

п-167/2

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
СССР

8

НОВОСИБИРСК

1959

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

А. М. Дыхне, И. А. Кунин. Определение площади поверхности выпуклого тела по его проекциям	3
Е. П. Гусев. К исследованию коэффициента полезного действия дальних электропередач	6
Э. С. Лукашов. Экспериментальное исследование самораскачивания генератора в настроенных электропередачах	13
Ю. В. Троицкий, В. И. Важенин. Прибор для исследования электронных пучков с осевой симметрией	17
К. С. Гурков. Влияние направления колебаний вибрирующего лотка на усилие внедрения его в штабель породы	21
В. М. Самочкин. Переработка берегов водохранилища Новосибирской ГЭС на втором этапе заполнения (1958 г.)	29

ХИМИЯ

✓ А. К. Шарова, И. Г. Чуфарова, М. В. Виттих, Ф. Т. Шостак. Выделение германия из разбавленных растворов методом ионного обмена	36
И. Л. Котляревский, Е. С. Домнина. Дегидратация пропиленгликоля, изобутиленгликоля, метилэтилэтиленгликоля и их производных	43
О. Г. Покровская. Скорость окисления моноаминомонокарбоновых кислот в различных условиях	50
Н. Г. Молева, А. И. Иванов, Л. П. Ходак. Влияние содержания окиси кальция на структуру и свойства саморассыпающихся алюмокальциевых шлаков	58
Л. К. Яковлев, И. С. Лилеев. Исследование химизма процессов, протекающих в системе алюминия и между алюминия и между алю-	62

Б. Г. Иоганнсен. Сообщение 1	76
З. Н. Брянькин. Растения под влиянием	87
Ф. Т. Сухе. На некоторыми грибами	96
Н. И. Карлаш. Проангарья в преде-	107
С. А. Коляда. очв Сибири	113
М. С. Левин. изме действия озвучен-	114

П-167/2 П-23482

1959 Известия Сибирск. отдел. АН СССР № 8 7 р.

12 IV Кислов

Л. В. Шалина.

П-23482

Техниче
МН 02870. Т
Издательс

Л. В. Шалина.
5 бум. л. 9,93 печ. л.
И. Типография № 1
7 руб.

ИЗВЕСТИЯ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
СССР

8

284527

ИЗДАТЕЛЬСТВО
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК СССР
1959

А. М. ДЫХНЕ, И. А. КУНИН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ ВЫПУКЛОГО ТЕЛА ПО ЕГО ПРОЕКЦИЯМ

В ряде физических и технических задач возникает необходимость в измерении площади поверхности твердых частиц. Известна однозначная связь между площадью поверхности выпуклого тела и средней площадью его случайной проекции. Это позволяет свести измерение площади поверхности к более простой операции. В связи с этим представляет интерес оценка погрешности, возникающей при приближенном определении средней площади проекции на основе конечного числа измерений.

1. Пусть $F(\mathbf{n})$ — площадь проекции некоторого выпуклого тела на плоскость, заданную нормалью \mathbf{n} . Определим вероятность нахождения случайного направления \mathbf{n} в телесном угле $d\omega$ равной $\frac{1}{4\pi} d\omega$. Обозначим усредненное по всем направлениям $F(\mathbf{n})$ через \bar{F} :

$$\bar{F} = \frac{1}{4\pi} \int F(\mathbf{n}) d\omega. \quad (1)$$

Тогда справедлива следующая теорема Коши (см. [1]): площадь S поверхности выпуклого тела равна $4\bar{F}$.

Доказательство. Проекция $F(\mathbf{n})$ может быть представлена в виде интеграла по поверхности:

$$F(\mathbf{n}) = \frac{1}{2} \oint |\cos(\mathbf{n}, ds)| ds, \quad (2)$$

где вектор ds направлен по нормали к поверхности.

Подставляя (2) в (1) и меняя порядок интегрирования, получаем:

$$\bar{F} = \frac{1}{2} \oint |\cos(\mathbf{n}, ds)| ds. \quad (3)$$

Легко видеть, что подынтегральное выражение не зависит от направления ds , зафиксированного при усреднении по \mathbf{n} , т. е.

$$\bar{F} = c \oint ds = cS,$$

поскольку константа c не зависит от форм поверхности, для ее определения воспользуемся соотношением между \bar{F} и S для сферы:

$$c = \frac{\pi R^2}{4\pi R^2} = \frac{1}{4}.$$

Таким образом,

$$S = 4\bar{F}, \quad (4)$$

что и требовалось доказать.

п 23482
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. КИРГИЗСКОЙ С. С. Р.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Адрес редакции: Новосибирск, Советская, 20.

З а м е ч а н и е. На плоскости имеет место аналогичное соотношение между периметром L выпуклой фигуры и ее средней проекцией \bar{D} :

$$L = \pi \bar{D}. \quad (4)$$

2. Практически мы вынуждены определить \bar{F} приближенно, как результат конечного числа измерений. Поэтому представляет интерес оценка возникающей при этом погрешности.

Обозначим

$$F_k = \frac{1}{k} \sum_{a=1}^k F(n_a) \quad (5)$$

и вычислим среднее значение квадратичной ошибки:

$$\Delta^2 = \overline{(F - F_k)^2} = \bar{F}^2 - 2\bar{F}\bar{F}_k + \bar{F}_k^2. \quad (6)$$

Легко видеть, что $\bar{F}_k = \bar{F}$. Имеем также:

$$\bar{F}_k^2 = \frac{1}{k^2} [\kappa \overline{F^2(n_a)} + \sum_{(\alpha+\beta)} \sum F(n_\alpha) F(n_\beta)].$$

Учитывая, что $F(n_\alpha)$ и $F(n_\beta)$ получены из некоррелирующих измерений, имеем очевидное соотношение:

$$\overline{F(n_\alpha) F(n_\beta)} = \bar{F}(n_\alpha) \bar{F}(n_\beta) = \bar{F}^2.$$

Произведя элементарные выкладки, найдем:

$$\Delta^2 = \frac{1}{k} (\bar{F}^2 - \bar{F}_k^2), \quad (7)$$

и окончательно для относительной ошибки δ получаем:

$$\delta^2 = \frac{\Delta^2}{\bar{F}^2} = \frac{1}{k} \Lambda^2, \quad (8)$$

где

$$\Lambda = \left(\frac{\bar{F}^2}{\bar{F}_k^2} - 1 \right)^{1/2} \quad (9)$$

есть коэффициент, зависящий от формы поверхности.

Очевидно, что для шара $\Lambda = 0$. Интересно определить наибольшее значение Λ и форму поверхности, которой оно соответствует. Учитывая (2), получаем для \bar{F}^2 следующее выражение:

$$\bar{F}^2 = \frac{1}{4} \oint \oint |\cos(n, ds_1)| |\cos(n, ds_2)| ds_1 ds_2. \quad (10)$$

Применяя к подынтегральному выражению неравенство Буниковского — Шварца, находим:

$$|\cos(n, ds_1)| |\cos(n, ds_2)|^2 < \overline{\cos^2(n, ds_1)} \overline{\cos^2(n, ds_2)}. \quad (11)$$

Нетрудно показать, что $\overline{\cos^2(n, ds)} = \frac{1}{3}$.

Тогда для любой поверхности имеем:

$$\bar{F}^2 < \frac{1}{12} S^2. \quad (12)$$

Можно указать поверхность, для которой в (11) и, следовательно, в (12) имеет место точное равенство. Очевидно, что любые два элемента такой

поверхности должны удовлетворять соотношению $ds_1 \times ds_2 = 0$. Таким образом, наибольшее значение Λ достигается для дважды покрытой плоской области и равно $1/\sqrt{3}$.

Общий характер зависимости Λ от формы поверхности легко проследить на примере эллипсоида вращения. Обозначим через a полуось эллипсоида в направлении вращения и положим, что вторая полуось равна 1. Тогда найдем:

$$\bar{F} = \begin{cases} \frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{a^2 \operatorname{arch} \frac{1}{a}}{\sqrt{1-a^2}} \right) & a < 1 \\ \frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{a^2 \operatorname{arc} \cos \frac{1}{a}}{\sqrt{a^2-1}} \right) & a \geq 1 \end{cases}$$

$$\bar{F}^2 = \frac{\pi^2}{3} (2a^2 + 1).$$

На рис. 1 представлена зависимость Λ от $\varphi = \operatorname{arctg} a$. Наибольшее значение Λ имеет при $a = 0$, когда эллипсоид вырождается в дважды покрытый круг.

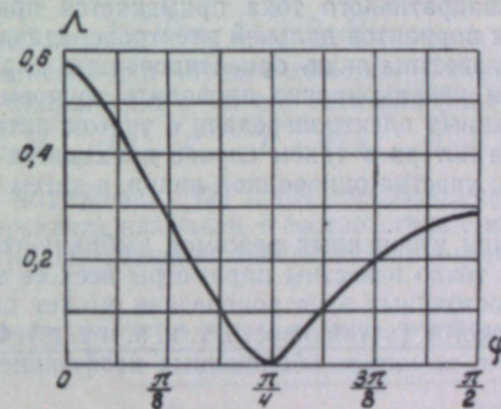


Рис. 1.

3. Из предыдущего следует, что для определения площади поверхности выпуклого тела достаточно иметь ряд случайных его фотографий. Их количество определяется заданием допустимой погрешности. Ясно, что это вполне эквивалентно одной фотографии группы тел одинаковой формы при условии, что они находятся в случайных положениях.

Институт радиофизики
и электроники, Институт горного дела
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
26/IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. T. Bonnesen, W. Fenchel, Theorie der konvexen Körper. Berlin, 1934.

Е. П. ГУСЕВ

К ИССЛЕДОВАНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ
ДАЛЬНИХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Существующие методы определения потерь и кпд электропередачи можно разбить на две группы:

- 1) методы, основывающиеся на закономерностях распределения тока и напряжения вдоль линии;
- 2) методы, учитывающие только режимы в начале и конце электропередачи.

Из методов первой группы наиболее известным является метод среднеквадратичного тока применительно к однородной линии, из второй — метод обобщенных постоянных четырехполюсника [1—3].

Метод среднеквадратичного тока применяется при сравнительных расчетах различных вариантов дальней электропередачи для выбора оптимального, когда известны лишь ориентировочные параметры электропередачи. При этом нерационально проводить трудоемкое определение обобщенных постоянных электропередачи с учетом активного сопротивления. Определение потерь в таком случае приходится производить отдельно для каждого участка однородной линии, а затем потери по участкам суммировать.*

При определении уточненных режимов выбранного варианта электропередачи, когда точно известны параметры всех ее элементов и значение обобщенных постоянных электропередачи может понадобиться для ряда режимных расчетов (устойчивость, т. к. з. и т. д.), более рационально определять кпд с помощью обобщенных коэффициентов четырехполюсника.

При выявлении возможностей повышения кпд метод обобщенных коэффициентов четырехполюсника также является наилучшим.

Методика определения кпд при изменении нагрузки изложена В. Г. Холмским [3]. Режим максимального кпд исследован К. М. Поливановым [1]. Более простое выражение для определения максимального значения кпд дано в работе Б. А. Ханова [2]. Однако, если нужно определить для одной и той же электропередачи нагрузку, соответствующую наиболее выгодному режиму, максимальное значение кпд электропередачи, а также кпд при различных нагрузках, отличных от оптимальной, то при использовании выражений, приводимых в упомянутых работах, приходится неоднократно вычислять различные коэффициенты, составленные из обобщенных постоянных четырехполюсника.

Задача настоящей работы заключается в следующем. Во-первых, необходимо найти такие коэффициенты электропередачи, которые позволяли бы просто определять кпд при любой нагрузке, нагрузку в режиме максимального кпд и величину максимального кпд. Сами эти коэффициен-

* Изложенный ниже метод коэффициентов потерь при одинаковых с методом среднеквадратичного тока допущениях позволяет определить потери в однородном участке линии с такой же трудоемкостью, но с большей точностью.

ты должны легко находиться по обобщенным постоянным электропередаче, а максимальное значение кпд должно определяться только одним из них. Во-вторых, на основании полученных выражений необходимо решить вопрос о наиболее выгодном соотношении напряжений и реактивных мощностей между началом и концом электропередачи, недостаточно ясно освещенный в литературе.

Настоящая работа выполнена в лаборатории электроэнергетических систем Транспортно-энергетического института Сибирского отделения АН СССР под руководством В. К. Щербакова.

Выражения для определения потерь и кпд

При заданном токе и напряжении в конце электропередачи (I_2, U_2) ток и напряжение в начале ее (I_1, U_1) могут быть выражены через обобщенные постоянные электропередачи $\dot{A}_0, \dot{B}_0, \dot{C}_0, \dot{D}_0$:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{A}_0 \dot{U}_2 + \dot{B}_0 \dot{I}_2, \\ \dot{I}_1 &= \dot{C}_0 \dot{U}_2 + \dot{D}_0 \dot{I}_2. \end{aligned} \quad (1)$$

Потери в электропередаче (если принять $\dot{U}_2 = U_2$) определяются выражением

$$\Delta P = P_1 - P_2 = Re(\dot{U}_1 \dot{I}_1) - P_2 = K_{2xx} \cdot U_2^2 + K_{2кз} \cdot I_2^2 + 2(K_{2р} \cdot P_2 + K_{2q} Q_2). \quad (2)$$

Аналогичное выражение для определения потерь в электропередаче при известном токе и напряжении в начале электропередачи следующее:

$$\Delta P = K_{1xx} \cdot U_1^2 + K_{1кз} \cdot I_1^2 + 2(K_{1р} \cdot P_1 + K_{1q} Q_1). \quad (3)$$

Коэффициенты в выражениях (2) и (3) (коэффициенты потерь конца и начала электропередачи) называем в соответствии с их физическим смыслом аналогично [3]. Их значения и названия приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты потерь начала и конца электропередачи*

Название	Для начала электропередачи		Для конца электропередачи	
	обозначение	величина	обозначение	величина
Коэффициент потерь холостого хода	K_{1xx}	$Re(\dot{D}_0) \cdot Re(\dot{C}_0) + Im(\dot{D}_0) \cdot Im(\dot{C}_0)$	K_{2xx}	$Re(\dot{A}_0) \cdot Re(\dot{C}_0) + Im(\dot{A}_0) \cdot Im(\dot{C}_0)$
Коэффициент потерь короткого замыкания	$K_{1кз}$	$-Re(\dot{A}_0) \cdot Re(\dot{B}_0) + Im(\dot{A}_0) \cdot Im(\dot{B}_0)$	$K_{2кз}$	$Re(\dot{B}_0) \cdot Re(\dot{D}_0) + Im(\dot{B}_0) \cdot Im(\dot{D}_0)$
Коэффициент потерь от передачи активной мощности	$K_{1р}$	$-Re(\dot{B}_0) \cdot Re(\dot{C}_0) - Im(\dot{A}_0) \cdot Im(\dot{D}_0)$	$K_{2р}$	$Re(\dot{B}_0) \cdot Re(\dot{C}_0) + Im(\dot{A}_0) \cdot Im(\dot{D}_0)$
Коэффициент потерь от передачи реактивной мощности	K_{1q}	$Re(\dot{D}_0) \cdot Im(\dot{A}_0) - Re(\dot{B}_0) \cdot Im(\dot{C}_0)$	K_{2q}	$Re(\dot{B}_0) \cdot Im(\dot{C}_0) - Re(\dot{A}_0) \cdot Im(\dot{D}_0)$

* Значения обобщенных постоянных электропередачи в табл. 1 определены при неизменном потоке мощности от начала к концу линии.

Из сравнения коэффициентов потерь конца и начала электропередачи следует:

1. Коэффициенты потерь от передачи активной мощности всегда равны по величине и обратны по знаку:

$$K_{1p} = -K_{2p}. \quad (4)$$

2. Остальные коэффициенты в общем случае не равны между собой. В случае симметричных электропередач будем иметь следующие равенства:

$$K_{1xx} = K_{2xx}, \quad (5)$$

$$K_{1кз} = K_{2кз}, \quad (6)$$

$$K_{1q} = -K_{2q}. \quad (7)$$

Для определения кпд по условиям начала электропередачи используется формула (8), а по условиям конца (9):

$$\eta = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1}, \quad (8)$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P}. \quad (9)$$

Окончательные выражения кпд приведены в табл. 2.

где Y_1, Z_1 — входная проводимость и входное сопротивление нагруженной электропередачи,

Y_2, Z_2 — проводимость и сопротивление нагрузки.

Таблица 2

Выражения для кпд

Известные данные	Выражение кпд	
По условиям начала электропередачи	$U_1; P_1; Q_1$	$\frac{(1 - 2K_{1p})P_1 - K_{1xx} \cdot U_1^2 - K_{1кз} \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_1^2} - 2K_{1q}Q_1}{P_1} \quad (1)$
	$Y_1 = g_2 + jb_1$	$\frac{(1 - 2K_{1p})g_2 - K_{1xx} - K_{1кз} Y_1^2 - 2K_{1q}b_1}{g_2} \quad (2)$
	$Z_1 = R_1 + jx_1$	$\frac{(1 - 2K_{1p})R_1 - K_{1xx} Z_1^2 - K_{1кз} - 2K_{1q}x_1}{R_1} \quad (3)$
По условиям конца электропередачи	$U_2; P_2; Q_2$	$\frac{P_2}{K_{2xx}U_2^2 + K_{2кз} \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} + (1 + 2K_{2p})P_2 + 2K_{2q} \cdot Q_2} \quad (4)$
	$Y_2 = g_2 + jb_2$	$\frac{g_2}{K_{2xx} + K_{2кз} Y_2^2 + (1 + 2K_{2p})g_2 + 2K_{2q}b_2} \quad (5)$
	$Z_2 = R_2 + jx_2$	$\frac{R_2}{K_{2xx} Z_2^2 + K_{2кз} + (1 + 2K_{2p})R_2 + 2K_{2q} \cdot x_2} \quad (6)$

Из выражений (2, 3, 5, 6) табл. 2 следует, что кпд электропередачи не зависит от приложенного напряжения и определяется только соотношением параметров электропередачи, величиной и характером нагрузки в конце ее.

Определение величины максимального кпд

Задачу отыскания нагрузки, соответствующей максимальному кпд электропередачи, можно решить, определяя минимум функции, обратной величине кпд, т. е. путем совместного решения уравнений:

$$\frac{\partial (1/\eta)}{\partial P} = 0 \text{ и } \frac{\partial (1/\eta)}{\partial Q} = 0. \quad (10)$$

Величина нагрузки, соответствующая максимальному кпд, получится после дифференцирования выражения, обратного (4) табл. 2, и решения системы уравнений (10):

$$P_{2\eta_{\max}} = U_2^2 \frac{V K_{2xx} \cdot K_{2кз} - K_{2q}^2}{K_{2кз}}, \quad (11)$$

$$Q_{2\eta_{\max}} = -U_2^2 \frac{K_{2q}}{K_{2кз}}. \quad (12)$$

Аналогично, используя выражение (1) табл. 2, получаем мощность, необходимую в начале электропередачи для получения максимального кпд:

$$P_{1\eta_{\max}} = U_1^2 \frac{V K_{1xx} \cdot K_{1кз} - K_{1q}^2}{K_{1кз}}, \quad (13)$$

$$Q_{1\eta_{\max}} = -U_1^2 \frac{K_{1q}}{K_{1кз}}. \quad (14)$$

Не останавливаясь здесь подробно на условиях, необходимых для осуществления режима максимального кпд (что будет выполнено ниже), найдем выражение для определения последнего.

Подставляя значение активной и реактивной мощностей из (11) и (12) в выражение (4) табл. 2 и учитывая, что

$$K_{2xx} \cdot K_{2кз} - K_{2q}^2 = K_{2p} (1 + K_{2p}), \quad (15)^*$$

после соответственных преобразований получим выражение для определения максимального значения кпд электропередачи:

$$\eta_{\max} = (\sqrt{1 + K_{2p}} - \sqrt{K_{2p}})^2. \quad (16)$$

Это же выражение для определения η_{\max} получится, если использовать данные начала электропередачи и равенство (4).

Определение величины наибольшего кпд при $\cos \varphi_2 = 1$

Иногда в сверхдальних электропередачах требуется определить нагрузку, соответствующую максимальному значению кпд, при передаче только активной мощности.

Примером могут служить электропередачи, настроенные на полволны. Такое значение кпд назовем наибольшим, так как оно в общем случае будет меньше значения η_{\max} , определенного по выражению (16).

* Равенство (15) доказывается подстановкой значений коэффициентов потерь из табл. 1 с учетом, что $A_0 D_0 - B_0 C_0 = 1$.

Для решения этой задачи нужно найти минимум функции $1/\eta$, определенной из выражения (4) табл. 2 дифференцированием только по P_2 . Нагрузка, соответствующая наибольшему кпд, будет следующей:

$$P_{2\eta_{\max}} = U_2^2 \sqrt{\frac{K_{2xx}}{K_{2кз}}} = U_2^2 |Y_{2\eta_{\max}}|. \quad (17)$$

Наибольшее значение кпд найдем, подставляя величину $|Y_{2\eta_{\max}}|$ из (17) в выражение (5) табл. 2 при $b_2 = 0$:

$$\eta_{\max} = \frac{1}{1 + 2(K_{2p} + \sqrt{K_{2xx} \cdot K_{2кз}})}. \quad (18)$$

Из выражений (16) и (18), учитывая (15), можно сделать вывод, что чем больше величина коэффициента потерь от передачи реактивной мощности (K_{2q} или K_{1q}), тем меньше величина η_{\max} по сравнению с $\eta_{\max \cdot \max}$.

Расчеты кпд целесообразно проводить в относительных единицах с учетом мнимой части волнового сопротивления однородного участка электропередачи. В этом случае удобно за базисные величины принять модуль волнового сопротивления и величину номинального напряжения в конце линии: $\dot{U}_2 = U_{\text{ном}}$.

При отсутствии учета мнимой части волнового сопротивления в зависимости от длины линии может получиться погрешность в определении кпд, превышающая 6% (для $U_{\text{ном}} = 400 \text{ кВ}$).

Режим максимального кпд

Режим максимального кпд осуществляется на линии электропередачи только при вполне определенных перепадах напряжения и соотношениях реактивных мощностей между началом и концом электропередачи. Найдем эти соотношения.

Путем подстановки значений коэффициентов потерь (из табл. 1) можно доказать, что

$$K_{1xx} \cdot K_{1кз} - K_{1q}^2 = K_{1p} \cdot (K_{1p} - 1), \quad (19)$$

$$K_{2xx} \cdot K_{2кз} - K_{2q}^2 = K_{1xx} \cdot K_{1кз} - K_{1q}^2. \quad (20)$$

Уравнение (20) получено с учетом равенств (4) и (15). Из (11) и (13) с учетом (20) соотношение напряжений между началом и концом электропередачи в режиме максимального кпд будет следующим:

$$\frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{K_{1кз}}{K_{2кз}} \cdot \frac{1}{\eta_{\max}}}. \quad (21)$$

Для симметричной электропередачи, учтя равенство (6), получим

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{\sqrt{\eta_{\max}}}. \quad (22)$$

В случае осуществления режима наибольшего кпд при передаче по линии только активной мощности (при $Q_1 = 0$ и $Q_2 = 0$) необходимый перепад напряжения равен

$$\frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{1}{\eta_{\max}} \sqrt{\frac{K_{1кз} \cdot K_{2xx}}{K_{1xx} \cdot K_{2кз}}}}. \quad (23)$$

Для симметричной электропередачи, учитывая равенства (5) и (6), получим

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{\sqrt{\eta_{\max}}}. \quad (24)$$

Встречающееся в литературе утверждение, что максимуму кпд соответствует отсутствие перепада напряжения, неточно. Оно получено из анализа работы идеальной линии.

Как следует из (22) и (24), в действительности в этом режиме для симметричных электропередач имеет место небольшой перепад напряжения (при кпд дальних линий, равном около 0,8... 0,9 соответственно $U_1/U_2 = 1,12... 1,05$), зависящий главным образом от активного сопротивления электропередачи.

Из выражений (21) и (23) можно сделать вывод, что работа в режимах максимального и наибольшего кпд при отсутствии перепада напряжения возможна только для несимметричных электропередач.

Величину коэффициента мощности, соответствующего условиям максимального кпд для конца и начала электропередачи, можно получить из выражений (11—14):

$$\cos \varphi_{2\eta_{\max}} = \sqrt{1 - \frac{K_{2q}^2}{K_{2xx} \cdot K_{2кз}}}, \quad (25)$$

$$\sin \varphi_{2\eta_{\max}} = -\frac{K_{2q}}{\sqrt{K_{2xx} \cdot K_{2кз}}}, \quad (26)$$

$$\cos \varphi_{1\eta_{\max}} = \sqrt{1 - \frac{K_{1q}^2}{K_{1xx} \cdot K_{1кз}}}, \quad (27)$$

$$\sin \varphi_{1\eta_{\max}} = -\frac{K_{1q}}{\sqrt{K_{1xx} \cdot K_{1кз}}}. \quad (28)$$

Тогда для симметричной электропередачи с учетом равенств (5, 6 и 7) получим

$$\cos \varphi_{1\eta_{\max}} = \cos \varphi_{2\eta_{\max}}, \quad (29)$$

$$\sin \varphi_{1\eta_{\max}} = -\sin \varphi_{2\eta_{\max}}. \quad (30)$$

Таким образом, для симметричной электропередачи в режиме максимального кпд углы сдвига фаз между током и напряжением в конце и начале электропередачи равны по величине и обратны по знаку ($\varphi_{1\eta_{\max}} = -\varphi_{2\eta_{\max}}$).

Из (12) и (14) можно соответственно получить

$$b_{2\eta_{\max}} = -\frac{K_2}{K_{2кз}}, \quad (31)$$

$$b_{1\eta_{\max}} = -\frac{K_{1q}}{K_{1кз}} \quad (32)$$

или, учитывая (6) и (7), для симметричной электропередачи —

$$b_{1\eta_{\max}} = -b_{2\eta_{\max}}. \quad (33)$$

Из (33) видно, что реактивные мощности концов электропередачи в режиме максимального кпд незначительно отличаются по величине (так как $U_1 \neq U_2$) и обратны по знаку*.

* Подставляя значения $P_{2\eta_{\max}}$ из (11) и $Q_{2\eta_{\max}}$ из (12) в (2), можно доказать, что в режиме максимального кпд соблюдается равенство потерь холостого хода и короткого замыкания, т. е. $K_{2xx} \cdot U_2^2 = K_{2кз} \cdot I_2^2$. Это же доказывается в работе К. М. Поливанова [1].

Выводы

1. Применение коэффициентов потерь позволило получить простые выражения для определения максимального КПД нагрузки, соответствующей режиму максимального КПД, а также величины КПД при различных нагрузках электропередачи. Полученные выражения справедливы для любого типа электропередач.

2. Возможность выразить максимальный КПД только через один коэффициент потерь (а именно K_{2p}) позволяет производить аналитическое исследование зависимости КПД от параметров электропередачи.

3. Условиям работы в режиме максимального КПД для реальной симметричной электропередачи соответствует перепад напряжения, величина которого зависит от ее параметров и очень просто определяется по КПД электропередачи.

Транспортно-энергетический институт
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
9/IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. К. М. Поливанов, О коэффициенте полезного действия передачи энергии через четырехполюсник. Электричество, № 12, 1949.
2. Б. А. Ханов, О максимальном КПД четырехполюсника. Электричество, № 10, 1955.
3. В. Г. Холмский, Применение регулируемых трансформаторов в электрических сетях. М., Госэнергоиздат, 1950.

Э. С. ЛУКАШОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
САМОРАСКАЧИВАНИЯ ГЕНЕРАТОРА
В НАСТРОЕННЫХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧАХ

Одной из характерных особенностей работы синхронных генераторов, соединенных с мощной энергосистемой через линию электропередачи, настроенную на полуволну, является вероятность возникновения самораскачивания — нарастающих колебаний ротора машины относительно синхронно вращающихся осей. Настроенная электропередача вносит в статорную цепь генератора сравнительно большое активное сопротивление, а это, как известно [1], способствует самораскачиванию. Волновые процессы в линии такой длины могут оказывать влияние на условия самораскачивания, которым нельзя пренебрегать.

Теоретическое рассмотрение условий возникновения и предупреждения самораскачивания синхронного генератора в настроенных электропередачах [2] позволило сделать следующие выводы. Установлено, что обычный синхронный генератор при работе через полуволновую подвержен самораскачиванию в режимах, близких к холостому ходу. Волновые процессы в линии в значительной степени усиливают самораскачивание. Теоретически доказано, что самораскачивание не возникает, если на генераторе предусмотрена поперечная успокоительная обмотка, параметры которой выбраны правильно.

Ниже сообщаются результаты проведенного на модели экспериментального изучения самораскачивания синхронного генератора при работе его через полуволновую линию.

Эксперименты, как и теоретическая часть работы, выполнены в лаборатории энергетических систем Транспортно-энергетического института Сибирского отделения АН СССР под руководством В. К. Щербакова.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

Модель линии была составлена из 30 П-образных схем-элементов (по 10 элементов на фазу), каждая из которых замещала участок линии длиной 300 км. Таким образом, имелась модель линии длиной 3000 км с практически распределенными по длине емкостями и индуктивностями. Такая длина линии точно соответствовала половине длины волны напряжения. Волновое сопротивление модельной линии $Z_c = 15$ ом.

Синхронный модельный явнополюсный генератор с номинальным

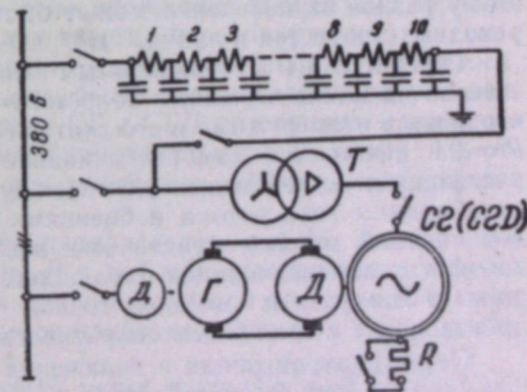


Рис. 1.

напряжением $U_n = 230$ в, мощностью $P = 15$ кВт, током $I_n = 47$ а имеет возможность работать непосредственно на шины 380 в, в данном случае являющиеся практически шинами бесконечной мощности. Он может быть включен на те же шины через модель линии.

Для повышения напряжения генератора до напряжения сети и для примерного согласования реактивного сопротивления генератора с линией служит группа однофазных трансформаторов Т, позволяющая в широких пределах изменять коэффициент трансформации и реактивное сопротивление рассеяния.

В статорную цепь генератора со стороны нейтрали включено нормально зашунтированное активное сопротивление.

Генератор имеет на валу отдельный возбудитель. Однако, чтобы избежать самораскачивания системы генератор — возбудитель из-за эффекта одноосности [3], собрана схема независимого возбуждения, которая преимущественно и использовалась.

Генератор СГ приводился во вращение двигателем постоянного тока, регулировка возбуждения которого изменяла скорость вращения генератора или его активную нагрузку. Вместо генератора СГ в схему может быть включен генератор СГД, имеющий продольно-поперечную успокоительную обмотку. Остальные характеристики СГД — электрические и механические — не отличаются от соответствующих характеристик СГ.

Было доказано [1], что волновые процессы в линии влияют на устойчивость режима, причем влияние проявляется через структуру переходного (операторного) сопротивления связи генератора с системой. Вследствие этого возможно проверить эффект воздействия волновых процессов путем сравнения самораскачивания в двух режимах: а) при работе генератора на мощные шины через полуволновую линию, б) при работе генератора на те же шины через сосредоточенное активное сопротивление R , равное сопротивлению короткого замыкания полуволновой линии.

С точки зрения установившегося режима эти схемы идентичны, поэтому разное их поведение может быть объяснено только влиянием переходных процессов в линии.

Генератор СГ с независимым возбуждением работает непосредственно на шины в режиме холостого хода совершенно устойчиво. При введении в этот режим в его статорную цепь активного сопротивления $R = 0,2$ начинается самораскачивание ротора, характеризующееся нарастающими колебаниями угла между эдс и напряжением генератора, колебаниями тока ротора и биениями тока статора. Через 20—25 циклов качаний машина практически выходит из синхронизма. Такая же картина самораскачивания наблюдается сразу же после включения машины в синхронизм методом точной синхронизации, если включение производится с введенным сопротивлением R .

После синхронизации и включения генератора на систему через модель полуволновой линии, как и в предыдущем случае, начинается самораскачивание. Однако протекает оно гораздо энергичнее, так что машина выпадает из синхронизма через 4—5 циклов качаний. Характер изменений токов также другой.

На рис. 2 приведены осциллограммы описанных выше опытов: а — самораскачивание после синхронизации генератора СГ с введенным в статорную цепь активным сопротивлением, б — самораскачивание после синхронизации генератора СГ через модель полуволновой линии (кривая 1 — ток возбуждения генератора, кривая 2 — ток статора). Различия их для случаев а и б очевидно.

Особенно отчетливо свойства линии с распределенными параметрами проявляются при питании обмотки возбуждения генератора от собственного возбудителя. (Постоянная времени обмотки возбуждения генератора для этого случая гораздо выше, так как при независимом возбуждении генератора последовательно с его обмоткой возбуждения включен регулировочный реостат.) В этом случае генератор с сосредоточенным активным сопротивлением R в статорной цепи также самораскачивается, но этот процесс устанавливается на каком-то предельном цикле, так что машина из синхронизма не выходит. Изменение же схемы возбуждения генератора в случае его работы через полуволновую линию на протекание самораскачивания заметного влияния не оказывает — процесс начинается так же интенсивно, как и раньше, и влечет за собой выход машины из синхронизма. Опыты проводились многократно при обеих схемах возбуждения и при разных величинах скольжения и фазы в момент включения, результаты оставались неизменными.

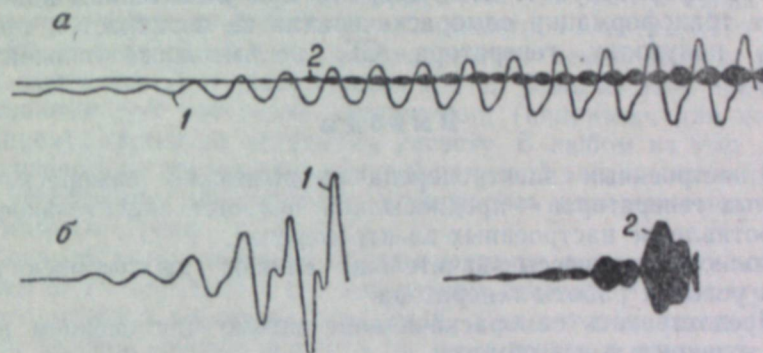


Рис. 2.

Проведенные опыты свидетельствуют о том, что структура связи генератора с системой, операторное сопротивление связи значительно влияют на условия возникновения и на протекание процесса самораскачивания. В данном случае (передача энергии через полуволну) влияние это резко отрицательно с точки зрения надежности работы генератора.

Целью следующей серии опытов было изучение влияния успокоительной обмотки. Так как генераторы СГ и СГД совершенно одинаковы за исключением того, что СГД имеет успокоительную обмотку, то и отличие в их работе определяется исключительно эффектом демпфирования.

Генератор СГД включался на параллельную работу с сетью при введенном активном сопротивлении R и работал совершенно устойчиво не только при холостом ходе, но и при значительной реактивной нагрузке (этот режим, согласно [1], является наиболее опасным с точки зрения самораскачивания).

При включении СГД через модель линии синхронизация также была проведена успешно и генератор остался в синхронизме. Это доказывает, что успокоительная обмотка, являясь эффективным средством предупреждения самораскачивания [3], способна придать устойчивость режиму и в таких неблагоприятных условиях, какие были в описанном выше опыте — чрезвычайно большое активное сопротивление схемы (в 2—4 раза превосходящее активное сопротивление реальных линий) и влияние операторного сопротивления связи.

Однако запас устойчивости по самораскачиванию в режиме холостого хода СГД при работе его через линию невелик, о чем свидетель-

ствуется очень медленное затухание качаний, вызываемых колебаниями напряжения сети и другими случайными причинами. При увеличении возбуждения генератора немного выше возбуждения холостого хода начинается характерный процесс самораскачивания с выпадом машины из синхронизма. Таким образом, нагрузить машину только реактивной мощностью оказалось невозможным. Это еще раз указывает на отрицательное влияние волновых процессов в линии. Увеличение же возбуждения генератора, предварительно нагруженного активной мощностью, оказывается возможным, разумеется, до некоторого предела, возрастающего с увеличением активной нагрузки.

Как известно [1], основной величиной, определяющей самораскачивание, является отношение активного сопротивления статорной цепи генератора к его реактивному сопротивлению по поперечной оси. Опыты проводились при различных значениях этой величины. Так как активное сопротивление линии не могло быть уменьшено, то увеличивалось реактивное сопротивление генератора путем изменения коэффициента трансформатора T . Отмечено, что при увеличенном вдвое коэффициенте трансформации самораскачивание не возникает и при работе через полуволну генератора СГ, не имеющего успокоительных обмоток.

Выводы

1. В настроенных электропередачах возможно самораскачивание синхронных генераторов — предпосылкой является значительное активное сопротивление настроенных электропередач.

2. Волновые процессы значительно влияют на самораскачивание, ухудшая условия работы генератора.

3. Предотвратить самораскачивание можно применением на генераторах успокоительных обмоток.

Транспортно-энергетический институт
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
27/III 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Н. Анисимов, Явление самораскачивания ротора синхронной машины. Тр. Лен. политехн. ин-та, № 3, 1948.
2. Э. С. Лукашов, Самораскачивание синхронного генератора в настроенных электропередачах. Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 4, 1959.
3. А. А. Горев, Переходные процессы синхронной машины. Госэнергоиздат, 1950.

Ю. В. ТРОИЦКИЙ, В. И. ВАЖЕНИН

ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ С ОСЕВОЙ СИММЕТРИЕЙ

В ряде приборов для усиления и генерации сверхвысоких частот используется взаимодействие тонкого электронного пучка с электромагнитным полем замедляющей структуры. Качество работы таких приборов в значительной степени зависит от параметров электронного потока, в частности от диаметра пучка, распределения в нем плотности тока, от разброса скоростей электронов, шумов и т. д. Одни из этих параметров рассчитываются при некоторой идеализации (например, для потока в пушке Пирса), другие не поддаются расчету. В любом из этих случаев перед практическим использованием той или иной электронно-оптической системы необходимо, как правило, производить измерение параметров создаваемого ею пучка.

Особенно большое значение имеет измерение диаметра пучка и распределения плотности тока в его поперечном сечении. В литературе описано много методов подобных измерений. Ряд авторов использует для этой цели экраны, расположенные на пути пучка и покрытые люминофором или частичками сажи [1], светящимися под действием электронной бомбардировки. Описаны методы определения размеров пучка по свечению остаточных газов в баллоне лампы [2, 3], по рентгеновскому излучению, возникающему в месте падения электронов на специальную мишень из медной фольги [4]. Все эти методы обладают малой точностью и имеют ограниченные области применения — одни применимы лишь при больших напряжениях пучка, другие требуют присутствия газа, искажающего форму пучка, и т. д. Более точным и универсальным, хотя конструктивно и более сложным, является метод измерения плотности тока, при котором исследуемый пучок падает на металлическую мишень с очень малым отверстием [5, 6]. Ток, проходящий через это отверстие, попадает на коллектор и служит мерой плотности тока в месте расположения отверстия. Передвигая мишень, можно получить распределение плотности тока в поперечном сечении пучка. Практическое осуществление этого принципа, особенно в случае очень тонких аксиально-симметричных пучков, значительно усложняется тем, что необходимо точное центрирование всего прибора, так как для получения правильной картины распределения плотности тока отверстие в мишени должно проходить через ось пучка. Поэтому некоторые авторы применяют для измерений передвигаемые мишени, в которых вместо малого отверстия прорезана длинная узкая щель [7—9]. В этом случае значительно облегчается центрирование прибора, но создаются большие затруднения при расшифровке результатов измерений, в частности, при нахождении распределения плотности тока в пучке с осевой симметрией. Кроме того, при использовании мишени со щелью во многих случаях увеличиваются габариты всего прибора и уменьшается допустимая средняя мощность

2. Известия, № 8.

п 23482

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. НАЗАРОВА ООП

исследуемого пучка (так как геометрия щели может измениться при сильном неоднородном нагреве мишени).

Вторым серьезным недостатком многих используемых методов, особенно «механических», является трудоемкость процесса измерений. Описанные попытки автоматизировать этот процесс путем отклонения пучка переменными электрическими и магнитными полями могут быть применены лишь в ограниченном числе случаев, например, при помещении всего прибора в однородное магнитное поле [10].

