

17-167/2

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
СССР



НОВОСИБИРСК  
1960

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА

И. Д. Кутявин, П. П. Чиненов. К определению экономической эффективности затрат при сравнении гидравлических и замещающих их тепловых электростанций 3

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

В. К. Щербаков, Р. Г. Карымов. О влиянии промежуточных подключений на статическую устойчивость настроенных электропередач 11  
 В. В. Минич. Возбуждение круглого волновода на волне  $H_{01}$  от резонаторной системы магнетрона 19  
 И. Г. Легченко. Действие решетчатых щитов и заборов на снеговетровую поток 25  
 В. К. Моргунов. Упрощенный способ определения размеров плавущих льдин по фотографиям 38  
 Л. И. Корень, Е. П. Ожигов. Андезитобазальты Приморского края как сырье для получения литых и пористых материалов 45  
 В. З. Анненкова. Получение металлургического кокса из углей Иркутского бассейна и отходов полукоксового производства 53

ХИМИЯ

А. Н. Киргинцев. Применение молекулярно-кинетического метода к теории бинарных растворов неэлектролитов 61  
 Д. И. Курбатов, М. С. Русакова. О полярнографическом поведении индия в присутствии больших количеств кадмия в хлорсодержащих пирофосфорнокислых растворах 67  
 Л. Н. Николенко, И. Ф. Михайлова, А. В. Чистякова. О расщеплении  $\alpha$ -изонитрозопроизводных жирноароматических кетонов нитрированной серной кислотой 73  
 И. А. Алексеева. Крезолов рассеяния фенола и 79  
 Ф. А. Гуревич. ие период 83  
 З. В. Черникова. ственного 91  
 И. Л. Клеве 104  
 Р. В. Булгад 111  
 Ю. П. Корш 116  
 Средне 121  
 С. С. Бацак 123  
 И. И. Капра 127  
 тельные 128  
 Е. П. Ожиг 127  
 в 1959 128  
 В. Л. Соскин 128  
 Восток

П-167/2 П-28529  
 1960 | Известия Сиб.  
 № 7 | отд. АН СССР  
 7 р.

П-28529

ИЗВЕСТИЯ  
 СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
 АКАДЕМИИ НАУК  
 СССР

7

И. Д. КУТЯВИН, П. П. ЧИНЕНОВ

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ЗАТРАТ ПРИ СРАВНЕНИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ  
И ЗАМЕЩАЮЩИХ ИХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В настоящее время основой для определения степени экономической эффективности затрат при сравнении различных способов производства заданной или взаимозаменяемой продукции является широко известная формула срока окупаемости.

Вместе с тем анализ технико-экономических расчетов показывает, что область применения этой формулы весьма ограничена и ее нельзя использовать в тех случаях, когда не совпадают сроки ввода производственных мощностей, различные объемы выпуска годовой продукции, уровни амортизации основных фондов и пр.

Исходя из этого, ниже показано, что расчетная формула срока окупаемости является частным случаем общего метода расчета по сроку относительной рентабельности.

Кроме того, в связи с исключительной важностью оценки расхода рабочей силы в условиях социалистического хозяйства представляется необходимым найти показатели эффективности затрат живого труда.

Методика технико-экономических расчетов при определении наиболее рационального способа производства, которая исходит из самых общих условий, может быть получена на основании следующих соображений.

Допустим, что производство некоторого продукта для общества требует капиталовложений в размере  $K$  рублей и ежегодных эксплуатационных расходов в размере  $C$  рублей.

Тогда общие затраты  $A$ , связанные с производством этого продукта, в функции времени можно выразить так:

$$A(t) = K + Ct, \quad (1)$$

где  $K$  — капиталозатраты;

$C$  — годовые эксплуатационные расходы без учета доли амортизационных отчислений, идущей на погашение авансированного капитала;

$t$  — время, в течение которого рассматривается производственный процесс.

Если в расчет вводятся эксплуатационные расходы, включающие полные амортизационные отчисления, то капиталозатраты должны представлять убывающую функцию времени. В этом случае соотношение (1) запишется так:

$$A(t) = K(1 - pt) + (C + pK)t, \quad (2)$$

где  $p$  — коэффициент, учитывающий размеры ежегодных погашений произведенных капиталозатрат  $K$ .



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Адрес редакции: г. Новосибирск, ул. Советская, 20, комн. 428.

Полагая, что

$$C_3 = C + pK, \quad (3)$$

получим общее выражение для затрат с учетом полных эксплуатационных расходов  $C_3$ :

$$A(t) = K(1 - pt) + C_3 t. \quad (4)$$

Объем продукции, которая может быть получена в результате произведенных затрат (4), будет также функцией времени и определится следующим образом:

$$W(t) = Wt. \quad (5)$$

Из выражений (1) и (5) следует, что более выгодным будет тот способ производства, для которого получаются меньшие расходы средств на единицу продукции при условии, что ее выпуск соответствует заданной потребности.

На этом основании представляется возможным получить первый показатель экономической эффективности данного способа производства в виде удельного показателя общих стоимостных затрат (капиталовложения и издержки производства) в единице произведенного продукта за рассматриваемое время:

$$a(t) = \frac{A(t)}{W(t)} = \frac{K(1 - pt) + C_3 t}{Wt}, \quad (6)$$

или, что то же:

$$a(t) = \frac{K + Ct}{Wt}. \quad (7)$$

При этом, если строительство ведется отдельными очередями и ввод полной проектной мощности требует значительного времени, в выражение (7) необходимо ввести затраты на эксплуатацию и соответствующий выпуск продукции за период строительства объекта.

Тогда выражение (7) примет такой вид:

$$a(t) = \frac{K + C' + Ct}{W' + Wt}, \quad (8)$$

где  $C'$  — затраты на эксплуатацию, связанные с поочередным вводом мощности за период строительства всего объекта;

$W'$  — продукция, выданная за то же время.

Второй технико-экономический показатель может быть получен на основании следующих суждений.

Поскольку показатель  $a(t)$  является функцией времени и не остается постоянным, то для двух сравниваемых вариантов можно найти такой срок, в течение которого общие удельные затраты для каждого из них на выпуск единицы продукта уравниваются и оба способа производства станут относительно друг друга равноубыточными.

Отрезок времени, в течение которого уравниваются удельные затраты  $a(t)$  для разных способов производства, было бы правильно именовать сроком относительной рентабельности по затратам данного вида (средства, рабочая сила и пр.).

