полиэтинилполиаренов, нового интересного типа полимерных веществ.

В Институте неорганической химии с кратными связями, устойчивыми строения позволил открыть новый класс соединений с кратными связями, устойчивыми при высоких температурах, что может иметь значение для новой техники. Получены новые данные при изучении экстракционных равновесий, позволяющие по графически определенному составу «много соединений» (терминология Н. С. Курнакова) и основным элементам диаграммы экстракции гарантировать количественное извлечение элементов в процессе.

Химико-металлургический институт разработал метод количественного отделения индия от олова производственных растворов с применением экстракции алкилфосфорными кислотами. Здесь же показана возможность использования шламовых отходов предприятий Сибири, гипсов, засоленных глин Кулунды и горелых пород Кузбасса для производства вяжущих и стеновых материалов.

В Дальневосточном филиале показана возможность нового способа выделения бора из природных минералов; получены образцы фритт, которые испытываются как борсодержащее микроудобрение; показана пригодность образцов природных сорбентов Приморского края для применения их в нефтеперерабатывающей и масложировой промышленности.

Сахалинский комплексный НИИ установил, что нефть Сахалина является перспективным сырьем для химической промышленности. Ряд институтов Отделения получил новые данные по коксованию слабоспекающихся углей, что имеет важное значение для развития металлургии Сибири.

С большим вниманием собравшиеся заслушали сообщение канд. хим. наук В. П. Мамаева «Получение β-аминокислот по методу В. М. Родионова и некоторые аналогичные реакции» (ИОХ СО АН СССР), в котором затрагивались вопросы синтеза физиологически активных соединений (аналогов триптофана). В обсуждении доклада приняли участие член-корр. АН СССР Н. Н. Ворожцов, член-корр. АН СССР М. Ф. Шостаковский, член-корр. АН СССР А. В. Николаев. Живой интерес аудитории вызвало сообщение «Исследование облученных полимеров методом электронного парамагнитного резонанса», сделанное сотрудниками Института химической кинетики и горения Ю. Д. Цветковым и Ю. Н. Молиным. После ответов докладчиков на многие вопросы в дискуссии выступили член-корр. АН СССР В. В. Воеводский, д-р хим. наук Н. П. Кейер. Сотрудник Красноярского института физики С. П. Габуда доложил аудитории о результатах работы «Исследование кристаллов методом ядерного магнитного резонанса», в которой по данным магнитных исследований высказано мнение о строении комплексных соединений: желтой кровяной соли и гексагидрата гуанидинамоиний — сульфата. Замечания член-корр. АН СССР Г. Б. Бокия и член-корр. АН СССР В. В. Воеводского касались дальнейших путей развития этого интересного исследования.

10 января на заседании совета Л. К. Яковлевым с успехом была защищена диссертация на тему «Исследование взаимодействий, протекающих в системе $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ при температурах спекания», представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук. Официальные оппоненты д-р хим. наук Ю. В. Мораческий, д-р хим. наук С. И. Кузнецов, канд. хим. наук С. С. Бацанов и д-р хим. наук В. Т. Быков отметили практическое значение работы, позволяющей рационально подходить к переработке запасов кианита и спеканию бокситов с содой для получения глинозема.

На вечернем заседании выступил канд. техн. наук Е. И. Хазанов (Восточно-Сибирский филиал) с сообщением «Комплексная переработка щелочных алюмосиликатных и других глиноземсодержащих пород спеканием гранулированных шихт», посвященным использованию местных ресурсов Восточной Сибири как источника глиноземного сырья. Выступления член-корр. АН СССР В. В. Воеводского, д-ра техн. наук А. И. Горбанева, канд. техн. наук Т. В. Заболоцкого и других показали актуальность этой проблемы.

Кроме того, на заседаниях совета были рассмотрены кадровые, квалификационные вопросы, а также ряд организационных дел.

К. Е. Миронов

СОВЕЩАНИЕ ПО ВОПРОСАМ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ

Совещание, созванное Транспортно-энергетическим институтом СО АН СССР совместно с Новосибирским правлением НТО энергетической промышленности, прошло в г. Новосибирске с 31 января по 2 февраля 1961 г. На нем обсуждались вопросы передачи электроэнергии на расстояния 2000—3000 км по линиям настроенных электропередач.