В настоящей статье описывается прибор, позволяющий измерять диаметр аксиально-симметричного электронного пучка и распределение

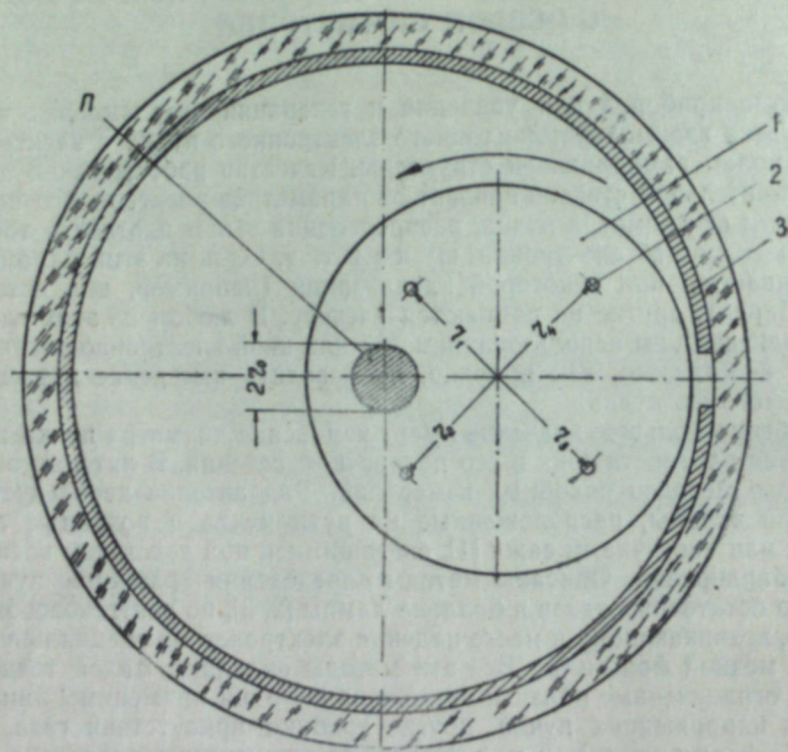


Рис. 1.

плотности тока в его поперечном сечении. Прибор основан на принципе передвижной мишени с отверстием, но он до некоторой степени свободен от упомянутых выше недостатков.

Прибор позволяет в течение двух минут автоматически записать на кинолентку (при помощи шлейфового осциллографа) распределение плотности тока в 50 поперечных сечениях пучка, расположенных через 1 мм вдоль оси пучка. С его помощью возможно исследовать пучки диаметром от 0,8 до 2,5 мм, в магнитном поле или без него; точность центровки прибора по отношению к оси пучка может составлять $\pm 0,4$ мм. Эти цифры относятся к прибору, предназначенному для решения конкретной задачи, и взяты в качестве примера. Они могут быть изменены в зависимости от предъявляемых требований.

Рис. 1 поясняет принцип работы прибора. Измеряемый пучок *П* падает на танталовую мишень *1*, в которой сделаны 4 очень малых отверстия *2* диаметром 0,06—0,07 мм. Мишень может вращаться вокруг оси,

28422 п

отстоящей от оси пучка на расстояние, значительно большее его диаметра. При этом все отверстия одно за другим движутся через пучок, и часть тока, проходящая через отверстие, улавливается коллектором (см. 3 на рис. 2). Отверстия находятся на различных расстояниях (r_1, r_2, r_3, r_4) от оси вращения, и поэтому даже при неточной установке мишени по отношению к пучку какое-нибудь из отверстий пройдет вблизи центра пучка. Легко видеть, что при правильном подборе расстояний отверстий до центра мишени требования к центровке снижаются в N раз, где N — число отверстий. Например, если допускается прохождение отверстия на расстоянии 0,1 мм от центра пучка, то при $N=4$ и расстоянии $r_{i+1} - r_i$ ($i=1, 2, 3$), равном 0,2 мм, допустимо смещение пучка от номинального положения на 0,4 мм. За один оборот мишени получается 4 кривых, из которых необходимо отобрать ту, которая соответствует прохождению через ось пучка: эта кривая выше и шире остальных трех.

Подобный отбор, связанный с затратой времени, значительно облегчается, если мишень вращается равномерно, а кривые плотности тока записываются на кинолентку при помощи шлейфового осциллографа.

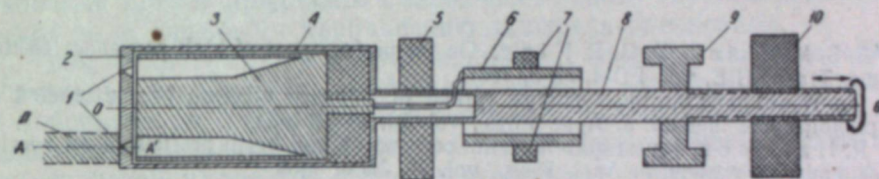


Рис. 2.

На рис. 2 схематически показана конструкция прибора. Мишень *2* представляет торцевую стенку цилиндра *4*, являющегося продолжением длинной молибденовой оси *8*. Эта ось может вращаться и скользить в графитовом подшипнике *5*. Конец ее имеет резьбу и может ввинчиваться в графитовую гайку *10*. На ось насажен железный якорь *9*, служащий для передачи движения в вакуум. Снаружи баллона прибора находится электромагнит, вращающийся через редуктор от электромотора с постоянным числом оборотов и заставляющий вращаться якорь *9* и, следовательно, ось *8*. Таким образом, мишень *2* вращается и одновременно с каждым оборотом смещается вдоль оси на величину шага винта (1 мм), что позволяет исследовать различные участки пучка.

Так как коллектор *3* вращается вместе с мишенью, то осуществление электрического контакта с ним представляет некоторые трудности.

В конструкции, показанной на рис. 2, вывод коллектора проходит внутри оси *8* и соединяется с контактным цилиндром *6*, изолированным от оси. Токосъем с этого цилиндра осуществляется при помощи графитовых щеток *7*.

Диаметр рабочей части прибора (без стекла) 13 мм; это позволяет вставлять его в фокусирующие соленоиды с малым внутренним диаметром. Все детали рабочей части лампы изготовлены из немагнитных материалов — тантала, молибдена и константана. Мишень диаметром 7 мм и толщиной 0,6 мм изготовлена из тантала; это дает возможность исследовать пучки со средней мощностью до 15 вт.

Для обеспечения хорошего вакуума в баллоне прибора, кроме обычных бариевых геттеров, установлен титановый геттерный насос. Прибор может работать и при непрерывной откачке.

На рис. 3 показан образец записи плотности тока, полученной при помощи осциллографа МПО-2 с предварительным усилением по постоянному току. На рисунке отмечен масштаб кривых по r . Средняя кривая

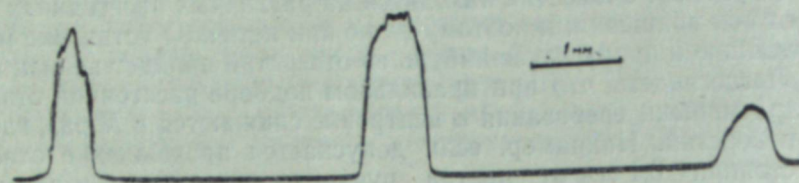


Рис. 3.

вая соответствует отверстию, проходящему через центр пучка. Запись производилась при напряжении пучка 200 в и токе 1,3 ма.

Институт радиофизики и электроники
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
12/V 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. L. E. S. Mathias, P. G. R. King. On the performance of high perveance electron guns. Trans. IRE, vol. ED-4, № 3, 1957.
2. J. T. Wallmark, Space-charge spread of reflected electron beams studied by a photographic method. J. Appl. Phys., vol. 24, № 5, 1953.
3. E. R. Harrison, Investigation of the perveances and beam profiles of an aperture disk emission system. J. Appl. Phys., vol. 29, № 6, 1958.
4. J. S. Thorp, An X-ray method for studying radial current distributions in electron beams. J. Appl. Phys. vol. 6, № 10, 1955.
5. C. C. Cutler, J. A. Saloom, Pin-hole camera investigations of electron beams. Proc. IRE, vol. 43, № 3, 1955.
6. G. R. Brewer, Formation of high-density electron beams. J. Appl. Phys., vol. 28, № 1, 1957.
7. A. L. Samuel, Some notes on the design of electron guns. Proc. IRE, vol. 33, № 4, 1945.
8. J. Berghammer, Über eine Methode zur Messung der Welligkeit von Elektronenstrahlen. Frequenz, Bd. 9, № 1, 1955.
9. Ю. В. Троицкий, Прибор для измерения профиля электронного пучка. Приб. и техн. экпер., № 6, 1957.
10. A. Ashkin, Electron beam analyser. J. Appl. Phys., vol. 28, № 5, 1957.

К. С. ГУРКОВ

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОЛЕБАНИИ ВИБРИРУЮЩЕГО ЛОТКА НА УСИЛИЕ ВНЕДРЕНИЯ ЕГО В ШТАБЕЛЬ ПОРОДЫ

Исследованиями, проведенными в лаборатории механизации Института горного дела СОАН СССР [1—4], а также в некоторых других организациях, установлено, что вибрация рабочего органа погрузочной машины существенно снижает усилие, необходимое для его внедрения в штабель погружаемого материала. Однако в различных экспериментах рабочему органу придавались колебания одного определенного направления по отношению к направлению движения внедрения.

Так, в лаборатории механизации ИГД приняты были колебания в вертикальной плоскости, перпендикулярные к направлению внедрения. В лабораторном исследовании Московского института инженеров железнодорожного транспорта [5] было принято направление колебаний в горизонтальной плоскости, перпендикулярное к направлению внедрения. В некоторых других исследованиях направление вибраций совпадало с направлением внедрения.

Существенные различия в условиях проведения этих экспериментов не позволяют сравнить их результаты, чтобы выявить влияние направления колебаний на усилие внедрения. Вместе с тем проведенные некоторыми исследователями опыты сравнительного изучения отдельных направлений вибраций [6] показали, что направление колебаний заметно влияет на усилие внедрения рабочего органа в грунт или сыпучую массу. К сожалению, в этих опытах сравнивались, как правило, не более чем два различных направления колебаний. Специальных исследований по этому вопросу не проводилось.

Поэтому в лаборатории механизации ИГД СОАН СССР были поставлены опыты по изучению влияния направления колебаний вибрирующего лотка на усилие внедрения его в штабель погружаемого материала, а также на характер и размеры деформации штабеля. Результаты их излагаются в настоящей статье.

В соответствии с поставленной задачей основным переменным фактором в исследовании было принято направление колебаний рабочего органа, выполненного в виде наклонного лотка. Влияние направления колебаний на процесс внедрения вибрирующего лотка в штабель сыпучего материала вначале было установлено при неизменных скоростях внедрения, частоте и амплитуде колебаний, угле наклона лотка к горизонту, высоте штабеля и крупности породы, а затем для контроля было проведено несколько опытов при некоторых других значениях перечисленных факторов.

Основной цикл опытов проводился при следующих условиях: скорость внедрения — 0,02 м/сек, амплитуда вибраций — 3 мм, частота вибраций — 2000 кол./мин, угол наклона лотка — 15°, высота штабеля — 200 мм, крупность породы — 10—20 мм.

Для проведения исследований была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка, общий вид которой показан на рис. 1. Установка представляла собой стол 10, на котором был установлен деревянный ящик с породой 1 и уложены рельсы для передвижения по ним модели погрузочной машины 5. Модель перемещалась с помощью винтового домкрата СТП-30 7 с червячным редуктором 8. Привод винтового домкрата осуществлялся от электродвигателя 12 через вариатор 11 типа ПСН-5-Т8 и клиноременную передачу 9. Изменение передаточного числа привода винтового домкрата с помощью вариатора позволяло регулировать скорость движения модели в пределах от 0,005 до 0,04 м/сек.

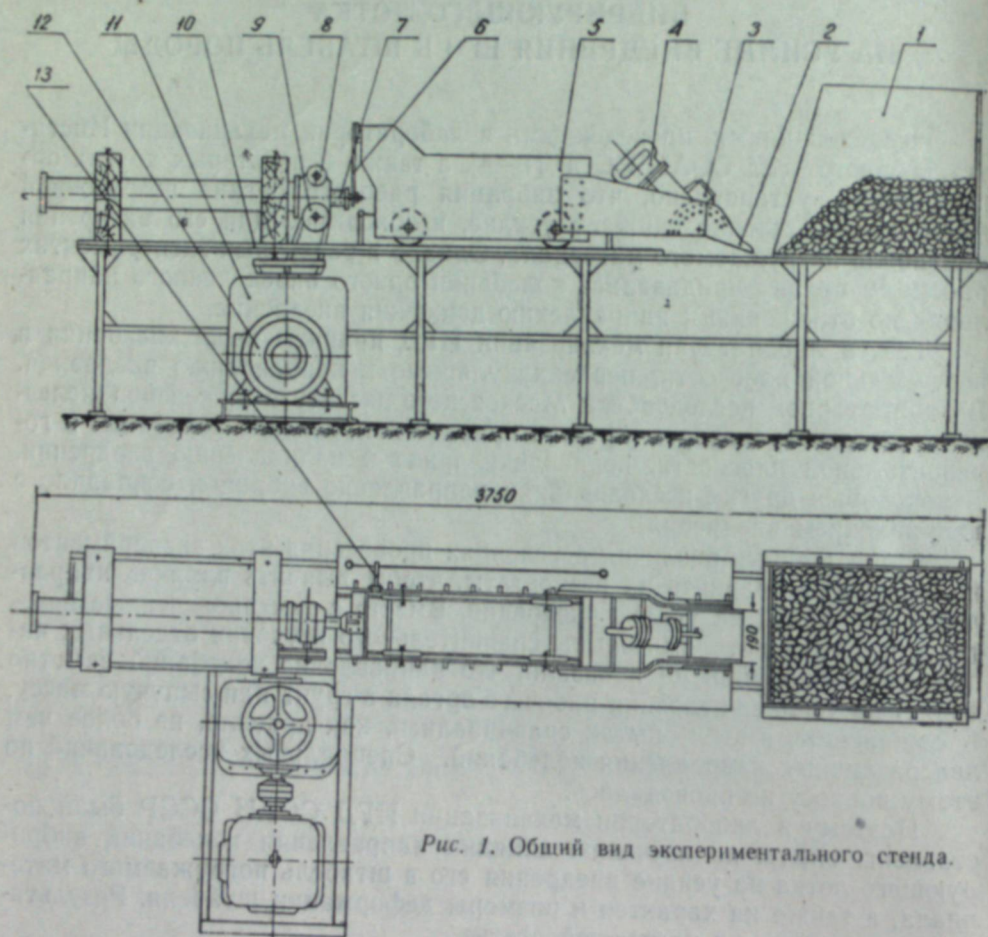


Рис. 1. Общий вид экспериментального стенда.

В передней части модели погрузочной машины был укреплен на кронштейнах вибрирующий лоток 2 с вибрационным устройством 4. Ширина вибрирующего лотка 190 мм, длина — 200 мм.

Вибрационное устройство состояло из электромолотка типа И-33, палец кривошипа которого с помощью шатуна соединялся с ползуном, имеющим возможность свободно перемещаться вдоль своей оси в специальных направляющих. На другой стороне ползуна был укреплен вибрирующий лоток. В электрическую цепь электромолотка включался реостат, позволяющий изменять частоту колебаний лотка от 400 до 2400 кол./мин. Изменение величины амплитуды колебаний достигалось путем смены кривошипов, изготовленных для трех значений амплитуды — 2, 4 и 6 мм. Поворачивая лоток вокруг оси, соединяющей его с пол-

зуном, можно было изменять угол между плоскостью лотка и осью ползуна, сообщая таким образом при работе вибрационного устройства лотку колебания, направленные под различными углами к его плоскости.

Установка нужного угла наклона вибрирующего лотка к горизонту осуществлялась путем поворота его вместе с вибрационным устройством вокруг горизонтальной оси.

Принцип действия вибрационного устройства иллюстрируют схемы, представленные на рис. 2. Схема а показывает взаимное расположение вибрирующего лотка и вибрационного устройства при горизонтальном положении лотка; при этом направление вибраций его совпадает с направлением движения внедрения. На схеме б взаимное расположение лотка и вибрационного устройства таково, что оно обеспечивает при горизонтальном лотке колебания в вертикальной плоскости, перпендикулярные к направлению движения внедрения. Схема в показывает общий случай, когда лоток наклонен под произвольным

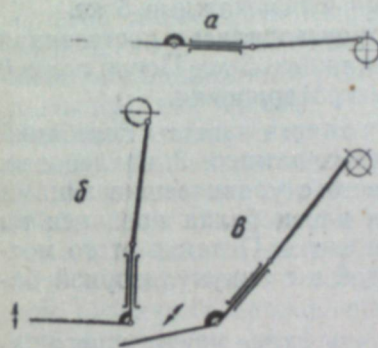


Рис. 2. Схемы, иллюстрирующие принцип действия вибрационного устройства.

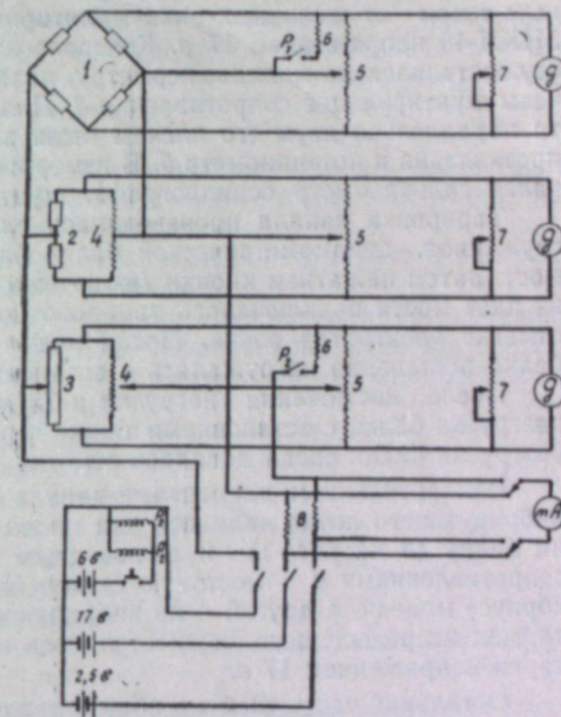


Рис. 3. Принципиальная схема регистрирующих каналов тензометрической установки.

углом к горизонту, а направление колебаний лотка — под произвольным углом к его плоскости. Направление движения внедрения для всех трех схем принято справа налево.

Экспериментальная установка была снабжена аппаратурой, регистрирующей усилия, возникающие при внедрении вибрирующего лотка в штабель породы, путь перемещения машины при внедрении лотка (а значит, при наличии отметчика времени и скорость перемещения) и частоту вибраций лотка. Величина амплитуды колебаний в принятой конструкции вибрационного устройства была равна двум эксцентриситетам кривошипа и поэтому в процессе одного опыта не изменялась и не фиксировалась.

В качестве основного регистрирующего прибора был использован тензометрический осциллограф типа ОТ-24-51. Питание катушек подмагничивания, источников света и двигателя лентопотяжного механизма осциллографа осуществлялось от генератора постоянного тока напряжением 36 в. Осциллограф имел отметчик времени, дающий на бумаге сетку с ценой деления 0,01 сек.

Принципиальная схема регистрирующих каналов тензометрической установки представлена на рис. 3. Как видно из схемы, установка состояла из трех каналов для одновременной записи трех величин. Канал для записи усилия внедрения включал в себя измерительный мост, блок питания, балансирующие сопротивления и гальванометр осциллографа. Мост 1 состоял из восьми проволочных датчиков, наклеенных на динамометрическую балку. Динамометрическая балка (6 на рис. 1) была консольно установлена сзади на корпусе модели. Для устранения возможных перекосов на конце балки имелся сферический выступ, в который упиралась плоская площадка, имевшаяся на конце винта домкрата.

Питание моста динамометрической балки осуществлялось постоянным током от щелочных аккумуляторных батарей типа 4ЖН-45 и 5НЖН-45 напряжением 17 в. Контроль за питанием всех трех каналов осуществлялся по миллиамперметру, параллельно которому были включены шунтирующие сопротивления 8. Для начальной балансировки моста параллельно двум его плечам были включены балансирующие сопротивления и потенциометр 5. В измерительную диагональ моста включался гальванометр осциллографа, шунтированный сопротивлением 7.

Тарировка канала производилась следующим образом. При незагруженной динамометрической балке балансировался измерительный мост. Затем нажатием кнопки (включением реле тарировки P) к одному из плеч моста подключалось тарировочное сопротивление 6 и давалась отметка электротарировки. После включения реле динамометрическая балка постепенно нагружалась с остановками через каждые 5 кг.

После достижения нагрузки в 75 кг производилась постепенная разгрузка балки с остановками также через каждые 5 кг. После полной разгрузки балки снова давалась отметка электротарировки.

Измерительными элементами канала для записи частоты колебаний вибрирующего лотка являлись два проволочных датчика 2, наклеенных на балку (3 на рис. 1) и включенных вместе с уравнивающими сопротивлениями 4 в мостовую схему. Один конец балки крепился на корпусе модели, а другой — на вибрирующем лотке. Питание этого моста, как и предыдущего, осуществлялось от той же аккумуляторной батареи напряжением 17 в.

Остальная часть схемы в общем аналогична схеме предыдущего канала. Но в последней отсутствует тарировочное сопротивление ввиду того, что, как уже говорилось ранее, осциллографом фиксировалась только частота деформаций балки (3 на рис. 1), т. е. частота колебаний вибрирующего лотка; амплитуда этих колебаний в каждом опыте оставалась постоянной и определялась величиной эксцентриситета кривошипа вибрационного устройства, и поэтому надобность в тарировке этой балки отпадала.

Измерительный мост канала для записи пути движения модели при внедрении вибрирующего лотка в штабель погружаемой породы состоял из измерительного реохорда 3 и уравнивающего сопротивления 4. Реохорд представлял собой натянутую на столе вдоль рельсов константановую проволоку (13 на рис. 1), по которой скользил контакт, укрепленный на корпусе модели. Питание моста реохорда осуществлялось от аккумуляторной батареи типа 2ЖН-45 напряжением 2,5 в. Для тарировки реохорда модель устанавливалась таким образом, что передняя кромка лотка отстояла от штабеля на расстоянии 80 мм, балансировался измерительный мост, после чего давалась отметка электротарировки. Затем модель перемещалась с внедрением в штабель на расстояние 300 мм с остановками через каждые 20 мм. После того как модель проходила весь путь в 300 мм, ее останавливали, возвращали в исход-

ное положение с остановками через те же интервалы и делали отметку электротарировки.

В начале каждого опыта модель устанавливалась в исходном положении таким образом, чтобы передняя кромка вибрирующего лотка находилась на расстоянии 80 мм от основания штабеля. Затем включался электродвигатель механизма передвижения модели, и винт домкрата, выдвигаясь из гайки червячного редуктора, перемещал модель по направлению к штабелю. Одновременно включался осциллограф. В момент касания вибрационным лотком основания штабеля включалось вибрационное устройство. После окончания внедрения лотка на нужную глубину электродвигатель механизма передвижения резко реверсировался. При этом винт домкрата менял направление движения и начинал втягиваться в гайку червячного редуктора, а модель оставалась на месте с внедренным в штабель лотком. Одновременно с реверсированием электродвигателя механизма передвижения выключались вибрационное устройство и осциллограф.

После окончания внедрения производились замеры деформаций штабеля, затем модель возвращалась в исходное положение и производилась подготовка к следующему наблюдению.

Таким образом, в каждом наблюдении были получены осциллограммы и данные замеров деформаций штабеля.

Обработка осциллограмм производилась путем планиметрирования разбитой на равные участки площади, ограниченной кривой усилия и нулевой линией. На каждом участке ордината определяемого усилия располагалась посередине между граничными ординатами участка и определялась как частное от деления измеренной площади на расстояние между граничными ординатами.

В результате обработки осциллограмм были установлены зависимости усилия внедрения от глубины внедрения вибрирующего лотка в штабель при различных направлениях вибраций и построен график зависимости усилия внедрения от направления вибраций (рис. 4). На этом графике по оси ординат отложено усилие внедрения в штабель вибрирующего лотка (в кг), а по оси абсцисс — угол между плоскостью лотка и направлением вибраций (в градусах). Отсчет угла принят по часовой стрелке. Из графика видно, что с увеличением угла β между плоскостью лотка и направлением вибраций от 0 до 15—20° усилие постепенно возрастает примерно на 7—8%. С дальнейшим увеличением угла β усилие уменьшается, достигая при $\beta = 45^\circ$ снова значения, равного усилию при направлении вибраций параллельно плоскости лотка. При $\beta = 90^\circ$ усилие внедрения уже на 27% меньше, чем при $\beta = 0$. С дальнейшим увеличением угла усилие становится еще меньше и достигает минимального значения при $\beta = 135^\circ$. При увеличении угла β от 135° до 180° усилие внедрения снова возрастает до величины, соответствующей внедрению с вибрацией, направление которой совпадает с плоскостью лотка.

Такой характер зависимости может быть объяснен следующим образом. При увеличении угла β от 0 до 15—20° насыпному грузу в штабеле при внедрении в него вибрирующего лотка передаются вибрации, направление которых вызывает движение материала от лотка к штабе-

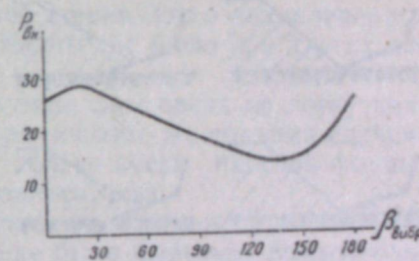


Рис. 4. График зависимости усилия внедрения от направления вибраций.

лю, уплотнение материала перед лотком, вследствие чего усилие внедрения растет. При изменении угла β от $15-20^\circ$ до $125-130^\circ$ направление колебаний, передающихся насыпному грузу от лотка, изменяется от транспортирующего в сторону штабеля до транспортирующего в сторону лотка. Вибрации при угле β , близком к 90° , не оказывают на материал транспортирующего воздействия, а только придают ему свойство «вибротекучести». По мере увеличения угла от $125-130^\circ$ транспортирующее воздействие вибраций в сторону лотка становится все более интенсивным, и это приводит к быстрому продвижению материала по лотку, т. е. быстрой отборке материала из штабеля внедряющимся лотком. Уменьшение количества материала перед лотком обуславливает снижение усилия. При дальнейшем увеличении угла β до 180° транспортирующее воздействие вибрации в сторону лотка уменьшается, и это обуславливает увеличение усилия внедрения.

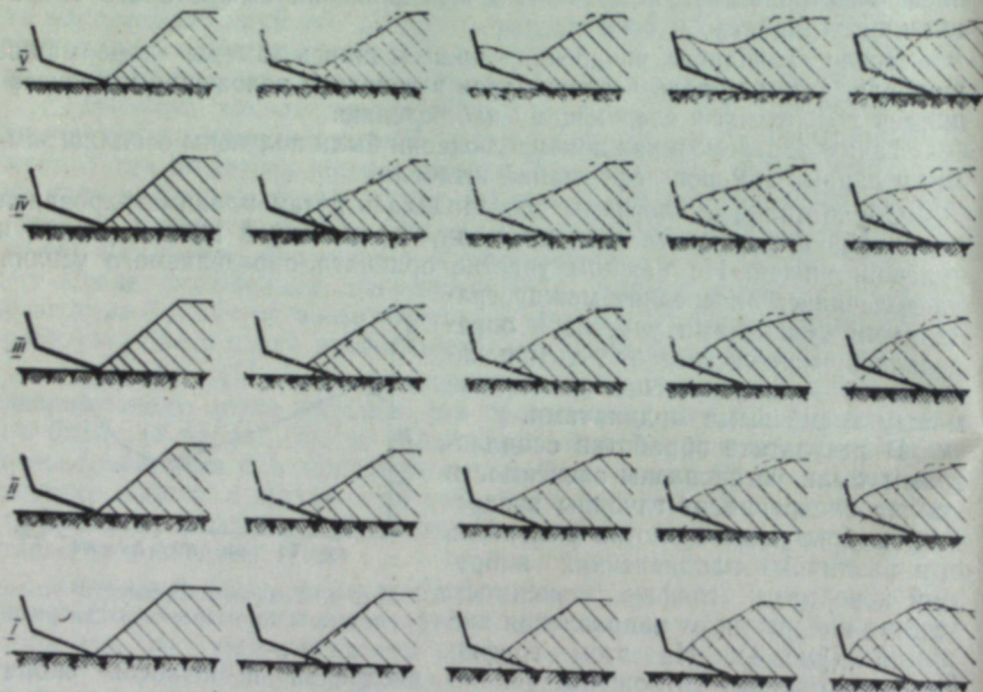


Рис. 5. Схемы деформаций штабеля.

Изложенные соображения хорошо иллюстрируются схемами деформаций штабеля при внедрении в него вибрирующего лотка при различных направлениях вибраций (рис. 5). Характер и размеры деформаций штабеля установлены путем непосредственных замеров с помощью специальных реек во время экспериментов.

Схемы, обозначенные цифрой I, показывают ряд последовательных положений лотка при внедрении его в штабель на различную глубину без вибрации. Как видим, внедрение статического лотка вызывает деформации штабеля, направленные вверх и в сторону штабеля, как это уже ранее отмечалось [3, 4].

Цифрой II обозначены схемы деформаций штабеля при нескольких последовательных положениях лотка во время внедрения в опыте с направлением колебаний, совпадающим с плоскостью лотка. Следующие III и IV схемы показывают деформации штабеля при β , равном соответственно $20-25^\circ$ и 90° . Сравнение между собой II, III и IV схем по-

казывает, что вибрации, направленные перпендикулярно плоскости лотка (IV ряд), вызывают наибольшую «вибротекучесть» погружаемого материала, обуславливающую наибольшее натекание его на вибрирующий лоток. При колебаниях, совпадающих с направлением внедрения (II ряд), стекание породы в сторону лотка уменьшается вследствие незначительного транспортирующего действия на нее вибраций. Заметно больше сказывается влияние транспортирующего действия на схемах III. В последнем, V ряду представлены схемы деформации штабеля при угле $\beta = 125-130^\circ$. Здесь отмечается наибольшее транспортирующее действие вибраций в сторону лотка.

Более подробное изучение взаимодействия вибрирующего лотка с погружаемым материалом при транспортирующем в сторону лотка направлении его колебаний позволило установить следующую картину этого процесса. При внедрении лотка в штабель вибрации от лотка передаются определенному объему породы в штабеле, сообщая ей подвижное, «вибротекучее» состояние. Сыпучая масса внешне становится сходной по свойствам с вязкой жидкостью. При этом в штабеле происходит «стекание» находящегося под воздействием вибрации насыпного груза, и на каждую частицу массы действует подпор вышележащего объема, вызывающий ее перемещение в сторону вибрирующего лотка. После того как частица попала на лоток, на нее действуют уже две силы: сила подпора со стороны стекающей из штабеля массы и транспортирующее действие вибрирующего лотка, которые в сумме вызывают сравнительно быстрое перемещение ее по лотку. Таким образом, уже в самом начале внедрения слой сыпучей массы достигал задней стенки лотка. Постепенно, по мере внедрения лотка в штабель, у задней стенки лотка накапливалась порода с откосом в сторону штабеля, которого не было при других направлениях колебаний.

Необходимо отметить, что в массе в виде слоя вверх по лотку поднимались куски породы любой формы. При попытке же подъема единичных кусков оказалось, что поднимались только куски плоской формы, округлые же или кубические чаще скатывались вниз.

Специальная серия опытов была поставлена с лотком, у которого по всей ширине его вплотную к задней стенке было вырезано прямоугольное отверстие. В этом случае уже в самом начале внедрения порода, перемещаясь по лотку, достигала задней стенки и проваливалась в отверстие. Продвижение породы к отверстию происходило даже при прекращении внедрения. Таким образом, в случае достаточной глубины первоначального внедрения из штабеля могла быть убрана значительная часть породы даже при неподвижной модели.

Весьма интересно отметить, что отсутствие скопления породы у задней стенки, характерное для внедрения лотка с вырезом у задней стенки, обуславливало существенное снижение усилия внедрения лотка в штабель.

Выводы

1. Экспериментально подтверждена связь между направлением вибраций, сообщаемых вибрирующему лотку, и усилием, необходимым для его внедрения в штабель насыпного груза, а также установлен качественный характер зависимости между ними. Одновременно выявлено влияние направления вибраций на характер и величину деформаций штабеля, возникающих при внедрении в него вибрирующего лотка.

2. Для получения максимальной производительности при минимальном усилии внедрения лотка непрерывного действия наиболее рациональными являются вибрации, направленные под углом $40-45^\circ$ к плоскости

лотка в сторону обратно направленного внедрения, т. е. имеющие «транспортирующее» направление.

3. Для ковшей погрузочных машин периодического действия наиболее рациональными являются вибрации в вертикальной плоскости, перпендикулярные к направлению внедрения. При этом усилие внедрения лишь немного превышает усилия при «транспортирующем» направлении вибраций, а конструкция ковша может быть достаточно простой.

Институт горного дела
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
6/IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. В. Родионов, А. Д. Костылев, К. С. Гурков, Влияние вибрирования на эффективность черпания скальных пород ковшами погрузочных машин. Горный журнал, № 3, 1956.
2. Г. В. Родионов, К. С. Гурков, Исследование влияния вибрирования на процесс черпания скальных пород. Тр. Горно-геол. ин-та ЗСФАН СССР, вып. 19, Новосибирск, 1957.
3. К. С. Гурков, Особенности взаимодействия обычного и вибрационного ковшей с насыпным грузом. Тр. Горно-геол. ин-та ЗСФАН СССР, вып. 19, Новосибирск, 1957.
4. К. С. Гурков, Некоторые результаты экспериментального исследования вибрационных погрузочных органов. Сб. Горные машины, вып. 3, М., Углетехиздат, 1958.
5. В. А. Федорчук, Об уменьшении напорного усилия погрузочных машин. Строительное и дорожное машиностроение, № 6, 1957.
6. В. И. Баловнев, Экспериментальные исследования разрушения грунтов вибрирующим и виброударным исполнительными органами. Канд. дисс., М., 1954.

В. М. САМОЧКИН

ПЕРЕРАБОТКА БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩА НОВОСИБИРСКОЙ ГЭС НА ВТОРОМ ЭТАПЕ ЗАПОЛНЕНИЯ (1958 г.)

Наполнение водохранилища Новосибирской ГЭС началось в 1957 г., когда уровень воды в верхнем бьефе был поднят на 12 м, до отметки 106,0 м. Впервые на Оби был создан водоем емкостью около 3 км³ и площадью водного зеркала примерно 500 км².

Ранее нами и С. Г. Бейромом [1] были рассмотрены условия и характер изменения береговой полосы Новосибирского водохранилища на первом этапе заполнения.

В настоящей статье освещается влияние основных гидрометеорологических факторов на переработку берегов Новосибирского водохранилища в 1958 г. — на втором этапе заполнения, приводятся количественные характеристики этого процесса и дается прогноз отступления бровки берега на 1959 г., при заполнении водохранилища до нормально подпертого горизонта (НПГ).

Весной 1958 г. уровень воды в верхнем бьефе ГЭС достиг отметки 108,0 м, а в июле 110,0 м и до конца навигации незначительно повышался. В результате образовался крупный водоем объемом 5,6 км³ и площадью водного зеркала 808 км².

Водохранилище имело вид долинного озера, вытянутого с юго-запада на северо-восток, с уширением до 16 км в приплотинной, нижней зоне (рис. 1). Подпор в 1958 г. распространился на 160 км до д. Соколово, пойма Оби затоплена до с. Кирза.

Еще до создания водохранилища на Оби лабораторией гидрологии Транспортно-энергетического института Сибирского отделения АН СССР была проведена подготовка к исследованию переработки берегов. Она заключалась в детальном натурном изучении характера береговых склонов, выборе и закреплении на местности наблюдательных профилей для производства длительных наблюдений. На первом береговом склоне в нижней зоне водохранилища, где ожидалась наиболее интенсивная переработка берега, были оборудованы три участка наблюдений: в районе старого Бердска, бердских пионерских лагерей и Верхней Ельцовки (см. рис. 1). Здесь берегами водохранилища оказались высокие террасы Оби, сложенные мелкозернистыми песками (участки старого Бердска и бердских пионерских лагерей), и склоны приобского плато, сложенного макропористыми суглинками и супесями (участок Верхней Ельцовки).

После создания водохранилища в 1957—1958 гг. проводились комплексные наблюдения над характером обрушения берегов, скоростью отступления бровки, формированием отмелей, ветро-волновым режимом водохранилища и другими факторами, влияющими на переработку берегов.

Большое влияние на переработку берегов оказывал ветер, создаю-

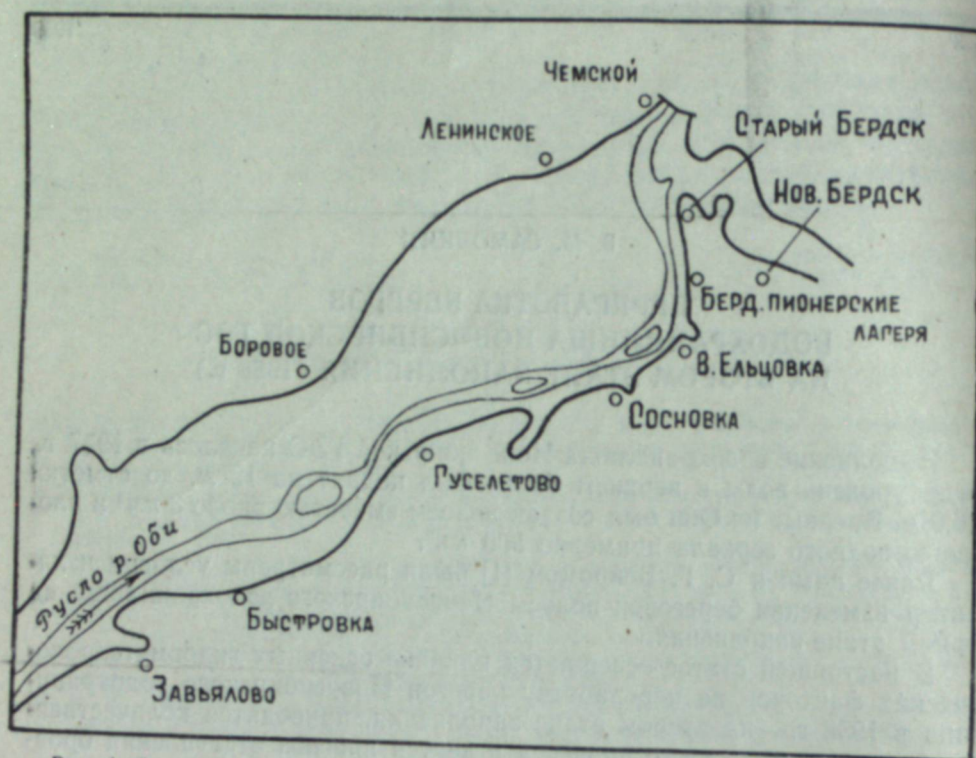


Рис. 1. Схематический план нижней части водохранилища Новосибирской ГЭС.

ший волны, под динамическими ударами которых происходило обрушение берегов.

На берегу Обского водохранилища в районе старого Бердска был установлен электромеханический самописец, который непрерывно регистрировал направление и среднюю скорость ветра за последовательные десятиминутные интервалы времени.

Навигационный период 1958 г. характеризовался повышенной ветро-волновой деятельностью. Сильные ветры со скоростями, достигающими 20 м/сек, отмечены в июне, сентябре и октябре. Наибольшая продолжительность сильных ветров была в осенний период. Так, ветер со скоростью от 8 до 12 м/сек наблюдался в мае — 14 часов, в июне — 4, в июле — 63, в августе — 26, в сентябре — 177 и в октябре — 174 часа. В целом за навигацию на долю ветров до 8 м/сек приходилось 85% времени и только в продолжение примерно 15% навигационного периода наблюдались сильные ветры — свыше 8 м/сек.

Ветры со скоростью свыше 8 м/сек, как правило, относятся к юго-западному ветровому потоку. Поэтому, как и ожидалось, наиболее интенсивно разрушался правый берег водохранилища, ориентированный в сторону господствующих сильных ветров.

В соответствии с ветровым режимом наиболее сильное волнение на водохранилище наблюдалось в конце навигации — в сентябре — октябре. Измеренные максимальные волны достигали высоты 1,8 м. Однако в продолжение 80—85% навигационного времени на водохранилище отмечались волны высотой до 0,5 м.

Воздействие волны на берег выражалось в подмыве надводного склона, что приводило к обрушению берегов и формированию отмелей.

Берега разрушались эпизодически в результате сильного волнения, при скорости ветра более 8—10 м/сек. Так, за один шторм 30—31 июля

на всех участках наблюдений по правому берегу в озеровидной части водохранилища бровка берега отступила в среднем на 3 м, а максимально — на 6 м.

Интенсивность переработки берега увеличивалась при подъеме уровня воды (см. рис. 2), который происходил не только вследствие наполнения водохранилища, но и при ветровых нагонах. В 1958 г. береговые склоны всегда находились в контакте с урезом воды и могли подвергаться активному волновому воздействию. Поэтому, когда уровни водохранилища были подняты на 2 м весной и на столько же в конце июля — начале августа и береговые защитные отмели, сформировавшиеся ранее, оказались затопленными, наблюдалась активная переработка берегов.