Этот срок по затратам средств может быть получен из условия

$$a_1(t_1) = a_2(t_2). \quad (9)$$

Подставляя значения  $a_1(t_1)$  и  $a_2(t_2)$ , получим:

$$\frac{K_1 + C'_1 + C_1 t_1}{W'_1 + W t_1} = \frac{K_2 + C'_2 + C_2 t_2}{W'_2 + W t_2}, \quad (10)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  — время от окончания строительства объектов до момента выравнивания общих удельных затрат (сроки относительной рентабельности).

В общем случае сроки окончания строительства могут не совпадать, и поэтому

$$t_2 = t_1 \pm \Delta t \quad (\text{или } t_1 = t_2 \pm \Delta t), \quad (11)$$

где  $\Delta t$  — разница в сроках пуска полной проектной мощности.

Тогда равенство (10) приводится к виду:

$$a_1 t_1^2 + a_2 t_1 + a_3 = 0, \quad (12)$$

отсюда и определяется время  $t_1$  и затем  $t_2$ .

Приведенные выводы и технико-экономические показатели позволяют достаточно полно оценить экономическую эффективность стоимостных затрат. Однако на основании только этих показателей выбрать тот или другой способ производства необходимого продукта едва ли было бы правильно.

В ряде отраслей народного хозяйства некоторые специальные требования и натуральные показатели условий производства могут создавать преимущественное положение даже для варианта с более высокими стоимостными затратами.

В этой связи, а также имея в виду выявление наиболее экономически эффективного способа производства, следует признать, что такой натуральный показатель как собственно расход рабочей силы приобретает первостепенное значение. Это обстоятельство находит подтверждение, в частности, и в том, что практически все инженерные решения в случае вариантности оцениваются не только по величине стоимостных затрат, но и по расходу живого труда. Такая оценка дает хотя и вспомогательные, но тем не менее весьма ценные результаты, особенно важные в наших условиях и прежде всего тогда, когда имеет место большая разница в начальных (единовременных) и эксплуатационных трудовых затратах.

Изложенное выше позволяет вывести еще два технико-экономических показателя: удельный расход рабочей силы, потребной для строительства и эксплуатации на единицу выданного продукта, срок относительной рентабельности по затратам труда.

Отсюда по аналогии с предыдущим могут быть найдены:

а) Общий удельный расход рабочей силы на строительство и эксплуатацию

$$b(t) = \frac{B(t)}{W(t)} = \frac{B + B'_3 + B_3 t}{W' + Wt}, \quad (13)$$

где  $B(t)$  — полные трудовые затраты на строительство и эксплуатацию;

$W(t)$  — полный объем продукции;

$B$  — трудовые затраты на строительство всего объекта;

$B'_3$  — трудовые затраты на эксплуатацию, связанные с поочередным вводом мощности за период строительства всего объекта;

$B_3$  — годовые трудовые затраты, соответствующие полной проектной мощности;

$t$  — время, в течение которого рассматривается производственный процесс.

б) Срок относительной рентабельности по трудозатратам.

Этот показатель определяет промежуток времени, в течение которого уравниваются общие затраты труда на единицу выданной продукции, и, следовательно, для сравниваемых вариантов находится из условия:

$$b_1(t_1) = b_2(t_2). \quad (14)$$

Подставляя значения  $b_1(t_1)$  и  $b_2(t_2)$ , получаем следующее равенство:

$$\frac{B_1 + B'_{\beta 1} + B_{\beta 1}t_1}{W'_1 + W_1t_1} = \frac{B_2 + B'_{\beta 2} + B_{\beta 2}t_2}{W'_2 + W_2t_2}. \quad (15)$$

Имея в виду, что и в этом случае

$$t_2 = t_1 \pm \Delta t \text{ (или } t_1 = t_2 \pm \Delta t), \quad (16)$$

равенство (15) приводится к виду:

$$\beta_1 t_1^2 + \beta_2 t_1 + \beta_3 = 0. \quad (17)$$

Выведенные соотношения учитывают во времени основные составляющие, которые решающим образом влияют на оценку степени экономической эффективности затрат, и поэтому полученные показатели могут быть приняты в качестве критерия оценки при сравнительных технико-экономических расчетах.

#### Частные случаи решения приведенных выше общих выражений

##### По показателям стоимостных затрат

а) Не учитываются затраты на эксплуатацию и выпуск продукции в пределах срока строительства сравниваемых объектов от поочередного ввода мощности.

Тогда  $C'_1 = C'_2 = 0$ ;  $W'_1 = W'_2 = 0$ , и равенство (10) принимает следующий вид:

$$\frac{K_1 + C_1t_1}{W_1t_1} = \frac{K_2 + C_2t_2}{W_2t_2}. \quad (18)$$

б) При условии, что  $W_1 = W_2 = W$ , т. е. равны годовые объемы выдаваемой продукции, из соотношения (18) получаем:

$$\frac{K_1 + C_1t_1}{t_1} = \frac{K_2 + C_2t_2}{t_2}. \quad (19)$$

в) Если совпадают сроки окончания строительства объектов, тогда равны и сроки относительной рентабельности, т. е.  $t_1 = t_2 = t$ , и выражение (19) преобразуется в общеизвестную формулу срока окупаемости дополнительных капиталозатрат:

$$t = \frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1}. \quad (20)$$

Изложенное выше показывает, что срок окупаемости представляет собой весьма узкий частный случай выражения (10).

Имея в виду, что выражение (10) получено, исходя из самых общих условий, можно утверждать, что любая модификация формулы срока

окупаемости может быть выведена отсюда как некоторое частное решение. Например, известно выражение срока окупаемости с учетом размеров амортизации основных фондов\*:

$$t_1 = \frac{K_1 - K_2}{(C_2 - C_1) + p(K_1 - K_2)}, \quad (21)$$

где  $p$  — коэффициент, учитывающий годовые размеры амортизационных накоплений, идущих на восстановление начальных затрат.

Формула (21) может быть получена из соотношения (20) следующим образом. Учитывая, что, согласно выражению (3),

$$C_1 = C_{\beta 1} - p_1K_1 \text{ и } C_2 = C_{\beta 2} - p_2K_2,$$

имеем

$$t = \frac{W_2K_1 - W_1K_2}{W_1(C_{\beta 2} - p_2K_2) - W_1(C_{\beta 1} - p_1K_1)}, \quad (23)$$

откуда при  $p_1 = p_2 = p$  и  $W_1 = W_2$  получим формулу (21).