Лаборатория дальних электропередач ТЭИ СО АН СССР, возглавляемая д-ром техн. наук, проф. В. К. Щербаковым, предложила использовать для передачи большого количества электроэнергии на расстояния 2000—3000 км электропередачи перемен-

ного тока, настроенные на полуволну. Для больших расстояний эти электропередачи являются наиболее экономичными передачами переменного тока и в некоторых случаях могут быть сравнимы по экономическим показателям с электропередачами постоянного тока, превосходя их надежность работы. С целью выяснения возможности применения настроенных электропередач лаборатория в течение последних лет изучала их режимы работы, характеристики и параметры. Результаты этой работы и были представлены на обсуждение совещания, в котором участвовало более 200 человек. Всего на совещании было представлено 43 организации (Госэкономсовет при Совете Министров СССР, Министерство строительства электростанций, Всесоюзный электротехнический институт, Всесоюзный научно-исследовательский институт электроэнергетики, Энергетический институт АН СССР, Научно-исследовательский институт постоянного тока, «Гидроэнергопроект» — Московское и Ленинградское отделение, «Теплоэлектропроект» — отделения дальних передач Московское, Уральское, Новосибирское, вузы — Московский энергетический, Ленинградский, Уральский, Томский и другие политехнические институты; эксплуатирующие и строительные организации — Кузбассэнерго, Новосибирскэнерго, Объединенное диспетчерское управление систем Урала, Объединенное диспетчерское управление систем Западной Сибири, Западно-Сибирская дирекция строительства высоковольтных линий и подстанций).

Совещание открыл д-р техн. наук В. К. Щербаков, выступивший с докладом «Дальние электропередачи по линиям, настроенным на полуволну», обобщающий результаты работы ТЭИ СО АН СССР в этой области. В докладе было показано, что недостатки настроенных электропередач, которые, как считалось раньше, препятствуют их практическому применению, устраняемы или незначительны и электропередачи, настроенные на полуволну, вполне пригодны для передачи электроэнергии на далекие расстояния.

Затем была заслушана серия докладов сотрудников ТЭИ: инж. Е. П. Гусева — «Коэффициент полезного действия настроенных электропередач», инж. Э. П. Каскевич — «Перенапряжения в настроенных электропередачах при коротких замыканиях», канд. техн. наук Э. С. Лукашова — «Самовозбуждение и самораскачивание синхронного генератора в настроенных электропередачах», инж. Р. Г. Карымова — «Статическая устойчивость настроенных электропередач», канд. техн. наук А. Т. Путиловой — «Промежуточный отбор от настроенных электропередач», канд. техн. наук О. В. Ольшевского — «Технико-экономические показатели настроенных электропередач».

Был сделан также ряд сообщений: канд. техн. наук Т. Б. Заславская (ТЭИ) рассказала о некоторых технико-экономических показателях компенсированных электропередач, канд. техн. наук М. А. Тагиров (ТЭИ) — о технико-экономических закономерностях электропередач с подпорными синхронными компенсаторами, канд. техн. наук Д. Е. Трофименко (УПИ) — о режимах работы и экономических показателях передач переменного тока 650—750 кв, протяженностью 1500—2500 км, канд. техн. наук Р. И. Борисов (ТПИ) — об учете влияния промежуточных систем, присоединенных к дальней электропередаче, инж. Г. Е. Алексеев (ТПИ) — о режиме дальних электропередач с промежуточным отбором мощности, инж. Ю. И. Лысков (ТЭП) — о перспективах применения различных видов дальних электропередач, инж. Д. В. Холм (ТЭИ) — о динамической устойчивости настроенных электропередач, инж. Д. В. Холм (Институт автоматики при Госплане Укр. ССР) — о возможности оптимального регулирования напряжения и реактивной мощности в сверхдальних настроенных и компенсированных электропередачах, инж. Д. Г. Колотилова (ТЭИ) — об использовании реактивности трансформаторов для настройки линии на полуволну, инж. Э. П. Каскевич (ТЭИ) — о неполнофазных установившихся режимах в настроенных электропередачах.

В прениях доклады и сообщения были подвергнуты подробному обсуждению, выступавшими сделано много ценных замечаний.