Наибольшее разрушение берегов как в 1957 г., так и в 1958 г. происходило в сентябре — октябре. В этот период, как отмечено выше, наблюдались сильные, продолжительные ветры, которые вызывали активное волнение и нагоны уровней.

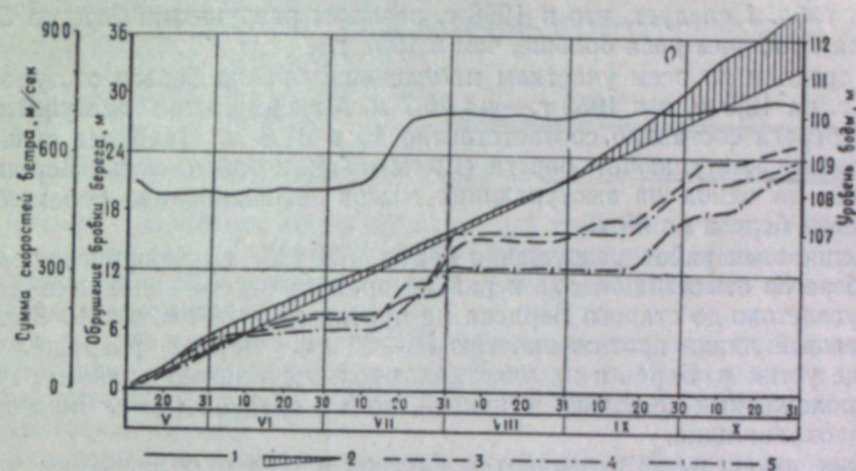


Рис. 2. Совмещенный график хода переработки берегов, уровней и скорости ветра за навигацию 1958 г.

1 — колебание горизонта воды; 2 — нарастание среднесуточных скоростей ветра; 3 — отступление бровки берега на участке Верхней Ельцовки, профиль 1; 4 — отступление бровки берега на участке старого Бердска, профиль 3; 5 — отступление бровки берега на участке бердских пионерских лагерей, профиль 7.

В сентябре — октябре бровка берега отступила на наблюдательных профилях нижней зоны в среднем на 10,4 м, что составляет около 40% ее отступления за сезон.

Зависимость переработки берега от режима наполнения водохранилища и скорости ветра показана на рис. 2 (скорость ветра и отступление бровки берега нанесены в виде интегральных кривых, заштрихованная часть графика представляет собой эпюру изменений скоростей ветра за сезон).

Скорости течения в прибрежной части водохранилища были в 1958 г. незначительны: они достигли максимальной величины в конце июня (0,3—0,35 м/сек), затем по мере уменьшения расходов воды в реке снизились до 0,1 м/сек. Благодаря таким сравнительно небольшим скоростям, течения непосредственно на размыв берегов влияния не оказывали. Их работа в этом отношении ограничивалась переносом наиболее мелких частиц грунта, образовавшихся в результате волнового разрушения и размыва берегов и находящихся во взвешенном или полувзвешенном состоянии.

Данные об отступлении бровки коренного берега за два года существования водохранилища по ряду участков наблюдений приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Отступление бровки коренного берега в 1957—1958 гг. (м)

Место наблюдений	К-во профилей	1957 г.			1958 г.			За два года		
		сред.	макс.	мин.	сред.	макс.	мин.	сред.	макс.	мин.
Старый Бердск	5	11,8	14,0	8,3	27,5	40,6	23,1	39,2	54,6	31,5
Бердские пионерские лагеря	9	11,5	15,0	7,5	21,0	27,5	15,7	32,5	40,0	23,9
Верхняя Ельцовка	4	12,7	14,8	8,7	31,8	41,8	26,1	44,5	46,7	35,0
По всем участкам		12,0	15,0	7,5	26,7	41,8	15,7	38,7	54,6	23,9

Из табл. 1 следует, что в 1958 г. размеры разрушения берегов были в два с лишним раза больше, чем в 1957 г.

В среднем по всем участкам наблюдений бровка берега отступала в 1957 г. на 12,0 м, а в 1958 г. — на 26,7 м. Максимальное отступление бровки берега составило соответственно 15 и 41,8 м. Наиболее сильно разрушались выступающие берега (мысы). Так, в районе устья Верхней Ельцовки на одном из выступающих мысов зафиксировано перемещение бровки берега на 68 м.

Расширился район разрушения берегов. В 1957 г. активная переработка берегов отмечена только в районе правого берега водохранилища от с. Гуселетово до старого Бердска на протяжении 20 км, а в 1958 г. — на береговой линии протяженностью 55—60 км. Берега разрушались в районе устья р. Бердь и на участках, преимущественно правого берега, расположенных не только в нижней, но и в средней (до с. Чингисы) зоне водохранилища.

Более интенсивная переработка берегов в 1958 г. объясняется тем, что вследствие подъема уровней увеличились размеры водохранилища (глубина и площадь), тем самым при сильных и продолжительных ветрах, наблюдавшихся в навигацию 1958 г., сложились благоприятные условия для волновой деятельности. Значительное уменьшение высоты берегов в 1958 г. также способствовало увеличению размеров переработки.

Бровка высоких берегов, как правило, отступила меньше, чем бровка низких берегов. Однако объем обрушенного и переработанного грунта для высоких берегов был больше. Так, на участке старого Бердска, где берега имели высоту около 3 м, на 1 пог. м обрушилось и переработано в 1958 г. примерно 100 м³ грунта, а на участке пионерских лагерей при высоте берега около 10 м — 180 м³.

Объем обрушенного и переработанного грунта по всей береговой линии водохранилища в 1957 г. ориентировочно был равен 4,5 млн. м³, а в 1958 г. — 6,2 млн. м³.

При анализе материалов наблюдений отмечается, что склоны правого берега, различно ориентированные по отношению к господствующим штормовым ветрам, при прочих равных условиях, разрушались в одинаковых размерах. Это можно объяснить тем, что при косом подходе волны к берегу наряду с подмывом склонов осуществляется унос обрушенного грунта от места обвала. При нормальном подходе волны к берегу интенсивнее происходит подмыв берега, но ухудшается перенос наносов от места обрушения. В этом случае быстрее идет образова-

ние прибрежной отмели, которая защищает берег от дальнейшего разрушения.

Формирование прибрежных отмелей в 1958 г. происходило при двух различных уровнях воды в водохранилище — на отметках 108 м и 110 м. К концу навигации отмель имела ширину около 40 м, крутизну 20°30' и глубину H на бровке уступа отмели примерно 1,5 м (рис. 3) с незначительными отклонениями на различных профилях. Состав слагающих берег грунтов не оказывал существенного влияния на размеры сформировавшихся отмелей.

Зоны наката в 1957—1958 гг. не было, так как уровень воды в водохранилище периодически повышался.

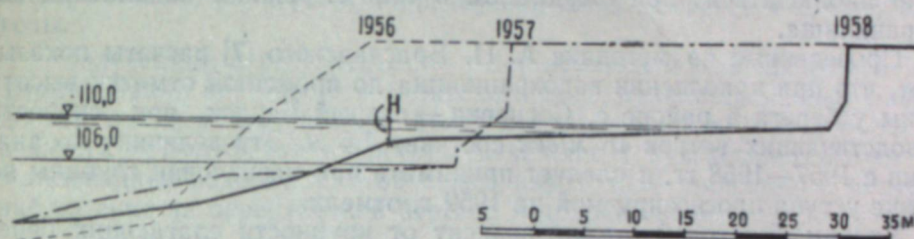


Рис. 3. Профиль размываемого берега на участке Верхней Ельцовки.

Отмель в основном имела абразионный характер и только частично была аккумулятивной. Примерно 80% обрушенного грунта в условиях Новосибирского водохранилища переходит во взвешенное состояние и уносится за пределы отмели.

По мере разрушения берегов надводные откосы приобретали большую крутизну. Суглинистые берега становились почти отвесными и долго удерживали эту форму; песчаные имели вогнутый профиль со средней крутизной 30—40°.

Полученные в результате натуральных наблюдений за динамикой переработки берегов данные позволяют составить прогноз отступления бровки берега водохранилища на 1959 г. при заполнении его до проектной отметки.

Расчет ожидаемого отступления бровки берега водохранилища заключается в определении формы, размеров и расположения береговой отмели.

Эта задача методически разделяется на две: во-первых, следует определить профиль отмели, устойчивый при заданном расчетном волнении и известных характеристиках грунтов берега; во-вторых, необходимо правильно разместить построенный профиль относительно первоначального берега.

Расчет профиля береговой отмели начинается обычно с определения глубины (H) на бровке уступа подводной отмели (см. рис. 3), или глубины, на которую распространяется размывающая деятельность волн во время сильных штормов. Эту глубину Б. В. Поляков [2] рекомендует принимать равной $2h$, Е. Г. Качугин [3] — h , Г. С. Злотарев [4] — для первой стадии (10 лет) — h , для конечной — $1/3 L$, Б. А. Пышкин [5] — $1,5h$ (здесь h — высота, L — длина волны). Н. Е. Кондратьев [6] получил теоретическую формулу, по которой глубина размыва определяется в зависимости от высоты волны и состава слагающих пляж грунтов.

Рекомендации перечисленных выше авторов получены по наблюдениям на различных водохранилищах и естественных водоемах, а поэтому при использовании их в других условиях следует вносить соот-

ветственные коррективы. На основе натуральных наблюдений должна быть проверена и зависимость Н. Е. Кондратьева.

Наблюдениями лаборатории гидрологии Транспортно-энергетического института Сибирского отделения АН СССР на Новосибирском водохранилище в 1957 и 1958 гг. установлено, что между высотой волны на водохранилище и глубиной на бровке отмели существует определенная взаимосвязь. В 1957 г. при наполнении водохранилища до отметки 106,0 м эта глубина равнялась 1,2 м, а в 1958 г. — при наполнении до 110,0 м в обоих случаях была равна максимальной высоте волны при скорости ветра 15 м/сек. Такая взаимосвязь позволяет определить глубину на внешнем крае береговой отмели по высоте волны, которая будет наблюдаться при ожидаемом в 1959 г. режиме наполнения водохранилища.

Проведенные по методике А. П. Браславского [7] расчеты показывают, что при наполнении водохранилища до проектной отметки высота волны у берега в районе с. Сосновка — старый Бердск при скорости господствующих ветров 15 м/сек составит 1,6 м. Эту величину по аналогии с 1957—1958 гг. и следует принимать при назначении глубины на бровке уступа прогнозируемой на 1959 г. отмели.

Уклоны береговой отмели зависят от крупности слагающих берег фракций и высоты волны на водохранилище.

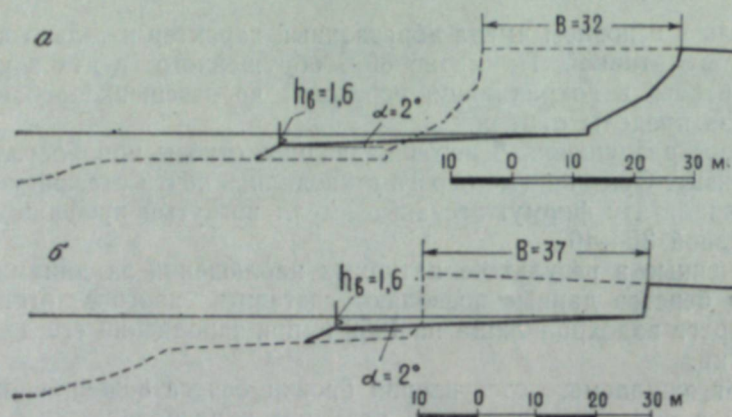


Рис. 4. Профили берега, прогнозируемые на 1959 г.
а — район бердских пионерских лагерей; б — район Верхней Ельцовки.

Углы отмелей, образовавшихся в 1957—1958 гг. на водохранилище Новосибирской ГЭС, оказались меньше тех, которые рекомендуются для расчетов Б. В. Поляковым, Е. Г. Качугиным и Б. А. Пышкиным. Поэтому при разработке прогноза разрушения берегов на 1959 г. в качестве аналога можно использовать углы отмелей, сформированных в 1958 г. Надводные откосы береговых склонов также возможно принять аналогичными склонам, образовавшимся в первые годы существования водохранилища.

При размещении профиля отмели относительно первоначального берега стремились получить такие соотношения, при которых 20% объема обрушенного грунта шло на формирование аккумулятивной части прибрежной отмели. Угол уступа отмели принят равным 18°, т. е. такой, который наблюдался в 1958 г.

Исходя из изложенного выше, методом графических построений мы определяли размер переработки берега на 1959 г. для одного из наиболее сильно разрушенных участков берега. На рис. 4 приводятся профи-

ли прогнозируемого берега для района бердских пионерских лагерей и Верхней Ельцовки. Здесь в 1959 г. при проектной отметке горизонта воды ожидается отступление бровки берега соответственно на 32 и 37 м.

За два года существования водохранилища берег в районе с. Сосновка — г. Бердск отступил в среднем на 40 м, а по некоторым профилям — на 50—60 м. В 1959 г. активный процесс разрушения берегов увеличится. Граница переработки берега достигает расчетной на десятилетний период. Многие гектары ценных земельных площадей будут потеряны для народного хозяйства.

При осуществляемом в настоящее время активном освоении побережья водохранилища Новосибирской ГЭС весьма желательно заранее предвидеть размеры и характер обрушения берегов в последующие годы.

Полученные в результате двух лет наблюдений за процессом переформирования берегов Новосибирского водохранилища данные еще недостаточны для разработки теоретических вопросов в этой области и решения практических вопросов, связанных с водохозяйственным использованием водоема. С этой целью необходимо продолжить натурные наблюдения за переработкой берегов водохранилища.

Транспортно-энергетический институт
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
7/II 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Г. Бейром, В. М. Самочкин, Условия и характер изменения береговой полосы Новосибирского водохранилища (в первой стадии заполнения). Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 8, 1958.
2. Б. В. Поляков, Гидрологический анализ и расчеты. Гидрометеониздат, 1946.
3. Е. Г. Качугин, О размерах переработки берегов при подпоре рек. Гидротехническое строительство, № 12, 1951.
4. Г. С. Злотарев, Инженерно-геологическое изучение береговых склонов водохранилищ и оценка их переработки. Тр. Лаборат. гидрогеологич. проблем им. Ф. П. Соваренского, т. XII, Изд. АН СССР, 1955.
5. Б. А. Пышкин, Вопросы динамики берегов водохранилищ. Киев. Изд. АН УССР, 1954.
6. Н. Е. Кондратьев, Расчеты ветрового волнения и переформирования берегов водохранилищ. Гидрометеониздат, 1953.
7. А. П. Браславский, Расчет ветровых волн. Тр. ГГИ, вып. 35 (89), Гидрометеониздат, 1956.

А. К. ШАРОВА, И. Г. ЧУФАРОВА,
М. В. ВИТТИХ, Ф. Т. ШОСТАК

ВЫДЕЛЕНИЕ ГЕРМАНИЯ ИЗ РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДОМ ИОННОГО ОБМЕНА

С каждым годом все большее внимание исследователей привлекает метод ионного обмена для выделения рассеянных редких металлов и, в частности, германия из разбавленных растворов.

Нами изучалась возможность применения метода ионного обмена для выделения малых количеств германия (10—25 мг/л) из растворов.

В литературе очень немного статей, посвященных ионному обмену германат-ионов. Работая в этом направлении, Эверст и Салмон [1] определили формы существования двуокиси германия в растворе путем изучения сорбции германат-ионов на сильноосновном анионите — амберлите IRA-400 в присутствии Cl^- -ионов.

Германий сорбируется на указанном ионите при $\text{pH} = 4-13$. Максимум сорбции германия наблюдается при $\text{pH} = 9-9,2$. При $\text{pH} < 6$ и > 11 германий сорбируется незначительно. Эверст и Салмон установили, что в области $\text{pH} = 6,9-9,4$ происходит сорбция пентагерманат-ионов Ge_5O_{11} . Уменьшение сорбции германия при более низких значениях pH происходит вследствие сорбции моногерманат-ионов HGeO_3^- и GeO_3^{2-} . При $\text{pH} > 9,4$ происходит сорбция на анионите германат-ионов с более низкой степенью полимеризации, чем у $\text{Ge}_5\text{O}_{11}^{2-}$.

Эверст и Салмон [2] изучали также ионный обмен растворов германатов, содержащих сульфат- и ортофосфат-ионы. Авторы указывают, что при понижении pH от 9 до 4 происходит деполимеризация $\text{Ge}_5\text{O}_{11}^{2-}$. Сорбция германия из растворов, содержащих SO_4^{2-} и PO_4^{3-} , проходит через максимум при $\text{pH} = 9$, сорбция же SO_4^{2-} и PO_4^{3-} при $\text{pH} = 9$ была минимальной. С увеличением концентрации SO_4^{2-} и PO_4^{3-} при постоянном pH сорбция германия уменьшается. Эверст и Салмон считают, что в интервале $\text{pH} = 7-9$ происходит сорбция комплексных ионов $[\text{GeO}_2(\text{SO}_4)]^{2-}$ в присутствии ионов SO_4^{2-} и комплексных ионов $[\text{HGeO}_2(\text{PO}_4)]^{2-}$ в присутствии ионов PO_4^{3-} .

Эверстом [3] проведено ионообменное исследование растворов, содержащих четырехвалентный германий и оксалат. В качестве смолы использовался амберлит IRA-400.

В щелочной среде четырехвалентный германий не образует оксалатных комплексов. При $\text{pH} < 3$ германий сорбируется в виде комплексных ионов $[\text{Ge}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{2-}$ и частично в виде $[\text{HGe}(\text{C}_2\text{O}_4)]^-$ и $[\text{HGeO}(\text{C}_2\text{O}_4)]^-$. При $\text{pH} = 3-6$, а также при недостатке ионов $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ в растворе образуются комплексные ионы $[\text{GeO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-}$ и $[\text{GeO}_2(\text{C}_2\text{O}_4)]^{2-}$.

Из приведенного краткого литературного обзора видно, что изучение ионного обмена германия проводилось в основном в растворах, близких к нейтральным.

Сравнительное исследование различных анионитов для извлечения германия из растворов

Чтобы выбрать анионит для извлечения германия из разбавленных растворов, проведено сравнительное исследование сорбции германия на различных анионитах: I, II, III, IV. Из указанных анионитов первые три обладают сильноосновными свойствами. Анионит IV является среднеосновным.

Сорбция германия на анионитах определялась в статических условиях.

Опыты проводились следующим образом. В колбочки емкостью 150 мл помещалось 5 г анионита. Анионит переводился в OH-форму и заливался определенным количеством сернистого раствора (0,6 н. по H_2SO_4), содержащего 22 мг/л Ge. Колбочки помещались во встряхиватель Шуттеля, и анионит с раствором перемешивались в течение 24 часов. Как показали предварительные опыты, за это время устанавливается равновесие между ионитом и раствором. Затем растворы отфильтровывались и анализировались на содержание германия. Германий определялся колориметрически с фенилфлуороном. Полученные результаты представлены в табл. 1. Сорбция германия рассчитывалась на воздушно-влажное состояние смолы. Влажность исследуемых анионитов была следующей: для I — 47%, III — 9%, II — 56%, IV — 42%. Во всех случаях анионита брали 5 г, исходного раствора 50 мг.

Таблица 1

Сорбция германия на анионитах				
Анионит	Содержание Ge в исходном растворе, мг	Содержание Ge в фильтрате, мг	Сорбировалось Ge, %	Сорбировалось Ge, мг на 1 г ионита
III	1,1	0,04	96,36	0,212
II	1,1	0,48	56,36	0,124
I	1,1	0,51	53,64	0,118
IV	1,1	0,91	17,27	0,038

Из полученных данных следует, что германий лучше сорбируется на сильноосновных анионитах, чем на среднеосновном. Сорбция германия на анионитах III, II и I примерно одинакова, если учесть влажность указанных ионитов. При проведении дальнейших исследований использовался высокоосновный анионит I.

Изучение условий сорбции германия на анионите I

Наиболее важными факторами, влияющими на величину сорбции германия на анионите, являются кислотность раствора, концентрация германия, скорость пропускания раствора через ионит. Нами изучено влияние этих факторов на сорбцию германия на анионите I в динамических условиях.

Для проведения опытов в динамических условиях использовались ионообменные колонки, изготовлявшиеся из обычных стеклянных бюреток высотой 65—70 см и внутренним диаметром 1 см. Внизу колонки находилась стеклянная вата. В колонку помещалось 15 г ионита. Высота слоя ионообменника в колонке составляла 28 см. Растворы подавались сверху.

Новая порция ионита подготавливалась следующим образом. Вначале навеску ионита выдерживали в течение суток в воде для набухания. С целью получения воспроизводимых результатов иониты предварительно подвергали попеременной обработке щелочью и кислотой.

Для работы с анионитом в солевой форме обрабатывали его 5% NaOH, промывали водой, затем пропускали 2 н. HCl и избыточную кислоту отмывали водой.

При работе с анионитом в гидроксильной форме его обрабатывали 5% NaOH и промывали водой. После этого пропускали 2 н. HCl, промывали ионит водой. Затем пропускали снова 5% NaOH и отмывали избыточную щелочность водой.

Определение динамической обменной емкости анионита I по германию при различной кислотности раствора

Динамическая обменная емкость анионита I определялась путем пропускания растворов с различной кислотностью, содержащих 25 мг/л германия, через колонку до момента «проскока» германия. «Проскок» контролировался путем анализа на германий последовательно отбираемых проб вытекающего раствора.

Растворы пропускались через колонку со скоростью 2,5 мл/см² мин. Ионит переводился в гидроксильную и солевую формы. Использование ионита в гидроксильной форме представляло практический интерес в связи с тем, что десорбция германия и регенерация анионита производились раствором едкого натра. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Динамическая обменная емкость анионита I по германию в зависимости от кислотности растворов (анионита брали 15 г)

Кислотность исходного раствора		Сорбировалось Ge, мг	Сорбировалось Ge, мг на 1 г анионита
н. H ₂ SO ₄	pH		
Анионит в OH-форме			
2		1,25	0,083
0,7		2,12	0,141
0,4		3,0	0,200
	1	5,37	0,358
	2	51,75	3,45
	3	178,2	11,9
	5	213,0	14,2
	7	215,2	14,3
	9	217,5	14,5
Анионит в Cl-форме			
0,6		1,37	0,091
	1	3,62	0,241

Из табл. 2 видно, что величина обменной емкости ионита I зависит от кислотности среды. При введении анионита в OH-форме в кислый раствор наблюдается переход анионита в солевую форму.

При этом происходит снижение кислотности раствора, которое зависит от количества анионита, концентрации германия и кислоты в растворе. В кислых растворах обменная емкость ионита низкая, по мере увеличения pH она возрастает. Наибольшая емкость ионита наблюдается при применении германийсодержащих растворов, имеющих pH = 5—9. В этих пределах pH происходит увеличение емкости примерно в 100 раз по сравнению с емкостью в растворах с начальной кислотностью 0,7 н. H₂SO₄. Это объясняется тем, что в растворах с pH, равным примерно 9, двуокись германия находится преимущественно в виде пентагерманиевой кислоты или смеси других поликислот [1, 2]. Анионы наиболее устойчивых полигерманиевых кислот обладают обычно тем же количеством зарядов, что и анионы моногерманиевой кислоты. Ионы полигерманиевых кислот содержат по несколько атомов германия, поэтому на ионите при их улавливании будет выделяться германия больше, чем в случае метагерманиевой кислоты. Кроме того, пентагерманиевая кислота имеет более высокую константу диссоциации, чем метагерманиевая. Следует учесть и то, что при переходе к растворам с высоким pH начинают действовать первичные и вторичные аминогруппы анионита и емкость его повышается.

Следовательно, при выделении германия целесообразно создавать условия, при которых германий находится в растворе в виде иона пентагерманиевой кислоты.

Определение динамической обменной емкости анионита I по германию при различной концентрации германия в растворе

Чтобы изучить влияние концентрации германия в растворе на величину его сорбции, определялась динамическая обменная емкость анионита I при различном содержании германия в растворе. Полученные данные представлены в табл. 3. Во всех опытах брались растворы 0,6 н. по H₂SO₄. Анионит переведен в OH-форму.

Таблица 3

Динамическая обменная емкость анионита I по германию в зависимости от концентрации германия в растворе (анионита I брали 15 г)

Концентрация германия в исходном растворе, мг/л	Сорбировалось Ge, мг	Сорбировалось Ge, мг на 1 г ионита
25	2,25	0,150
46	5,15	0,343
100	9,00	0,600

Полученные результаты показали, что обменная способность анионита I возрастает с увеличением концентрации ионов германия в растворе.

Опытным путем определялась также максимальная скорость пропускания растворов через ионит. Установлено, что растворы можно пропускать со скоростью до 10 мл/см² мин. При дальнейшем увеличении ее наблюдается «проскок» германия в фильтрат.

Извлечение сорбированного на анионите германия различными растворами

С целью десорбции германия были исследованы различные кислые и щелочные растворы. При этом важно было совместить процесс десорбции с регенерацией анионита.

Извлечение сорбированного на анионите германия водой, кислыми и щелочными растворами

Предварительно проводились опыты по десорбции германия водой, слабокислыми и слабощелочными растворами.

Через колонки, содержащие анионит I в гидроксильной и солевой формах, пропущено по 100 мл германийсодержащего раствора с $pH = 1$.

Для вымывания сорбированного германия взято по 50 мл указанных ниже растворов. Полученные результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Извлечение германия, сорбированного на анионите I

Содержание Ge в исходном растворе, мг	Содержание Ge в вытекающем растворе, мг	Сорбировалось на анионите Ge, мг	Раствор для извлечения сорбированного Ge		Извлечено Ge в раствор, мг
			состав	количество, мл	
Анионит в OH-форме					
2,5	0,0050	2,4950	Вода, $pH = 7$	50	не обнаружен
2,5	0,0055	2,4945	Слабокислый раствор, $pH = 5$	50	.
2,5	0,0056	2,4944	Слабощелочной раствор, $pH = 11$	50	.
Анионит в Cl-форме					
2,5	0,0040	2,4960	Вода, $pH = 7$	50	.
2,5	0,0050	2,4950	Слабокислый раствор, $pH = 5$	50	.
2,5	0,0060	2,4940	Слабокислый раствор, $pH = 1$	50	0,0019

Из табл. 4 следует, что сорбированный на анионите I германий не извлекается водой, слабокислыми и слабощелочными растворами.

Результаты извлечения сорбированного на анионите германия растворами соляной кислоты и едкого натра сведены в табл. 5. Анионит

Таблица 5

Извлечение сорбированного на анионите I германия растворами соляной кислоты и едкого натра

Содержание Ge в исходном растворе, мг	Содержание Ge в вытекающем растворе, мг	Сорбировалось на анионите Ge, мг	Раствор для извлечения сорбированного Ge		Извлечено Ge в раствор	
			состав	количество, мл	мг	% от сорбированного
0,560	0,0026	0,5574	2 н. HCl	40	0,504	90,42
0,560	0,0050	0,5550	.	50	0,545	98,19
0,560	0,0	0,560	5% NaOH	40	0,455	81,25
0,560	0,0	0,560	.	50	0,501	89,46
0,560	0,0017	0,5583	.	60	0,522	93,49
0,560	0,0	0,560	.	70	0,549	98,03
0,560	0,0021	0,5579	10% NaOH	30	0,544	97,50
0,560	0,0056	0,5544	.	40	0,550	99,21

применялся в OH-форме. Исходный сернистый раствор (0,6 н. по H_2SO_4) содержал 28 мг/л германия.

Сорбированный на анионите I германий извлекается растворами как соляной кислоты, так и едкого натра. Целесообразнее проводить десорбцию германия 5% растворами NaOH, так как при этом происходит и регенерация анионита.

Концентрирование германия в вымывающем растворе

Растворы, получающиеся в результате регенерации анионита I 5% раствором NaOH, являются разбавленными по германию. Для повышения содержания германия в вымывающем растворе элюат пропускался через серию колонок.

В опытах отдельные порции вымывающего раствора (5% NaOH) пропускались последовательно через три колонки с анионитом I (OH), полностью насыщенным германием при $pH = 7, 5$ и 3. Полученные данные представлены в табл. 6.

Таблица 6

Концентрирование германия в вымывающем растворе

№ фракции	Пропущено 5% раствор NaOH, мл	Содержание Ge в вымывающем растворе, мг/л
1	50	7220
2	50	5375
3	50	2100
4	50	760
5	50	300
6	50	210
7	100	155

Из табл. 6 видно, что при пропускании вымывающего раствора последовательно через ряд колонок с ионитом, насыщенным германием, можно получать растворы с содержанием Ge 5—7 г/л.

Выводы

1. Исследованием сорбции германия на различных анионитах (I, III, II, IV) установлена пригодность сильноосновных анионитов для выделения германия из разбавленных растворов.

2. Изучены основные условия сорбции германия на анионите I. Показано, что при выделении германия на анионите I из растворов с $pH = 5-9$ обменная емкость анионита увеличивается примерно в 100 раз по сравнению с емкостью анионита при выделении германия из растворов 0,7 н. по H_2SO_4 .

3. Изучено извлечение сорбированного на анионите германия кислыми и щелочными растворами. Показано, что десорбцию германия целесообразнее всего проводить 5% раствором NaOH. При этом одновременно достигается и регенерация анионита.

4. Установлено, что, пропуская вымывающий раствор последовательно через ряд колонок с анионитом, насыщенным германием, можно сконцентрировать германий до 5—7 г/л.

ЛИТЕРАТУРА

1. D. A. Everest, J. E. Salmon, Studies in the chemistry of quadrivalent germanium; Ion-exchange studies of solutions of germanates. J. Chem. Soc., July, 2438, 1954.
2. D. A. Everest, J. E. Salmon, Studies in the chemistry of quadrivalent germanium, Part II. The depolymerisation of the pentagermanate ion with change of pH , and Ion-exchange studies of germanate solutions containing sulphate and orthophosphate. J. Chem. Soc., May, 1444, 1955.
3. D. A. Everest, Studies in the chemistry of quadrivalent germanium, Part III. Ion-exchange studies of solutions containing germanium and oxalate. J. Chem. Soc., Dec., 4415, 1955.

И. Л. КОТЛЯРЕВСКИЙ, Е. С. ДОМНИНА

ДЕГИДРАТАЦИЯ ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ, ИЗОБУТИЛЕНГЛИКОЛЯ,
МЕТИЛЭТИЛЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Дегидратации спиртов — одному из основных методов органической химии — посвящена обширная литература. Дегидратация 1, 3-гликолей и 1, 4-гликолей также хорошо изучена в связи с тем, что она является одной из важных стадий в известных методах получения каучука из ацетальдегида и бутандиола, осуществленных в весьма крупных промышленных масштабах. Дегидратации же 1, 2-гликолей посвящено всего несколько работ.

Лишь в трех работах рассматривается дегидратация пропиленгликоля. В одной из них [1] указывается, что при дегидратации пропиленгликоля серной или фосфорной кислотами получается диметилдиоксан; в другой [2] предлагается получать пропионовый альдегид дегидратацией пропиленгликоля над кремнеземом, пропитанным NaN_2PO_4 ; в третьей [3] дегидратацией пропиленгликоля с фталевым ангидридом получен пропионовый альдегид.

О дегидратации изобутиленгликоля и метилэтилэтиленгликоля сведений в литературе весьма немного. Из них видно, что дегидратация изобутиленгликоля концентрированной серной или бромистоводородной кислотами приводит лишь к изомаляльному альдегиду [4].

Ряд работ посвящен дегидратации бутандиола-2, 3. Над окисью тория бутандиол-2, 3 дает при 200° бутадиен-1,3, метилэтилкетон и бутен-1-он-3 [5]. Японские химики в 1951 г. [6] провели дегидратацию бутандиола-2, 3 над рядом катализаторов (кислая глина, окиси алюминия, тория и др.) и в качестве основного продукта получили метилэтилкетон; кроме того, образовались бутадиен и масляный альдегид.

Дегидратация хлоргидринов совершенно не изучена. Известна только дегидратация изобутиленхлоргидрина с P_2O_5 , приводящая к хлоризобутиленам [7], и дегидратация метилэтилэтиленхлоргидрина с безводной щавелевой кислотой, дающая 1-хлор-2-метилбутен-1 [8].

Нами исследована возможность получения аллильных соединений при дегидратации следующих вицинальных α -гликолей: пропиленгликоля, изобутиленгликоля, метилэтилэтиленгликоля и их производных.

Дегидратация пропиленхлоргидрина, проведенная с целью получения хлористого аллила, лучше всего протекает при 200° и малой объемной скорости на катализаторе, состоящем из селита, пропитанного фосфорной кислотой. При этом получены хлористый аллил, цис- и транс- α -хлорпропилен, окись пропилена и диметилдиоксан.

Пропиленгликоль лучше всего дегидратируется над Al_2O_3 при 280° с образованием аллилового спирта в качестве основного продукта, а также ацетона и пропионового альдегида. Пиролиз моноацетатов хорошо известен и хорошо применяется как метод дегидратации спиртов; данные же по пиролизу 1,2-диацетатов ограничиваются лишь работами [9—11] по пиролизу диацетата бутиленгликоля, проведенному при 550° . Основ-

при 500°, при 450° пропущен 1 л водорода и за 8 часов введено 145 г диацетата пропиленгликоля. После нейтрализации катализата содой вещество извлечено эфиром, просушено хлористым кальцием и разогнано на колонке эффективностью в 20 т. т. При этом получено 0,67 г пропионового альдегида с т. кип. = 47,5—48,5°/739 мм, 2,4-динитрофенилгидразон с т. пл. 149—150°, 7,2 г ацетона с т. кип. = 53—55°/739,5 мм, 2,4-динитрофенилгидразон с т. пл. 126,5—127,5° и 27,7 г аллилацетата, выход 32,4%, т. кип. = 101—102,2°/735,5 мм, $n_D^{20} = 1,4055$ (литературные данные [13]: т. кип. = 103—104°/760 мм, $n_D^{20} = 1,4048$).

При пропускании над коксом в тех же условиях 20 г диацетата пропиленгликоля получено, кроме пропионового альдегида, ацетона и аллилацетата, 3,5 л газа, по-видимому, метилацетилен, осаждающего белый взрывчатый осадок из аммиачного раствора азотнокислого серебра.

Гидрирование аллилацетата

13,4 г аллилацетата (т. кип. 101—101,75°/739 мм), полученного при пиролизе диацетата пропиленгликоля, прогидрировано со скелетным никелевым катализатором. Поглощено 3,2 л водорода (вместо 3 л по расчету), получено 12,4 г пропилацетата с т. кип. 100—100,5°, $n_D^{20} = 1,3838$ (литературные данные [13]: т. кип. = 101,67°, $n_D^{20} = 1,3842$).

Дегидратация пропиленгликоля

Пропиленгликоль с выходом 24% на прореагировавший дихлорпропан получается омылением 1,2-дихлорпропана в присутствии NaHCO_3 при 210° и 45-минутном перемешивании в автоклаве, т. кип. = 186—188°/735 мм, $n_D^{22} = 1,4285$ (литературные данные [13]: т. кип. = 95°/15 мм, $n_D^{27} = 1,4293$). Через каталитическую трубку с 25 мл активированной окиси алюминия, предварительно продутую водородом, пропущено при 280° за 5 часов 114,5 г пропиленгликоля. Выделено 76,2 г продукта реакции. При разгонке 62,3 г этого вещества на колонке эффективностью в 20 т. т. выделено 3,5 г ацетона с т. кип. 48—54°, 2,4-динитрофенилгидразон с т. пл. 149—152°, 11,4 г аллилового спирта с т. кип. 92,5—96°/729 мм, $n_D^{20} = 1,4120$, выход—15,4% на пропиленгликоль и 5,7 г диметилдиоксиана с т. кип. 115—123°. Аллиловый спирт идентифицирован по резорциновой пробе [14].

На том же катализаторе при 250° дегидратация практически не идет, а при 300° основным продуктом реакции является ацетон. Дегидратация пропиленгликоля над H_3PO_4 на селите приводит главным образом к образованию пропионового альдегида (250°, объемная скорость 0,5 кг/л катализатора в час), 2,4-динитрофенилгидразон с т. пл. 150—151°. В высших фракциях резорциновой пробой обнаружен аллиловый спирт. При пропускании 9,67 г пропиленгликоля над 25 мл AlPO_4 при 250° за 36 минут из продуктов реакции выделено 1,7 г аллилового спирта с т. кип. 92—102°, дающего положительную реакцию с резорцином после предварительного бромирования [14].

Дегидратация изобутиленхлоргидрина и метилэтилэтиленхлоргидрина

Изобутиленхлоргидрин получен по методике Петрова [7] гипохлорированием изобутилена водным раствором монохлормочевины в присутствии углекислой меди; выход—24,4% (на изобутилен), т. кип. =

= 123—125°/730 мм, $n_D^{20} = 1,4395$ (литературные данные [7]: т. кип. = 125—127°/740 мм, $n_D^{20} = 1,4392$).

Метилэтилэтиленхлоргидрин получен по методике Чалмерса [8]. Из 105,6 г магния, 470,5 г бромистого этилена, 2 л эфира, 400 г хлорацетона выделено 272,5 г метилэтилэтиленхлоргидрина, т. кип. = 68—70°/28 мм, $n_D^{20} = 1,4476$ (литературные данные [13]: т. кип. = 152—153°).

Дегидратация изобутиленхлоргидрина проведена на селите (100 мл, диаметр зерен 2—3 мм), пропитанном при нагревании до 150—180° и помешивании 32 мл 90-процентной фосфорной кислоты.

При пропускании 138,13 г изобутиленхлоргидрина (180°, 15 часов 22 мин.), отделении органического слоя, просушке его над поташом и разгонке на колонке в 20 т. т. получено 40,52 г 2-метил-1-хлор-пропена-1 (выход 35,17%); т. кип. = 65,25—66,75°/728 мм, $n_D^{20} = 1,4211$, $d_4^{20} = 0,9159$. MR_D найдено 25,17, вычислено 25,07 (литературные данные [8]: т. кип. 68,1°/760 мм, $n_D^{20} = 1,4221$, $d_4^{20} = 0,918$). При стоянии (20°, 1,5 часа) хлорида с водноспиртовым раствором сернокислого 2,4-динитрофенилгидразина хлорид практически весь переходит в 2,4-динитрофенилгидразон изомасляного альдегида, т. пл. и смешанная проба 181—182° (из спирта). Дегидратация 135,82 г изобутиленхлоргидрина над 100 мл активной окиси алюминия (180°, 14 часов 40 мин.) приводит к образованию 2-метил-1-хлор-пропена-1 с выходом 28,44%.

Дегидратация метилэтилэтиленхлоргидрина проведена на 25 мл селита, пропитанного при 160° 5 мл 90-процентной фосфорной кислоты. Через каталитическую трубку с этим катализатором за 7 часов 20 мин. пропущено при 160° 238,4 г метилэтилэтиленхлоргидрина, после обработки и разгонки на колонке выделено 53,4 г исходного хлоргидрина и 48,34 г 2-метил-1-хлор-бутена-1 с т. кип. 88—90,5°/718 мм, $n_D^{20} = 1,4141$. Строение 2-метил-1-хлор-бутена-1 доказано подобно строению 2-метил-1-хлор-пропена-1. Получен 2,4-динитрофенилгидразон 2-метилмасляного альдегида, т. пл. смешанной пробы 127,5—128° (из спирта).

Пиролиз метилэтилэтиленгликолядиацетата

Диацетат метилэтилэтиленгликоля синтезирован аналогично диацетату изобутиленгликоля по методике Тиффено (см. [8]) из метилэтилэтиленгликоля, уксусного ангидрида и безводного ацетата натрия; выход 81% на гликоль, т. кип. = 104—106°/12 мм, $n_D^{20} = 1,4233$ (литературные данные [8]: т. кип. = 202—205°).

Пиролиз проводился на 25 мл кокса, прогретого в токе воздуха в течение 2 часов при 500°. 221,27 г диацетата за 9 часов 25 мин. пропущено через каталитическую трубку с коксом при 350°. После нейтрализации продукта содой, промывки водой и просушки сульфатом магния вещество разогнано на колонке в 20 т. т. При этом получено 95,73 г (63,5%) ацетата 2-этилпропен-2-ола-1 с т. кип. 143,5—144°/720 мм, $n_D^{20} = 1,4240$, $d_4^{20} = 0,9134$; MR_D найдено 35,75, вычислено 35,71. При гидрировании ацетата над скелетным никелевым катализатором при атмосферном давлении и 20° поглотился 1 моль водорода и получен ацетат 2-метил-бутанола-1 с т. кип. 139—140°/720 мм, $n_D^{20} = 1,4079$, $d_4^{20} = 0,8897$; MR_D найдено 35,96, вычислено 36,18 (литературные данные [8]: т. кип. = 140—142°, $d_{15}^{15} = 0,8720$). При окислении ацетата 2-процентным перманганатом калия при комнатной температуре выделена пропионовая кислота с т. кип. 117—122°, $n_D^{19,5} = 1,3770$, анилид и смешанная проба имеют т. пл. 102—103° (литературные данные [15]: т. пл. = 103°).