##### По показателям трудозатрат

На совершенно аналогичных основаниях из выражения (15) могут быть получены следующие частные случаи решений:

а) При  $B'_{\beta 1} = B_{\beta 2} = 0$ ;  $W'_1 = W'_2 = 0$  получим

$$\frac{B_1 + B_{\beta 1}t_1}{W_1t_1} = \frac{B_2 + B_{\beta 2}t_2}{W_2t_2}. \quad (24)$$

б) При  $W_1 = W_2 = W$  выражение (24) дает

$$\frac{B_1 + B_{\beta 1}t_1}{t_1} = \frac{B_2 + B_{\beta 2}t_2}{t_2}. \quad (25)$$

в) При  $t_1 = t_2 = t$  выражение (25) определяет срок окупаемости дополнительных трудозатрат:

$$t = \frac{B_1 - B_2}{B_{\beta 2} - B_{\beta 1}}. \quad (26)$$

##### Определение общих затрат и объема выпускаемой продукции

Общие затраты средств  $K_0$ , общие трудозатраты  $B_0$  и общий объем выпускаемой продукции  $W_0$  могут определяться следующим образом.

а) Затраты средств

$$K_0 = K + C' + Ct, \quad (27)$$

$$K_0 = \sum K_n + \sum C_n t_n + Ct, \quad (28)$$

где  $K_n$  — капиталозатраты на  $n$ -ую очередь строительства;

$C_n$  — годовые эксплуатационные расходы от эксплуатации  $n$ -ой очереди;

$C$  — годовые эксплуатационные расходы, соответствующие полной проектной мощности;

$t_n$  — время от момента пуска  $n$ -ой очереди до конца строительства объекта.

\* Л. А. Мелентьев и Е. О. Штейнгауз, Экономика энергетики СССР. Госэнергониздат, М.—Л., 1959, стр. 70.

Принимая во внимание, что к концу строительства объекта годовые эксплуатационные расходы вырастают до уровня, соответствующего проектной мощности, и полагая, что они нарастают равномерно, суммарные эксплуатационные расходы за период строительства с точностью, достаточной для практических целей, могут быть определены так:

$$C' = \Sigma C_n t_n \approx C \frac{t'}{2}, \quad (29)$$

где  $t'$  — время от момента пуска 1-й очереди до момента ввода полной проектной мощности.

В случае необходимости «приведения» затрат последние рассчитываются обычным способом по формуле сложных процентов:

$$K_{пр} = \Sigma K_n (1 + p_n)^{t_n}, \quad (30)$$

где  $p_n$  — нормативный коэффициент эффективности;

$t_n$  — время от начала принятого отсчета до момента ввода  $n$ -ой очереди.

#### б) Трудозатраты

$$B_0 = B + B'_0 + B_3 t; \quad (31)$$

$$B_0 = \Sigma B_n + \Sigma B'_{3n} t_n + B_3 t, \quad (32)$$

где  $B_n$  — годовые трудозатраты на строительство  $n$ -ой очереди;

$B'_{3n}$  — годовые трудозатраты от эксплуатации  $n$ -ой очереди;

$B_3$  — годовые трудозатраты, соответствующие полной проектной мощности.

Таблица 1

## Исходные данные

Наименования	Единица измерения	По ГЭС	По замещающим ТЭС
<i>Из работы ТЭПа</i>			
Установленная мощность	тыс. квт.	7600	8800
Годовой отпуск электроэнергии	млрд. квт-ч	40,76	45,16
Капиталозатраты	млн. руб.	12786,6	8316
Трудозатраты на строительство	тыс. чел.-дней	88390	42340
Годовые эксплуатац. расходы	млн. руб.	282,2	864,60
Число эксплуатац. персонала	чел.	484	4838
Средневзвешенные амортизационные отчисления (по ГЭС — 1,94%; по ТЭС — 4,41%)	млн. руб.	248,2	367,2
<i>Принятые для расчета</i>			
Продолжительность строительства	лет	7	3,8
Расчетные моменты времени (конец планового периода, принятого в целом для народного хозяйства)		7/14	7/14
Число рабочих дней в году	дней	300	300
Срок пуска первой очереди, считая от начала строительства	лет	3,5	1,9
Величина ежегодных амортизационных отчислений, идущая на погашение начальных затрат (принята равной 65% от полных амортизационных отчислений)	млн. руб.	121	626

Примечание. Сроки начала строительства в обоих вариантах совпадают.

По аналогии с предыдущим для практических расчетов можно принимать, что:

$$B'_0 = \Sigma B'_{3n} t_n \approx B_0 \frac{t'}{2}. \quad (33)$$

#### в) Объем выданной продукции

$$W_0 = W' + Wt, \quad (34)$$

$$W_0 = \Sigma W_n t_n + Wt, \quad (35)$$

где  $W_n$  — годовой объем продукции, выдаваемой от  $n$ -ой очереди строительства;

$W$  — годовой объем продукции, соответствующий полной проектной мощности. Здесь также можно считать, что

$$W' = \Sigma W_n t_n \approx W \frac{t'}{2}. \quad (36)$$

Таблица 2

## Сравнение вариантов электростанций

Наименования	Единица измерения	На конец 7 лет		На конец 14 лет	
		ГЭС	замещ. ТЭС	ГЭС	замещ. ТЭС
Проектная установленная мощность	тыс. квт	7600	8800	7600	8800
Годовой полезный отпуск электроэнергии	млрд. квт-ч	40,76	45,16	40,76	45,16
Затраты средств на ввод и эксплуатацию проектной мощности	млн. руб.	18110	11919	18957	15874
		18391	12911	21351	18966
Трудозатраты на ввод и эксплуатацию проектной мощности	тыс. чел.-дней $10^{-6}$	88640	48363	89650	58522
		<i>квт-ч</i>			
Полезный отпуск электроэнергии, соответствующий проектной мощности	млрд. квт-ч	71,3	187,4	356,6	503,5
		<i>млн. руб.</i>			
Годовые эксплуатационные расходы		121	626	121	498
		282	865	282	865
Общие затраты на 1 квт-ч	коп.	25,4	6,1	5,3	2,92
		25,8	6,9	6,97	3,77
Общие трудозатраты на 1 квт-ч	чел.-дни $10^{-6}$	1244	258	252	116
		<i>квт-ч</i>			
Срок рентабельности по затратам средств	лет	28,4/17,5			
То же, по трудозатратам		41,8			
Срок окупаемости по затратам средств		22,8/14,7			
Срок окупаемости по трудозатратам		35			

Примечание. Цифры в числителе относятся к расчетам, в которых годовые эксплуатационные расходы не включают долю амортизационных отчислений, идущую на погашение начальных затрат; цифры в знаменателе получены с учетом полных амортизационных отчислений.