В резолюции, принятой совещанием, проведенной в ТЭИ по уточнению характеристики научно-исследовательской работы электропередач, настроенных на полуволну. Советик, свойств и особенностей работы электропередач, настроенных на полуволну. Советик отметил, что в процессе этой работы выдвинут ряд новых методических положений, способствующих дальнейшему развитию теории электропередач, что выполненные работы в основном подтвердили перспективность настроенных электропередач на большие расстояния порядка 2000 км, так как они в этом случае обладают достаточно высокой пропускной способностью при небольших затратах настраиваемых устройств, достаточно точно высоким коэффициентом полезного действия в широком диапазоне изменения нагрузок, допускают отбор мощности и параллельную работу с промежуточными системами.

Совещание признало необходимым продолжение исследований настроенных электропередач до получения исчерпывающих технических и экономических их характеристик с привлечением к этой работе других научно-исследовательских и проектных организаций и вузов.

Совещание указало на целесообразность расширения исследовательской работы в области дальних электропередач переменного тока, особо подчеркнув важность разра-

ботки вопросов, связанных с повышением рабочих напряжений электропередач вплоть до 1000 кв, а также вопросов дальнейшего ограничения коммутационных перенапряжений и соответствующего снижения уровня изоляции. Совещание рекомендовало комиссии по дальним электропередачам при ЭНИН АН СССР уделять больше внимания электропередачам переменного тока.

Во время совещания на электродинамической модели в ТЭИ проводились демонстрационные эксперименты режимов работы настроенных электропередач.

После окончания совещания его участники совершили экскурсии в городок СО АН СССР, на Новосибирскую ГЭС и на Турбогенераторный завод.

Э. С. Лукашов

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Л. М. Куршин, Л. А. Фильштинский. Устойчивость равномерно сжатой многоугольной пластинки 3
 Э. П. Каскевич. Повышения напряжений несимметричных к. з. в электропередаче через полуволновую линию 9
 А. А. Фурман. Методика расчета пневматических закладочных машин 17
 К. И. Давыдова, И. Н. Николаев. Химико-технологические свойства углей Тугуйской депрессии 28

ХИМИЯ

- В. К. Вальцев, С. М. Артамонова, Н. Ф. Дидора, Л. Х. Кравченко. Осаждение элементов из расплавленных солей. Сообщение 1 38
 А. П. Самоделов. Электродные свойства мембранного электрода скандия 43
 Л. Е. Ивановский, Г. К. Степанов, М. Т. Красильников, О. С. Петенев. Изучение электролитического растворения хлора и хлористого водорода на индифферентных электродах 48
 И. В. Калечиц, Ф. Г. Салимгареева, Б. В. Тржцинская, М. В. Иванова. О химизме превращений простых эфиров в условиях жидкофазной гидрогенизации 54
 Л. Н. Бурда, В. Н. Козлов. Химический состав отходов лесоразработок 61

БИОЛОГИЯ

- К. А. Соболевская, В. Г. Минаева. К изучению флоры Алтая как источника флавоновых веществ 68
 З. Н. Галачалова, А. М. Шкурнина. Об усвоении растениями азота, вводимого при внекорневых подкормках в лист растения 73
 Н. К. Болдырев. Листовая диагностика питания и внекорневая азотная подкормка яровой пшеницы 79
 А. П. Самойлова. Экологические ряды галофитной растительности в депрессиях соленых озер Хакассии 86
 В. А. Кузьмин. Почвы северной части Око-Ангарского междуречья 97

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Н. М. Саланский, А. М. Родичев, М. К. Савченко. Эффект Баркгаузена в тонких молибден-пермаллоевых пленках 110
 Ю. А. Львов. Некоторые особенности строения растительного покрова Сенчинского болота 113

ХРОНИКА

- В. Г. Фомин. Общее собрание Сибирского отделения АН СССР 116
 В. Г. Фомин. В объединенном Ученом совете по экономическим наукам 117
 К. Е. Миронов. В объединенном Ученом совете по химическим наукам 119
 Э. С. Лукашов. Совещание по вопросам электроэнергии на дальние расстояния 120

Художественный редактор *В. И. Желнин*.
Технический редактор *О. А. Локшина*.
Корректоры *М. А. Башкова, Е. Ф. Ковырина*.

Подписано к печати 29 апреля 1961 г. МН 01181. Бумага 70×108/16—7,75 печ. л., 10,61 усл. печ. л.
10,6 уч. изд. л. Тираж 2300.

Издательство Сибирского отделения Академии наук СССР. Новосибирск, Советская, 20. Зак. № 266.
Типография № 1 Полиграфиздата, Новосибирск, Красный проспект, 20.
Цена 70 коп.

Цена 70 коп.

14