Дегидратация изобутиленгликоля и метилэтилэтиленгликоля

Изобутиленгликоль получен по известной методике (см. [8]) гидратацией окиси изобутилена разбавленной серной кислотой (1 : 10); выход 69,9% на окись изобутилена, т. кип. 176—178°/730 мм, $n_D^{20} = 1,4318$ (литературные данные [8]: т. кип. = 178—179°/764 мм).

Метилэтилэтиленгликоль синтезирован аналогично изобутиленгликолю, выход 78,2%, т. кип. 184—186°/728 мм, $n_D^{20} = 1,4431$ (литературные данные [8]: т. кип. = 185—189°).

Дегидратация гликолей проводилась на стационарных катализаторах, помещенных в кварцевую каталитическую трубку. Вещество подавалось из электролитического дозатора и собиралось в приемнике, охлаждаемом смесью льда с солью.

Через каталитическую трубку с 25 мл прокаленного гранулированного сульфата магния при 350° продувался воздух в течение 1 часа, трубка была промыта водородом, и при 240° в течение 2 часов 17 мин. в нее подано 62,26 г изобутиленгликоля. После отделения от катализатора воды получено 40,05 г продукта, который после сушки над поташом разогнан на колонке в 20 т. т. Выделено 24,4 г (48,4%) изомасляного альдегида, т. кип. 61,5—62,5°/730 мм, $n_D^{20} = 1,3731$ (литературные данные [16]: $n_D^{20} = 1,3730$, т. пл. 2,4-динитрофенилгидразона 181—181,5° (из спирта)).

91,12 г метилэтилэтиленгликоля пропущено через каталитическую трубку с сернокислым магнием при 270° за 2 часа 45 мин. в условиях, аналогичных условиям предыдущего опыта. После такой же обработки выделено 32,16 г (42,68%) 2-метилмасляного альдегида, т. кип. 88,75—89,5°/730 мм, $n_D^{20} = 1,3910$, $d_4^{20} = 0,8131$, MR_D найдено 25,44, вычислено 25,30; 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 127—128° (литературные данные [17]: т. кип. = 90—92°, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. = 129—130°).

Подобным образом из метилэтилэтиленгликоля получен 2-метилмасляный альдегид: на окиси алюминия при 220° — 35,86% на двузамещенном фосфате кальция при 310° — 23,12%, а над пемзой, пропитанной концентрированной фосфорной кислотой (1,5 г на 25 мг) при 210° — 28,04%. Продукт идентифицирован по константам и 2,4-динитрофенилгидразону.

Выводы

1. Показано, что в подобных условиях при дегидратации пропиленгликоля и пропиленхлоргидрина основными продуктами реакции являются аллиловый спирт и аллилхлорид.
2. При пиролизе диацетата пропиленгликоля получают аллилацетат и метилацетилен.
3. Пиролиз метилэтилэтиленгликолядиацетата приводит к образованию ацетата 2-этилпропен-2-ола-1.
4. В отличие от пропиленгликоля и пропиленхлоргидрина при каталитической дегидратации изобутиленгликоля, 2-этилпропиленгликоля, изобутиленхлоргидрина и 2-этилпропиленхлоргидрина аллильные соединения не образуются, а получают соответственно изомасляный и 2-метилмасляный альдегид, 1-хлор-2-метилпропен-1, 1-хлор-2-метилбутен-1.

Сибирского отделения АН СССР
Восточно-Сибирский филиал

Поступила в редакцию
19/IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Белов, В. В. Разумовский, Производные окиси пропилена. Химия и химическая технология, № 10, 1955.
2. J. Ceat, 1,2-propanediol, dehydration. Amer. pat. 2, 501, 042, 1950.
3. F. Patru, Dehydration of alcohols with phthalic anhydride, 43, 75—9, 1949.
4. Н. И. Долгорукова-Добрянская, К вопросу о редакции дегидратации α -гликолей, ЖРФХО, 57, 1925.
5. M. E. Winfield, The catalytic dehydration of 2, 3-butanediol to butadiene. Australian J. Sci. Research, 3A, 1950.
6. K. Ohara, S. Furunashi, The catalytic dehydration of 2, 3-butanediol to butadiene. J. Agr. Chem. Soc. Japan, 18, 1942.
7. А. А. Петров, О порядке присоединения галогеноводородов к органическим окисям в водной среде. ЖОХ, вып. 7—8, 15, 1945.
8. Beilsteins, Handbuch der organischen Chemie.
9. N. Schlechter, D. F. Othmer, F. Brand, Pyrolysis of 2, 3-butylene glycol diacetate to butadiene. Ind. Eng. Chem., 37, 1945.
10. S. A. Morell, H. H. Geller, E. C. Zathrop, Conversion of 2, 3-butylene glycol to 1, 3-butadiene by pyrolysis of diacetate. Ind. Eng. Chem. 37, 1945.
11. Z. E. Schniepp, J. W. Dunning, H. H. Geller, S. A. Morell, E. C. Zathrop, Pilot—plant conversion of 2, 3-butylene glycol diacetate to 1, 3-butadiene. Ind. Eng. Chem., m. 37, 1945.
12. И. Хейльброн, Словарь органических соединений, 1949.
13. И. Хейльброн, Словарь органических соединений, 1949.
14. В. Майер, Анализ и определение органических соединений. ОНТИ, Л., 1937.
15. Р. Шрайнер, Р. Фьюсон, Систематический качественный анализ органических соединений, 1950.
16. В. М. Радионов, Е. Н. Алексеева, В. А. Бабер, Редакция Гофмана с амидами α -бромзамещенных кислот. ЖОХ, 23, 1953.
17. Wm. S. Tones, Degradation of the optical isomers of isoleucina and alloisoleucina to d-and l- α -methylbutyraldehyde. J. Am. Chem. Soc. 76, 1954.

О. Г. ПОКРОВСКАЯ
СКОРОСТЬ ОКИСЛЕНИЯ
МОНОАМИНОМОНОКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ
В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Взаимное влияние атомов и функциональных групп в молекуле определяет химическое поведение молекулы и ее реакционную способность. Оценить влияние различных групп на состояние молекул, содержащих однотипные группировки, можно путем сравнения скоростей реакций, констант диссоциаций и других изменений [1—5].

Моноаминомонокарбоновые кислоты имеют две функциональные группы — карбоксильную и аминогруппу. В табл. 1 приводятся константы диссоциаций (K) для этих групп [6].

Таблица 1

Константы диссоциаций функциональных групп аминокислот, выраженные в pK

Название соединения	pK_1 -COOH	pK_2 -NH ₃ ⁺	pH изоэлектрической точки
Гликокол	2,34	9,60	5,97
α -аланин	2,34	9,69	6,00
β -аланин	2,60	10,19	6,90
Валин	2,32	9,62	5,96
Норлейцин	2,39	9,76	6,08
Лейцин	2,36	9,60	6,04
Бетаин-хлорид	1,88	Очень велико	—

Из приведенных данных следует, что значения pK_1 и pK_2 для моноаминомонокарбоновых кислот алифатического ряда изменяются незначительно. Исключением является ионизация функциональных групп β -аланина, у которого протоны как карбоксильной группы, так и аминогруппы отрываются значительно труднее, чем у α -аланина и других аминокислот.

А. А. Стрелехеев и др. [5] сообщают значения теплоты горения некоторых аминокислот, содержащих amino- и карбоксильную группы в различных положениях. Ими установлено, что теплоты горения аминокислот с различными положениями аминогруппы относительно карбоксила (α , γ , δ , ϵ) очень близки между собой, а это указывает на отсутствие значительного взаимодействия в молекуле, передаваемого по цепи, даже при столь различных положениях аминогруппы, как в α - и ϵ -кислотах.

Несмотря на отсутствие индукционного эффекта, передаваемого по цепи, приведенные константы диссоциаций показывают, что положение аминогруппы влияет на способность групп к ионизации.

В настоящей работе применялся кинетический метод для выяснения влияния amino- и карбоксильных групп в различных аминокислотах алифатического ряда при реакциях окисления.

Учитывая амфотерность аминокислот, представлялось интересным определить скорость их окисления в зависимости от среды. Так как в процессе окислительно-восстановительной реакции происходит переход электронов от восстановителя к окислителю, то на скорость реакции может влиять электрическое состояние окисляемого вещества. Аминокислоты в щелочной среде находятся в виде аниона $NH_2-CH_2-R-COO^-$. При концентрации ионов водорода, близкой к изоэлектрической точке (см. табл. 1), они находятся главным образом в виде диполярных ионов $NH_3^+-CH_2-R-COO^-$, а в кислых растворах имеют положительный заряд $NH_3^+-CH_2-R-COOH$.

Была изучена кинетика реакций окисления следующих соединений:

гликокола	NH_2-CH_2-COOH
α -аланина	$CH_3-CH(NH_2)-COOH$
β -аланина	$NH_2-CH_2-CH_2-COOH$
валина	$CH_3-CH(CH_3)-CH(NH_2)-COOH$
норлейцина	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH$
лейцина	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH(NH_2)-COOH$
бетаин-хлорида	$(CH_3)_3-N^+-CH_2-CO^-$

В качестве окислителей использовались перманганат калия и перекись водорода. Аминокислоты и окислитель применялись в эквимолекулярных соотношениях при концентрации их 0,03 мол/л. Окисление осуществляли при 17—19° С.

Реакции проводились как в присутствии серной кислоты, так и в присутствии раствора едкого натра (добавляемых в количестве 0,03 м на 1 л), а также без них, т. е. в нейтральном растворе окислителя. Чтобы выяснить влияние среды на скорость реакции окисления, для некоторых аминокислот использовали 0,5 м. раствор серной кислоты и 1 м. раствор едкого натра.

Опыт ставился в таком порядке: в склянку с притертой пробкой наливали 50 мл аминокислоты указанной концентрации, затем для создания среды прибавляли 50 мл кислоты или щелочи и в таком же количестве добавляли окислителя. При проведении опытов в нейтральном растворе окислителя вместо кислоты или щелочи с целью сохранения идентичности условий прибавляли 50 мл бидистиллированной воды.

Контроль за скоростью процесса окисления осуществлялся так: из реакционной склянки отбиралась проба по 15 мл раствора, в которой йодометрическим методом определялось количество непрореагировавшего окислителя; по разнице холостого и очередного титрования вычислялся процент активного кислорода, вступившего в реакцию с аминокислотой в единицу времени.

В опытах потенциометрическим методом определялось значение pH в растворах до приливания окислителя.

Когда в качестве окислителя применялась перекись водорода, коли-

чество непрореагировавшего окислителя определялось перманганатометрическим методом.

В табл. 2 приводятся результаты окисления аминокислот в щелочной среде. Сравнение скоростей окисления показывает, что β -аланин окисляется медленнее других аминокислот.

Таблица 2

Окисление моноаминокарбоновых кислот перманганатом калия в присутствии 0,03 м. раствора едкого натра

Продолжительность опыта, мин.	Прореагировавший кислород (%) и вычисленные константы скорости (K) при окислении											
	гликокола, pH = 10,64		α -аланина, pH = 10,34		β -аланина, pH = 10,44		валина, pH = 10,14		норлейцина, pH = 10,34		лейцина, pH = 10,29	
	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K
5	4,01	0,302	4,94	0,3212	1,05	0,0621	3,42	0,109	3,84	0,2641	2,29	0,1578
10	8,10	0,294	10,23	0,379	2,11	0,071	6,25	0,217	7,02	0,2553	4,55	0,1505
15	11,60	0,2934	13,88	0,359	3,52	0,081	9,33	0,212	11,11	0,2787	7,03	0,1515
20	15,52	0,305	17,75	0,360	6,83	0,084	11,32	0,213	14,24	0,2713	9,03	0,1649
30	21,24	0,298	24,93	0,3702	7,51	0,090	16,93	0,222	19,64	0,2612	12,14	0,1528
60	30,82	0,218	32,43	0,268	15,82	0,0103	27,12	0,203	29,45	0,2324	21,75	0,1547
90	34,15	0,193	39,01	0,243	—	—	32,14	0,1457	38,20	0,2131	30,74	0,1420
120	39,56	0,179	46,04	0,234	22,00	0,099	36,16	0,124	44,00	0,2082	34,34	0,1312

При применении 0,03 м. раствора едкого натра для создания среды pH растворов аминокислот к началу опыта для всех случаев был равен приблизительно 10. В этих условиях большая часть аминокислот находится в виде аниона $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{R} - \text{COO}^-$.

Известно, что частицы, несущие отрицательный заряд, окисляются легче, чем имеющие нейтральный или положительный заряды.

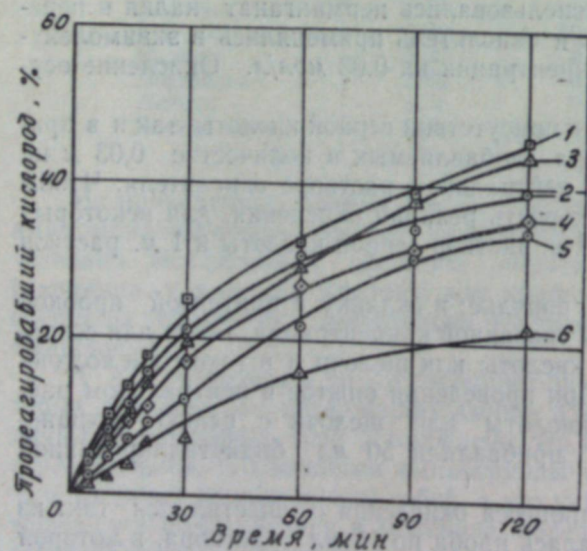
Если проводить реакцию окисления в присутствии более концентрированных растворов щелочи, а именно 1 м. раствора едкого натра, то

наблюдается повышение скорости. Так, в этих условиях за 15 мин. прореагировало кислорода при окислении гликокола — 17,00%, α -аланина — 22,4, валина — 25,05, норлейцина — 21,63, лейцина — 18,45%. Увеличение скорости реакции происходит, по-видимому, потому, что в присутствии более концентрированной щелочи увеличивается доля частиц, имеющих отрицательный заряд.

Скорость реакции окисления в щелочном растворе вначале протекает быстро, а затем по мере уменьшения концентрации реагирующих веществ замедляется (рис. 1).

Рис. 1. Окисление моноаминокарбоновых кислот 0,03 м. KMnO_4 в присутствии 0,03 м. NaOH . 1 — α -аланин, 2 — гликокол, 3 — норлейцин, 4 — валин, 5 — лейцин, 6 — β -аланин.

Применяя одно из кинетических уравнений к результатам окисления в этих условиях, мы вычислили константы скорости для реакции в присутствии 0,03 м. раствора щелочи. В табл. 2 представлены значе-



ния констант скорости, вычисленные по уравнению бимолекулярной реакции:

$$K = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{d(d-x)}$$

Из приведенных в табл. 2 результатов видно, что значения констант скорости остаются постоянными (исключая значения для β -аланина), пока поглощение кислорода не превышает 20%, при повышении поглощения кислорода наблюдается понижение констант скорости. Mn^{+7} восстанавливается до Mn^{+4} , при этом процесс восстановления проходит ступенчато: сначала Mn^{+7} принимает один электрон, превращаясь в Mn^{+6} , а затем происходит его дальнейшее восстановление. Вычислено, что присоединение одного электрона соответствует моменту, когда поглощается 20% кислорода, так как реакция в щелочной и нейтральной средах оканчивается при израсходовании 60% кислорода, что соответствует трем его атомам, которые выделяются при раскислении перманганата калия в нейтральной и щелочной средах.

Эти соображения позволяют считать, что реакция в щелочной среде на первой ступени восстановления Mn^{+7} до Mn^{+6} протекает по типу бимолекулярной реакции, в последующих фазах процесс усложняется.

В табл. 3 приводятся результаты окисления в нейтральной среде.

Таблица 3

Окисление моноаминомонокарбоновых кислот перманганатом калия без добавления кислоты и щелочи

Время, часов	Прореагировавший активный кислород (%) при окислении					
	гликокола, pH = 6,45	α -аланина, pH = 6,64	β -аланина, pH = 6,86	валина, pH = 6,25	норлейцина, pH = 6,34	лейцина, pH = 6,63
2	0,88	0,00	0,00	0,00	1,33	0,00
4	4,88	0,00	0,00	1,47	1,33	1,00
6	13,72	0,63	0,00	2,21	5,35	4,44
8	28,14	2,15	0,00	4,88	11,12	8,33
10	37,25	6,21	0,00	13,89	22,04	16,22
12	42,05	15,21	0,88	20,00	31,34	22,83
16	47,11	24,45	1,34	29,31	42,55	32,05
24	55,19	34,65	1,65	38,62	52,41	40,15

Как видно из этой таблицы, раствор до приливания окислителя имеет благодаря диссоциации аминокислот слабокислую среду. Концентрация ионов водорода приблизительно соответствует изоэлектрической точке, а в этих условиях, как известно, аминокислоты алифатического ряда находятся главным образом в виде биполярных ионов $\text{NH}_3^+ - \text{CH} - \text{R} - \text{COO}^-$.

Различия в скоростях в ряду изучаемых аминокислот в этих условиях выражены резко. Так, за 24 часа при окислении α -аланина израсходовано 34,65% кислорода, а при окислении β -аланина — только 1,65%. Аминокислоты с четным числом атомов углеродной цепи (гликокол, норлейцин) окисляются быстрее, чем аминокислоты с цепью из нечетного числа атомов (α -аланин, валин).

Характер кривых окисления на рис. 2 указывает на неравномерность процесса. Так, вначале процесс идет медленно, а для некоторых аминокислот совсем не протекает, но спустя некоторое время скорость реакции увеличивается. Эта неравномерность особенно хорошо прослеживается на рис. 3, где результаты окисления некоторых аминокислот

представлены в параметрах $\frac{dx}{dt}$ к t . Для нахождения $\frac{dx}{dt}$ процент прореагировавшего кислорода определяется через равные промежутки времени, для гликокола, например, через каждые 2 часа.

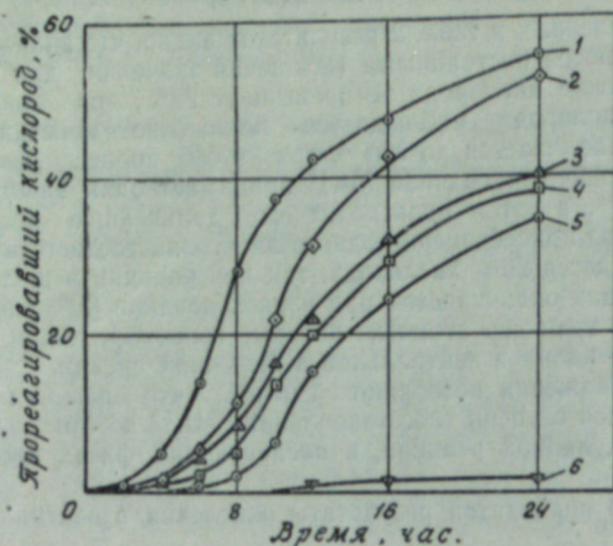


Рис. 2. Окисление моноаминокарбоновых кислот в нейтральном растворе $KMnO_4$.
1 — гликокол, 2 — норлейцин, 3 — лейцин, 4 — валин, 5 — α-аланин, 6 — β-аланин.

Ускорение реакции в этих условиях, по-видимому, происходит потому, что восстановление перманганата калия сопровождается повышением pH раствора, а это сказывается на электрическом состоянии окисляемого вещества. Присутствие гидроксильных групп вызывает диссоциацию заряженной группы $-NH_3^+$, переводя ее в незаряженное состоя-

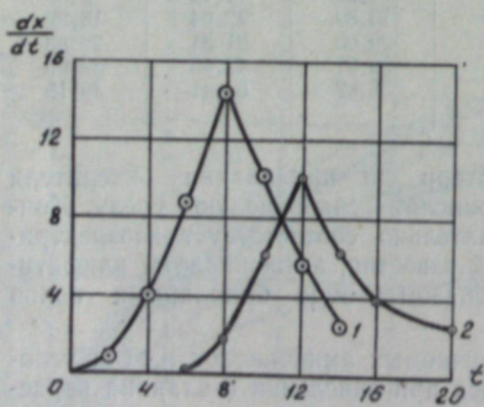


Рис. 3. Зависимость $\frac{dx}{dt}$ от t при окислении гликокола и α-аланина в нейтральном растворе $KMnO_4$.
1 — гликокол, 2 — α-аланин.

ние $-NH_2$. Следовательно, часть диполярных ионов при этом может превращаться в анион.

В табл. 4 и на рис. 4 приводятся результаты окисления аминокислот в кислом растворе перманганата калия.

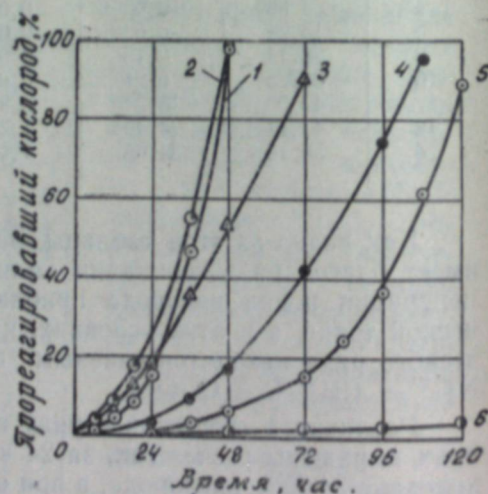


Рис. 4. Окисление моноаминокарбоновых кислот 0,03 м. $KMnO_4$ в присутствии 0,03 м. H_2SO_4 .
1 — гликокол, 2 — норлейцин, 3 — лейцин, 4 — валин, 5 — α-аланин, 6 — β-аланин.

Таблица 4

Окисление моноаминомонокарбоновых кислот перманганатом калия в присутствии 0,03 м. раствора серной кислоты

Время, часов	Прореагировавший активный кислород (%) при окислении					
	гликокола $pH=2,19$	α-аланина, $pH=2,33$	β-аланина, $pH=2,19$	валина, $pH=2,28$	норлейцина, $pH=2,33$	лейцина, $pH=2,11$
6	0,52	0,00	0,00	0,00	3,25	2,31
12	4,15	0,00	0,00	0,00	8,36	5,16
18	8,64	0,00	0,00	0,00	17,32	12,41
24	15,20	0,50	0,00	3,55	35,23	18,24
36	46,23	3,24	0,00	9,42	54,93	35,17
48	97,25	6,22	1,05	16,88	97,12	53,45
72		15,54	2,52	42,45		90,12
84		24,32	—	—		
96		36,11	3,24	74,25		
108		61,56	—	95,63		
120		88,82	3,93			

Из таблицы следует, что β-аланин окисляется во много раз труднее, чем α-аланин. Аминокислоты с четным числом углеродных атомов окисляются легче, чем с цепью из нечетного числа атомов. По относительной скорости окисления в кислой среде аминокислоты располагаются почти в таком же порядке, как и при окислении в нейтральном растворе перманганата калия.

Скорость окисления в кислой среде также неравномерна. Так, за первые 12 часов при окислении гликокола прореагировало 4,15% кислорода, за вторые 12 часов — 11,05%, а за следующие 12 часов в реакцию вступило 31,03% кислорода. Подобная неравномерность наблюдается при окислении и других аминокислот.

Процесс окисления и в этих условиях сначала идет медленно, а затем скорость увеличивается. Это дает основание предполагать автокатализ. Автокаталитичность процесса в кислой среде подтверждается следующим опытом. Так как раскисление перманганата калия в кислой среде идет до Mn^{+2} , который, как известно, при некоторых реакциях играет роль катализатора, то было испытано влияние сернокислого марганца на скорость реакции путем добавления его к кислому раствору аминокислот до прибавления окислителя. При этом оказалось, что в присутствии 10 мг сернокислого марганца при окислении гликокола использовалось за сутки 67,69% кислорода, тогда как без добавления этой соли только 15,20%.

Если при окислении гликокола взять 20 мг сернокислого марганца, то за сутки процент прореагировавшего кислорода увеличивается с 67,34 до 84,94%. Присутствие сернокислого марганца оказывает аналогичное действие на реакцию окисления α-аланина. Полученные данные указывают на то, что окисление в кислой среде происходит по типу автокаталитической реакции и что эта реакция катализируется ионом Mn^{+2} .

При окислении гликокола в присутствии 0,5 м. раствора серной кислоты реакция не происходит в течение 2 суток, но за это же время она заканчивается, если используется 0,03 м. раствора серной кислоты.

В кислой среде аминокислоты находятся в виде катиона NH_3^+ — $CH_2-R-COOH$, при повышении концентрации ионов водорода скорость реакции замедляется, по-видимому, в связи с тем, что присутствие кислот тормозит диссоциацию кислотных групп $-COOH$ и $-NH_3^+$. При этом торможение в большей степени сказывается на способности отщеплять протон от группы $-NH_3^+$.

При сравнении результатов определения скоростей окисления в зависимости от среды (см. табл. 2—4) видно, что исследованные аминокислоты легко окисляются в щелочной среде, медленнее в среде нейтральной (т. е. при реакции без добавления кислоты и щелочи) и еще медленнее в кислой среде.

Различие в скоростях указывает на существование зависимости между ионным состоянием молекулы и ее способностью к окислению.

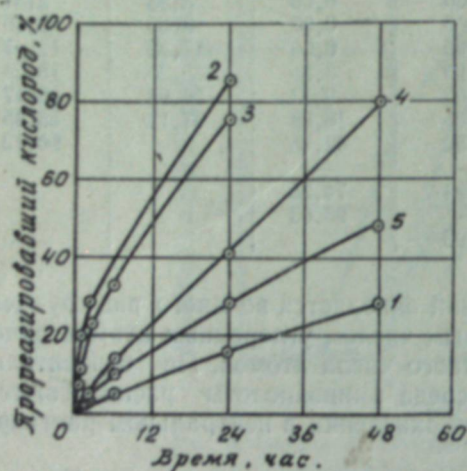


Рис. 5. Окисление моноаминокарбоновых кислот 0,03 м. H_2O_2 в растворе 0,03 м. NaOH (концентрация аминокислот 0,03 м. на 1 л).
1 — гликокол, 2 — α -аланин, 3 — β -аланин, 4 — норлейцин, 5 — лейцин.

Сравнение скоростей окисления лейцина и норлейцина при реакции как с перекисью водорода, так и с перманганатом калия показывает, что лейцин окисляется медленнее, чем норлейцин, хотя первый имеет разветвленную цепь.

Процесс окисления бетаин-хлорида указанными выше окислителями не происходил во всех средах в течение десяти суток.

Выводы

1. Изучена кинетика реакций окисления моноаминомонокарбоновых кислот перманганатом калия и перекисью водорода.
2. Скорость окисления зависит от pH раствора. Аминокислоты этого ряда легко окисляются в щелочной среде, медленнее при pH , близких к изоэлектрической точке, и еще медленнее в кислой среде с перманганатом калия.
3. Показано, что при всех изученных условиях с перманганатом калия α -аланин окисляется значительно легче, чем β -аланин, но при реакции с перекисью водорода различие в скоростях окисления этих аминокислот незначительно.
4. В кислом растворе и при pH , близких к изоэлектрической точке, аминокислоты с четным числом атомов в углеродной цепи (гликокол, норлейцин) окисляются быстрее, чем аминокислоты с цепью из нечетного числа атомов (α -аланин, валин), а в щелочном растворе α -аланин окисляется легче, чем гликокол и норлейцин.
5. Реакция окисления аминокислот в кислой среде носит автокаталитический характер, катализатором является ион Mn^{+2} .

6. Показано, что при применении 0,03 м. раствора перекиси водорода окисление аминокислот происходит с измеримой скоростью только в щелочной среде, а в кислом и нейтральном растворах реакция в условиях опыта не наблюдалась.

Новосибирский
медицинский институт

Поступила в редакцию
25/IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. И. Темникова, Правила Морковникова и их современное обоснование. Вестник Лен. ун-та, № 22, сер. физики и химии, вып. 4, 1956.
2. В. В. Мазурек, К вопросу о связи между химическим строением и химическими свойствами. Сообщ. о научных работах членов Всес. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева, вып. 3, М., 1954.
3. Б. В. Тронов, Л. С. Никонова, Скорость окисления некоторых аминокислот перманганатом калия. ЖРХО, т. 61, 1929.
4. И. П. Мищенко, Влияние ультрафиолетовых лучей на спектры поглощения аминокислот, освещенных в атмосфере аргона и азота. Биохимия, т. 19, вып. 3, 1954.
5. А. А. Стрелехов, С. Скуратов и др., О взаимном влиянии amino- и карбоксильных групп в аминокислотах. ДАН СССР, т. 102, № 3, 1955.
6. E. I. Cohn, I. T. Edsoll, Proteins, aminoacids and peptides. Monograph series, 1943.

Н. Г. МОЛЕВА, А. И. ИВАНОВ, Л. П. ХОДАК

**ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКИСИ КАЛЬЦИЯ
НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА САМОРАССЫПАЮЩИХСЯ
АЛЮМОКАЛЬЦИЕВЫХ ШЛАКОВ**

Как известно (см., например, [1]), из спеков и шлаков, в которых вся или почти вся окись алюминия переведена в алюминаты кальция, глинозем может быть получен наиболее простым и дешевым методом — методом выщелачивания содовыми растворами. Основными компонентами спеков и шлаков, представляющих интерес для техники, являются наряду с алюминатами кальция двухкальциевый силикат и геленит.

Как алюминаты кальция, так и их смеси с двухкальциевым силикатом или геленитом сравнительно тугоплавки. Поэтому получали их обычно во вращающихся печах [1—2]. Однако исследования и практика последних лет показывают, что пригодные для производства глинозема алюмокальциевые шлаки, даже при повышенном содержании в них двухкальциевого силиката, могут быть получены в доменной печи [3] или путем известкования жидких глиноземистых шлаков в конвертере типа, установленного НИИЦементом в Туле [4, 5]. Поскольку доменная печь и конвертер НИИЦемент — значительно более производительные агрегаты, чем вращающиеся печи, представляло интерес детальнее проверить влияние состава шлака на извлечение из него глинозема при последующем (т. е. после остывания шлака) выщелачивании содовыми растворами. С этой целью нами исследовались саморассыпающиеся (содержащие повышенные количества двухкальциевого силиката) шлаки, наиболее интересные с технико-экономической точки зрения.

Опытные шлаки получались путем сплавления в печи Таммана как химически чистых, так и технических окиси алюминия, окиси кальция и двуокиси кремния. После расплавления исходных материалов и выдержки расплава при 1540—1600°С в течение 20—30 мин. последний охлаждался вместе с печью. Время охлаждения печи с расплавом от указанной температуры до 600—500°С было разным и колебалось от 2—3 до 16—18 часов. При этом существенного влияния скорости охлаждения на извлечение окиси алюминия при выщелачивании шлаков не было установлено. Основное влияние на степень извлечения оказывал химический состав шлака, главным образом наличие или отсутствие в застывшем и рассыпавшемся шлаке геленита.

Снижение степени извлечения окиси алюминия из саморассыпающихся спеков (полученных путем спекания в твердом виде, без перевода в жидкое состояние) объясняют главным образом связыванием окиси алюминия в геленит ([1], стр. 329). Однако нами при работе с саморассыпающимися шлаками (полученными путем сплавления исходных материалов) было обнаружено, что процент извлечения окиси алюминия в раствор падает значительно быстрее, чем идет связывание ее в геленит. Сказанное, в частности, видно из данных табл. 1.

Выщелачивания производились растворами, содержащими 80—

Таблица 1

Составы исследованных саморассыпающихся алюмокальциевых шлаков и степень извлечения окиси алюминия из них в раствор при содовом выщелачивании

№ шлаков	Химический состав шлаков, %				Извлечение Al_2O_3 в растворе, %	Потери Al_2O_3 , %	К-во максим. окиси алюминия, связанной в геленит (по расчету), %
	Al_2O_3	SiO_2	CaO	MgO			
У-II	29,4	16,3	54,3	—	95,5	4,5	нет
50	31,5	14,2	52,9	—	85,5	14,5	?
44	29,1	16,1	51,8	1,02	79,5	20,5	2,5
48	30,7	15,7	51,5	—	64,2	35,8	3,5
51	29,9	15,8	50,4	—	63,7	36,3	5,7
52	31,1	16,0	51,2	—	60,6	39,4	7,9
42	31,7	16,1	50,9	1,08	45,3	54,7	10,1

90 г/л Na_2CO_3 , в течение 40—50 мин. при отношении Ж : Т от 5 до 8 и температуре раствора 80—90°С.

Максимальный процент окиси алюминия, связанной в геленит, рассчитывался нами на основании диаграммы состояния системы $CaO—SiO_2—Al_2O_3$ (рис. 1), исходя из предположения, что геленит, образо-

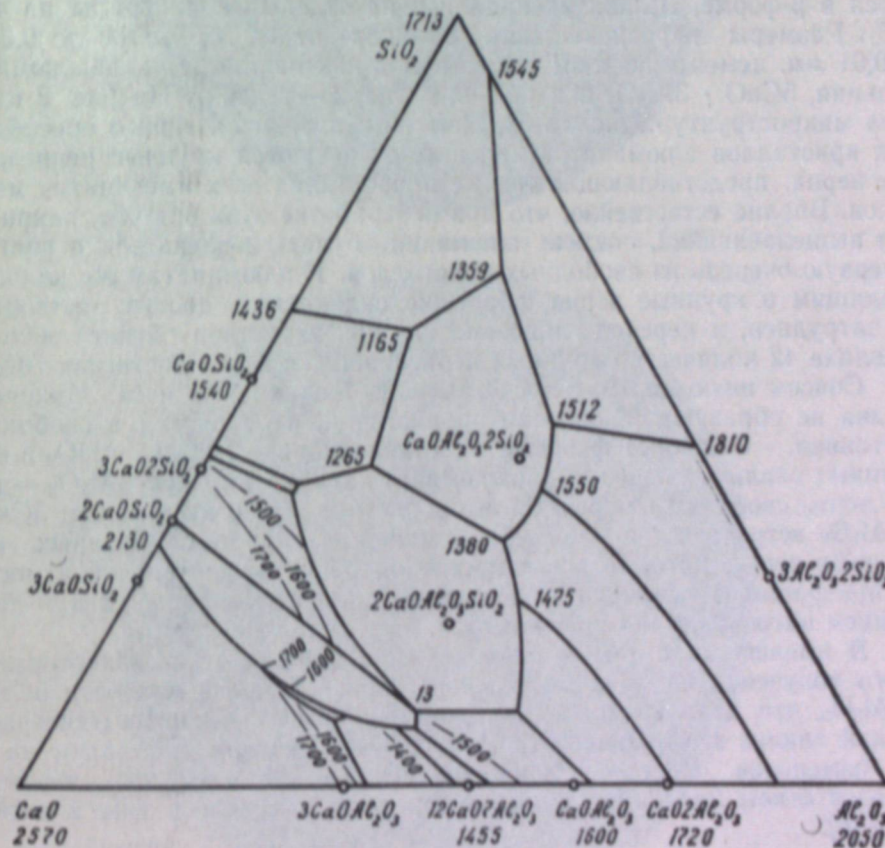


Рис. 1. Диаграмма состояния системы $CaO—SiO_2—Al_2O_3$.

вавшийся при выпадении двойной эвтектики двухкальциевый силикат — геленит, полностью сохраняется в затвердевшем шлаке (т. е. предполагалось, что реакция разложения геленита в реакционной точке на стыке полей двухкальциевого силиката, геленита и моноалюмината кальция как бы не протекает вовсе). Для выяснения причины резкого снижения

процента извлечения окиси алюминия из саморассыпающихся шлаков при появлении в последних геленита нами были микроскопически исследованы шлаки, указанные в табл. 1. Исследование проводилось преимущественно в проходящем свете и в иммерсионных препаратах, а для некоторых шлаков — в отраженном свете с применением травителей для диагностики минералов и выявления структур. Двухкальциевый силикат хорошо травится водой и 5% раствором хлористого аммония. Моноалюминат кальция темнеет при действии горячей воды. Кислоты HNO_3 , HCl окрашивают двухкальциевый силикат в черный цвет, а моноалюминат кальция — в белый. Геленит всеми перечисленными реактивами не травится.

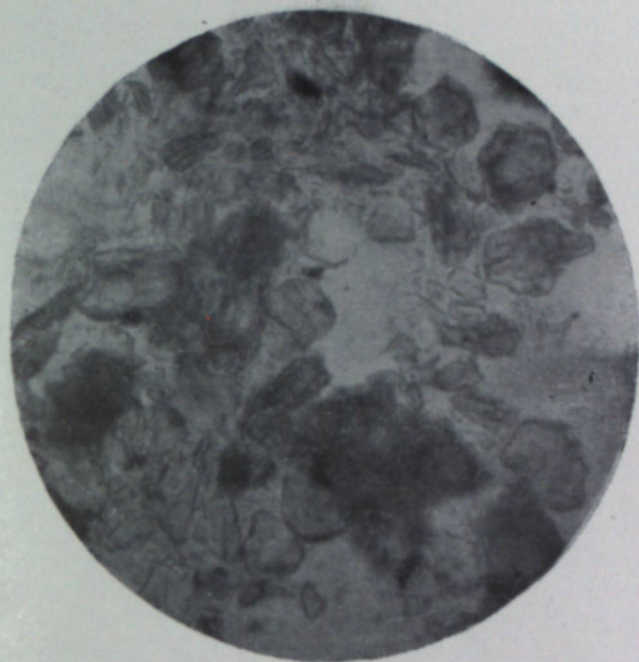
Шлаки 42, 51 состоят из следующих фазовых составляющих: β , γ - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ — и содержат очень малые количества геленита ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$). В иммерсионных препаратах они представляют собой смесь мелких обломочных зерен алюмокальциевых силикатов и сложных многослойных эвтектических прорастаний из тех же фаз. Диагностика всех составляющих минералов была проведена в шлифах, аншлифах и в иммерсионных препаратах. В составе эвтектических прорастаний двухкальциевый силикат находится в β -форме. Шлаки распадались на отдельные минералы на 40—60%. Размеры нераспавшихся обломков от $1,0 \times 0,75$ мм до $0,02 \times 0,01$ мм, цементирующим веществом в них являются моноалюминат кальция, $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ и в редких случаях — геленит. На рис. 2 показана микроструктура шлака 51, снятого в иммерсии. Кроме обособленных кристаллов алюминатов кальция, встречаются крупные непрозрачные зерна, представляющие тесные прорастания всех имеющихся минералов. Вполне естественно, что при переработке этих шлаков, например при выщелачивании, окись алюминия будет извлекаться в раствор в первую очередь из свободных кристаллов. К алюминатам же кальция, входящим в крупные зерна, обросшие силикатами, доступ растворителя затруднен, и переход глинозема из них в раствор будет меньше. В шлаке 42 количество крупных нераспавшихся зерен достигает 70%.

Совсем иную картину представляют шлаки У-II и 44. Минералы шлака не образуют сложных прорастаний, а находятся в свободном состоянии. Основные фазовые составляющие — γ - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ в виде крупных овальных зерен, моноалюминат кальция и $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ — также почти свободны от сростков и прорастаний. Иногда минерал $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ встречается в иной модификации: в виде темно-красных изотропных зерен, которые после прокаливания в окислительной атмосфере превращаются сначала в свою обычную зеленую форму, а при дальнейшем нагревании обесцвечиваются.

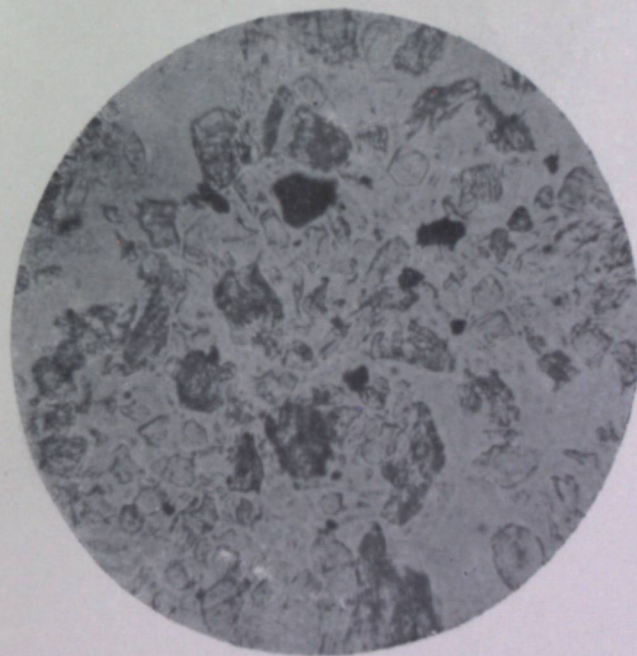
В имевшихся в нашем распоряжении шлаках от алюминотермического получения кальция было много красной разновидности $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$, что дало возможность провести химический и рентгенографический анализ этого минерала. Полученные данные указывают на то, что изменение окраски соединения $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ связано, вероятно, с недостатком кислорода в молекуле; это отмечалось уже в литературе [6].