Пример. Требуется сравнить два варианта покрытия электрических нагрузок — от гидравлической и замещающих ее тепловых конденсационных электростанций (табл. 1).

Технико-экономические показатели сравнения приводятся в табл. 2.

Томский политехнический институт

Поступила в редакцию  
4/V 1960

В. К. ЩЕРБАКОВ, Р. Г. КАРЫМОВ

### О ВЛИЯНИИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПОДКЛЮЧЕНИЙ НА СТАТИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ НАСТРОЕННЫХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Возможность осуществления промежуточных включений к настроенным электропередачам связана с рядом трудностей [1], важнейшей из которых является обеспечение статической устойчивости.

В данной статье приводятся результаты исследования некоторых частных случаев указанного вопроса, а именно: поперечного подключения сопротивлений к различным точкам однородной линии полуволновой длины и подключения промежуточной системы к ее середине. Решение этого сравнительно узкого круга вопросов дает возможность сделать вывод о качественной стороне влияния на устойчивость промежу-

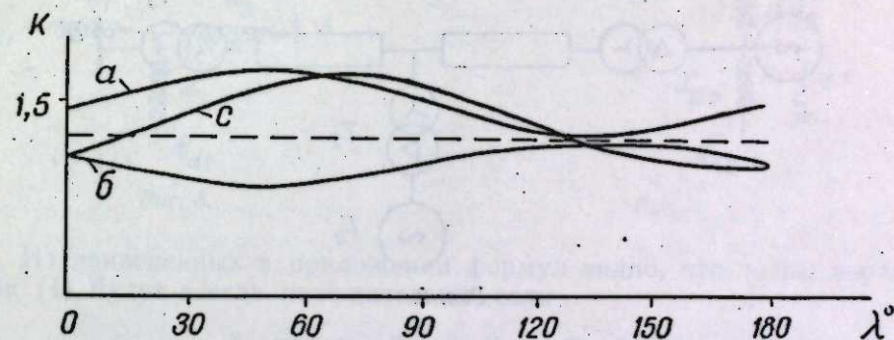


Рис. 1.

точного отбора и перейти к более детальному исследованию последнего. При рассмотрении влияния подключенных сопротивлений считалось, что в систему передается чисто активная мощность, равная натуральной, а величина самих сопротивлений принималась из расчета, что в исходном режиме отбирается мощность в 10%.

На рис. 1 показаны графики зависимости коэффициентов запаса статической устойчивости от точки подключения. Кривые *a*, *b*, *c* соответствуют индуктивному, емкостному и активному сопротивлениям. Пунктиром для сравнения показан уровень запаса устойчивости без подключенных сопротивлений. Кроме того, промежуточные включения меняют входное сопротивление линии. При подключении емкостного сопротивления оно индуктивное, при подключении индуктивного сопротивления — емкостное.

Последнее говорит о том, что при подключении к линии индуктивностей, при определенных соотношениях параметров системы, появляется опасность самовозбуждения. Наиболее сильно входное сопротивление

меняется при подключении реактивных сопротивлений к середине линии. Подключение активной проводимости ведет также к изменению входного сопротивления, но последнее при этом почти чисто активное, и самовозбуждения быть не может.

Гораздо больший интерес в отношении статической устойчивости представляет рассмотрение влияния промежуточных систем.

Известно [2, 3], что даже с учетом активных сопротивлений и волновых процессов статическая устойчивость настроенных электропередач довольно высокая, непосредственной необходимости в автоматическом регулировании с целью повышения устойчивости нет. Поэтому встает вопрос, нужно ли при исследовании статической устойчивости сложных систем учитывать переходные процессы в цепях возбуждения на тех станциях, где нет автоматического регулирования.

Ранее этот вопрос ставился П. С. Ждановым [4]. Его исследования показали, что для обычных систем, замещаемых сосредоточенными индуктивностями, учет переходных процессов цепей возбуждения несколько повышает возможность устойчивой работы по условию самораскачивания и совершенно не влияет на аperiodическую устойчивость.

В современной литературе указанные процессы очень часто не учитывают, что намного упрощает все выкладки. Правомощность подобных допущений, очевидная для простейших передач, сомнительна при сложных системах с длинными линиями.

Покажем это на примере настроенных электропередач.

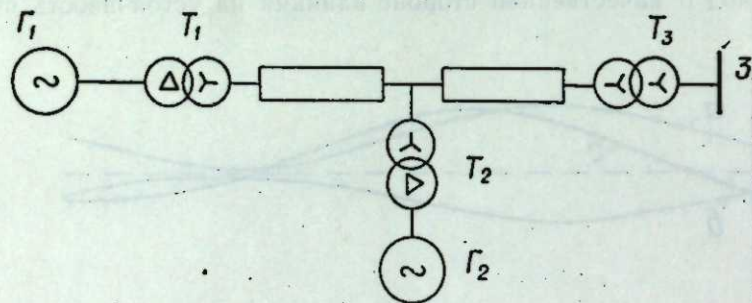


Рис. 2.