На рис. 3 показана микроструктура шлака У-II. На нем ясно видно, что зерна алюминатов кальция свободны от примесей других минералов. Вполне естественно, что выщелачивание окиси алюминия из такого шлака будет проходить легче и полнее, чем из сложных зерен, проросших практически инертными по отношению к растворителю минералами. Аналогичную структуру имеют шлаки 44 и 50.

Таким образом, петрографические исследования показали, что при



Микроструктура шлака 51 (снято в иммерсии, $\times 80$).



Микроструктура шлака У-II (снято в иммерсии, $\times 80$).

достаточном содержании извести (когда нет условий для образования геленита даже как промежуточной фазы) алюминаты кальция и двухкальциевый силикат в рассыпавшемся шлаке образуют отдельные, изолированные зерна-кристаллы. Благодаря этому выщелачивание окиси алюминия содовым раствором происходит достаточно полно. При недостатке же извести (когда создаются условия для выделения из остывающего шлака также и геленита) наблюдается большое количество зерен, представляющих по своей структуре сложные эвтектические прорастания всех составляющих фаз. Прослойки неактивных геленита и двухкальциевого силиката затрудняют доступ раствора к алюминатам кальция и резко снижают переход окиси алюминия в раствор.

Отсюда следует, что вредное влияние геленита в саморассыпающихся шлаках заключается не только в связывании окиси алюминия в практически нерастворимое тройное соединение, но и, в большей степени, в неблагоприятном его влиянии на процесс кристаллизации шлака при остывании последнего, приводящем к смешению в одном зерне растворимых и нерастворимых минералов.

Поэтому для предотвращения образования в саморассыпающихся шлаках подобных сложных зерен и повышения процента перехода окиси алюминия в раствор необходимо выбирать те шлаки, составы которых при нанесении их на диаграмму состояния системы $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ ложатся на линию « $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ —точка 13» (реакционная точка на стыке полей двухкальциевого силиката, геленита и моноалюмината кальция, см. рис. 1) или немного ниже этой линии.

Уральский филиал АН СССР

Поступила в редакцию
8/V 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Мазель, Производство глинозема, М., Metallurgizdat, 1955.
2. Информация № 182 Центр. ин-та информации Министерства металлург. пром. СССР, М., 1949.
3. O. Vogwerk, P. Hüttemann, R. Mintrop, Stahl und Eisen, № 24, 1956.
4. Строительные материалы, изделия и конструкции, № 11, 1955.
5. Установка для обогащения доменных шлаков. Промышленно-экономическая газета, № 46, 16 мая 1956 г.
6. Д. С. Белякин, В. В. Лапин, Б. В. Иванов, Петрографии технического камня, М., Изд. АН СССР, 1952.

Л. К. ЯКОВЛЕВ, И. С. ЛИЛЕЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЗМА ПРОЦЕССОВ,
ПРОТЕКАЮЩИХ В СИСТЕМЕ $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$
ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ СПЕКАНИЯ

Сообщение 2

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ СИЛИКАТОМ НАТРИЯ И ОКИСЬЮ АЛЮМИНИЯ
И МЕЖДУ АЛЮМИНАТОМ НАТРИЯ И КРЕМНЕЗЕМОМ

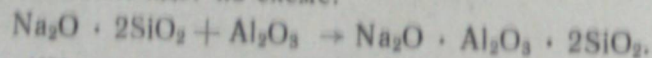
Изучение химизма образования алюмосиликатов натрия имеет большое значение для правильного понимания процессов, протекающих при производстве глинозема по методу спекания.

В системе $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ существует, по крайней мере, пять реакций алюмосиликатообразования:

- I. $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow$
- II. $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow$
- III. $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow$
- IV. $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow$
- V. $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow$

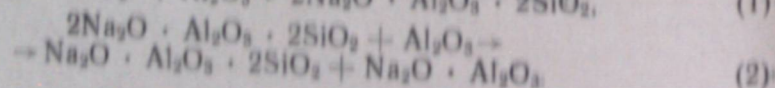
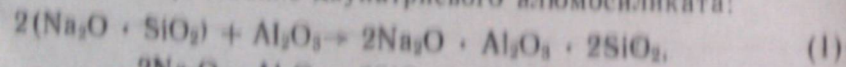
из числа которых одни авторы [1] считают основными реакциями первые три, другие [2] — только четвертую.

В настоящем сообщении речь пойдет лишь о реакциях (II) и (III), так как взаимодействие между дисиликатом натрия и окисью алюминия было довольно подробно рассмотрено ранее [1, 3]. Алюмосиликат натрия образуется по этой реакции очень легко, при относительно низких температурах (начинается при 700°) и без каких-либо осложнений. Такое взаимодействие идет по схеме:



Реакция (IV) является частным случаем (II) и потому должна рассматриваться лишь после изучения этой последней. О процессе же взаимодействия кианита с содой (реакция V) нами уже сообщалось [4].

В литературе очень мало работ, посвященных изучению реакций (II) и (III). И. С. Лилеев [1] и М. К. Мошкина [3] установили, что силикат натрия довольно легко реагирует с γ -окисью алюминия. Взаимодействие начинается уже при температуре около 800° , а при 1000° оно доходит до конца за два часа. Основным методом исследования был химический анализ. Оба автора считают, что взаимодействие протекает в две стадии, через образование дунатриевого алюмосиликата:



Конечными продуктами реакции в шихте с молекулярным отношением $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1$ являются нефелин и алюминат натрия.

Взаимодействие между алюминатом натрия и кремнеземом при температурах спекания впервые изучалось в 30-х годах Ф. Н. Строковым [5]. Автором исследовались смеси, в которых отношение алюмината натрия к кремнезему варьировалось от 20 до 100, а температура обжига достигала 1150° . С помощью кристаллооптического анализа было установлено, что между алюминатом натрия и кремнеземом образуются твердые растворы в количестве, пропорциональном содержанию SiO_2 ; было найдено также некоторое количество силиката натрия.

И. С. Лилеев [1], применяя разработанный им метод рационального химического анализа к алюминатно-кремнеземистым спекам (использовался аморфный SiO_2), полученным при $700-1000^\circ$ в течение 1 или 4 часов, пришел к выводу, что взаимодействие между алюминатом натрия и кремнеземом происходит при более высоких температурах, чем в случае смеси силиката натрия с окисью алюминия. В связи с этим автором было высказано предположение, что вначале происходит процесс обменного разложения с образованием силиката натрия и окиси алюминия, которые затем реагируют между собой, образуя алюмосиликаты, согласно уравнениям (1) и (2).

Более поздними работами М. К. Мошкиной [3] этот вывод не был подтвержден. Применяя аналогичную методику анализа, М. К. Мошкина пришла к заключению, что между алюминатом натрия и кремнеземом (также аморфный) никакого взаимодействия не происходит вплоть до 1100° .

Малое число имеющихся работ и ограниченность приводимых в них сведений побудили нас заняться более детальным изучением взаимодействий между метасиликатом натрия и окисью алюминия, а также между алюминатом натрия и кремнеземом с помощью современных физико-химических методов исследования.

Исходные вещества и методика исследования

В работе использовались силикат и алюминат натрия, кремнезем и окись алюминия.

Силикат натрия был получен путем многократного спекания при 1000° эквимолекулярных количеств чистого кварца (горный хрусталь) с содой марки ХЧ с промежуточными растираниями. Чистота продукта контролировалась микроскопическим и химическим путем. Даже длительным прокаливанием и плавлением освободиться полностью от соды не удалось.

Алюминат натрия был получен путем многократного спекания при 1200° смеси реактивной окиси алюминия марки ЧДА с 10% избытком химически чистой соды. Степень взаимодействия контролировалась химическим и микроскопическим путем. Свободной соды в продукте не обнаружено.

В качестве кремнезема был взят чистый природный кварц (горный хрусталь), измельченный до -250 меш (размер стороны отверстия сита 62μ) и отмытый от примесей железа концентрированной соляной кислотой.

Окись алюминия готовилась из реактивной $\text{Al}(\text{OH})_3$ марки ЧДА путем прокаливании ее при 700° в течение 1—2 часов. Полученная Al_2O_3 отмывалась декантацией от щелочей. Операция прокаливании и последующей промывки повторялась несколько раз до полного удаления щелочей по фенолфталеину.

Все приготовленные вещества были измельчены до —250 меш и проанализированы. Результаты анализов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты химического анализа исходных веществ (в %)

Наименование	П.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	М. о.
Силикат натрия	не опред.	47,6	0,06	0,18	—	48,6	Na ₂ O:SiO ₂ =0,99
Алюминат натрия	—	—	61,6	0,4	—	37,6	Na ₂ O:Al ₂ O ₃ =1,0
Кварц	—	99,84	0,12	—	—	—	—
Оксид алюминия	1,0	—	97,8	0,2	—	0,35	—

В работе использовались различные методы физико-химического анализа: комплексный дифференциальный термический, рентгеновский, микроскопический и рациональный (фазовый) химический. Более подробно о методике исследования нами сообщалось ранее [4].

Для предотвращения гидролиза алюмината натрия в процессе гидрохимической обработки исследуемых спеков вместо воды [4] применялся 0,5 н. раствор NaOH в количестве 25 мл.

Экспериментальная часть

Взаимодействие между силикатом натрия и оксидом алюминия

Для исследования этого взаимодействия из силиката натрия и оксида алюминия были приготовлены две смеси состава Na₂O · SiO₂ : Al₂O₃ = 1 : 1 и 2 : 1 и подвергнуты термографированию. Полученные комплексные термограммы представлены на рис. 1.

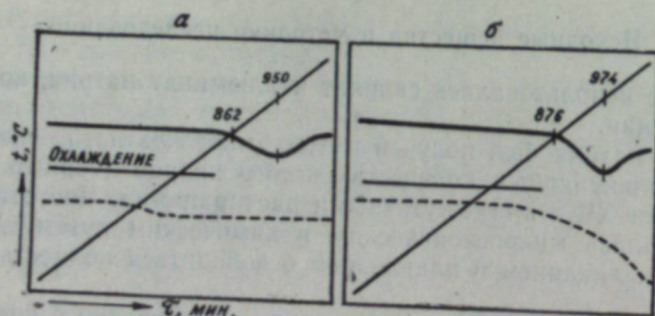


Рис. 1. Термограммы смесей Na₂O · SiO₂ : Al₂O₃ с м. о. 1 : 1 (а) и 2 : 1 (б).

На кривых нагревания обеих смесей имеется лишь один эндотермический эффект при температурах 862—950° и 876—974°, соответственно. В случае смеси состава Na₂O · SiO₂ : Al₂O₃ = 2 : 1 указанному эффекту соответствует небольшая по величине, но четкая усадка.

Очевидно, что в найденном интервале температур исходные вещества вступают между собой во взаимодействие, так как ни силикат натрия, ни оксид алюминия, отдельно взятые, такого эффекта не дают. Чтобы установить природу отмеченного взаимодействия, из указанных смесей были приготовлены спекы путем обжига брикетов при 800, 900, 1000, 1100, 1200° в течение двух часов. Брикет помещался сразу в нагретую до температуры опыта печь, выдерживалась в течение двух

часов, охлаждались на воздухе и затем отжигались при 700° в течение 30 часов. Измельченные спекы были подвергнуты рациональному химическому и рентгенографическому исследованию.

В случае смеси состава 2 : 1, как показывают рентгенограммы (рис. 2), процесс взаимодействия начинается уже при 800°, о чем свидетельствует уменьшение интенсивности линий силиката натрия. При 900° исходные вещества почти исчезают, и вместо них появляются линии новообразований, интенсивность которых по мере повышения температуры возрастает. Спек, полученный при 1100°, почти монофазен, а его рентгенограмма идентична рентгенограмме двунатриевого алюмосиликата (рис. 2, е), исключая линии, отмеченные буквами а и х, из которых первая, по-видимому, принадлежит алюминату натрия, природа же второй не установлена.

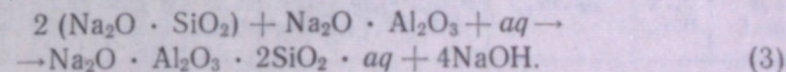
Данные рентгенофазовых исследований подтверждаются результатами химического анализа спеков (табл. 2). Здесь отчетливо видно, что уже при 800° процесс протекает с значительной скоростью, а при 900° он в основном завершается. Об этом говорит, в частности, переход в растворимое состояние исходной окиси алюминия, составляющий 90% при 900°.

Таблица 2

Результаты химического анализа спеков состава Na₂O · SiO₂ : Al₂O₃ = 2 : 1

Наименование образца	Ед. изм.	Щелочная вытяжка			Кислотная вытяжка			Нерастворимый остаток		
		Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	величина нераств. остатка	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Спек 800°	г	0,2713	0,0147	0,1170	0,0867	0,1402	0,1845	0,1783	0,1360	0,0424
	%	75,7	4,9	33,7	24,1	47,5	53,2	17,8	46,1	12,2
	м. о.	30,4	1,0	13,5	1,01	1,0	2,24		1,0	0,53
Спек 900°	г	0,2154	0,0335	0,0517	0,1420	0,2330	0,2767	0,0369	0,0167	0,0202
	%	60,0	11,3	14,9	36,6	79,0	79,8	3,7	5,7	5,8
	м. о.	10,6	1,0	2,6	1,0	1,0	2,02		1,0	2,06
Спек 1000°	г	0,1702	0,0402	0,0275	0,1966	0,2430	0,2940	0,0156	0,0050	0,0105
	%	47,5	13,6	7,9	54,9	82,3	84,7	1,6	1,7	3,0
	м. о.	7,0	1,0	1,2	1,33	1,0	2,06		1,0	3,60
Спек 1100°	г	0,1674	0,0442	0,0272	0,1959	0,2372	0,2805	0,0259	0,0025	0,0234
	%	46,7	15,0	7,8	54,7	80,3	80,8	2,6	0,8	6,7
	м. о.	6,2	1,0	1,05	1,36	1,0	2,01		1,0	1,6

подавляющая часть прореагировавшей окиси алюминия попадает в кислотную вытяжку. Вместе с тем высокое содержание Na₂O в щелочной вытяжке заставляет предположить наличие вторичных процессов, протекающих при гидрохимической обработке низкотемпературных спеков (800, 900°) согласно уравнению



В результате этих процессов часть алюминатной окиси алюминия попадает в кислотную вытяжку и тем самым несколько искажает количественную сторону процесса.

Здесь, несомненно, происходит также гидролиз двунатриевого алюмосиликата [6]. При низких температурах, когда кристаллическая ре-

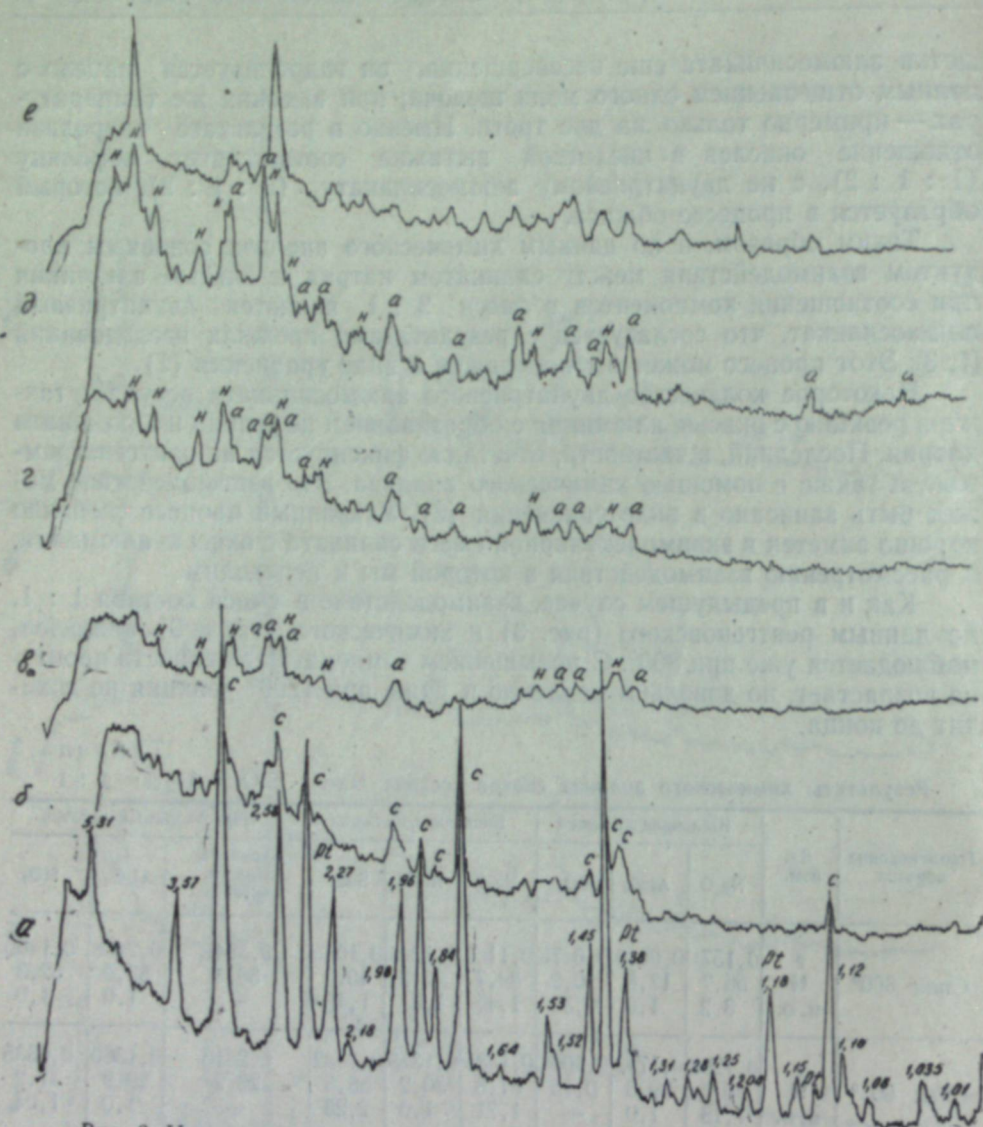


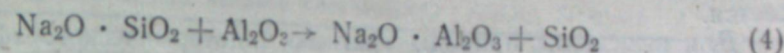
Рис. 3. Ионизационные рентгенограммы спеков $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1 : 1$.
 а — силикат натрия, б — спек 800°, в — спек 900°, г — спек 1000°, д — спек 1100°, е — спек 1200°.

присутствии силиката натрия этот процесс идет уже при 1163° [8]. При температурах ниже 654° α -карнегиит переходит в β -карнегиит, линии которого, по-видимому, и представлены на рассматриваемой рентгенограмме. Отсутствие в литературе рентгенографической характеристики β -карнегиита не позволяет нам говорить об этом с полной определенностью.

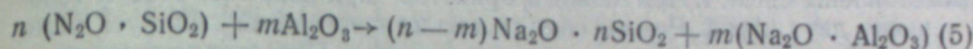
В кислотных вытяжках (см. табл. 3) отношение SiO_2 к Al_2O_3 , начиная с температуры 900°, больше 2 (в нефелине или двусосновном алюмосиликате оно равно 2). Это может быть истолковано таким образом, что наряду с алюмосиликатами в кислотную вытяжку переходит, вероятно, и некоторое количество силиката натрия, возможно, в виде твердого раствора его в алюмосиликате.

Обращает на себя внимание высокое содержание в нерастворимых остатках спеков кремнезема (52% в спеке, полученном при 800°). Столь значительные количества SiO_2 не могут быть результатом несовершенства методики рационального химического анализа. Вероятным объясне-

нием этого факта является предположение о возможности протекания в изучаемых смесях процессов типа обменных разложений, например, вида:



или



с образованием свободного SiO_2 или полисиликатов, которые при гидрохимической обработке могут отщеплять кремнезем.

Из всего сказанного следует, что взаимодействие между силикатом натрия и окисью алюминия протекает с образованием разных продуктов в зависимости от соотношения исходных веществ и температуры обжига. Конечными продуктами взаимодействия, получаемыми при высоких температурах и достаточных выдержках, являются либо нефелин и алюминат натрия (смесь 1 : 1), либо двунатривый алюмосиликат (смесь 2 : 1). Вероятными промежуточными продуктами, образование которых наиболее заметно при низких температурах, являются кремнезем или полисиликаты и алюминат натрия.

Для окончательного решения этого вопроса необходимы еще дополнительные исследования.

Взаимодействие между алюминатом натрия и кремнеземом

При изучении этого взаимодействия нами использовался кварц вместо аморфного кремнезема в прежних исследованиях [1, 3], так как он значительно проще определяется при микроскопических и рентгенофазовых исследованиях и не переходит в щелочную вытяжку при гидрохимической обработке спеков.

Из алюмината натрия и кварца были составлены две смеси с молекулярным отношением компонентов в них 1 : 1 и 1 : 2.

На рис. 4 представлены комплексные термограммы указанных смесей. На кривых нагревания видны три эндотермических эффекта, причем более отчетливо они проявляются в смеси состава 1 : 1.

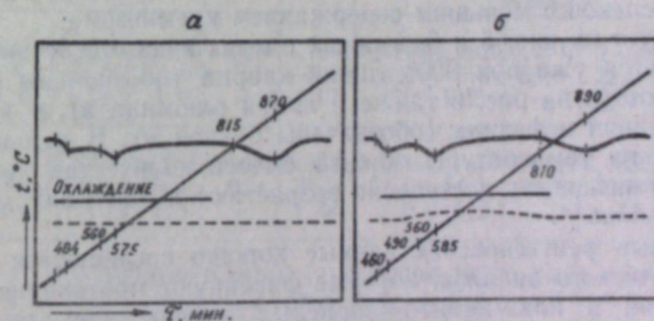


Рис. 4. Термограммы смесей $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ с м. о. 1 : 1 (а) и 1 : 2 (б).

Первый эндотермический эффект при температурах 460—490° соответствует полиморфному превращению алюмината натрия, что согласуется с данными О. И. Аракелян [9]. Второй эффект с минимумом при 585° отвечает полиморфному превращению β -кварца в α -кварц. Наконец, третий эффект — при 810—890° (и 815—870°) — не принадлежит ни одному из исходных веществ и, очевидно, является результатом их взаимодействия. Отметим, что аналогичный эффект был зафиксирован

М. К. Мошкиной [3], однако объяснения в ее работе он не получил. На кривых охлаждения обеих шихт никаких эффектов не наблюдается.

Для выяснения природы третьего эндотермического эффекта были приготовлены спеки путем обжига брикетов* при 800, 900, 1100 и 1200° в течение двух часов. Режим обжига аналогичен применявшемуся нами для смесей силиката натрия с окисью алюминия. Приготовленные таким образом спеки были подвергнуты рациональному химическому анализу. Полученные данные представлены в табл. 4 и 5.

В первой горизонтальной строке табл. 4 даны результаты анализа исходной алюминатно-кварцевой шихты. Они показывают, что применение метода последовательной щелочно-кислотной обработки вполне здесь приемлемо. Нерастворимый остаток в этом случае состоит из кварца и содержит лишь 0,5% окиси алюминия.

Данные рационального химического анализа спеков свидетельствуют о сложном характере протекающих при взаимодействии процессов. Об этом говорят как соотношения компонентов в кислотных вытяжках, не соответствующие рациональным составам, так и нерастворимые остатки, особенно в случае спеков $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 2$, где наряду с Al_2O_3 и SiO_2 присутствуют большие количества щелочи. Последнее обстоятельство, вероятно, можно объяснить образованием каких-то промежуточных соединений, лишь частично разлагающихся при обработке кислотой.

Лишь при высоких температурах (1100—1200°) образуются алюмосиликаты более определенного состава. Но и в этом случае в нерастворимых остатках содержание окиси алюминия еще очень высокое за исключением спека состава $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 1$, полученного при 1200°.

Из-за плохо выраженной кристаллизации и сильной дисперсности фаз микроскопические наблюдения оказались малоэффективными.

Хорошее представление о фазовом составе спеков дает рентгеновский анализ (рис. 5, 6).

Следует отметить, что спеки состава $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 2$ дают четкие рентгенограммы лишь после длительного отжига их при 700° в отличие от спеков с меньшим содержанием кремнезема.

Как следует из рис. 5 и 6, в обеих смесях взаимодействие в основном завершается уже при 900°: линии кварца (обозначены буквой *к*) почти исчезают (а на рис. 6 также и линии алюмината), и вместо них появляются линии нефелина (обозначены буквой *н*). В дальнейшем по мере увеличения температуры обжига смесей количество линий нефелина и их интенсивность постепенно возрастают и при 1200° мало отличаются от эталона**.

Полученные рентгеновские данные хорошо согласуются с результатами термического анализа, которые фиксируют протекание процесса взаимодействия в алюминатно-кварцевых смесях при температурах 800—900°.

Наличие значительных количеств окиси алюминия в нерастворимых остатках даже высокотемпературных спеков позволяет высказать предположение о том, что при обжиге алюминатно-кварцевых смесей, как и

* Брикеты готовились путем прессования исследуемых смесей при давлении около 1500 кг/см². Размеры брикетов: высота 20 мм, диаметр 12 мм, вес около 3 г.

** Нефелин для цели сравнения был синтезирован путем обжига каолина с содой и дисиликата натрия с окисью алюминия. Оба образца дают идентичные рентгенограммы, однако вычисленные из них значения межплоскостных расстояний отличаются от приводимых в литературе [10].

Таблица 4
Результаты химического анализа спеков $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 1$

Наименование образца	Ед. изм.	Щелочная вытяжка			Кислотная вытяжка			Нерастворимый остаток		
		Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	величина нерастворим. остатка	Al_2O_3	SiO_2
Шихта алюминат натрия + кремнезем, 1:1	г	не опред.	не опред.	не опред.	не опред.	не опред.	не опред.	0,2566	0,0227	0,2639
	%	—	—	—	—	—	—	26,7	0,5	98,5
	м. о.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Спек 900°	г	0,1535	0,2445	0,0063	0,1211	0,1315	0,0567	0,2995	0,098	0,2037
	%	55,4	3,7	2,3	43,7	28,9	21,1	29,9	21,5	76
	м. о.	1,03	1,0	0,044	1,51	1,0	0,73	—	1,0	3,54
Спек 1000°	г	0,1477	0,2230	0,0103	0,1225	0,1122	0,1320	0,2439	0,1192	0,1242
	%	53,3	49,0	3,8	44,2	24,6	49,3	24,4	26,1	46,3
	м. о.	1,09	1,0	0,077	1,80	1,0	2,0	—	1,0	1,77
Спек 1100°	г	0,1175	0,1897	0,0117	1,1472	0,1477	0,2355	0,1536	0,1281	0,0255
	%	42,4	41,7	4,4	53,1	32,4	87,8	15,4	28,1	9,5
	м. о.	1,02	1,0	0,105	1,6	1,0	2,71	—	1,0	0,34
Спек 1200°	г	0,1175	0,1860	0,0142	0,1541	0,2455	0,2470	0,042	0,030	0,0122
	%	42,4	4,8	5,3	55,6	53,9	92,2	4,2	6,6	4,5
	м. о.	1,04	1,0	0,13	1,03	1,0	1,71	—	1,0	0,7

Таблица 5
Результаты химического анализа спеков $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 2$

Наименование образца	Ед. изм.	Щелочная вытяжка			Кислотная вытяжка			Нерастворимый остаток			
		Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	величина нерастворим. остатка	Na_2O *	Al_2O_3	SiO_2
Спек 800° (0,75 г)	г	0,1206	0,1965	0,0032	0,0094	0,0160	0,0020	0,4032	0,036	0,0552	0,3120
	%	73,5	73,5	1,1	5,7	6,0	0,6	53,8	22,0	20,5	98,5
	м. о.	1,04	1,0	—	0,97	1,0	0,21	—	1,07	1,0	7,5
Спек 900° (0,75 г)	г	0,0417	0,0682	0,0007	0,0577	0,0640	0,0455	0,4730	0,0654	0,1376	0,2700
	%	25,4	25,4	0,2	35,2	23,8	14,3	63,1	39,8	51,1	85,3
	м. о.	1,0	1,0	—	1,48	1,0	1,2	—	0,78	1,0	3,34
Спек 1000° (0,75 г)	г	0,0254	0,0382	0,0040	0,1255	0,1170	0,1027	0,3348	0,0124	0,110	0,2104
	%	15,5	14,4	1,3	76,6	43,9	32,4	44,6	7,6	41,6	66,5
	м. о.	1,09	1,0	0,18	1,77	1,0	1,49	—	0,18	1,0	3,2
Спек 1100° (1,0 г)	г	0,0275	0,0142	0,0115	0,1773	0,1907	0,2780	0,2972	0,0107	0,1541	0,1320
	%	12,6	4,0	2,7	81,2	53,2	65,8	29,7	3,9	42,8	31,3
	м. о.	3,19	1,0	1,38	1,53	1,9	2,48	—	0,11	1,0	1,45
Спек 1200° (0,4 г)	г	0,0039	0,0045	0,0115	0,0807	0,1085	0,1345	0,0664	0,0028	0,0352	0,0284
	%	4,5	3,1	6,8	92,2	75,6	79,7	16,6	3,2	24,5	16,8
	м. о.	1,43	1,0	4,35	1,22	1,0	2,17	см. об.	0,13	1,0	1,37

* Na_2O определен по разности между величиной нерастворимого остатка и суммой Al_2O_3 и SiO_2 в нем.

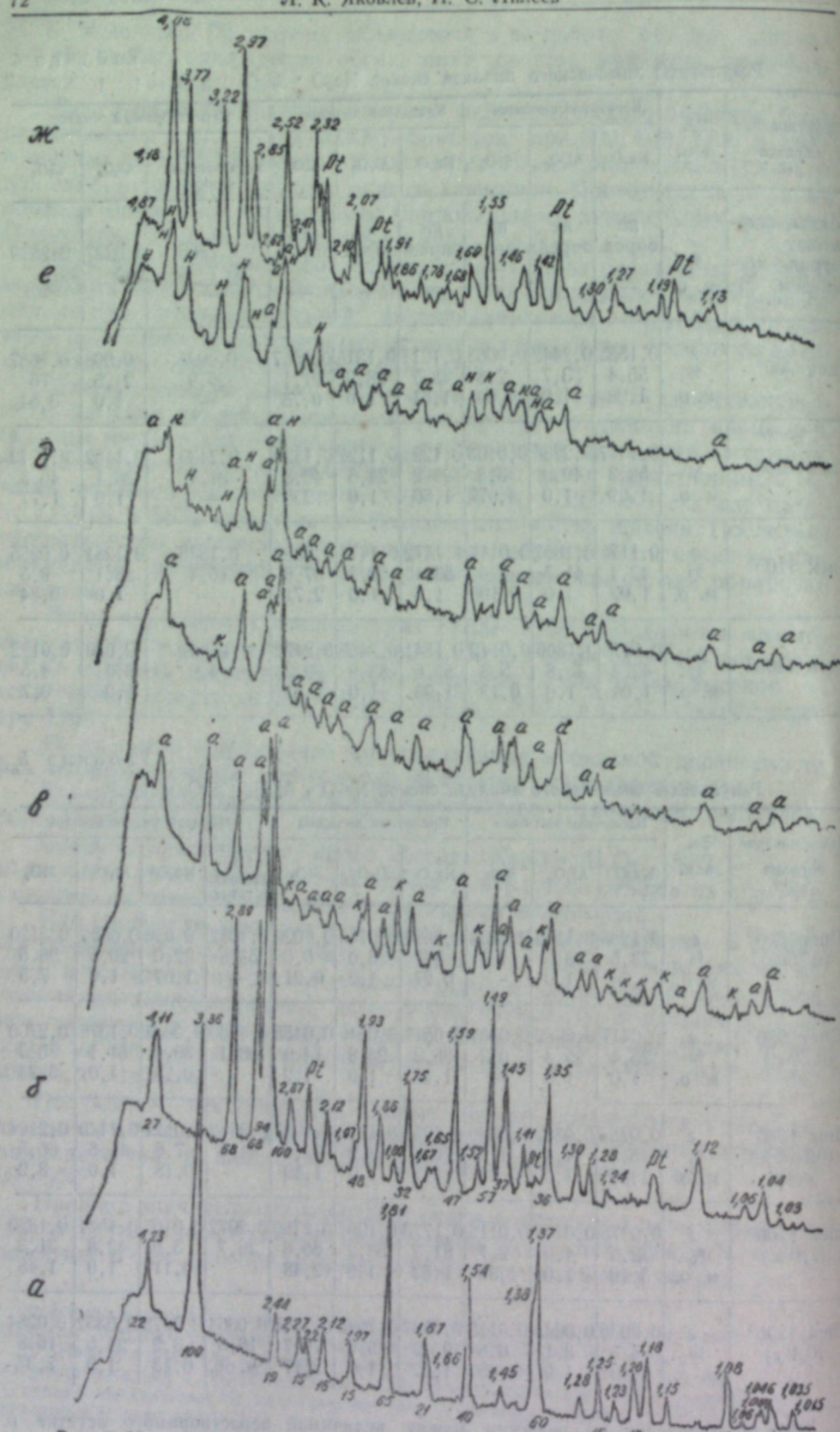


Рис. 5. Ионизационные рентгенограммы спеков $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 1$.
 а — кварц, б — алюминат натрия, в — спек 800°, г — спек 900°, д — спек 1000°, е — спек 1200°, ж — синтетический нефелин.

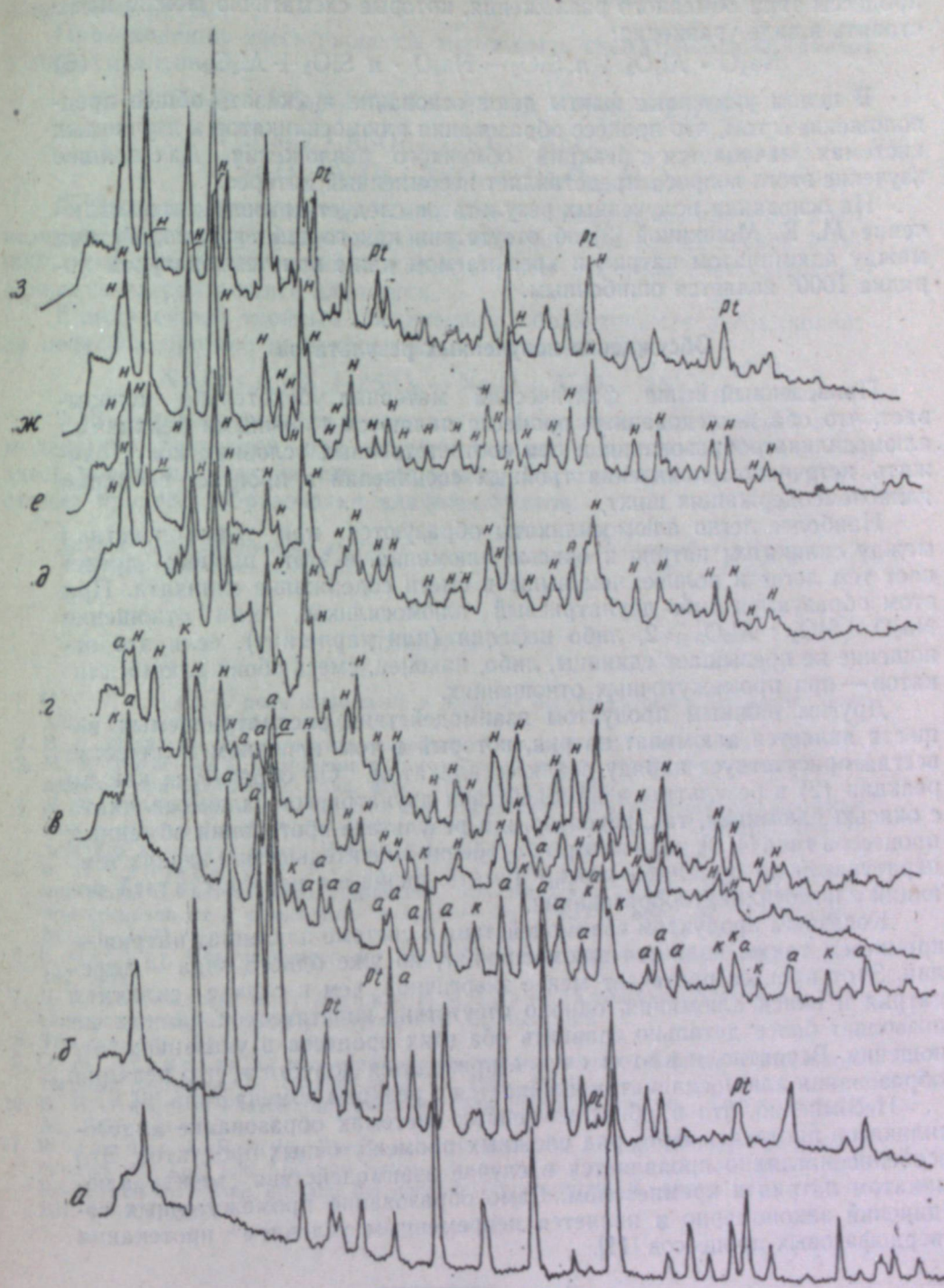
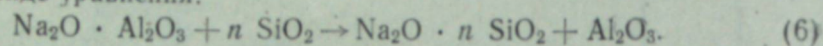


Рис. 6. Ионизационные рентгенограммы спеков $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 2$.
 а — кварц, б — алюминат натрия, в — спек 800°, г — спек 900°, д — спек 1000°, е — спек 1100°, ж — спек 1200°, з — синтетический нефелин.

в случае смесей силиката натрия с окисью алюминия, могут протекать процессы типа обменного разложения, которые схематично можно представить в виде уравнения:



В целом указанные факты дают основание высказать общее предположение о том, что процесс образования алюмосиликатов в изучаемых системах начинается с реакций обменного разложения. Дальнейшее изучение этого вопроса представляет несомненный интерес.

На основании полученных результатов следует признать, что заключение М. К. Мошкиной [3] об отсутствии какого-либо взаимодействия между алюминатом натрия и кремнеземом даже при температурах порядка 1000° является ошибочным.

Обсуждение полученных результатов

Приведенный выше фактический материал убедительно показывает, что оба исследованных процесса являются типичными реакциями алюмосиликатообразования и при соответственных условиях могут служить источником появления тройных соединений в процессе спекания глиноземсодержащих шихт.

Наиболее легко алюмосиликаты образуются при взаимодействии между силикатом натрия и окисью алюминия, и этот процесс протекает тем легче и полнее, чем выше в смеси содержание силиката. При этом образуются либо двунариевый алюмосиликат, если отношение $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 \geq 2$, либо нефелин (или карнегиит), если это отношение не превышает единицы, либо, наконец, смесь обоих алюмосиликатов — при промежуточных отношениях.

Другим важным продуктом взаимодействия рассматриваемых веществ является алюминат натрия, который в том или ином количестве всегда присутствует наряду с алюмосиликатом. Он образуется как по реакции (2) в результате взаимодействия двунариевого алюмосиликата с окисью алюминия, так, вероятно, и в результате протекания обменных процессов типа [4, 5], доля которых особенно значительна при низких температурах и которые, как можно думать, являются первой стадией реакций алюмосиликатообразования.

Конечным продуктом взаимодействия в системе алюминат натрия — кремнезем также является алюмосиликат, но уже одного вида — нефелин. Этот процесс протекает менее энергично, чем в случае силиката натрия и окиси алюминия, однако отсутствие кинетических данных не позволяет более детально сравнить оба этих процесса в указанном отношении. Вероятно, и в этом случае приходится допустить, что реакция образования алюмосиликатов начинается с реакции обмена типа [6].

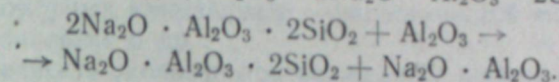
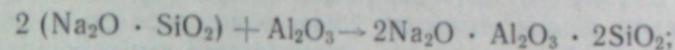
Несомненно, что в обоих изученных системах образование алюмосиликатов протекает через ряд сложных промежуточных продуктов. Это особенно наглядно проявляется в случае взаимодействия между алюминатом натрия и кремнеземом. Само образование промежуточных соединений закономерно и является непременным условием протекания твердофазовых процессов [11].

Выводы

1. Показано, что при взаимодействии силиката натрия с окисью алюминия в зависимости от соотношения исходных веществ уже при 800° в качестве тройных соединений образуются либо нефелин (карнегиит) (молекулярное отношение 1 : 1), либо двунариевый алюмосили-

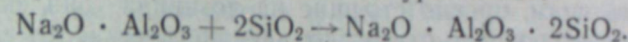
кат (2 : 1). В первом случае образуются также переменные количества алюмината натрия.

Происходящие здесь процессы могут быть схематично изображены в виде уравнений:



2. Показано, что взаимодействие между алюминатом натрия и кремнеземом (даже кристаллическим) происходит при температурах 800—900°, но носит более сложный характер, чем в случае взаимодействия силиката натрия и окиси алюминия.

Единственным тройным соединением, образующимся здесь, является нефелин; процесс протекает согласно уравнению:



3. Высказано предположение, что в обоих изученных случаях взаимодействия образуется ряд промежуточных продуктов. В частности, здесь вероятны реакции типа обменного разложения как начальная стадия процесса образования алюмосиликатов.

Химико-металлургический институт
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
28/VI 1959

ЛИТЕРАТУРА

- И. С. Лилеев, О роли кремнезема в процессе получения окиси алюминия. Докт. дисс., Лен. химико-техн. ин-т, 1947.
- В. А. Мазель, Производство глинозема. Metallurgizdat, М., 1955.
- М. К. Мошкина, О химизме взаимодействия между содой, кремнеземом и глиноземом при нагревании. Канд. дисс., Томский ун-т, 1952.
- Л. К. Яковлев, И. С. Лилеев, Исследование химизма процессов, протекающих в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ при температурах спекания. Сообщ. I. Взаимодействие кванита с содой. Изв. СОАН СССР, № 5, 1959.
- Ф. Н. Строков, В. В. Мусяков, В. С. Волков, К вопросу о поведении минералов и синтетических соединений, относящихся к системе $\text{R}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ при спекании их с углекислым кальцием. Тр. ГИПХ, вып. 32. Госхимиздат, М.—Л., 1940.
- E. Gruner, Untersuchungen der Alkali-Aluminium Silicaten. Z. anorg. Chem., 182, 1929.
- Д. С. Белякин, В. В. Лапин, Н. А. Торопов, Физико-химические системы силикатной технологии. Промстройиздат, М., 1954, 168.
- Там же, стр. 161.
- О. М. Аракелян, О полиморфизме алюмината натрия, феррита натрия и их твердых растворов. Тр. ВАМИ, № 40, Л., 1957, 32—48.
- В. И. Михеев, Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат, М., 1957, 649—650.
- W. Jander, K. Bunde, Die Zwischenzustände, die bei der Bildung des Zinkaluminates aus ZnO und Al_2O_3 im festen Zustand auftreten. [14 Mitteilung über Reaktionen im festen Zustand bei höheren Temperaturen], Z. anorg. allg. Chem., 231, 4, 1937, 345.

Б. Г. ИОГАНЗЕН

СПОРНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИИ*

Сообщение 1

Советские экологи, прочно стоящие на позициях диалектического материализма, безоговорочно отвергают идеалистические и метафизические концепции зарубежных экологов, вроде представлений Р. Чэлмана о биотическом потенциале, В. Шелфорда — о климаксе, А. Тинемана — о биоценозе как организме высшего порядка и т. п. В то же время экологи-материалисты имеют много спорных, дискуссионных и нерешенных вопросов, наличие которых свидетельствует об интенсивной исследовательской работе и бурном развитии современной экологии.

Пожалуй, легче перечислить вопросы, по которым имеется единое мнение экологов, чем те, по которым идут споры. Спорны и многие основные положения экологии — представления о среде и факторах, биотопе и биоценозе и другие, что говорит о наличии коренных сдвигов в этой науке. В нашем сообщении мы имеем возможность коснуться лишь некоторых вопросов.

Значение экологии и ее место в ряду наук

Для большинства биологов не подлежит сомнению, что экология — важный раздел современной биологической науки, имеющий все возможности дальнейшего развития. Следует сказать, что и И. В. Мичурин придавал экологии большое значение, он указывал: «...экологию Геккеля необходимо разработать в возможно более широком масштабе...» ([1], стр. 414).

Но есть и другое мнение. Один из украинских зоологов накануне созыва в 1954 г. в Киеве III экологической конференции заявил, что «экология в настоящее время является отжившим понятием». Мотив к этому такой: экология как наука необходимо возникла тогда, когда организм рассматривался в отрыве от среды, но теперь все отрасли биологии рассматривают организм в связи с условиями жизни и потому де экология сливается с биологией.

Такой взгляд исходит из совершенно превратного представления о соотношении между биологией и экологией. Биологию, как указывал еще К. А. Тимирязев, следует трактовать в «первоначальном и единственном законном смысле» как совокупность знаний о живом ([2], стр. 66). Биология не поглотила экологии и никак не может этого сделать, так как сама состоит из экологии, физиологии, морфологии и ряда других дисциплин. Неправильное понимание этого вопроса ведет к тому, что

* Доложено 25 ноября 1957 г. на совещании зоологов Сибири, состоявшемся в Новосибирске при Биологическом институте Западно-Сибирского филиала Академии наук СССР. Печатается в порядке дискуссии. Сообщение 2 будет опубликовано в следующем номере журнала.

некоторые называют биологией образ жизни, говорят о какой-то био-экологии и т. д.

Жизненность экологии подчеркивается тем, что она пронизала буквально все отрасли современной биологии, вызвав появление ряда новых плодотворных направлений — экологической морфологии, экологической физиологии и др.

Жизненность экологии подтверждается широким использованием в практике народного хозяйства организмов как индикаторов, биологического метода очистки среды и борьбы с вредными организмами, прогнозирования динамики численности организмов и других достижений экологии. Экологические познания играют важную роль в правильной организации сельского, лесного, охотничьего и рыбного хозяйства, данные экологии широко используются в здравоохранении и санитарии, в ряде отраслей промышленности и флоте. Научная и практическая значимость экологии находится теперь вне сомнения (Никольский [3]).

Вопрос о том, что такое экология, в последнее время все чаще привлекает внимание биологов. Им занимались как отдельные ученые, так и научные конференции. Л. Р. Дайс [4] в специально посвященной этому вопросу статье указывает, что определить цели, границы и положение экологии среди других наук не мог даже специально созданный в США экологический комитет.

Попытаемся ответить на этот сложный вопрос.

Его сложность заключается в отсутствии до настоящего времени объективной классификации биологических наук. Мы полагаем, что в качестве рабочей схемы может быть предложено разделение биологии на три группы наук:

Общие	Частные	Комплексные
Систематика	Генетика	Микробиология
Морфология	Биогеография	Ботаника
Физиология	Палеонтология	Зоология
Экология	Дарвинизм	Антропология
		Гидробиология
		Аэробиология
		Почвоведение
		Паразитология

Общие биологические дисциплины подразделяются по рассматриваемым вопросам, причем каждая из них изучает весь органический мир. Они имеют общие понятия (систематика — о системе классификационных единиц, морфология — о клетке, тканях и органах, физиология — о функциях дыхания, питания, выделения и т. п., генетика — о наследственности и ее изменчивости и т. д.), хотя по методическим причинам, естественно, делятся на отрасли, изучающие растения, животных и человека.

Частные биологические дисциплины рассматривают материал по объектам, но со всех точек зрения, входящих в компетенцию общих дисциплин. Основным объектом общих и частных дисциплин является организм.

В основе выделения в самостоятельные области знания комплексных дисциплин лежит характер среды жизни (вода, воздух, почва и организм — для паразитов), всестороннее изучение которой и образует существенную составную часть этих сложных наук. При этом следует учесть, что аэробиологии еще нет, хотя появление метеоробиологии (Келлер [5]), биоклиматологии (Кердэ [6]) и других подобных направлений свидетельствует о заполнении пробелов, препятствующих формированию аэробиологии.

Не настаивая на всеобъемлющем характере предложенной классификации биологических наук и подчеркивая рабочее значение этой

схемы, мы ясно видим место экологии среди дисциплин общей биологии. Поэтому нельзя полностью согласиться с Г. В. Никольским ([3], стр. 70) и авторами резолюции III экологической конференции ([7], стр. 29) в том, что разделами экологии являются геоботаника, гидробиология, энтомология, паразитология, ихтиология и т. д. Что еще подразумевает под этим «и т. д.», к сожалению, неизвестно.

Как видим, здесь совершенно неправомерно смешаны три принципа подразделения биологических наук. Энтомология и ихтиология являются такими же частями экологии, как и систематики, морфологии и т. п., а вернее — систематика, морфология и экология насекомых или рыб составляют сами только разделы этих отраслей частной зоологии. Например, ихтиология, как указывал Л. С. Берг (см. [8]), изучает морфологию и анатомию, физиологию, экологию, эмбриологию, эволюцию, систематику, палеонтологию и распространение рыб и потому, естественно, никак не может быть частью экологии.

Соотношение биологии и экологии такое же, как целого и части. Чтобы выявить особенности экологии как науки, нужно ее сопоставить прежде всего с отраслями общей биологии. Последние, изучая организм каждая с определенной стороны, все вместе дают его всестороннюю характеристику. Мы полагаем, что каждая из этих дисциплин имеет центральное, основное понятие, характеризующее специфику данной науки и рассматривающее одну из принципиально важных сторон объекта исследования, а именно: систематика — классификацию, морфология — форму, физиология — функции, экология — образ жизни, генетика — наследственность, биогеография — ареал, палеонтология — происхождение (предков), дарвинизм — эволюцию (закономерности исторического развития).

Не сразу определилось указанное «разделение труда» между биологическими науками. Экология, возникнув в период победы исторического метода в биологии, когда зоология и ботаника были чисто описательными морфологическими дисциплинами, а экспериментальная наука — физиология — развивалась в полном отрыве от них, на первых порах стремилась заполнить существующий между ними разрыв. Экологи стали изучать образ жизни животных и жизненные функции растений — их зимостойкость, засухоустойчивость, солевыносливость и т. п. Все это изучалось с точки зрения рассмотрения взаимоотношений организма и среды, выяснения декларированной Дарвином борьбы за существование, установления морфофизиологических адаптаций и т. п.

Вопрос об адаптациях был особо актуальным в период борьбы за победу дарвинизма, теперь же центр тяжести в экологии переместился на практически важнейший вопрос о динамике численности (включающий в себя и вопрос об адаптациях), с которым связана разработка необходимых хозяйству кратко- и долгосрочных прогнозов выхода пушнины, уловов рыбы, размножения вредителей, возможного урожая сельскохозяйственных растений и т. п.

В настоящее время экология тесно связана со всеми отраслями биологии, ее общими, частными и комплексными дисциплинами. Экология дает им опору, но при этом не растворяется в них и не «исчезает», как полагают некоторые. За ней остается своя специфическая область исследования — изучение образа жизни организмов и динамики численности видового населения. Больше того, формирование в пределах основных биологических дисциплин особых экологических направлений — экологической систематики, экологической морфологии, экологической физиологии и т. п. — неоспоримо доказывает жизненность и закономерность происхождения экологии во все разделы биологических наук, которые

вынуждены соответственным образом перестраиваться. Мы полагаем, что термины «экологическая морфология», «экологическая физиология» и т. п., которые на первых порах были правомочны, теперь уже не правомочны. Дело заключается в том, что морфология, физиология и другие биологические науки поднялись в XX в. на новый, более высокий уровень в своем развитии — экологический. Если современный морфолог изучает адаптации строения организма в связи с условиями его жизни, то это не экология, а самая настоящая морфология, и незачем ее именовать экологической. Описание морфологических структур без учета влияния среды — это вчерашний день морфологии, морфология XVIII века. Не следует называть развивающееся современное физиологическое направление (работы Н. И. Калабухова и др.) «экологической физиологией», так как подобная терминология предусматривает возможность существования в наши дни какой-то другой физиологии, изучающей организм в отрыве от среды (что в корне неправильно, хотя некоторые физиологи и сейчас еще ведут подобные исследования).

Следует сказать, что ботаники и зоологи совершенно по-разному смотрят на экологию. Ботаники трактуют экологию растений как учение об абиотических факторах и не проводят четкой грани между нею и физиологией растений, оставляя рассмотрение растительных сообществ особой науке — так называемой фитоценологии. В. Н. Сукачев [9] сводит экологию растений на положение учения о жизненных формах. Зоологи в большинстве понимают экологию животных шире, включая в нее и аутоэкологию и синэкологию. Разное понимание ботаниками и зоологами содержания, объема и задач экологии, несомненно, вредит дальнейшей разработке общих проблем этой науки. Организмы обитают в природе в едином комплексе, совместно растения и животные, поэтому и подход к их экологическому изучению должен быть единым.

Мы полагаем, что настало время для создания общей экологии. Наряду с генетикой животных и генетикой растений плодотворно развивается общая генетика, вырабатывающая основные понятия этой науки. Подобное положение необходимо создать и в экологии.

Специфика экологии

Подчеркивая связь и взаимозависимость экологии и других биологических дисциплин, мы считаем необходимым особо обратить внимание на качественную обособленность и специфику экологии, которые еще недостаточно учитываются. Марксизм-ленинизм учит, что для науки важно прежде всего не то, что объединяет предметы, а то, что отличает их друг от друга ([10], стр. 232).

Применительно к интересующему нас вопросу это означает, что экология как наука должна иметь свой качественно определенный объект исследования, а при характеристике экологии важно не столько подчеркивать ее связи с другими биологическими дисциплинами (которые весьма широки и глубоки), сколько показать отличие от них, ее обособленность, специфику.

В чем заключается специфика экологии как общеприкладной биологической науки, позволяющая легко отграничить ее от всех остальных биологических дисциплин?

Специфичен прежде всего предмет исследования: с одной стороны — организмы, популяции и биоценозы, с другой стороны — среда и факторы жизни и, наконец, взаимоотношения тех и других (т. е. организмов и среды). Другие отрасли биологии изучают живой или мертвый организм, особь или ее части; экология же всегда изучает целый живой ор-

ганизм или, чаще, группу особей в природной обстановке. Как правильно отмечает С. А. Северцов [11], «для экологии характерно большое внимание к числовым отношениям среди животных, что совершенно понятно именно для прикладных наук, интересующихся эксплуатацией природных объектов. Эколог исследует население, а не единичную особь» (стр. 1053—1054).

Специфична общая задача исследования: изучение образа жизни и выявление закономерностей динамики численности организмов. Закономерности динамики численности популяций и биоценозов выявляются на основе изучения размножения, питания, роста, миграций организмов, изучения их паразитов и других явлений и факторов, обуславливающих пополнение и убыль населения (изучение этих вопросов неправильно называют «биологией»).

Специфичен основной метод экологического исследования: количественный учет организмов. Экологу при проведении работы приходится сочетать различные типы и методики исследования. Он применяет полевые и лабораторные, экспедиционные — маршрутные — и стационарные, экспериментальные и неэкспериментальные типы исследования. Ошибочно думать, что экспериментальная работа обязательно ведется в лаборатории. Грандиозные эксперименты с биоценозами и популяциями совершаются у нас в связи с освоением целинных и залежных земель, созданием водохранилищ и лесных полос, акклиматизацией полезных организмов, истреблением паразитов и вредных животных и другими работами по преобразованию природы.

Изучая организмы в природном комплексе, эколог широко пользуется различными общенаучными (физико-химическими) и общебиологическими методами (например, ведет определение видового состава объектов питания, врагов, паразитов и т. п.). При проведении аутоэкологических исследований в лабораторных условиях часто применяются физиологические методики (главным образом для изучения отношения исследуемого организма к абиотическим факторам). Данные физиологии (и биохимии) позволяют вскрывать сущность наблюдаемых явлений. Однако подобные методы исследования ничего специфического для экологии не содержат.

Одна из особенностей экологии, как нами указывалось, состоит в изучении динамики численности организмов. Эколог изучает организмы в биоценозе: исследует среду обитания — биотопы, кормовые ресурсы, изучает питание и размножение организмов (с точки зрения обусловленности этих процессов условиями существования, но не физиологически), суточную и сезонную жизнь, определяющие миграции. Экология организмов проявляется в численности (плотности) популяций, которая подвержена сложной сезонной и многолетней динамике.

Изучение динамики численности организмов, имеющее огромное народнохозяйственное значение, возможно лишь при проведении количественного учета населения. Этот учет и представляет собой специфический метод экологии, поскольку им не пользуются другие дисциплины общебиологического цикла (систематика, морфология, физиология, генетика и пр.). В то же время количественный учет организмов теперь широко применяется в ряде частных и комплексных отраслей биологии, в которых играет важную роль экологический анализ явлений: в гидробиологии (проводится посредством специальных приборов — дночерпателей, планктонных сетей и пр.), геоботанике (учетные площадки), энтомологии (кошение сачком, сбор в полог и пр.), териологии (ловушками, визуально), микробиологии (учет колоний), агрономии (определение урожайности) и т. д.

Методы количественного учета организмов весьма разнообразны и зависят от среды обитания и характера объекта — его размера, подвижности, образа жизни и т. п. Эти методы разработаны в отдельных отраслях биологии как некие технические приемы, но не как модификации единого экологического метода учета организмов, изменяемые в зависимости от указанных конкретных особенностей организмов и среды.

Схематично отметим некоторые общие положения количественного учета организмов. Необходимо прежде всего различать объективный и субъективный учет (последний можно иллюстрировать на примере шкал плотности растительности Хульта, Друде и др.). Учет организмов может быть визуальным (аэровизуальным — для древесной растительности и крупных млекопитающих) и инструментальным. Последний производится приборами разной степени сложности, от энтомологического сачка до различных биоценометров. Применяемые приборы обычно делят на качественные и количественные. Производимые ими сборы позволяют осуществлять относительный или абсолютный учет численности организмов. Учет может быть полным или выборочным (в последнем случае особого внимания заслуживает вопрос о размере средней пробы). Наконец, количественный учет организмов может быть линейным (регистрация растений или наземных позвоночных на маршруте), площадным (применяется по отношению ко всем организмам, обитающим на земной поверхности, дне водоемов или на теле животных и растений) и объемным (применяется в отношении населения толщи воды и почвы, а также внутренних паразитов). Количественный учет неизбежно связан с подсчетом и взвешиванием организмов, определением их пола, возраста и других экологических особенностей. Поэтому количественный учет организмов — не техническая работа, а глубокое исследование, позволяющее вскрывать ряд специфических биологических закономерностей, которые другим путем не могут быть познаны.

Экология как наука имеет, наконец, и ряд специфических понятий, среди которых могут быть выделены несколько групп: 1) для среды и ее подразделений: среда (жизни, обитания), арена жизни, биотоп, станция, местообитание, местонахождение; 2) для факторов и их подразделений: фактор, условие жизни, диапазон, спектр; 3) для группировок организмов: жизненная форма (биоморфа), популяция, биоценоз, биом, сукцессия; 4) для характеристики взаимоотношений организмов и среды: борьба за существование, внутривидовые и межвидовые отношения, валентность, пластичность, выживаемость, ниша, цепи питания, пирамида чисел; 5) для показателей численности организмов: встречаемость, обилие (плотность населения), биомасса, индекс плотности, продукция, удельная продукция и др.

Ниже мы коснемся некоторых споров, связанных с определением основных понятий экологии, а сейчас дадим формулировку этой науке. В настоящее время нельзя признать правильными определения экологии как науки об адаптациях животных и растений к условиям среды (Парамонов [12]), как науки о борьбе за существование среди организмов (Северцов [13]), как науки о биоценозах (Шелфорд [14]) и ряд других. В этих определениях отражены лишь отдельные стороны экологии, но не выделено главное. Не полны определения экологии как науки об отношениях организма со средой (Геккель [15]; Кашкаров [16] и др.).

С нашей точки зрения, *экология — это общебиологическая наука о закономерностях взаимоотношений организмов и среды, изучающая образ жизни животных и растений, их продуктивность, динамику численности популяций и природу биоценозов.* Иными словами, экология изу-

чают организмы в природном или культурном биоценозе и среду их жизни, на основе чего познает динамику численности и законы управления ею через изменение условий жизни.

При определении содержания экологии ботаники обычно возражают против указания на продуктивность и численность организмов, для подавляющего же большинства зоологов необходимость этого уже не вызывает сомнений. В связи с этим необходимо привести интересное замечание В. Л. Комарова [17], сделанное им в 1934 г. на дискуссии о путях развития советской экологии:

«Одним из основных общих законов экологии является закон максимума органического вещества на данную площадь. Сначала кажется, что можно откинуть то, какие именно растения и животные составляют эту массу, но при дальнейшем изучении этого закона становится ясным, что масса вещества, общий урожай с гектара зависит в природе именно от того, насколько велико разнообразие растительных и животных видов на данном пространстве. ...Экология изучает, как в природе образуется комплекс растений и животных, дающих при данных климатических и почвенных условиях максимум органического вещества, иначе, максимальный урожай» (стр. 23—24).

В. Л. Комаров не только правильно определил задачу экологии — изучение того, как в природе возникает максимальный урожай, но и показал неправомочность сужения экологии растений до рамок учения об абиотических факторах, неправильность отрыва ее от фитоценологии, а последней — от зооценологии. Достоинно сожаления, что почти четверть века спустя после выступления В. Л. Комарова положение в экологии растений осталось без перемен, и потому его слова звучат злободневно и в наше время.

Среда и факторы

Для современного биолога чрезвычайно важно точно определить такие понятия, как среда и факторы, и их производные. Однако и в их трактовке существуют разногласия.

Следует ли считать средой все, что окружает организм, или в нее входят лишь некоторые условия, необходимые для его жизни? Можно ли говорить о существовании среды до появления на Земле жизни, или среда необходимо связана с наличием организмов? Правомерно ли все чаще встречающееся в биологической литературе выражение «единство организма и среды», и есть ли разница между ним и формулой «единство организма и необходимых для его жизни условий»? Все это важные вопросы, и на них должна ответить экология.

Совершенно очевидно, что понятие среды значительно шире, чем понятие условий жизни, и если с последними у организма именно единство, то с прочими факторами среды организм может находиться лишь во взаимодействии или даже антагонизме (например, с особями некоторых видов, с ядами, вредными излучениями и т. п.).

В природе виды живут сообществами. Несомненно, что в пределах одного биотопа особи разных видов находятся в одинаковой среде, но существуют и развиваются за счет специфических для каждого из них условий жизни. Вследствие присущей организмам избирательности в отношении условий среды, которые ими ассимилируются, в одной и той же среде могут жить виды, отличающиеся своими требованиями к условиям существования.

В биологической науке еще очень слабо разработан вопрос о том, каковы условия жизни тех или иных организмов. Экология на протяже-

нии десятилетий изучала преимущественно среду вообще. Следует сказать, что экология отстала в разрешении практически важных задач потому, что часть ее представителей стояла на позициях формального признания влияния среды на организм, а по существу разделяла воззрения о независимости природы организма от условий жизни.

Нет ничего легче, как говорить о «единстве организма и среды», но такой принцип является бесплодным на практике, так как «среда» вообще — понятие слишком широкое, и в этом случае теряется перспектива воздействий на организм через отдельные внешние факторы. Нужно знать именно «условия жизни», с которыми организм находится в подлинном единстве, так как только через них человек и может воздействовать на живые существа с целью направленного изменения их наследственности.

Среда весьма изменчива как во времени (исторически), так и в пространстве (географически). Изменение среды в течение геологического времени являлось источником изменчивости организмов, образования новых видов и их прогрессивного развития. Современное географическое разнообразие среды обуславливает определенное распределение видов и вызывает у организмов внутривидовую изменчивость. Поэтому среда индивидуума будет более узкой, чем вида, так как в пределах ареала, естественно, амплитуда колебаний тех или иных факторов (их диапазон) всегда значительно шире, чем в одной из частей ареала. Что же касается условий жизни, т. е. факторов внешней среды, требуемых видом для существования и развития, то они в общем для всех особей вида в пределах ареала являются сходными. Изменение условий жизни в отдельных участках ареала служит причиной образования разновидностей или даже превращения в новый вид, если условия вышли за пределы внутривидовых требований.

В среде одновременно проявляются многообразные факторы, из которых одни действуют на организм, а другие нет. Биологи часто говорят об экологических факторах и экологических условиях. Мы считаем эту терминологию неправильной. В природе нет морфологических или физиологических факторов, нет, очевидно, и факторов экологических. Есть факторы среды, которые могут оказывать на организмы разное влияние: экологическое, генетическое, физиологическое или морфологическое. Неправильно думать, что может наследственно измениться морфология и физиология организмов при неизменной экологии.

Не всякие внешние «воздействия» необходимы для существования и развития организма, не всякий «фактор воздействия» является его условием жизни. Каждому виду и на каждой стадии развития необходимы лишь вполне определенные факторы внешней среды (имея в виду их качественную и количественную определенность).

Историческое развитие организмов шло рука об руку с соответственным развитием среды. Жизнь возникла, по-видимому, в воде. Вода в таком случае явилась первой средой жизни на Земле. Коренные изменения в эволюции животных и растений связаны с их переходом от водного к воздушному образу жизни. Под воздействием организмов поверхностный слой литосферы превратился в почву, и тем самым создалась третья среда жизни — почва. Одновременно с этим во всех названных трех средах шло проникновение паразитических организмов в тело других живых существ, которое становилось для них своеобразной средой жизни.

Воздух и вода представляют собой элементарные среды жизни, а почва и организм — сложные. Все среды жизни накладывают свой глубокий отпечаток на природу свойственных им организмов, а последние

в результате жизнедеятельности изменяют среду. Даже элементарные среды жизни формировались в значительной степени под влиянием организмов (известно, например, что кислород и углекислота в нашей атмосфере органического происхождения). Почва и организм как среды жизни являются в то же время и ее продуктом. Вместе с развитием жизни на Земле происходило включение в среду все новых и новых элементов неорганического и органического характера.

В процессе исторического развития организмы приспособились к наиболее целесообразному использованию всех сред жизни. Появились моно-ди- и полибионты, живущие в одной, двух или нескольких средах. Проблема амфибийности организмов — выяснение ее типов, происхождения, существующих адаптаций и т. п. — представляет большой и еще недостаточно исследованный вопрос биологии.

В вопросе о среде мы полагаем целесообразным разграничивать следующие понятия: среда жизни, среда обитания, биотоп и местообитание [18]. Среда жизни — наиболее общее понятие, выражающее физическое окружение организма, в котором действуют различные факторы. В связи с резким отличием физико-химических свойств целесообразно различать четыре основные среды жизни — воду, воздух, почву и организм (для паразитов). В каждой из этих сред есть свои специфические факторы: в воздухе — свет и наибольшая амплитуда колебаний температуры, в воде — кислород, соленость, давление, в почве — реакция и т. п.

Среда обитания представляет подразделение среды жизни, характеризующееся географической и экологической определенностью. Например, для гидробионтов характерной средой обитания являются соленая и пресная, текучая и стоячая вода, дно и толща воды; для почвенных организмов — почвы разных типов, в зависимости от географического положения; для внутренних паразитов — тело растений и животных, теплокровных и холоднокровных хозяев и т. п.

Среда обитания может подразделяться в двух направлениях: син-экологически — на биотопы («место существования биоценоза»), аутоэкологически — на местообитания («место существования вида»). Биотопы и местообитания характеризуются не столько своим местоположением, сколько совокупностью условий жизни в пределах соответственных «мест».

Весьма различно трактуется вопрос о классификации факторов. Например, Д. Н. Кашкаров [19] делит все факторы среды на три группы: климатические, эдафические и биотические. По В. В. Алехину [20], основными факторами среды для растений являются следующие: климатические, эдафические, орографические, биотические, влияние человека и исторических условий. А. П. Шенников [21] выделяет в жизни растений пять групп факторов: климатические, почвенно-грунтовые, топографические, биотические и антропогенные. Подобных классификаций, различающихся в деталях, можно указать значительное количество.

Действительно, в природе оказывают влияние на отдельные стороны жизнедеятельности организмов разнообразные условия: исторические, топографические, климатические, эдафические, гидрологические, биотические, антропогенные и др. Однако нужно различать, что это за факторы, как и на что они действуют.

Очевидно, что исторические, топографические, орографические и т. п. условия имеют для организмов не прямое, а косвенное значение. Иными словами, они влияют не сами по себе, а через посредство других абиотических и биотических условий, которые и оказывают непосред-

венное влияние на организмы. Поэтому рельеф, глубину, высоту места над уровнем моря и т. п. мы не относим к факторам, хотя они и оказывают влияние на последние.

Для биогеографии, рассматривающей вопрос о путях расселения и преградах, исторические и топографические условия являются по своему значению прямыми: изменения в соотношении суши и моря (исторический фактор), орография, топография — все это прямо отражается на составе флоры и фауны местности. Для экологии же, рассматривающей взаимоотношения организмов со средой, эти явления имеют другое, косвенное значение. Действие орографии и топографии на организм обуславливается не местоположением самим по себе, а температурой, влажностью, освещенностью и другими условиями, характер которых определяется местом.

Значение отдельных факторов в различных средах может довольно сильно различаться. Здесь прежде всего должны быть выделены две группы факторов: одни во всех средах остаются лишь элементом среды (свет, температура, реакция и т. п.), другие сами могут становиться средой (воздух, вода, почва, организм). Например, вода является необходимым условием жизни в воздушной среде, почве и организмах, но в водоеме она уже перестает быть фактором, становясь средой.

Учитывая все сказанное выше, целесообразно делить факторы на три группы: абиотические, биотические и антропогенные. Среди абиотических факторов можно различать «средообразующие» (вода, воздух), физические и химические; среди биотических — внутривидовые и межвидовые отношения организмов; среди антропогенных — истребление, разведение, интродукцию и селекцию организмов человеком.

Историческое появление и развитие факторов шло в указанной выше последовательности. В момент появления жизни на Земле действовали одни абиотические факторы, позднее к ним прибавились биотические, постепенно становившиеся все более сложными. В четвертичном периоде природа обогатилась действием антропогенного фактора, мощь которого непрерывно возрастала. В настоящее время, с запуском искусственных спутников Земли, человек вступает в новую эру — освоения Космоса. Экология, как и биология в целом, перестает быть геоцентричной, перед нею открываются новые, неизведанные области исследования.

Томский
государственный университет

Поступила в редакцию
20/XII 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Мичурин, О влиянии внешних факторов на процент выхода лучших гибридных сортов. Соч., т. 4, ОГИЗ, М., 1948.
2. К. А. Тимирязев, Основные черты истории развития биологии в XIX столетии. Соч., т. 8, ОГИЗ, М., 1939.
3. Г. В. Никольский, О содержании, теоретических основах и основных задачах экологии животных. Зоол. журнал, т. 34, вып. 1, 1955.
4. L. R. Dice, What is ecology? Scient. Monthly, 80, № 6, 1955.
5. O. Köhler, Probleme und Problematik der Meteorobiologie. Sterne, 31, № 11—12, 1955.
6. I. Kerdo, A. bioklimatologia alapfogalmai. Idijaras, 60, № 4, 1956.
7. Резолюция III экологической конференции. Изд. Киевского ун-та, 1955.
8. Е. Н. Павловский, Содержание ихтиологии и положение ее среди сопредельных наук. Очерки по общим вопросам ихтиологии. Изд. АН СССР, М.—Л., 1953.
9. В. Н. Сукачев, Главнейшие очередные задачи ботаники в СССР. Бот. журнал, т. 42, № 11, 1957.

10. Краткий философский словарь, под ред. М. Розенталя и П. Юдина. Госполитиздат, М., 1954.
11. С. А. Северцов, Эволюционное учение и некоторые проблемы народного хозяйства. Изв. АН СССР, отд. матем. и естеств. наук, № 5, 1936.
12. А. А. Парамонов, Экология. В кн. А. Ф. Шелл, Общая биология, ч. 2. Медгиз, М.—Л., 1933.
13. С. А. Северцов, Дарвинизм и экология. Зоол. журнал, т. 16, вып. 4, 1937.
14. V. E. Shelford, Laboratory and field ecology. Baltimore, 1929.
15. E. Heckel, Entwicklungsgang und Aufgaben der Zoologie. Jenaische Zeitschrift, Bd. 5, 1869.
16. Д. Н. Кашкаров, Предисловие переводчика. В кн. Ч. Элтон, Экология животных, Биомедгиз, М.—Л., 1934.
17. В. Л. Комаров, Выступление на дискуссии «Основные установки и пути развития советской экологии». Сов. ботаника, № 3, 1934.
18. Б. Г. Иоганзен, Среда, факторы и условия жизни. Тр. Томского ун-та, т. 131, 1955.
19. Д. Н. Кашкаров, Основы экологии животных. Учпедгиз, Л., 1944.
20. В. В. Алехин, География растений. Изд. «Советская наука», М., 1944.
21. А. П. Шенников, Экология растений. Изд. «Советская наука», М., 1950.

З. И. БРЯНЦЕВА

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В АЗОТИСТОМ ОБМЕНЕ У РАСТЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИВИВОК

В настоящее время советскими и зарубежными исследователями получен большой материал в области прививок растений, однако многие вопросы остаются почти не изученными. Поэтому очень важны дальнейшие экспериментальные исследования прививок с применением биохимических, физиологических и биофизических методов. Такого рода исследования помогут более глубоко познать процессы, происходящие в привитом организме, изучить взаимоотношения прививочных компонентов. Кроме того, они могут быть важны для изучения некоторых общих вопросов обмена веществ растительного организма, например, биосинтеза различных органических соединений, их взаимосвязи и превращений в организме [1, 2].

Особенный интерес при экспериментальных исследованиях прививок представляет изучение белковых веществ, роль которых в жизнедеятельности организма и, в частности, в явлениях наследственности становится все более очевидной. Необходимо иметь в виду, что белковый и в целом азотистый обмен живого организма тесно связан с процессами превращения других соединений. Поэтому изучение азотистого обмена у прививок может не только предоставить новые данные о прививках, но и по-новому осветить некоторые вопросы синтеза различных веществ и их роль в растительном организме.

Азотистый обмен у прививок изучен до сих пор очень мало. Работы А. Н. Мамонтовой [3], А. С. Кружилина и В. Ф. Белика [4, 5], Г. И. Семененко [6—8] и некоторых других авторов являются только начальным этапом исследований в данном направлении.

А. Н. Мамонтовой с помощью серологических реакций удалось установить изменения в качестве белковых веществ одного прививочного компонента под влиянием второго.

А. С. Кружилиным и В. Ф. Беликом обнаружены изменения в общем содержании азотистых соединений и количестве белковых веществ у прививок перца, баклажана, томата.

Г. И. Семененко показал, что прививка вызывает изменения в содержании очень важных для жизнедеятельности организма соединений — нуклеопротеидов.

В работе А. И. Ермакова [9] имеются данные об изменениях в содержании белкового азота, у С. С. Гребинского, Е. Ф. Кирсаниной и Л. А. Люковой [10] — об изменениях общего азота.

В наших исследованиях мы стремились глубже познать характер изменений в азотистых веществах растительного организма под влиянием прививки и проследить передачу возникших биохимических изменений семенному потомству.

Объектами исследования служили прививки декоративных растений

и их семенное потомство, которые предварительно изучались нами с точки зрения изменения их морфологических признаков и декоративных качеств [11].

В настоящей статье излагаются некоторые результаты биохимических исследований ряда вариантов прививок, проведенных в течение 2—3 лет. Варианты прививок были следующими:

Привой	Подвой
Петуния розовая	Табак махорка*
> белая	> >
> розовая	Табак турецкий
> белая	> >
> розовая	Табак душистый
> белая	> >
Диморфотека	Календула
Гвоздика турецкая	Гвоздика голландская

Нами изучались различные формы азотистых веществ, определявшихся следующими методами: общий азот — по Кьельдалю; белковый азот — по Кьельдалю после предварительного осаждения по Барнштейну — Штутцеру; аминный азот — методом Попа и Стевенса; аммиачный и амидный азот — методом, основанным на вытеснении аммиака из его соединений слабыми щелочами, отгонке и улавливании его кислотой; амиды предварительно гидролизировались. Свободные аминокислоты исследовались методом бумажной хроматографии при проявлении их изатином [12].

Исследование прививок

Изучение прививок было начато с исследования изменений в общем содержании азотистых веществ и количестве белковых соединений.

Из всех рассмотренных вариантов прививки наибольшие отклонения от контроля обнаружены в вариантах, где петунии белая и розовая прививались на табак махорку. Эти отклонения состояли в значительном и для обеих петуний сходном уменьшении содержания азотистых веществ в привое (табл. 1).

Прививки петунии белой и петунии розовой на табак турецкий также содержали в привое пониженное, по сравнению с контролем, количе-

Таблица I

Влияние прививки на содержание общего белкового и небелкового азота в листьях петунии (в % на сухой вес)

Вариант	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Белковый азот: общий азот (%)
Петуния белая (контроль)	4,83	4,72	0,11	97,7
Петуния белая/табак махорка**	3,25	2,99	0,26	92,0
Петуния белая/табак турецкий	3,96	3,73	0,23	94,2
Петуния белая/табак душистый	4,94	4,82	0,14	97,2

* Табаки махорка и турецкий были взяты при прививках декоративных растений с целью усиления морфологических и биохимических изменений у прививаемых на них компонентов.

** Здесь и далее слева пишется привой, справа — подвой.

ство общего и белкового азота, но это снижение было несколько меньшим, чем у прививок петунии на табак махорку (см. табл. 1).

Изменения в биохимизме петунии не были связаны с ухудшением состояния растений. Как показали наблюдения и промеры, опытные растения в данных вариантах не отставали в развитии от контрольных, обогнав в то же время последние по размерам цветка (более крупный диаметр венчика), а в вариантах с прививкой петунии на табак турецкий, кроме того, — по количеству боковых побегов и листьев.

В абсолютном содержании общего и белкового азота у разных экземпляров прививок в одном и том же варианте была обнаружена значительная разница. Так, в листьях петунии розовой, привитой на табак махорку, в одной пробе содержание общего азота равнялось 4,4%, в другой, взятой в тот же день с других экземпляров, только 3,25%. Для контрольных растений были получены аналогичные данные.

Взятие проб для анализа строго с учетом морфологических особенностей прививочных компонентов позволило высказать предположение, что причина значительной разницы в содержании азотистых веществ в привоях различных экземпляров прививок связана с индивидуальными особенностями прививочных компонентов. Большее снижение содержания азотистых веществ в привое, как правило, наблюдалось в тех случаях, когда подвой был хорошо развит, имел один или несколько боковых побегов со значительным количеством листовой массы, и меньшее — у прививок со слабо развитым подвоем. Привой и в том и в другом случае был внешне хорошо развит. Все это указывает на важную роль листовой массы в процессах изменчивости привитых растений и подтверждает необходимость дифференцированного подхода к исследуемым прививкам. Степень развития обоих прививочных компонентов, соотношение их ассимилирующей поверхности могут сыграть важную роль в изменчивости растительного организма при его трансплантации.

Под влиянием прививки в данных вариантах изменилось не только абсолютное количество общего и белкового азота в организме привоя, но и соотношение между этими формами азота в связи с увеличением в привое содержания небелковых азотистых соединений.

Как показали исследования исходных контрольных растений, петуния отличается от табаков более низким содержанием небелковых форм азота, и отношение белкового азота к общему у нее выше, чем у табака (см. табл. 5). У привитой же петунии резко падает относительное содержание белковых веществ при одновременном значительном возрастании количества небелковых азотистых соединений (см. табл. 1).

Для рассмотренных вариантов прививки сходные данные были получены и во второй год работы.

У прививок петунии белой и розовой на душистый табак изменений в содержании азотистых веществ вначале обнаружено не было (см. табл. 1). Поэтому во второй год работы для усиления воздействия подвоя на привой последний был взят в значительно более молодом возрасте. Кроме того, производилось сокращение ассимилирующей поверхности привоя в течение вегетационного периода, что вызвало более интенсивное образование листовой массы подвоя и усилило его влияние.

Анализы выращенного таким путем материала показали увеличение содержания общего и белкового азота в тканях привоя (табл. 2).

Повышение общего содержания азотистых веществ по сравнению с контролем было обнаружено в привое при исследовании прививок в се-

Таблица 2

Влияние прививки на содержание общего, белкового и небелкового азота в листьях петунии с измененными условиями выращивания (2-й год работы, в % на сухой вес)

В а р и а н т	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот
Петуния розовая (контроль) . . .	4,85	4,66	0,19
Табак душистый (контроль) . . .	4,65	4,21	0,44
Петуния розовая / табак душистый (привой)	5,24	5,00	0,24

мействах сложноцветных и гвоздичных: диморфотека / календула (табл. 3), гвоздика турецкая/гвоздика голландская.

Таблица 3

Влияние прививки на содержание общего азота в листьях диморфотеки (в % на сухой вес)

В а р и а н т	Общий азот	К-во азота по отношению к контролю %
Прививки		
Диморфотека (контроль)	4,71	100
Календула (контроль)	4,71	
Диморфотека / календула	5,13	109,0
Семенное потомство		
Диморфотека (контроль)	5,23	100
Календула (контроль)	5,26	
Диморфотека F ₁	5,80	110,2

Таким образом, анализ наших экспериментальных данных показывает, что в различных комбинациях прививочных компонентов наблюдается различного характера изменение биохимизма растительного организма.

Это же видно из сравнения имеющихся литературных данных. А. С. Кружилиным и В. Ф. Беликом [4] установлено, что под влиянием прививки у растений возрастает содержание общего и белкового азота. Авторы объясняют это интенсивным протеканием процессов новообразования у прививок.

Увеличение количества белкового азота в листьях топинамбура, привитого на подсолнечник, отмечает А. И. Ермаков [9].