Характеристическое уравнение двух станций, связанных с шинами бесконечной мощности (рис. 2), может быть представлено в следующем виде (см. Приложение):

$$(eA + lA_1 + n)(e_1B + l_1B_1 + m_1) - (eB + lB_1 + m)(e_1A + l_1A_1 + n_1) = 0. \quad (1)$$

После раскрытия скобок и приведения подобных среди прочих членов останутся следующие:

$$eAl_1B_1 + lA_1e_1B - e_1AlB_1 - l_1A_1eB = (AB_1 - A_1B)(e_1l - e_1l). \quad (2)$$

Нетрудно убедиться, что выражение (2) содержит все члены, входящие в исходное характеристическое уравнение как члены шестой, пятой, третьей, первой и нулевой степени оператора  $p$ . Кроме того, первый сомножитель выражения (2) является ничем иным, как характеристическим уравнением той же системы при неучете переходных процессов в цепях возбуждения\*, которое может быть записано в виде:

\* Это легко показать, приравняв нулю в выражении (1) постоянные времени обмоток возбуждений.

$$a_0p^4 + a_1p^2 + a_2 = 0. \quad (3)$$

Таким образом, если принята система при  $T_{d1} = T_{d2} = 0$  и является устойчивой, то при учете переходных процессов в цепях возбуждения появляется новое очевидное требование: все члены выражения

$$e_1l_1 - e_1l = p^2 T_{d1} T_{d2} \left( \frac{\partial E'_{d2}}{\partial E_2} \frac{\partial E'_{d1}}{\partial E_1} - \frac{\partial E'_{d2}}{\partial E_1} \frac{\partial E'_{d1}}{\partial E_2} \right) + p \left( T_{d2} \frac{\partial E'_{d2}}{\partial E_2} + T_{d1} \frac{\partial E'_{d1}}{\partial E_1} \right) + 1$$

должны иметь одинаковый знак, т. е. необходимо соблюдение неравенств:

$$T_{d2} \frac{\partial E'_{d2}}{\partial E_2} + T_{d1} \frac{\partial E'_{d1}}{\partial E_1} > 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial E'_{d2}}{\partial E_2} \frac{\partial E'_{d1}}{\partial E_1} - \frac{\partial E'_{d2}}{\partial E_1} \frac{\partial E'_{d1}}{\partial E_2} > 0. \quad (5)$$

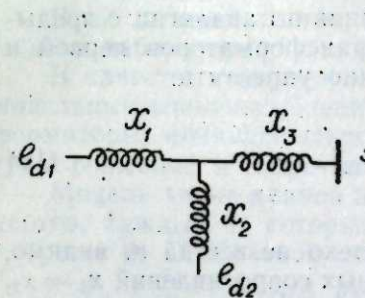


Рис. 3.

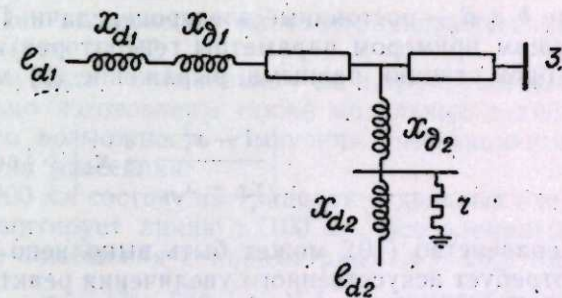


Рис. 4.

Из приведенных в приложении формул видно, что члены неравенства (4) будут всегда положительны, если

$$x_{d1} - x'_{d1} > x_{11} \quad \text{и} \quad x_{d2} - x'_{d2} > x_{22}. \quad (6)$$

Как известно, соблюдение неравенств (6) является условием отсутствия асинхронного самовозбуждения и, конечно, не скажется при неучете переходных процессов машин, так как это равносильно разрыву цепи возбуждения. Неравенство (4) необходимо, но недостаточно, так как оно при определенных соотношениях параметров может выполняться и при возможности самовозбуждения на одной из станций, что ведет к неустойчивости всей системы.

В данной работе при исследовании отдельных примеров присоединения промежуточных систем к настроенной электропередаче как необходимые условия принимались неравенства (6).

Рассмотрим неравенство (5). Совершенно очевидно, что невыполнение его приведет к отрицательности свободного члена, а возможно, и других.

Для систем, представленных индуктивностями, выражение (5) соблюдается всегда. Покажем это на примере двух равных по параметрам систем, подключенных к шинам бесконечной мощности (рис. 3).

Для простоты примем:  $x_1 = x_{d1} + x_{T1} = x_{d2} + x_{T2}$ , где  $x_{T1}$  и  $x_{T2}$  — реактивные сопротивления трансформаторов связи. Для наиболее неблагоприятного случая —  $\delta_{12} = 0$  — неравенство (5) запишется в виде



$$\left[1 - \frac{x_{d2} - x'_{d2}}{x_{22}}\right] \left[1 - \frac{x_{d1} - x'_{d1}}{x_{11}}\right] - \frac{x_{d2} - x'_{d2}}{x_{21}} \cdot \frac{x_{d1} - x'_{d1}}{x_{12}} > 0 \quad (7)$$

или после несложных преобразований:

$$x_1(x_1 + x_3) - (x_{d1} - x'_{d1})(x_1 + x_3) + x_1 x_3 - (x_{d1} - x'_{d1})x_3 > 0. \quad (8)$$

В полученном неравенстве первый член всегда больше второго, а третий больше четвертого.

Следовательно, в этом случае неравенство (5) выполняется всегда, и с точки зрения аperiodической устойчивости нет необходимости в рассмотрении переходных процессов цепи возбуждения.

Рассмотрим подключение промежуточной системы к середине электропередачи с линией полуволновой длины (см. рис. 1). Неравенство (5) для этого случая запишется в виде:

$$\left[1 - \frac{(x_{d1} - x'_{d1})d_{13}}{b_{13}}\right] \left[1 - \frac{(x_{d2} - x'_{d2})d_{23}}{b_{23}}\right] - \frac{\cos \delta_{12}}{b_{12}} (x_{d1} - x'_{d1}) \frac{\cos \delta_{12}}{b_{21}} \times \\ \times (x_{d2} - x'_{d2}) > 0, \quad (9)$$

где  $b$  и  $d$  — постоянные электропередачи. Приняв по аналогии с предыдущим примером параметры генераторов и трансформаторов первой и второй станций равными, выражение (9) можно упростить:

$$\left| \frac{1 - x_1^2}{x_{d1} - x'_{d1}} - x_1 \right| > |\cos \delta_{12}|. \quad (10)$$

Неравенство (10) может быть выполнено далеко не всегда и, видимо, потребует искусственного увеличения реактивных сопротивлений  $x_1 = x_2$ .

Таким образом, при рассмотрении статической устойчивости настроенных электропередач с промежуточными системами учет переходных процессов цепей возбуждения обязателен и на станциях, не имеющих автоматического регулирования. Попытки использования сильного регулирования по углу как на отправной, так и на промежуточной станциях в целях получения устойчивого режима при невыполнении приведенных выше неравенств не дали положительного результата.

Представляет интерес на конкретном примере рассмотреть возможность устойчивой работы настроенных электропередач (рис. 4). На рис. 4  $x_{d1}$  и  $x_{d2}$  — добавочные реактивные сопротивления с учетом реактивности трансформаторов связи,  $r$  — активное сопротивление, замещающее нагрузку промежуточной системы. Во всех расчетах принималось:

$$x_{d1} = x_{d2} = 1,2; \quad x'_{d1} = x'_{d2} = 0,2; \quad M_1 = M_2 = 4400 \text{ рад}, \\ T_{d1} = T_{d2} = 1500 \text{ рад}.$$

Интересно выделить следующие варианты:

- $r = \infty$ , ток отбора равен нулю,  $x_{d1} = x_{d2} = 0$ ;
- $r = \infty$ , ток отбора равен нулю,  $x_{d1} = x_{d2} = 0,6$  (выбрано по условиям (6));
- $r = \infty$ , ток отбора равен нулю,  $x_{d1} = x_{d2} = 0,8$  (выбраны по условию (5));
- нагрузка промежуточной системы равна натуральной, 10% которой покрывается отправной станцией и 90% — местной. Величина  $x_{d2}$

равна 1 в соответствии с мощностью трансформатора связи промежуточной системы; величина  $x_{d1}$ , определенная по условиям (4, 5), равная 0,5. При этом наибольшим оказалось значение  $x_{d1}$ , необходимое для подавления самовозбуждения.

Исследование полученных уравнений показало, что в вариантах *a*, *б* система статически устойчива при неучете переходных процессов цепи возбуждения и неустойчива при их учете.

В вариантах *в*, *г* система устойчива в обоих случаях.

Приведенные примеры служат лишь иллюстрацией к изложенным выше соображениям по методике расчета и показывают принципиальную возможность устойчивой работы настроенных электропередач с промежуточными системами.

Принятая схема включения дополнительных сопротивлений, являясь наиболее простой, безусловно, не является наиболее целесообразной. Видимо, при других, более удачных, схемах величины этих реактивных сопротивлений могут иметь более приемлемые значения, близкие к действительным. Тем более, что промежуточные системы, подключенные через несколько ступеней трансформации, могут иметь значительные «естественные» реактивные сопротивления.

В заключение был проведен эксперимент на электродинамической модели лаборатории по схеме (рис. 2) [5].

В качестве генераторов служили специально сконструированные модельные машины. Специально изготовлены также модельные трансформаторы, имеющие широкую возможность изменения коэффициента трансформации и сопротивления рассеяния.

Модель линии длиной в 3000 км состоит из тридцати отдельных элементов, каждый из которых имитирует линию в 100 км. Все элементы собраны по П-образной схеме замещения с параметрами:  $x = 26,3 \text{ ом}$ ;  $\frac{C}{2} = \frac{C_{фз}}{2} + \frac{C_{фф}}{2} = 0,675 \text{ мкф}$ ;  $\frac{r}{x} = 3\%$ , где  $C_{фз}$  и  $C_{фф}$  — емкости, соответствующие емкостным проводимостям фаза — земля и фаза — фаза. Конденсаторы всех фаз, имитирующих эти проводимости, соединены звездой.

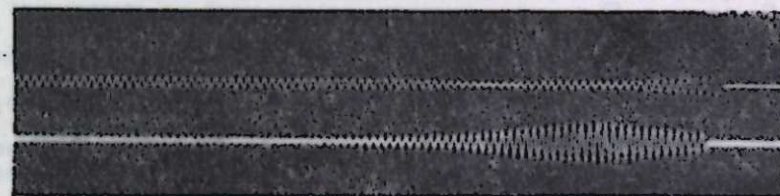


Рис. 5.

Индуктивные сопротивления представляют собой катушки, насаженные на одно замкнутое ярмо с небольшими зазорами. Так как катушки всех фаз расположены на одном ярме, то их суммарная м.д.с. равна нулю и сопротивление практически линейно. Каждая из двух цепей линии при номинальном напряжении 1365 в имеет натуральную мощность 7,5 квт. Ниже приводятся необходимые расчетные параметры элементов модели:

$$x_{d1} = x_{q1} = 110\%; \quad T_{d1} = 370 \text{ рад}; \quad M_1 = 4200 \text{ рад}; \\ x_{d2} = 38\%; \quad x_{q2} = 25\%; \quad T_{d2} = 1950 \text{ рад}; \quad M_2 = 8500 \text{ рад}; \\ x_{T1} = x_{T2} = x_{T3} = 7\%.$$

Все они отнесены к натуральной мощности одной цепи линии и ее волновому сопротивлению — 248 ом.

Эксперимент подтвердил вывод относительно необходимости дополнительных сопротивлений. Нагрузка промежуточной системы активной мощностью, а также отбор чисто активной мощности явлений неустойчивости не вызывали.

На рис. 5 приведена осциллограмма включения промежуточной системы при недостаточных значениях дополнительных реактивных сопротивлений.

### Выводы

1. Промежуточное подключение сопротивлений к настроенным электропередачам изменяет запас устойчивости по аperiodическому пределу: индуктивные — увеличивают, емкостные — уменьшают, активные — в зависимости от точки подключения увеличивают или уменьшают.

2. Подключение индуктивности может вызвать явление самовозбуждения.

3. При подключении промежуточной системы, кроме самовозбуждения, возможны другие виды неустойчивости, которые могут быть выявлены только при исследовании с учетом переходных процессов цепей возбуждения.

4. Устойчивость настроенных электропередач с промежуточными подключениями может быть обеспечена при определенном соотношении параметров элементов электропередачи.

Транспортно-энергетический  
институт Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
12/II 1960

### ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Щербаков, Дальние электропередачи через линии, настроенные на полуволну. Изв. СО АН СССР, № 7, 1959.
2. Р. Г. Карымов, О влиянии активных сопротивлений на статическую устойчивость настроенных электропередач. Изв. СО АН СССР, № 9, 1959.
3. Р. Г. Карымов, О влиянии волновых процессов на статическую устойчивость настроенных электропередач. Изв. СО АН СССР, № 1, 1960.
4. С. А. Лебедев, П. С. Жданов, Д. А. Городский, Р. М. Кантор, Устойчивость электрических систем. Тр. ВЭИ, вып. 40, Госэнергоиздат, 1940.
5. Некоторые вопросы проектирования, испытаний и наладки электродинамической модели лаборатории электроэнергетических систем. Отчет СО АН СССР, Транспортно-энергетический ин-т, лаборатория электроэнергетических систем, 1958.
6. Н. И. Соколов, Статическая устойчивость передачи с регулируемым синхронными компенсаторами на промежуточных подстанциях. Электричество, № 5, 1957.