С. О. Гребинский, Е. Ф. Кирсанина и П. А. Люкова [10], исследуя прививки в семействе пасленовых (дурман, махорка и др.), получили данные, указывающие на уменьшение содержания общего азота у прививок при одновременном увеличении содержания органических кислот и некотором повышении активности каталазы. Авторы считают, что это свидетельствует о раннем старении привитых организмов.

Различный характер изменения азотистого обмена растительного организма под влиянием прививки, отмеченный в приведенных работах, может объясняться рядом причин. Во-первых, авторы использовали неодинаковые растения. Естественно, что обмен веществ у представителей разных родов, а тем более разных семейств может заметно различаться. Биохимизм растений, как указывает А. В. Благовещенский [13], специ-

фичен для отдельных систематических единиц. Поэтому прививка растений в различных комбинациях может вызвать разный эффект, привести к различной направленности биохимических процессов. Нужно учесть также, что отдельные исследователи использовали растения со специализированным обменом (алкалоидные).

В рассматриваемых работах не приводятся условия выращивания привитых растений, которые могут оказать существенное влияние на характер биохимических изменений прививок. Кроме того, могут быть и другие причины изменений в биохимизме привитого растения.

Анализируя полученные данные об изменениях в общем содержании азотистых веществ и количестве белковых соединений, следует сказать, что снижение содержания общего и белкового азота в данных вариантах прививок по сравнению с контролем не было связано с ранним старением прививок, что С. О. Гребинский и др. [10] считают характерным для привитых организмов. Наоборот, наблюдения за прививками показали значительное удлинение периода цветения и всего вегетационного периода у привитой петунии. По-видимому, резко выраженные изменения привоя в вариантах с прививкой петунии на табак махорку и табак турецкий связаны со специфическим влиянием, которое оказывает подвой — табак. Табаки махорка и турецкий относятся к растениям со специализированным типом обмена веществ, который является отклонением от обычного типа и свойствен филогенетически древним группам растительного мира [13]. Они имеют своеобразный химический состав (наличие никотина, повышенное содержание ряда органических кислот, зольных элементов) и специфическую направленность ряда биохимических процессов. Поэтому-то прививка петунии на эти растения и вызывает, очевидно, значительные нарушения в обычном типе обмена веществ, свойственном петунии. Особенно сильны эти нарушения у прививок на табак махорку, у которого наиболее резко выражены все особенности алкалоидного растения.

Предположение, высказываемое А. С. Кружилиным и В. Ф. Беликом, об усилении процессов новообразования у прививок, по-видимому, для ряда комбинаций прививочных компонентов является справедливым. В частности, наблюдавшееся в ряде вариантов наших исследований увеличение общего содержания азотистых веществ и количества белковых соединений может быть связано именно с интенсивным синтезом новых структурных элементов в клетке, вызванным прививкой растительного организма.

Представляет интерес значительное увеличение в прививках петунии на табак махорку и табак турецкий небелкового азота. Оно, очевидно, объясняется в определенной степени накоплением в тканях привитой петунии никотина [14]. Данное предположение было подтверждено микрохимическими реакциями на никотин, которые позволили обнаружить его в тканях петунии у прививок ее на табак махорку и табак турецкий. В прививках петунии на табак душистый, который является практически безалкалоидным растением, никотин не найден.

При исследовании взятых растений на содержание аминного азота было найдено, что по количеству аминокислот род *Nicotiana* более вдвое превосходит род *Petunia*. Прививка петунии на различные табаки вызвала изменения в количестве аминокислот, а именно: при прививке петунии на табак махорку и табак турецкий количество аминного азота в листьях петунии несколько снизилось. Больше снижение (в среднем на 12%) по сравнению с контролем, в котором количество аминного азота принято за 100%, наблюдалось в прививках на табак

махорку; в прививках на табак турецкий снижение было несколько меньше (8—9%).

У прививок петунии на табак душистый в одних случаях было обнаружено некоторое увеличение аминного азота, в других его количество не изменилось.

Анализ цифровых данных приводит к мысли об усилении гидролиза белка в вариантах с прививкой петунии на табак махорку и табак турецкий. Об этом говорит то, что, хотя содержание аминного азота у контрольных растений было выше, чем у опытных, однако относительное количество аминного азота по сравнению с белковым у прививок увеличилось (табл. 4).

Таблица 4

Изменения в содержании различных форм азота в листьях петунии под влиянием прививки (в % на сухой вес)

Вариант	Общий азот	Белковый азот	Аминный азот	Аминный азот: белковый азот (%)	Аммиачный азот	Амидный азот
Петуния белая (контроль)	4,83	4,72	0,161	3,4	0,133	0,280
Петуния белая/табак махорка	3,13	2,88	0,147	5,1	0,168	0,308
Табак махорка (контроль)	5,15	4,8	0,373	7,8	0,168	0,352

Предположение об усилении процессов гидролиза белковых веществ подтвердилось также исследованиями аммиачного и амидного азота.

Как известно, в растительном организме содержится небольшое количество аммиака, однако он принимает активное участие в различных процессах биосинтеза и играет важную роль в превращении азотистых веществ в организме [15].

Изменения в содержании аммиачного и амидного азота были обнаружены только в двух рассмотренных вариантах: в прививках петунии белой и петунии розовой на табак махорку, где содержание аммиака и амидов в привое возросло (см. табл. 4).

Отсюда следует, что прививка на табак махорку вызывает наиболее сильные нарушения метаболизма петунии. Увеличение содержания аммиака и амидов происходит здесь при одновременном резком снижении количества белковых веществ и увеличении относительного содержания аминного азота (см. табл. 4), что подтверждает высказанное выше предположение об усилении гидролиза белка в листьях привитой на табак махорку петунии. Некоторое увеличение содержания аммиака и амидов, возможно, связано также и с тем, что наряду с усилением процессов гидролиза белковых веществ, здесь может происходить определенное торможение синтеза белка.

В варианте с прививкой петунии на табак турецкий изменений обнаружено не было. Возможно, это связано с тем, что они не могли быть установлены данным методом. Это можно предположить, зная, что в данном варианте биохимизм петунии меняется в сильной степени.

В листьях белой и розовой петуний и различных табаков нами найдено значительное количество свободных аминокислот. По качественному их составу данные растения не различаются между собой, но по количеству аминокислот они резко различны.

У исследованных растений были идентифицированы следующие аминокислоты: цистин, лизин, аспарагин, аспарагиновая кислота, серин, глутаминовая кислота, треонин, аланин, пролин, тирозин, валин, лейцин.

Судя по интенсивности окраски пятен на хроматограммах, в листьях табаков содержится значительно большее количество аминокислот, чем

в листьях петунии. Особенно резкая разница между представителями родов *Nicotiana* и *Petunia* в содержании пролина. У табаков пролина намного больше, чем у петунии.

Исследования показали, что у прививок петунии на табак махорку и табак турецкий в листьях привоя значительно увеличивается содержание пролина.

Пролин — аминокислота, вернее иминокислота, роль которой в процессах обмена веществ мало изучена. Однако имеются данные о возможном значении пролина в процессах синтеза алкалоидов. Пролин образуется как один из продуктов при гидролизе алкалоидов группы пиридина, к которым относится и никотин. Введение пролина в организм табачного растения путем засасывания его водного раствора через черешки или путем вакуум-инfiltrации вызывает усиленный синтез никотина. Таким образом, существует, видимо, определенная связь между содержанием пролина в растении и синтезом никотина. Интересно, что увеличение количества пролина не наблюдалось в наших опытах у прививок петунии на табак душистый, хотя в последнем много пролина. Это подтверждает, что увеличение содержания пролина у прививок петунии на табак махорку и табак турецкий связано не с простым передвижением пролина из подвоя в привой, а с более глубокими процессами, возможно, с процессами биосинтеза алкалоидов. Пролин может накапливаться в прививках петунии на алкалоидные растения благодаря определенной направленности процессов распада белка в привитом растении и использоваться затем при синтезе алкалоидов. Это предположение — только предварительное, но тем не менее оно может представить интерес.

Исследование семенного потомства

Большое значение имеет изучение семенного потомства прививок, оно позволяет проследить степень наследуемости возникших биохимических изменений. Нами исследовалось первое семенное потомство прививок, а у одного варианта (петуния розовая/табак турецкий) также и второе. Семена для выращивания семенного поколения были взяты с привоя.

Исследования показали, что обнаруженное в год прививки уменьшение общего и белкового азота в листьях петунии, привитой на табак махорку и табак турецкий, проявляется и у растений их семенного потомства, однако не в полной мере (табл. 5). Так, если в год прививки содержание общего азота у привоя уменьшилось на 35—40% (максимально) по сравнению с контролем, то в семенном потомстве — максимум на 17,5% (содержание азота в контроле принято за 100%). У ряда экземпляров семенного потомства, выделявшихся своими внешними признаками, пробы брались индивидуально; у них было обнаружено некоторое

Таблица 5

Изменения в содержании общего, белкового и небелкового азота в семенном потомстве прививки петуния розовая/табак турецкий (F_2) (в % на сухой вес)

Вариант	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Белковый азот: общий азот (%)
Петуния розовая (контроль)	4,85	4,66	0,19	96,0
Табак турецкий (контроль)	5,28	4,60	0,68	87,1
Петуния розовая F_2	4,52	4,10	0,42	90,6

увеличение количества общего азота. Эти растения отличались более мощным кустом, крупными листьями с утолщенной, опушенной листовой пластинкой.

Количество белкового азота у семенного потомства прививок этих вариантов оказалось уменьшенным по сравнению с контролем в большей степени, чем содержание общего азота. Оно было несколько меньше, чем в контроле, даже у тех экземпляров семенного потомства, у которых наблюдалось увеличение содержания общего азота.

Интересные данные получены при исследовании содержания небелковых форм азота. Их количество оставалось в семенном потомстве таким же резко увеличенным по сравнению с контролем, как и в год прививки.

Отношение белковый азот/общий азот у семенного потомства было сильно уменьшенным. Это отличие от контроля в полной степени унаследовано семенным потомством от прививок. Как и в год прививки, петуния по этому признаку приближалась ко второму компоненту — табаку.

Характерные изменения в биохимизме, отмеченные в F_1 , в основном сохранились и в F_2 .

Изучение остальных биохимических показателей в семенном потомстве прививок данных вариантов не дало интересных, закономерных результатов. В основном при анализах были получены цифры, близкие к контролю.

Увеличенное содержание общего азота сохранилось в семенном потомстве прививок диморфотека/календула (см. табл. 3) и гвоздика турецкая/гвоздика голландская.

В последнем варианте количество общего азота в F_1 составляло 140—160% по отношению к контролю.

Выводы

1. Прививка вызывает изменения в биохимизме растительного организма, в частности в его азотистом обмене.
2. Направленность биохимических изменений прививочных компонентов определяется особенностями их метаболизма и влиянием, которое они оказывают друг на друга.
3. Большую роль в биохимической изменчивости растений под влиянием прививки играют условия их выращивания, в частности регулировка развития ассимилирующей поверхности прививочных компонентов и использование для прививки растений в очень молодом возрасте.
4. Характер биохимических изменений у прививок на алкалоидные и безалкалоидные компоненты различен:
 - а) прививка на алкалоидные компоненты вызывала в привое усиление процессов гидролиза белковых веществ и накопление продуктов их распада;
 - б) у прививок на алкалоидные компоненты обнаружено в листьях привоя появление никотина, который, по-видимому, синтезируется из продуктов распада белковых веществ;
 - в) у прививок на безалкалоидные компоненты в ряде случаев увеличивалось общее содержание азотистых веществ и количество белковых соединений, что может быть связано с более интенсивным новообразованием структурных элементов в клетке в результате прививки.
5. Возникшие в год прививки биохимические изменения наследуются семенным потомством (F_1 , F_2). Одни из них, например резкое увеличение содержания небелковых азотистых соединений у прививок на алкалоидные растения, наследуются в полной степени, другие — частично.

Биохимические исследования прививок открывают широкие перспективы для познания сущности взаимосвязи прививочных компонентов, а также для изучения многих вопросов биосинтеза и превращений органических веществ.

Биологический институт
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
23/XII 1958

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Шмук, Изменение химического состава растений при их трансплантации. Докл. ВАСХНИЛ, № 11, 1940.
2. А. А. Шмук, Биохимические изменения прививок растений и трансплантация растений как метод для постановки и решения физиологических и биохимических вопросов. Докл. ВАСХНИЛ, № 1—2, 1945.
3. А. Н. Мамонтова, Влияние прививок на качественные изменения белков привоя и подвоя. ДАН СССР, т. 70, № 5, 1950.
4. А. С. Кружилин, В. Ф. Белик, Изменение белкового обмена в растениях при вегетативной гибридизации. ДАН СССР, т. 81, № 4, 1951.
5. А. С. Кружилин, В. Ф. Белик, Обмен веществ при отдаленной вегетативной гибридизации. Агробиология, № 3, 1953.
6. Г. И. Семеновко, Изменение содержания нуклеопротеидов в растениях при вегетативной гибридизации. Биохимия, т. 17, вып. 6, 1952.
7. Г. И. Семеновко, Изменение белкового обмена у прививок и вегетативных гибридов пасленовых. Тр. Научно-иссл. ин-та биологии Харьк. гос. ун-та им. А. М. Горького, т. 17, 1953.
8. Г. И. Семеновко, О. А. Тимашова, О содержании нуклеиновых кислот в листьях растений при вегетативной гибридизации. Биохимия, т. 19, вып. 5, 1954.
9. А. И. Ермаков, Биохимические изменения у привитых растений. Вестник социалистического растениеводства, № 2, 1940.
10. С. О. Гребинский, Е. Ф. Кирсанина, Л. А. Люкова, Биохимические изменения при прививках пасленовых. Биохимия, т. 15, вып. 1, 1950.
11. З. Н. Брянцева, О прививках некоторых декоративных цветочных растений. Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 5, 1959.
12. А. Н. Бояркин, Разноцветное проявление аминокислот на бумажных хроматограммах. Физиология растений, т. 3, вып. 4, 1956.
13. А. В. Благовещенский, Биохимические основы эволюционного процесса у растений. М.—Л., Изд. АН СССР, 1950.
14. А. Шмук, Г. Ильин, А. Смирнов, Образование никотина в растениях, привитых на табак. ДАН СССР, т. XXXII, № 5, 1941.
15. Д. Н. Прянишников, Азот в жизни растений и земледелии СССР. М., Изд. АН СССР, 1945.

Ф. Т. СУХЕНКО, Е. С. ПОДГАЙНАЯ

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АРГИНИНА
НЕКОТОРЫМИ ГРИБАМИ

Аминокислотное питание патогенных и непатогенных для человека и животных грибов было предметом многих исследований [1—8]. Установлено, что различные аминокислоты, как единственные источники азотного питания грибов, в разной степени обеспечивают рост этих микроорганизмов. Наиболее хороший рост многих грибов наблюдался на аспарагиновой и глютаминовой кислотах, аргинине и гликоколе, менее хороший — на α -аланине, пролине и несколько худший — на лейцине, изолейцине и некоторых других аминокислотах. Оказалось, что лизин и цистеин не обеспечивают нормального роста некоторых грибов, а оксипролин обладает действием, тормозящим рост грибов, по крайней мере дерматофитов.

Нами [9] и О. Л. Семовских [10] также изучалось аминокислотное питание некоторых дерматофитов. В отличие от других авторов [2—4] мы для своих опытов брали жидкие питательные среды и об использовании аминокислот грибами судили как по количеству образованного мицелия, так и по изменению содержания их в питательных жидкостях. Наши опыты показали, что *Microsporum lanosum* и *Microsporum ferrugineum* используют для питания гликокол, α -аланин, серин, цистеин, лейцин, норлейцин и глютаминовую кислоту; *Achorion Schönleini* использует эти же аминокислоты, кроме норлейцина. При этом оказалось, что каждая из указанных аминокислот в различной степени обеспечивает пищевые потребности отдельных видов грибов.

И литературные и наши данные говорят о том, что использование аминокислот зависит как от природы этих соединений, так и от природы грибов.

В данном сообщении приводятся результаты наблюдений, касающихся превращения аргинина под воздействием некоторых патогенных и непатогенных для человека грибов и использования ими продуктов превращения.

Было поставлено две серии опытов. В первой объектами исследования служили пушистый микроспорум (*Microsporum lanosum*), штамм 282, ржавый микроспорум (*Microsporum ferrugineum*), штамм КК, фузариум (*Fusarium*) из секции *Sporotrichiella*, штамм 1045, и аспергиллус (*Aspergillus niger*); во второй серии, кроме указанных грибов, были взяты дополнительно пушистый микроспорум, штамм К, фузариум sp., триходерма (*Trichoderma lignorum*), эпидермофитон (*Epidermophyton Kaufman-Wolf*)*.

* Во избежание повторения слова «штамм» в дальнейшем к названию гриба будем прибавлять номер или буквы, показывающие, какой взят штамм.

Методика

Состав питательных сред и приготовление их были такие же, как и в предыдущих работах [9, 11], с той лишь разницей, что в качестве источника азотного питания был взят аргинин. Последний прибавлялся в количестве около 160—170 мг%, рН питательных сред при их приготовлении был равен 6,79—7,02. Стерилизованные при помощи фильтра Зейтца питательные жидкости разливали по 50 мл в 100-миллилитровые колбы. Каждый гриб высевали в 10—12 колб. Посев всех грибов, кроме аспергиллуса, производили суспензиями мицелия, выращенного на жидкой глюкозо-пептонной среде; аспергиллус высевали спорами.

Грибы выращивали в лабораторных условиях. Когда культуры достигали определенного развития, мицелий их отделяли от питательной среды, промывали три раза водой и высушивали на воздухе. Освобожденную от мицелия и доведенную до исходного объема питательную жидкость анализировали. В ней определяли следующее: рН — потенциометрически (стеклянный электрод), глюкозу — по Иссекутцу, общий азот — по Кьельдалю, аммиак — по Конвею, мочевины — уреазным методом, аргинин — по Макфарсону, как описано у Блока и Боллинга [12]. При определении аргинина оптическую плотность растворов измеряли электрофотокolorиметром при длине волны 530 м μ .

Кроме того, пользуясь методами бумажной хроматографии, в жидкостях культур определяли качественно мочевины, орнитин и аргинин. Определение мочевины производили восходящим методом, для чего в качестве подвижной фазы применяли смесь, состоящую из *n*-бутанола, этанола и воды (4 : 1 : 1). Мочевину на хроматограммах проявляли *p*-диметиламинобензальдегидом. При определении аргинина и орнитина пользовались исходящим методом, а в качестве растворителя брали смесь, состоящую из *n*-бутанола, уксусной кислоты и воды (4 : 1 : 1). Аминокислоты проявляли нингидрином.

Экспериментальные данные и обсуждение результатов

Краткая характеристика роста грибов
на среде с аргинином

Наблюдение за культурами показало, что все взятые нами грибы, кроме ржавого микроспорума К, довольно хорошо росли на питательной среде с аргинином — единственным источником азота. Начало роста микроспорумов было отчетливо заметно уже на 3—4-й день после посева. Сначала все микроспорумы росли придонно, образуя рыхлую войлокообразную массу мицелия, затем последний постепенно пронизывал всю толщу питательной среды. Мицелий пушистого микроспорума (обоих штаммов) и ржавого микроспорума КК к 13-му дню после посева достиг поверхности питательной среды и в некоторых колбах образовал сплошную или в виде отдельных отростков поверхностную тонкую пленку. К 34—36-му дню после посева все микроспорумы, кроме ржавого микроспорума К, образовали хорошо «оформленную», довольно толстую поверхностную пленку, покрытую белым воздушным мицелием. Ржавый микроспорум К рос медленнее, и его мицелий даже к 48-му дню после посева не достиг поверхности жидкости. Однако и этот гриб впоследствии образовал достаточно много мицелия (188 мг на одну культуру).

В первой серии опытов в культуре пушистого микроспорума 282 обнаружено большое количество типичных для этого гриба веретено-

образных спор. Интересно, что в культурах на глюкозо-пептонной среде споры не обнаружены, хотя посев гриба производился в тот же день и той же суспензией.

Следует отметить, что пигментация мицелия у ржавого микроспора обоих штаммов при выращивании его на среде с аргинином началась раньше, чем на глюкозо-пептонной и некоторых других средах. Лимонно-желтая окраска мицелия у этих грибов была хорошо выражена уже на 16-й день роста.

Рост эпидермофитона на среде с аргинином был хорошо виден на 3—4-й день после посева; к 5-му дню нити мицелия в некоторых колониях этого гриба достигали 2,0—2,5 мм. Но затем в течение некоторого времени он рос несколько медленнее, чем пушистый микроспорум и ржавый микроспорум КК. К 22-му дню после посева эпидермофитона мицелий его достиг поверхности питательной среды. К концу опыта (39-му дню) на поверхности жидкости образовалась пленка, покрытая белым пушистым мицелием. С нижней стороны она была слегка окрашена в розовый цвет.

Фузариин, аспергиллус и триходерма на среде с аргинином росли быстрее микроспорумов и эпидермофитона.

Изменение состава питательной среды в процессе роста грибов

Чтобы выяснить, в каком виде аргинин используется грибами и как он при этом изменяется, мы периодически анализировали питательные среды, на которых росли грибы. Для анализа брали не менее 3—4 культур каждого гриба. Анализ сред производили в обеих сериях опытов, но так как полученные результаты для культур одних и тех же грибов принципиально ничем не отличались, то приводим данные только для второй серии опытов, в которой было взято больше представителей грибов (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что по мере роста грибов количество аргинина в питательных средах уменьшается и в некоторых случаях падает до нуля раньше, чем заканчивается рост этих микроорганизмов. Так как в контрольной среде содержание его остается постоянным в течение довольно продолжительного промежутка времени, то можно считать, что в жидкостях культур аргинин спонтанно практически не расщепляется. Следовательно, уменьшение его количества в питательных средах во время роста грибов связано исключительно с их жизнедеятельностью, в результате которой аргинин расщеплялся до более простых соединений.

Не исключена, конечно, возможность, что уменьшение содержания этой аминокислоты в культуральных средах происходило благодаря усвоению ее грибами в нерасщепленном виде. Полученные нами данные не дают возможности сказать, какое количество нерасщепленного аргинина усваивалось грибами. Но оно, по-видимому, так мало по сравнению с количеством расщепленного аргинина, что им можно пренебречь и считать, что убыль этой аминокислоты в жидкостях культур происходила только вследствие расщепления ее этими микроорганизмами. Усвоение грибами небольшого количества нерасщепленного аргинина подтверждается тем, что в первый период роста грибов наблюдалось значительное снижение содержания аргинина в питательных средах и незначительное уменьшение общего азота. Об этом говорит и то, что грибы способны синтезировать аргинин за счет аммиака, образующегося из различных соединений, в том числе и из аминокислот [13].

Таблица 1
Результаты анализа питательных сред с аргинином, на которых росли грибы (опыты 1957 г.)

Грибы	Дата		Вес грибов, мг на 1 колбу	pH	Глюкоза, %	Азот, %			Хроматографическое определение					
	посева	анализа сред				общий	аммиака	мочевина	Аргинин, %	мочевина	аргинина	орнитина		
Контрольная среда	5/IX	18/X 1/XI	—	6,97 6,88	2827 2852	42,70 42,70	нет *	нет *	нет *	нет *	нет *	нет *	нет *	нет *
Пушистый микроспорум 2	26/IX	18/X 1/XI 15/XI	116 192 184	6,41 2,95 2,91	2267 1407 1363	25,60 17,45 16,80	6,5 следы 1,87	следы нет *	следы нет *	следы нет *	следы нет *	следы нет *	следы нет *	следы нет *
Пушистый микроспорум 282	28/IX	18/X 1/XI 15/XI	31 127 235	6,74 6,66 2,79	2597 2123 1550	40,60 25,20 14,00	5,2 7,1 2,6	1,9 1,7 нет	1,9 1,7 нет	1,9 1,7 нет	1,9 1,7 нет	1,9 1,7 нет	1,9 1,7 нет	1,9 1,7 нет
Ржавый микроспорум К	28/IX	18/X 1/XI 15/XI	11 30 34	6,57 6,73 6,78	2763 37,8 2573 2570	41,3 37,8 34,4	2,4 3,4 7,7	1,2 5,6 5,8	1,2 5,6 5,8	1,2 5,6 5,8	1,2 5,6 5,8	1,2 5,6 5,8	1,2 5,6 5,8	1,2 5,6 5,8
Ржавый микроспорум КК	26/IX	18/X 1/XI 15/XI	60 143 218	7,52 6,73 6,33	2483 1814 1653	34,30 17,50 11,20	13,8 11,0 8,0	4,9 нет *	4,9 нет *	4,9 нет *	4,9 нет *	4,9 нет *	4,9 нет *	4,9 нет *
Эпидермофитон Кауфмана—Вольфа	4/X	26/X 12/XI	30 97	8,03 7,84	2653 2287	37,10 21,00	18,3 21,0	5,4 нет	5,4 нет	5,4 нет	5,4 нет	5,4 нет	5,4 нет	5,4 нет
Фузариум 1045	28/IX	18/X 1/XI 15/XI	123 189 138	3,94 5,91 7,38	267 75 нет	23,80 18,90 21,00	3,4 9,2 15,3	нет нет *	нет нет *	нет нет *	нет нет *	нет нет *	нет нет *	нет нет *
Фузариум sp.	4/X	18/X 26/X 12/XI	80 153 196	3,88 3,68 5,22	240 77 нет	28,4 18,9 14,7	2,2 1,5 6,2	нет нет *	нет нет *	нет нет *	нет нет *	нет нет *	нет нет *	нет нет *
Аспергиллус	4/X	26/X	165	2,51	следы	24,5	следы	следы	следы	следы	следы	следы	следы	следы
Триходерма	12/X	26/X 12/XI	193 237	3,03 2,98	1527 257	19,6 11,2	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6

* Крестиками обозначено количество аргинина в контрольной среде, определяемое визуально по размеру и интенсивности окраски пятна на хроматограммах.

Наши данные показывают, что и дерматофиты и недерматофиты сравнительно быстро расщепляют аргинин. Уже в первый период (от посева до первого анализа питательных сред) роста в культурах всех взятых для опыта грибов, кроме двух, расщеплена большая часть первоначально содержащегося в питательных средах аргинина. Так, во второй серии опытов в жидкостях культур эпидермофитона, ржавого микроспорума 2 и фузариума *sp.* в первые 22 дня после посева содержание этой аминокислоты уменьшилось на 72—81%, в жидкостях культур фузариума 1045 и аспергиллуса — на 58—67%; в питательной среде, на которой рос триходерма, уже за 16 дней концентрация аргинина снизилась на 68%. Только в культурах ржавого микроспорума К и пушистого микроспорума 282 за 20 дней расщеплено сравнительно небольшое количество аргинина, соответственно 13 и 25%.

В первый период роста каждым из грибов не только расщеплено различное количество аргинина, но и образовано различное количество вегетативной массы. При этом одни из них расщепили аргинина больше, а мицелия образовали меньше (или столько же), чем другие. Например, во второй серии опытов за 22 дня после посева пушистого микроспорума 2 и ржавого микроспорума КК содержание аргинина в среде уменьшилось на одинаковую величину (на 122—123 мг%), а мицелия образовалось в первом случае 166 мг, а во втором только 60 мг; в культурах аспергиллуса за это же время содержание аргинина уменьшилось на 113 мг% и образовалось при этом 165 мг вегетативной массы, тогда как в культурах эпидермофитона образовалось всего 30 мг мицелия, а количество аргинина уменьшилось на 138 мг%. В первой серии опытов наблюдалось аналогичное явление. Например, в культуре ржавого микроспорума КК убыль этой аминокислоты была больше, а мицелия получено меньше, чем в культуре пушистого микроспорума 282. Таким образом, соотношение между количеством расщепленного аргинина и количеством образованного мицелия для каждого гриба разное. (Разным оно оказалось и для одного и того же гриба при повторных посевах.) Из этого следует, что отдельные виды грибов расщепляли аргинин с различной скоростью.

Чтобы иметь хотя бы некоторое представление об этой «скорости», мы вычислили, какое количество микрограммов аргинина расщеплялось различными видами грибов в сутки на 1 мг мицелия, образовавшегося за тот период, когда в питательной среде было еще достаточно много аргинина. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что на 1 мг образованного мицелия в культурах отдельных грибов расщеплялось неодинаковое количество аргинина. Оказалось, что из дерматофитов наиболее быстро расщеплял его эпидермофитон, затем ржавый микроспорум и потом уже пушистый микроспорум; фузариум и триходерма расщепляли аргинин больше, чем аспергиллус. Не только отдельные виды, но и отдельные штаммы грибов расщепляли разное количество этой аминокислоты на единицу веса образованного мицелия. Отметим, что в первой серии опытов расщепление аргинина соответственными грибами шло медленнее, чем во второй. Тем не менее, по количеству расщепленной аминокислоты на единицу веса образованного мицелия в обеих сериях опытов грибы располагались в одном и том же порядке.

В питательных средах, на которых росли грибы, нами обнаружены орнитин, мочевина и аммиак. Так как в контрольной среде эти вещества не обнаружены, то, следовательно, появление их в жидкостях культур связано с расщеплением содержащегося в них аргинина (рис. 1).

Из табл. 1 и хроматограмм видно, что при первом анализе, прове-

Таблица 2
Количество расщепленного аргинина на 1 мг образованного мицелия

Грибы	Серия 1			Серия 2		
	подож- датель- ность роста, дней	образо- валось мицелия, мг	расщепи- лось арги- нина в сут- ки, мг на 1 мг мице- лия	продолжи- тельность роста, дней	образо- валось мице- лия, мг	расщепи- лось арги- нина в сут- ки, мг на 1 мг мицелия
Эпидермофитон	—	—	—	22	30	96
Ржавый микроспорум К	—	—	—	20	11	48
Ржавый микроспорум КК	32	85	23	34	30	34
	44	176	9	22	60	39
Пушистый микроспорум	27	93	15	36	143	13
282	44	188	5	20	31	28
Пушистый микроспо- рум 2	—	—	—	34	127	12
Фузариум 1045	—	—	—	22	116	20
Фузариум <i>sp.</i>	27	161	14	36	192	17
	—	—	—	20	123	28
Триходерма	—	—	—	34	189	11
	—	—	—	16	80	22
Аспергиллус	—	—	—	22	153	15
	—	—	—	39	196	9
Аспергиллус	—	—	—	14	193	18
	—	—	—	26	273	11
Аспергиллус	25	250	9	22	165	13

денном через 20—22 дня после посева, в питательных средах, где росли дерматофиты, обнаружены все три названные выше соединения, но в зависимости от вида грибов содержание их разное. Так, в культурах эпидермофитона и ржавого микроспорума КК обнаружено 5,4 и 4,9 мг% азота мочевины и 18,3 и 13,8 мг% азота аммиака; в культурах ржавого микроспорума К, пушистого микроспорума 282 и пушистого микроспорума 2 количество этих веществ было неодинаковое и примерно в 2—3 раза меньше, чем в культурах первых двух грибов. Судя по интенсивности окраски пятен на хроматограммах (рис. 1), в питательных средах, на которых росли микроспорумы К и КК, орнитина было больше, чем в средах, где росли микроспорумы 2 и 282; в жидкости культур фузариума 1045 в это время хроматографически обнаружены лишь следы орнитина, а в жидкости, где рос фузариум *sp.*, он вовсе не обнаружен. При первом анализе жидкости культур эпидермофитона хроматографически обнаружено достаточно много орнитина.

В дальнейшем, как видно из данных табл. 1 и рис. 1, по мере роста грибов количество продуктов распада аргинина в питательных средах изменялось по-разному. Так, в культурах ржавого микроспорума КК и эпидермофитона в течение 14—17 дней после первого анализа содержание орнитина и мочевины снизилось до нуля, концентрация же аммиака в культурах первого гриба незначительно уменьшилась, в культурах второго — увеличилась. В жидкостях культур пушистого микроспорума 2 за указанное время количество мочевины тоже снизилось до нуля и одновременно с этим значительно уменьшилось содержание аммиака, но орнитин присутствовал в том же количестве, как и при первом анализе.

В период от первого до второго анализа в культуре пушистого микроспорума 282 расщепилось аргинина много, но количество орнитина и аммиака лишь незначительно увеличилось, а содержание мочевины почти не изменилось. В культурах ржавого микроспорума К разложилось также много аргинина, но содержание азота мочевины при этом увеличилось с 1,2 до 5,6 мг%, а азота аммиака — с 2,4 до 3,4 мг%.

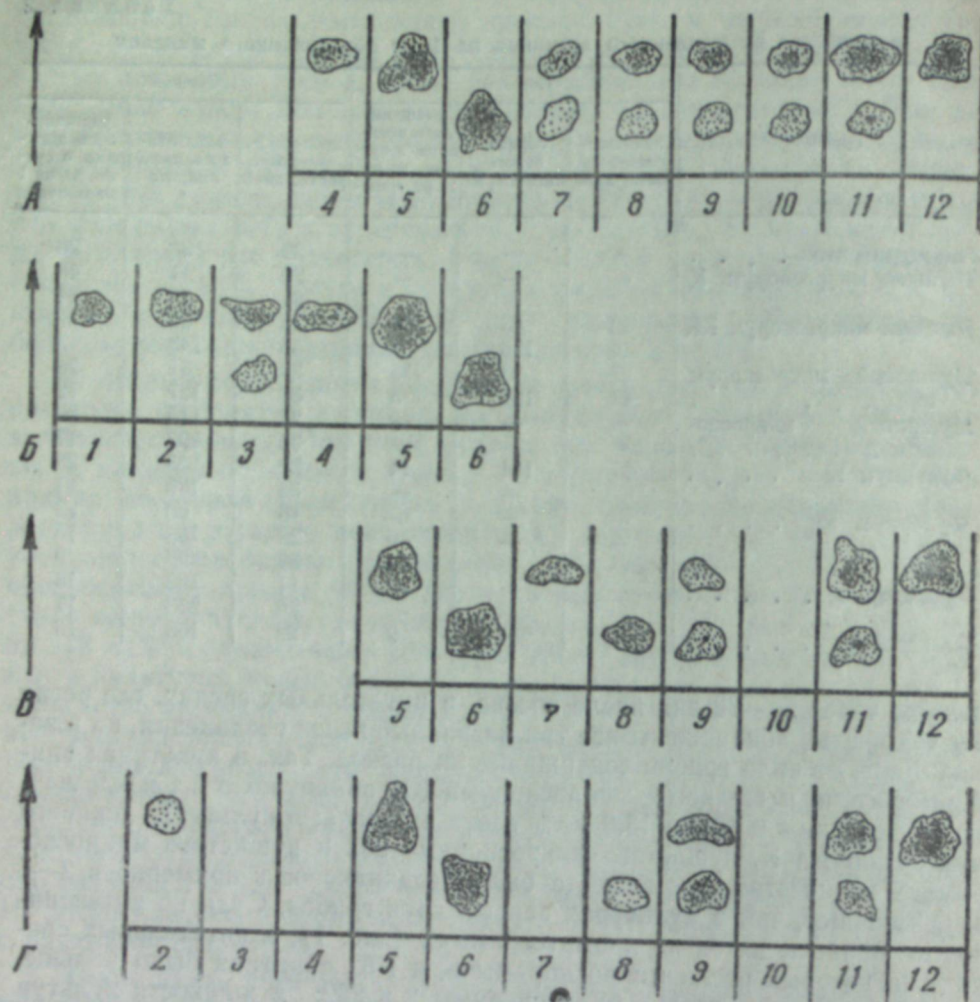


Рис. 1. Схемы хроматограмм, полученных при анализе питательных сред с аргинином. Анализы проводились в 1957 г.: А — 18/Х, Б — 26/Х, В — 1/ХI, Г — 12 и 15/ХI. Растворитель: *n*-бутанол — уксусная кислота — вода (4 : 1 : 1); проявитель — нингидрин. Стрелками показано направление движения растворителя. Цифрами обозначены полоски бумаги, куда наносились стандартные растворы аминокислот и питательные среды, на которых росли грибы:

1 — аспергиллус, 2 — триходерма, 3 — эпидермофитон Кауфмана-Вольфа, 4 — фузариум *sp.*, 5 — аминокислота аргинин (свидетель), 6 — аминокислота орнитин (свидетель), 7 — фузариум 1045, 8 — пушистый микроспорум 2, 9 — пушистый микроспорум 282, 10 — ржавый микроспорум КК, 11 — ржавый микроспорум К, 12 — контрольная среда.

Приведенные данные показывают, что в культурах дерматофитов наряду с расщеплением аргинина происходил процесс превращения продуктов его распада — орнитина и мочевины. До тех пор пока в питательных средах присутствовал аргинин, оба эти процесса протекали одновременно. При этом в первый период роста грибов расщепление аргинина совершалось с большей скоростью, чем превращение продуктов его распада. Последние вследствие этого накапливались в жидкостях культур. Больше или меньшее накопление их в культурах отдельных видов дерматофитов обуславливалось, надо полагать, неодинаковой ферментативной активностью последних по отношению как к аргинину, так и орнитину и мочевины, а также неодинаковой скоростью роста этих микроорганизмов.

Образование в культурах дерматофитов конечного продукта распада

аргинина — аммиака — совершалось также с большей скоростью, чем потребление его грибами. Поэтому в первый период роста этих микроорганизмов содержание аммиака в жидкостях культур почти всегда было достаточно высоким. В культурах эпидермофитона и ржавого микроспорума КК его накопилось столько, что он оказывал угнетающее действие на их рост.

В культурах недерматофитов динамика продуктов распада аргинина была несколько иной, чем в культурах дерматофитов. Отличие состояло прежде всего в том, что в питательных средах, на которых росли недерматофиты, мочевины не накапливалась в сколько-нибудь заметных количествах. Принятым нами методом не удалось обнаружить ее в жидкостях культур как в первой, так и во второй серии опытов. То, что в культурах недерматофитов мочевины не накапливается, может быть объяснено только ее расщеплением этими грибами сразу же после образования.

В культурах фузариума *sp.* и триходермы орнитин не обнаружен, но он был найден, хотя и в небольших количествах, в культурах фузариума 1045 и аспергиллуса в первый период их роста. Обнаружение орнитина в культурах этих грибов позволяет считать, что недерматофитами аргинин расщепляется таким же путем, как и дерматофитами.

Во время роста недерматофитов аммиак, как и орнитин, не накапливался в питательных средах в больших количествах. Так, при первом анализе сред, на которых росли триходерма и аспергиллус, обнаружены лишь следы аммиака, а при анализе сред, где росли фузарины, найдено всего 2,2—3,4 мг% азота аммиака. Накопление его в культурах фузариумов наблюдалось лишь тогда, когда рост их практически прекращался и начинался процесс мацерации грибницы.

Таким образом, из сказанного видно, что в культурах недерматофитов расщепление аргинина происходило несколько медленнее, а превращение орнитина и особенно мочевины шло быстрее, чем в культурах дерматофитов.

Наши опыты дают основание говорить о том, что у взятых нами грибов имеются ферменты аргиназы и уреазы.

Судя по динамике мочевины в жидкостях культур, можно считать, что у растущих на среде с аргинином грибов уреазная активность была довольно высокая, но у отдельных видов она разная и у недерматофитов выше, чем у дерматофитов. Нами уже было показано [14], что у микроспорумов и фузариумов имеется уреазы. Выращивая грибы на глюкозо-пептонной среде и на средах с различным количеством желатины и сахара, мы тогда же убедились, что состав питательных сред оказывает существенное влияние на уреазную активность этих микроорганизмов. Исходя из этого, надо полагать, что аргинин или образующаяся из него мочевины способствуют образованию уреазы у грибов.

Кроме аргиназы и уреазы, у обеих групп взятых нами грибов есть и фермент (или ферменты), при участии которого происходит превращение орнитина. При этом обе аминные группы орнитина отщепляются в виде аммиака.

Процесс превращения орнитина под воздействием микроорганизмов до сих пор изучен недостаточно. Вследствие технических затруднений нам, к сожалению, пока не удалось выяснить, как расщепляется орнитин грибами. Возможны три пути его превращения: первый — через путресцин и ϵ -аминоасляную кислоту, второй — через δ -аминовалериановую или δ -амино- α -кетовалериановую кислоты и третий — через α -аминовалериановую кислоту. Так как в питательных средах с аргинином, на которых росли грибы, хроматографией на бумаге нам не удалось об-

наружить α -аминовалериановую кислоту, то надо полагать, что расщепление орнитина происходило по одному из двух первых указанных путей.

Стайнберг [8] пишет, что аминокислота, находящийся в бета-положении или в капроновой кислоте (α -NH₂, ϵ -NH₂, α , ϵ -NH₂), не ассимилируется аспергиллусом (*Aspergillus niger*); по его данным этот гриб не использует ни α -, ни δ -аминоазот γ -валериановой кислоты, тогда как α - и δ -аминоазот орнитина усваивается им. Стайнберг не определял ни орнитина, ни азота в питательных средах во время роста гриба и об использовании этой аминокислоты грибом судил только по количеству образованного мицелия, считая, что при содержании в культуре 33,5 мг азота любой из аминокислот может образоваться не больше 1100—1300 мг мицелия. Им же на среде с орнитином получено 1074,3 мг мицелия.