### ПРИЛОЖЕНИЕ

За независимые углы принимаем  $\delta_{13} = \delta_1 - \delta_3$  и  $\delta_{23} = \delta_2 - \delta_3$ . Угол  $\delta_{12}$  может быть определен из заданных:  $\delta_{12} = \delta_{13} - \delta_{23}$ . Записываем в общепринятом виде уравнения механических и электромагнитных переходных процессов для станций 1, 2:

$$\begin{aligned} M_1 p^2 \Delta \delta_{13} &= -\Delta P_1, \\ M_2 p^2 \Delta \delta_{23} &= -\Delta P_2, \\ \Delta E_{d1} &= \Delta E_{d1} + T_{d1} p E'_{d1}, \\ \Delta E_{d2} &= \Delta E_{d2} + T_{d2} p E'_{d2}. \end{aligned} \quad (п.1)$$

Третья станция представлена шинами бесконечной мощности. Определив из соответствующих выражений значения имеющихся неизвестных, можно получить два уравнения с двумя неизвестными [6]:

$$\begin{aligned} Q_1 \Delta \delta_{13} + Q_3 \Delta \delta_{23} &= 0, \\ Q_2 \Delta \delta_{13} + Q_4 \Delta \delta_{23} &= 0. \end{aligned} \quad (п. 2)$$

Для принятых выше условий члены приведенных выражений напишутся в виде:

$$\begin{aligned} Q_1 &= eA + lA_1 + n, & Q_2 &= e_1A + l_1A_1 + n_1, \\ Q_3 &= eB + lB_1 + m, & Q_4 &= e_1B + l_1B_1 + m_1. \end{aligned} \quad (п. 3)$$

где:

$$e = 1 + T_{d1} p \frac{\partial E'_{d1}}{\partial E_1}, \quad l = T_{d1} p \frac{\partial E'_{d1}}{\partial E_2},$$

$$e_1 = T_{d2} p \frac{\partial E'_{d2}}{\partial E_1}, \quad l_1 = 1 + T_{d2} p \frac{\partial E'_{d2}}{\partial E_2},$$

$$n = T_{d1} p \frac{\partial E'_{d1}}{\partial \delta_{13}}, \quad m = T_{d1} p \frac{\partial E'_{d1}}{\partial \delta_{23}},$$

$$n_1 = T_{d2} p \frac{\partial E'_{d2}}{\partial \delta_{13}}, \quad m_1 = T_{d2} p \frac{\partial E'_{d2}}{\partial \delta_{23}};$$

$$A = \frac{\frac{\partial P_1}{\partial E_2} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{13}} - \frac{\partial P_2}{\partial E_2} \left[ \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{13}} + p^2 M_1 \right]}{C};$$

$$B = \frac{\frac{\partial P_1}{\partial E_2} \left[ \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{23}} + p^2 M_2 \right] - \frac{\partial P_2}{\partial E_2} \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{23}}}{C};$$

$$A_1 = \frac{\frac{\partial P_2}{\partial E_1} \left[ \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{13}} + p^2 M_1 \right] - \frac{\partial P_1}{\partial E_1} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{13}}}{C};$$

$$B_1 = \frac{\frac{\partial P_2}{\partial E_1} \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{23}} - \frac{\partial P_1}{\partial E_1} \left[ \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{23}} + p^2 M_2 \right]}{C};$$

$$C = \frac{\partial P_1}{\partial E_1} \cdot \frac{\partial P_2}{\partial E_2} - \frac{\partial P_2}{\partial E_1} \frac{\partial P_1}{\partial E_2};$$

$$\frac{\partial P_1}{\partial E_1} = \frac{2}{z_{11}} \sin \alpha_{11} = \frac{E_3}{z_{13}} \sin (\delta_{13} - \alpha_{13}) + \frac{E_2}{z_{12}} \sin (\delta_{12} - \alpha_{12});$$

$$\frac{\partial P_2}{\partial E_1} = \frac{E_2}{z_{21}} \sin (\delta_{21} - \alpha_{21}); \quad \frac{\partial P_1}{\partial E_2} = \frac{E_1}{z_{12}} \sin (\delta_{12} - \alpha_{12});$$

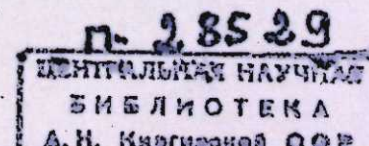
$$\frac{\partial P_2}{\partial E_2} = \frac{E_1}{z_{21}} \sin (\delta_{21} - \alpha_{21}) + \frac{E_3}{z_{23}} \sin (\delta_{23} - \alpha_{23}) + \frac{2}{z_{22}} \sin \alpha_{22};$$

$$\frac{\partial P_1}{\partial \delta_{13}} = \frac{E_1 E_3}{z_{13}} \cos (\delta_{13} - \alpha_{13}) + \frac{E_1 E_2}{z_{12}} \cos (\delta_{12} - \alpha_{12});$$

$$\frac{\partial P_2}{\partial \delta_{13}} = -\frac{E_1 E_2}{z_{21}} \cos (\delta_{21} - \alpha_{21}); \quad \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{23}} = -\frac{E_1 E_2}{z_{12}} \cos (\delta_{12} - \alpha_{12});$$

$$\frac{\partial P_2}{\partial \delta_{23}} = \frac{E_1 E_2}{z_{21}} \cos (\delta_{21} - \alpha_{21}) + \frac{E_2 E_3}{z_{23}} \cos (\delta_{23} - \alpha_{23});$$

$$\frac{\partial E'_{d1}}{\partial E_1} = 1 - \frac{(x_{d1} - x'_{d1}) \cos \alpha_{11}}{z_{11}}; \quad \frac{\partial E'_{d1}}{\partial E_2} = \frac{(x_{d1} - x'_{d1}) \cos (\delta_{12} - \alpha_{12})}{z_{12}};$$