Наши данные подтверждают высказанное Стайнбергом предположение, что α - и δ -аминоазот орнитина используется аспергиллусом, и одновременно с этим показывают, что триходерма, фузариумы, микроспорумы и эпидермофитон также ассимилируют азот обеих аминокислот орнитина. Так как и азот мочевины, а не только орнитина, легко доступен грибам, то, следовательно, можно считать, что все четыре атома азота аргинина используются указанными микроорганизмами. Об этом говорит и то, что разница между содержанием общего азота и суммой азота тех соединений, которые мы определили в питательных средах, во время роста грибов всегда была меньше одной четвертой части азота расщепленного аргинина.

В данной работе мы не собирались подробно рассматривать метаболизм глюкозы у грибов. Однако хотелось бы обратить внимание на тот факт, что дерматофиты превращают глюкозу значительно медленнее, чем недерматофиты. Так, во второй серии опытов в культурах фузариумов и аспергиллуса в течение 20—22 дней, а в культурах триходермы в течение 26 дней со времени посева содержание глюкозы в питательной среде уменьшилось больше чем на 90%, в культурах же дерматофитов даже к концу опыта (48—50 дней) убыль ее не превышала 42—52%, хотя мицелия у них образовалось в некоторых случаях не меньше, чем у недерматофитов.

Расчеты показали, что на 1 мг полученного мицелия в течение суток расщеплено глюкозы дерматофитами 2—3 мг, триходермой — 2,5—4,5 мг, аспергиллусом — 7 мг и фузариумами — 8—12 мг. Эти данные наводят на мысль о том, что дерматофиты и недерматофиты по-разному ассимилируют глюкозу. В чем состоит это различие, без специальных исследований сказать нельзя, но ясно, что дерматофиты для клеточного синтеза использовали больше потребленной глюкозы, чем недерматофиты; на образование же побочных продуктов обмена, наоборот, первые тратили ее меньше, нежели вторые. Из этого следует, что интенсивность расщепления глюкозы у дерматофитов приведена в соответствие с синтетической их способностью значительно лучше, чем у недерматофитов. Вследствие этого дерматофиты по сравнению с недерматофитами более экономно расходовали глюкозу.

Ткани, на которых обычно поселяются дерматофиты, бедны глюкозой и веществами, могущими служить источником ее образования. Можно считать, что экономное расходование дерматофитами глюкозы — это есть результат приспособления их к естественным условиям существования: в процессе эволюции у дерматофитов выработался более высокий, чем у недерматофитов, тип обмена углеводов, возможно, тип окислительного их превращения. Вследствие этого и в условиях опытов они сравнительно мало расходовали глюкозы.

Остановимся на вопросе об изменении pH в жидкостях культур. Из табл. I видно, что во время роста грибов pH питательной среды в культурах отдельных видов изменялся по-разному как в отношении численного его значения, так и во времени.

Так, в культурах ржавого микроспорума КК и эпидермофитона в отличие от культур других грибов первоначально наблюдалось подщелачивание питательной жидкости, при этом в течение первых 22 дней после посева исходный pH (6,97) повысился соответственно до 7,52 и 8,03. В дальнейшем по мере роста грибов показатель концентрации водородных ионов уменьшался медленно и в культурах ржавого микроспорума КК даже к концу опыта снизился только до 6,33, а в культурах эпидермофитона к 39-му дню — до 7,84. В культурах пушистого микроспорума обоих штаммов (2 и 282) в течение 20—22 дней после посева pH питательных жидкостей лишь незначительно уменьшился (на 0,23—0,56) по сравнению с исходным его значением, но затем, когда грибы достигли почти полного развития, произошло резкое его падение (2,79 и 2,59).

В культурах недерматофитов в отличие от культур дерматофитов уже в первый период их роста (14—22 дня) произошло сильное подкисление питательных сред. При этом в средах, на которых росли аспергиллус и триходерма, pH снизился несколько больше (до 2,51 и 3,03, соответственно), чем в культурах фузариумов (3,88 и 3,94). Отметим, что pH питательной среды, на которой росли фузариумы, к концу опыта значительно повысился вследствие начавшейся мацерации мицелия.

Наблюдавшееся подщелачивание питательных сред в культурах ржавого микроспорума КК и эпидермофитона и поддержание кислотности на уровне, близком к исходному, в культурах дерматофитов в первый период их роста было связано с интенсивным превращением аргинина, мочевины и орнитина и медленным потреблением грибами глюкозы и аммиака. Происходившее в дальнейшем резкое падение pH в культурах пушистого микроспорума обоих штаммов обуславливалось тем, что к этому времени аммиак почти полностью был потреблен грибами и достаточно много расщепилось глюкозы, за счет которой образовались кислореагирующие вещества. Быстрое падение pH до низких значений в культурах недерматофитов обуславливалось тем, что эти грибы энергично потребляли глюкозу и аммиак и сравнительно медленно аргинин.

Таким образом, из приведенных данных следует, что изменение концентрации водородных ионов в жидкостях культур взятых нами грибов является суммарным отображением процессов превращения под воздействием этих микроорганизмов исходных составных частей питательной среды — глюкозы и аргинина — и потребления ими продуктов распада указанных веществ.

Результаты изучения аргиназной активности мицелия исследуемых грибов будут представлены в следующем сообщении.

Выводы

Аргинин служит хорошим источником азотного питания как для дерматофитов, так и для недерматофитов. Он, как единственный источник азота, вполне удовлетворяет пищевые потребности следующих, взятых нами для изучения грибов: *Microsporum lanosum* (штаммы 2 и 282), *Microsporum ferrugineum* (штаммы К и КК), *Epidermophyton Kaufmann-Wolf*, *Fusarium* (штамм 1045) из секции *Sporotrichiella*, *Fusarium* sp., *Aspergillus niger* и *Trichoderma lignorum*.
Дерматофиты, особенно *Microsporum ferrugineum* К, на среде с ар-

гинином, как и на других питательных жидкостях, растут медленнее, чем недерматофиты.

Во время роста грибов аргинин расщепляется. Первоначально образуются орнитин и мочевины. Отдельные виды грибов расщепляют аргинин с различной скоростью. Наиболее быстро расщепляют эту аминокислоту из дерматофитов *Epidermophyton Kaufman-Wolf* и *Microsporum ferrugineum* (штамм КК), а из недерматофитов — *Fusarii*.

Мочевина и орнитин также расщепляются во время роста грибов. В культурах дерматофитов превращение орнитина и мочевины происходит медленнее, чем образование их из аргинина. В культурах же недерматофитов образование и превращение их происходит почти с одинаковой скоростью.

Конечным азотосодержащим продуктом превращения аргинина является аммиак, образующийся непосредственно из мочевины и орнитина. Образование аммиака происходит более быстро, чем использование его грибами, что особенно ярко выражено в культурах дерматофитов.

Дерматофиты значительно более экономно расходуют глюкозу, чем недерматофиты.

Новосибирский
медицинский институт

Поступила в редакцию
13/II 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Билай, Фузариин. Киев, Изд. АН УССР, 1955.
2. R. M. Archibald, F. Reiss, Some biochemical implications from a Study of growth of pathogenic fungi on media containing single amino acids, *Annals, New-York, Acad. Sc.*, vol. 50, 1950.
3. E. S. Bereston, The vitamin, amino acid and growth requirements of the genus *Neurospora*. *J. invest. Dermatol.*, vol. 2, № 6, 1953.
4. Johnson, N. Grimm, The amino acid requirements of *Microsporum fulvum*. *J. invest. Dermatol.*, vol. 17, 1951.
5. N. Nielsen, Untersuchungen über die Stickstoffassimilation der Hefe, VII. Untersuchungen über das vermögen der Hefe aminosäuren zu assimilieren. *Compt. Rend. des Trav. Ser. physiol.*, Bd. 21, 1936.
6. W. J. Robbins, R. Ma, Growth factors for *Trichophyton mentagrophytis*. *Amer. J. Bot.*, vol. 32, 1945.
7. W. J. Robbins, J. E. Mackinnon, R. Ma, Vitamin deficiencies of *Trichophyton discoides*. *Bull. Torrey Botan. Club*, vol. 69, 1942.
8. R. A. Steinberg, Effect of trace elements on growth of *Aspergillus niger* with amino acids. *Agric. Res.*, vol. 64, 1942.
9. Ф. Т. Сухенко, Превращение мочевой кислоты некоторыми грибами. *Биохимия*, т. 23, вып. 4, 1958.
10. О. Л. Семовских, Аминокислоты как источник азотного питания для ахориона Шонлейна (*Aspogon Schonleini*) и их влияние на морфологию этого гриба. Итоговая за 1955 г. научная конференция, посвящ. 20-летию Новосиб. мед. ин-та, тезисы докл., Новосибирск, 1956.
11. Ф. Т. Сухенко, Об использовании гиппуровой кислоты некоторыми грибами. *Биохимия*, т. 23, вып. 4, 1958.
12. Р. Блок, Д. Боллинг, Аминокислотный состав белков и пищевых продуктов. М., ИЛ, 1949.
13. Ф. Т. Сухенко, Аминокислотное питание микроспорумов и фузариума. Итоговая за 1955 г. научная конференция, посвящ. 20-летию Новосиб. мед. ин-та, тезисы докл., Новосибирск, 1956.
14. Ф. Т. Сухенко, Уреазная активность и мочевинообразующая способность микроспорумов и фузариума. Итоговая за 1955 г. научная конференция, посвящ. 20-летию Новосиб. мед. ин-та, тезисы докл., Новосибирск, 1956.

Н. И. КАРНАУХОВ

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЧВ ЕЛЬНИКОВ СРЕДНЕГО ПРИАНГАРЬЯ В ПРЕДЕЛАХ УСТЬ-УДИНСКОГО РАЙОНА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Проводя почвенные исследования Приангарья, в южной части Усть-Удинского района мы столкнулись с чрезвычайно интересным явлением: в долине р. Ангары, ее притоков и в падах под пологом елового леса развиваются почвы, не только не имеющие признаков оподзоливания, но часто карбонатные и даже слабосолончаковые.

Территории со своеобразными почвами, занятые ельниками, подлежат затоплению Братским морем, поэтому изучение их представляет несомненный исторический интерес.

Климат рассматриваемого района континентальный; среднегодовое количество осадков здесь около 350 мм.

Почвообразующие породы представлены делювиальными и аллювиальными отложениями тяжелого механического состава и являются продуктами выветривания кембрийских и ордовикских карбонатных пород. Многолетняя мерзлота в августе 1957 г. определялась нами на глубине от 65 до 110 см. Ельники распространены травяные или мохово-травяные, в возрасте более 100 лет, возобновляются очень хорошо. Нами констатировано обилие семян и подроста ели. Еловые леса, как правило, чистые, но на отдельных участках с примесью сосны, березы и лиственницы сибирской. Ель относится к виду *Picea abovata*.

Видовой состав растений нижнего яруса ельника Усть-Удинского района следующий: мятлик лесной (*Poa silvestris*), вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis Langsdorffii*), полевица белая (*Agrostis alba*), майник (*Majanthemum bifolium*), хвощ лесной (*Equisetum silvaticum*), хвощ серповидный (*Equisetum scirpoides*), лилия бореальная (*Linnaea borealis*), рамишия однобочная (*Ramischia secunda*), грушанка круглолистная (*Pirola rotundifolia*), подмаренник северный (*Gallium borealis*), медуница (*Pulmonaria officinalis*), мох мниум (*Mnium*), смородина черная (*Ribes nigrum*), смородина красная (*Ribes rubrum*).

Еловые леса в Среднем Приангарье встречаются в долинах рек и падах и полностью отсутствуют на склонах и водоразделах. И только там, где пади и долины сопрягаются с северными склонами, ель в качестве примеси к сосне и лиственнице поднимается до нижней трети склона.

Многие исследователи, как ботаники, так и географы, считают, что неширокое распространение ели в Восточной Сибири связано с сухостью климата [1—3].

Можно считать установленным, что для развития еловых насаждений требуется достаточное атмосферное или грунтовое увлажнение.

В Приангарье наиболее благоприятные условия для произрастания ели создаются в долинах рек и днищах падей, где вечная мерзлота, ухудшая условия дренированности, способствует накоплению влаги. Возможно, что при более широком распространении вечной мерзлоты в южной части Восточной Сибири ель занимала водоразделы и склоны. Деграляция вечной мерзлоты способствовала ухудшению гидрогеологических условий, и ель вынуждена была спуститься в долины — наиболее благоприятные для нее участки.

Ель — порода, предпочитающая кислые почвы и грунты, однако ряд исследователей [4—6] указывает на то, что она может произрастать и на карбонатных отложениях.

Литературные данные, а также наши исследования дают основания утверждать, что гидрологические условия играют главную роль в существовании еловых насаждений. Почвы и грунты, даже карбонатные и слабозасоленные, в условиях достаточного увлажнения не препятствуют поселению ели.

Исследуемые нами почвы ельников Приангарья характеризуются следующими морфологическими особенностями.

Горизонт А: мощность до 65 см, темный, во влажном состоянии черный, мелкозернистая структура хорошо выражена, но очень непрочная, распыляющаяся при высыхании; какие-либо признаки оподзоливания отсутствуют.

Горизонт А/В: мощность около 20 см, темно-серый, структура мелкозернистая, непрочная.

Горизонт В: сизо-бурый, мерзлый.

Механический состав почв по всему профилю — от среднесуглинистого до глинистого. Вскипание от соляной кислоты отмечается как в горизонте А/В, так и с поверхности. Карбонаты скапливаются диффузно или в виде псевдомицелия. По морфологии данные почвы похожи на дерново-лесные темноцветные. Механический их состав характеризуют тя-

Таблица 1
Механический состав почв ельников Усть-Удинского района
(в % на абс. сухую навеску)*

№ разреза	Глубина, см	Фракции, мм						Потери от обработки HCl	Сумма фракций <0,01
		1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001		
119	6—16	—	5,90	23,90	10,60	19,10	35,10	—	64,80
119	25—25	—	8,30	27,60	9,00	18,70	31,30	5,40	59,50
119	45—55	—	8,10	26,80	5,70	20,90	34,20	4,30	61,80
119	65—75	—	13,20	15,60	6,40	19,50	40,00	5,30	65,90
120	5—15	—	24,50	20,80	3,50	16,50	36,40	4,30	50,40
120	15—25	—	30,40	11,40	6,20	18,40	29,30	4,30	53,90
120	30—40	3,40	19,40	16,70	5,80	14,00	36,20	3,80	56,70
120	50—60	4,40	11,60	20,80	12,90	12,30	34,50	3,50	59,70
120	90—100	3,50	4,60	18,00	8,80	12,30	29,10	23,70	50,20
113	3—12	—	26,70	27,50	8,10	9,9	21,60	7,20	38,60
113	15—25	—	4,40	21,40	12,10	14,30	25,00	22,80	51,40
113	40—50	0,90	5,10	32,80	13,80	4,90	19,80	22,70	38,50
113	65—75	1,20	2,10	31,70	11,00	10,20	18,7	25,10	39,90

Примечание: Разрезы 119, 120 заложены на левом берегу Ангары в пади Кадлинской в 1,5—2,5 км западнее д. Москалево; 113 заложены на правом берегу Ангары на 3-метровой ангарской террасе в районе д. Средние Ключи.

* Аналитик Н. И. Карнаухов.

желые разновидности. Содержание иловой фракции (< 0,001 мм) достигает 40%. Частицы, крупнее 1 мм, отсутствуют, а от 1 до 0,25 мм или отсутствуют, или содержатся в очень малых количествах. Большие потери при обработке почвы соляной кислотой обусловлены карбонатностью. Данные о механическом составе исследуемых почв приводятся в табл. 1.

Нами определялось содержание гумуса в почве и состав поглощенных оснований (табл. 2). Полученные данные свидетельствуют о большом количестве гумуса в горизонте А и постепенном уменьшении его с глубиной, а также о высоком содержании поглощенных катионов. Сумма $Ca^{++} + Mg^{++}$ в горизонте А достигает 50 мг-экв.

Таблица 2
Содержание гумуса в почве и состав поглощенных оснований
(на абс. сухую навеску)*

№ разреза	Глубина, см	Гумус по Тюрину, %	Поглощенные катионы**		
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Сумма Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺ , мг-экв
119	6—16	13,72	$\frac{0,728}{36,4}$	$\frac{0,173}{14,2}$	50,6
119	25—35	13,10	$\frac{0,724}{36,2}$	$\frac{0,178}{14,6}$	50,8
119	45—55	8,92	$\frac{0,756}{37,8}$	$\frac{0,117}{9,6}$	47,4
119	65—75		$\frac{0,712}{35,6}$	$\frac{0,104}{8,6}$	44,2
120	5—15	9—62	$\frac{0,712}{35,6}$	$\frac{0,143}{11,8}$	47,4
120	15—25	8,71	$\frac{0,664}{33,2}$	$\frac{0,124}{10,2}$	43,4
120	30—40	5—49	$\frac{0,604}{30,2}$	$\frac{0,100}{8,2}$	38,4
120	50—60	3,16	$\frac{0,572}{28,6}$	$\frac{0,094}{7,8}$	36,6
120	90—100	2,13	—	—	—
113	3—13	16,44	—	—	—
113	15—25	12,28	—	—	—
113	40—50	2,41	—	—	—
113	65—75	1,65*	—	—	—

* Аналитик Н. И. Карнаухов и Н. И. Какоурова.
** В числителе — в %, в знаменателе — в мг-экв.

Особый интерес представляют результаты определений солевого состава почв ельников (рис. 1, 2). Общее содержание воднорастворимых

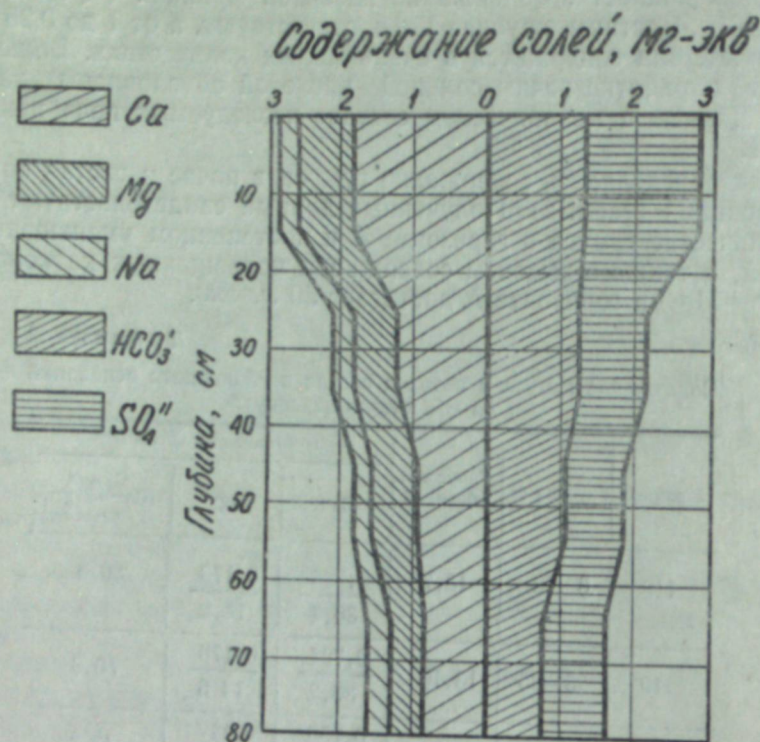


Рис. 1. Содержание воднорастворимых солей в разрезе 119.

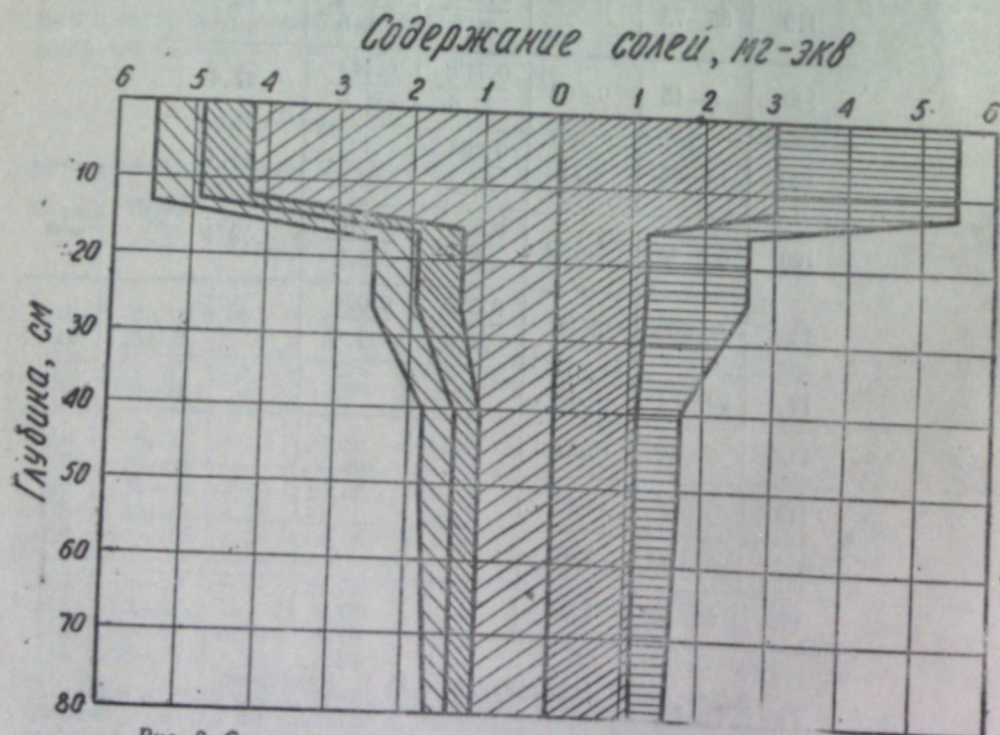


Рис. 2. Содержание воднорастворимых солей в разрезе 113.
(Обозначения те же, что на рис. 1).

солей в поверхностной части аккумулятивного горизонта лежит в пределах 0,173—0,362%. Если принять, что солончаковые почвы содержат солей по плотному остатку в слое 0—25 см более 0,25%, то почву разреза 113 следует отнести к солончаковой (0,362%) бикарбонатно-сульфатного засоления. Характер солевых профилей указывает на отсутствие промывного водного режима и наличие выпотного. Данные солевого состава почв показывают, что в Приангарье еловые насаждения развиваются не только на карбонатных почвах, но хорошо переносят бикарбонатно-сульфатное засоление почвы и условия выпотного водного режима.

Характеризуя почвы ельников Якутии, В. Б. Куваев [6] пишет: «Очень тонкий механический состав с преобладанием иловатых и глинистых частиц, исключительное богатство перегноем, бедность карбонатами, отсутствие торфонакопления — характерные черты аллювиальных дерново-лесных почв, свойственных большинству ельников Якутии». Мерзлота отмечается В. Б. Куваевым на глубинах от 39 до 70 см. Он считает, что на распаханых из-под еловых лесов участках располагаются сильно обогащенные перегноем лугово-черноземные почвы, «...т. е. дерново-лесные почвы ельников Якутии при вовлечении их в сферу сельскохозяйственных угодий быстро превращаются в лугово-черноземные почвы...».

Рассматриваемые почвы Приангарья очень похожи на почвы долинных ельников юго-западной части Якутии, но кроме многих признаков, характерных для якутских почв, в приангарских отмечаются высокая карбонатность и слабое засоление воднорастворимыми солями.

Полученный нами материал о почвах ельников Приангарья, а также литературные данные позволяют высказать некоторые соображения о генезисе и эволюции этих почв. Высокое содержание перегноя и большая мощность перегнойного горизонта в современных почвах ельников дают основание полагать, что раньше это были дерново-луговые мерзлотные почвы, на которых поселилась ель, найдя для себя здесь благоприятные условия увлажнения. Ель в данных условиях является экстремальной породой, она приспособилась к условиям солевого режима почвы и представляет особый экотип ели. Имея поверхностную корневую систему, она использует поверхностные воды на десукцию и иссушает верхний горизонт почвы. Это создает условия для подъема надмерзлотных грунтовых вод к поверхности. С восходящим потоком воды поднимаются и растворенные в надмерзлотной воде соли, главным образом бикарбонаты и сульфаты.

Приведенные выше солевые профили подтверждают наличие восходящего тока почвенных вод. Таким образом, под пологом ели в условиях вечной мерзлоты создается не нисходящий, а восходящий ток движения вод, что обуславливает не промывной, а выпотной водный режим. Карбонатные и обогащенные сульфатами почвообразующие породы способствуют накоплению бикарбонатов и сульфатов в верхних горизонтах почвы. Условия почвообразования в данном случае не способствуют подзолообразовательному процессу, так как для последнего требуется не только наличие древесной растительности, в том числе ели, но и промывной водный режим.

На основании тщательных биохимических исследований почвенных процессов В. А. Ковда [7], С. В. Зони [8], А. А. Роде [9] и др. пришли к выводу, что не всегда под пологом лесной растительности протекает подзолообразовательный процесс.

Высказанные положения указанных авторов относятся главным образом к лесной зоне Европейской части СССР. Провинциальной же особенностью лесной зоны Восточной Сибири, в отличие от европейских

условий, является широкое распространение вечной мерзлоты, которая не только замедляет проявление подзолообразовательного процесса, но в определенных условиях не дает ему возможности проявиться. Сочетание условий почвообразования в Приангарье (климат, рельеф, почвообразующие породы, вечная мерзлота) не способствует развитию подзолообразовательного процесса даже под пологом еловых насаждений, так как здесь не промывной, а выпотной водный режим, который обуславливает восходящий ток движения почвенных растворов, обогащенных воднорастворимыми минеральными соединениями.

Можно предполагать, что при уничтожении леса и вовлечении данных почв в сельскохозяйственный оборот они через лугово-черноземные почвы эволюционируют в мощные черноземы типа пыхунских. Вполне возможно, что «пыхуны» — бесструктурные мощные черноземы — образовались в результате эволюции дерново-лесных темноцветных почв.

Иркутский
государственный университет

Поступила в редакцию
12/III 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Алексин, Растительность СССР, Изд. Сов. наука, 1951.
2. Л. С. Берг, Природа СССР. М., Географиз, 1955.
3. В. Н. Сукачев и др., Дендрология с основами лесной геоботаники, Изд. 2-е, 1938.
4. Д. Г. Виленицкий, Почвоведение. Изд. 3-е. М., Учпедгиз, 1957.
5. В. Б. Сочава, Растительный покров СССР. Пояснительный текст к «Геоботанической карте СССР», т. 1. Изд. АН СССР, 1956.
6. В. Б. Куваев, Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве юго-запада Якутской АССР. Вып. II. М., Изд. АН СССР, 1957.
7. В. А. Ковда, Минеральный состав растений и почвообразование. Почвоведение, № 1, 1956.
8. С. В. Зонин, Биогеоэкологический метод и изучение биологических факторов в почвообразовании. Почвоведение, № 6, 1955.
9. А. А. Роде, Подзолообразовательный процесс. М., Изд. АН СССР, 1937.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. А. КОЛЯГО

О ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СУЩНОСТИ «БУРЫХ ЛЕСНЫХ» ПОЧВ СИБИРИ

Так называемые бурые лесные почвы Сибири изучены недостаточно. Вследствие этого вопрос о их генетической сущности в настоящее время остается открытым.

Наши многолетние исследования, как и исследования ряда авторов (К. П. Горшенин, И. В. Николаев, Б. Ф. Петров, Н. Д. Градобоев и др.), показывают, что эти почвы широко распространены как в горных районах, так и на предгорных равнинах Южной Сибири. В горных районах они встречаются в нижней части лесного пояса среди серых лесных, так называемых черноземовидных и дерново-карбонатных почв. Обычно они покрывают водоразделы и верхние части склонов положительных форм горного рельефа, но имеются и в долинах горных рек. В пределах предгорных равнин «бурые леса» почвы менее распространены. Здесь они встречаются на водоразделах и на верхних частях покатых склонов увалов, главным образом северной, северо-западной и северо-восточной экспозиции.

Материнскими породами их повсеместно являются коричнево-бурые глины, отличающиеся постоянством состава и свойств.

Биоклиматические условия, в которых развиты эти почвы, существенно не отличаются от условий, свойственных типу серых лесных почв.

По строению, морфологии, химико-минералогическому составу, а также по физико-химическим свойствам «бурые лесные» почвы Сибири весьма близки к серым и, еще в большей степени, к типичным бурым лесным почвам.

Учитывая только эти показатели, в данных почвах можно констатировать три частных типологических процесса почвообразования, характерных для типичных бурых лесных почв, а именно: дерновый, подзолистый и процесс оглинения. Иначе говоря, основываясь только на обычных показателях типологических свойств, рассматриваемые почвы можно отнести к типу бурых лесных. Однако такой вывод о генетической сущности «бурых лесных» почв Сибири был бы формальным и поэтому неправильным.

Дело в том, что показатели, свидетельствующие о наличии процесса оглинения, не современные, а реликтовые и связаны с генезисом материнских пород — коричнево-бурых глин.

Коричнево-бурые глины представляют собой типичные покровные образования. Сформировались они в течение четвертичного периода в результате делювиально-делювиального переотложения аккумулятивной коры выветривания предположительно миоценового возраста. Эта кора была представлена аллювиально-речными и аллювиально-озерными осадками. Последние накапливались за счет переотложения главным образом более древних, аллитной и ссилитно-аллитной кор выветривания мелового и палеогенового возраста, а также за счет «свежих» продуктов выветривания миоценового (?) возраста.

Современные коричнево-бурые глины являются такими продуктами делювиально-делювиального переотложения миоценовой (?) коры выветривания, в составе которых преобладают оглиненные и ожелезненные породы верхних горизонтов этой коры. Вниз по разрезу коричнево-бурых глин степень оглиненности и ожелезненности их постепенно понижается. Это и создает впечатление современного оглинения. На самом же деле такое изменение степени глинистости и ожелезненности коричнево-бурых глин происходит потому, что при формировании их более глубоких горизонтов в делювиальном переотложении принимали участие в относительно больших количествах менее оглиненные светлоокрашенные породы глубже лежащих горизонтов миоценовой (?) коры выветривания.

Учитывая сказанное, нельзя относить так называемые бурые лесные почвы Сибири, развитые в биоклиматических условиях, характерных для типа серых лесных почв, к типу бурых лесных. Их нужно рассматривать в качестве рода серых лесных почв, развитых на своеобразных коричнево-бурых глинах, строение, состав и свойства которых связаны с оглинением миоценовой (?) коры выветривания и с переотложением последней в послетретичное время. В связи с этим данным почвам следует присвоить название серых (бурых) лесных почв.

Оценивая таким образом генетическую сущность так называемых бурых лесных почв Сибири в целом, не следует, однако, отрицать возможности и современного развития процесса оглинения — процесса, наиболее характерного для лесного буроземобразования.

Этот процесс возможен не только в некоторых «бурых лесных», но и в серых, и в дерново-подзолистых почвах, развивающихся в таких лесных районах предгорий юга Сибири (например, Алтая), для которых характерны положительные среднегодовые температуры, большое количество осадков (более 500 мм), незамерзающие или почти незамерзающие почвы, большое количество роющих почвенных животных и многочисленная микрофлора.

Выявление процесса оглинения в этих условиях и изучение сочетания его с другими частными типологическими процессами почвообразования представляет несомненный научный интерес.

Томский
государственный университет

Поступила в редакцию
8/XII 1958

М. С. ЛЕВИНСОН, Г. С. КОМОЛОВА, Ф. А. ГУРЕВИЧ

О МЕХАНИЗМЕ ДЕЙСТВИЯ ОЗВУЧЕННОЙ ВОДЫ НА ПРОСТЕЙШИЕ

Несмотря на множество работ, посвященных биологическому влиянию ультразвука, механизм его действия нельзя считать вполне выясненным. Трудность состоит в том, что на озвучиваемый биологический объект одновременно влияют многие факторы, действующие в ультразвуковом поле: механические силы, кавитационные процессы, термический эффект, изменение веществ, входящих в состав живого тела, изменение среды, окружающей организм, и т. д. [1].

Вопрос о разграничении этих факторов, о роли каждого из них до сего времени остается нерешенным. Исходя из этого, мы поставили своей целью исследовать действие химических веществ, образующихся в дистиллированной воде в результате ее озвучивания.

Для этого 200 мл дистиллированной воды озвучивалось в открытом цилиндрическом сосуде из шотовского стекла на пьезокварцевом ультразвуковом генераторе при частоте 800 кГц и интенсивности 7 Вт/см² излучающей поверхности. Вода озвучивалась при различных экспозициях (от 10 мин. до 8 часов). В качестве объекта, на котором проверялась ее биологическая активность, служили инфузории — туфельки. Опыты проводились по следующей методике: на предметное стекло с луночкой наносили каплю с культурой инфузорий (20—30 штук), излишек воды отсасывали фильтровальной бумагой и затем добавляли 0,15 мл озвученной воды.

Испытывая воду после различных сроков ее озвучивания, мы обнаружили, что она обладает протистоцидным эффектом начиная примерно с трехчасового экспонирования и что токсичность ее растет пропорционально времени ультразвукового воздействия. Результаты исследования токсического действия озвученной воды приводятся в табл. 1.

Таблица 1
Влияние времени озвучивания воды на протистоцидный эффект

Время озвучивания воды	Время гибели туфелек в пробе	Время озвучивания воды	Время гибели туфелек в пробе*
10 мин.	Не погибли в течение 1 часа	2 часа	Не погибли в течение 1 часа
20 »	»	3 »	45 мин.
30 »	»	4 »	6 сек.
40 »	»	5 »	5 »
50 »	»	6 »	5 »
60 »	»	7 »	1 »

* Средние данные из 10 опытов.

Критерием чувствительности служило время с момента действия озвученной воды до момента полного прекращения движения всех особей с последующими их морфологическими изменениями. Многие туфельки при этом выбрасывали трихоциты, увеличивались в объеме, принимали неправильную форму тела. Внутри клетки был виден грубозернистый распад протоплазмы, хорошо вырисовывались сократительные

и пищеварительные вакуоли. В дальнейшем наблюдался разрыв пелликулы, и содержимое клетки выходило наружу.

В соответственных контрольных опытах с неозвученной дистиллированной водой протистоцидного действия не наблюдалось. Возникает вопрос: что же является причиной токсического действия озвученной воды? Известно, что в воде при озвучивании образуются перекись водорода, азотная и азотистая кислоты [2—4]. Нами изучалось действие этих веществ на туфельки — каждую в отдельности и в различных их комбинациях друг с другом.

Опытное изучение действия различных концентраций перекиси водорода на *Paramecium caudatum* указывает на ее сравнительно слабую токсичность. Даже 0,01 м. концентрация H₂O₂ вызвала гибель парамеций только через 47 мин. после начала воздействия (табл. 2). Вода, озвученная в течение 3 часов, согласно нашим определениям, является приблизительно 0,001 м. раствором перекиси водорода. Определение H₂O₂ производилось спектрофотометрическим способом по методу Бланке и Далмай [5]. При озвучивании воды свыше 3 часов не наблюдалось повышения концентрации H₂O₂.

Таблица 2

Действие различных концентраций H₂O₂ на туфельки

Концентрация раствора, м.	Реакция туфелек на воздействие растворов H ₂ O ₂ в течение 1 часа*
0,0001	Не погибают
0,001	»
0,02	»
0,003	Не погибают, однако некоторые особи через 40 мин. прекращают движение
0,004	Прекращается движение всех особей
0,005	Гибель отдельных особей
0,01	Через 47 мин. наблюдается гибель всех туфелек

* Средние данные из 10 опытов.

Из данных табл. 2 следует, что 0,001 м. раствор перекиси не оказывает сильного действия на туфельки, и, следовательно, токсичность озвученной воды не может обуславливаться присутствием в ней перекиси водорода.

При озвучивании воды в открытом сосуде вначале наблюдается образование в ней азотистой кислоты и перекиси водорода, но со временем HNO₂ окисляется, взаимодействуя с H₂O₂, в азотную кислоту [2]. Поэтому лишь в первый час озвучивания происходит нарастание количества азотистой кислоты, в дальнейшем же увеличивается выход азотной. Из того, что вода, озвученная в течение 3 часов и более, оказывала биологическое действие, но не содержала HNO₂, а вода, озвученная при коротких экспозициях (10—60 мин.), содержала наибольшее количество HNO₂, но не была токсичной, напрашивается вывод: протистоцидное действие воды не обусловлено указанной кислотой. Тем не менее, был поставлен контрольный опыт: на туфельки действовали 0,0001 м. раствором азотистой кислоты. Названный раствор, содержащий такое количество HNO₂, какое максимально образовалось в озвученной воде, не вызвал быстрой гибели парамеций. Определение HNO₂ велось косвенным путем.

Окислители, образующиеся в озвученной воде, т. е. H₂O₂ и HNO₂, определялись суммарно йодометрическим методом, и из полученной суммы вычиталось количество перекиси водорода, определенное указанным выше спектрофотометрическим методом. Определение азотной кислоты в воде, озвученной в течение 3 часов, показало, что эта вода является примерно 0,0005 м. раствором HNO₃. Контрольный раствор 0,0005 м. азотной кислоты убивал туфельку (табл. 3).

Из данных табл. 3 следует также, что при озвучивании воды свыше 3 часов в ней росло содержание азотной кислоты, чем и обуславливается повышение токсичности. Туфельки погибли при помещении их в растворы, дублирующие химический состав воды, озвученной в течение 3 часов, и в контроль с перекисью и азотной кислотой (см. табл. 3).

Вода, подвергавшаяся озвучиванию менее 3 часов и не обладавшая протистоцидным действием, становилась токсичной для туфельки при искусственном повышении в ней концентрации азотной кислоты до 0,0005 м.

Таблица 3

Время гибели туфелек в зависимости от концентрации HNO_3

Время озвучивания воды, часов	Концентрация HNO_3 в озвуч. воде, μ	Время гибели туфелек*	Концентрация HNO_3 в контрольных растворах, μ	Время гибели туфелек*
3	0,0005	45 мин.	0,0003	Не погибают в теч. 1 часа
4	0,0022	6 сек.	0,0005	40 мин.
5	0,0023	5 >	0,001	16 сек.
6	0,0025	5 >	0,002	5 >
7	0,003	1 >	0,003	1 >
8	0,005	1 >	0,005	1 >

* Средние данные из 10 опытов.

Все эти факты говорят о том, что наблюдаемая гибель организмов в озвученной воде обусловлена низкой величиной pH , создаваемой азотной кислотой. Растворы других кислот (HCl , H_2SO_4) с такой же величиной pH , что и производящие губительное действие растворы HNO_3 , вызывали одинаковый с последними протистоцидный эффект на парамеции.

Следовательно, сильное токсическое действие озвученной воды на помещенные в нее инфузории (гибель туфелек в течение одного часа) вызвано сдвигом величины pH в сторону большей кислотности вследствие накопления в воде образующейся при озвучивании азотной кислоты.

Однако не исключена также возможность, что химическое изменение среды озвучивания, обусловленное образованием H_2O_2 , HNO_2 и в небольших концентрациях HNO_3 , может явиться причиной как незначительных физико-химических изменений в организме парамеций при небольшом времени воздействия на них озвученной воды, так и гибели их при увеличении времени воздействия.

Вода является внешней и внутренней средой организма, в связи с чем химические изменения, происходящие в ней в ультразвуковом поле, должны играть немаловажную роль в изменении под ее воздействием функциональных и структурных особенностей живых организмов.

Выводы

1. Озвученная при длительных экспозициях вода обладает сильным токсическим действием на помещенные в нее туфельки.
2. В воде в результате озвучивания образуются перекись водорода, азотная и азотистая кислоты.
3. Азотистая кислота и перекись водорода в тех количествах, в которых они накапливаются в озвученной воде, не являются сильными ядами.
4. Наблюдаемый протистоцидный эффект обусловлен очень низкой величиной pH , создаваемой накоплением азотной кислоты в воде, экспонированной в ультразвуковом поле.

Институт физики
Сибирского отделения АН СССР
Красноярский медицинский институт

Поступила в редакцию
28/IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Е. Эльпинер, Современное состояние вопроса о биологическом действии ультразвука. Биофизика, № 1, 1956.
2. И. Г. Полоцкий, Химическое действие кавитаций. ЖОХ, № 17, 1947.
3. И. Г. Полоцкий, Определение NO_2 , NO_3 , H_2O_2 в воде, экспонированной в ультразвуковом поле. ЖОХ, № 17, 1947.
4. H. Beuthe, Über den Einfluß der Ultraschallwellen auf chemische Prozesse. Z. Phys. Chem. A., 163, 1933.
5. P. Blanguet, G. Dalmay, Analyse de l'eau oxygénée par colorimétrie. Bull. Soc. Chem. France, № 3, 1957.

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано		Должно быть	
		$\frac{K_2}{K_{2кз}}$	à 4	$\frac{K_{2д}}{K_{2кз}}$	№ 4
11	В формуле (31)				9,90
85 108	6 снизу Табл. 1, графа 7, строка 4 снизу		9,9		

Цена 7 руб.