$$\frac{\partial E'_{d2}}{\partial E_1} = \frac{(x_{d2} - x'_{d2}) \cos(\delta_{21} - \alpha_{21})}{z_{21}}; \quad \frac{\partial E'_{d2}}{\partial E_2} = 1 - \frac{(x_{d2} - x'_{d2}) \cos \alpha_{22}}{z_{22}};$$

$$\frac{\partial E'_{d2}}{\partial \delta_{13}} = -E_2 \frac{(x_{d1} - x'_{d1}) \sin(\delta_{12} - \alpha_{12})}{z_{12}} - E_3 \frac{(x_{d1} - x'_{d1}) \sin(\delta_{13} - \alpha_{13})}{z_{13}};$$

$$\frac{\partial E'_{d1}}{\partial \delta_{23}} = E_2 \frac{(x_{d1} - x'_{d1}) \sin(\delta_{12} - \alpha_{12})}{z_{12}};$$

$$\frac{\partial E'_{d2}}{\partial \delta_{23}} = -E_1 \frac{(x_{d2} - x'_{d2}) \sin(\delta_{21} - \alpha_{21})}{z_{21}} - E_3 \frac{(x_{d2} - x'_{d2}) \sin(\delta_{23} - \alpha_{23})}{z_{23}};$$

$$\frac{\partial E'_{d2}}{\partial \delta_{13}} = E_1 \frac{(x_{d2} - x'_{d2}) \sin(\delta_{21} - \alpha_{21})}{z_{21}}.$$

В. В. МИНИЧ

ВОЗБУЖДЕНИЕ КРУГЛОГО ВОЛНОВОДА НА ВОЛНЕ  $H_{01}$   
ОТ РЕЗОНАТОРНОЙ СИСТЕМЫ МАГНЕТРОНА

I. В последние годы большое внимание уделяется проблеме дальней связи по волноводным системам. В основе большинства работ, направленных на разрешение этой задачи, лежит стремление использовать особенность распространения волны  $H_{01}$  в волноводе круглого сечения. Для данного типа колебания потери на поглощение в стенках волновода по мере роста частоты неограниченно снижаются. Эта особенность распространения и открывает перспективы создания новой, весьма эффективной сверхширокополосной системы дальней связи [1, 2].

В круг вопросов по данной проблеме входит разработка электронных приборов для возбуждения волновода непосредственно на волне  $H_{01}$  без преобразования. С конструктивной точки зрения, магнетронные генераторы являются наиболее удобными для осуществления такого возбуждения.

На рис. 1 изображена принципиальная схема резонаторной системы магнетрона, нагруженной на круглый волновод при  $\pi$ -виде колебаний через узкие радиальные щели.

При этом не меньший самостоятельный интерес представляет вопрос о влиянии симметричной нагрузки на работу самого магнетрона, особенно на устойчивость работы в импульсном режиме, что, в частности, отмечалось в работе [3] при описании магнетрона с симметричным коаксиальным выводом энергии.

Целью настоящей работы является нахождение условий возбуждения волны  $H_{01}$  и определение нагрузки резонаторной системы магнетрона. В частности, определяются такие параметры, как импеданс щелей, излучаемая мощность, нагруженная добротность резонатора.

Следует также отметить, что при практическом осуществлении такого магнетрона известную трудность представляет создание однородного магнитного поля в пространстве взаимодействия электронов с высокочастотным полем резонатора. Для этого требуется увеличение воздушного зазора магнитной цепи или использование поля соленоида.

II. Предположим, что имеется полубесконечный круглый волновод радиуса  $R$ , закрытый с одного конца проводящей плоскостью, в которой симметрично прорезаны радиальные щели, выходящие в резонаторы магнетронного блока, как показано на рис. 1. Рассмотрим случай, когда в щелях за счет возбуждения резонаторного блока на одной из собственных частот создается электромагнитное поле с электрическим вектором

$\vec{E} = \vec{E}(r) e^{j \frac{2\pi\gamma}{M} q}$ , где  $M$  — количество щелей,  $q$  — номер щели,  $\gamma = 0, 1, 2, 3, \dots$  — номер вида колебания резонаторной системы магнетрона.

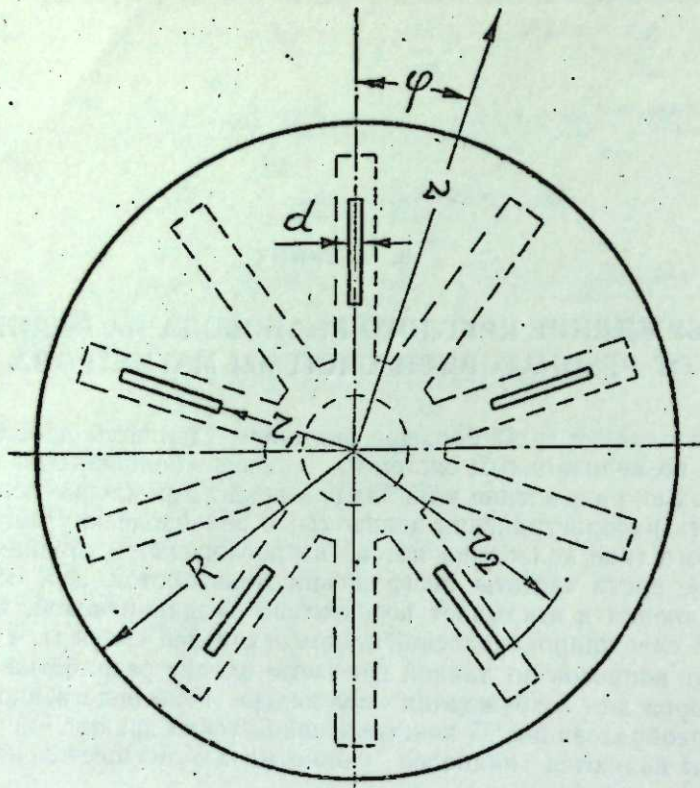


Рис. 1.

При узких щелях, т. е. когда  $\frac{d}{l} \ll 1$  и  $\frac{d}{\lambda} \ll 1$  ( $l$  — длина,  $d$  — ширина щелей,  $\lambda$  — длина волны), можно пренебречь продольной составляющей поля на щели и граничные условия в цилиндрической системе координат  $(r, \varphi, z)$  запишутся следующим образом:

$$[\bar{E}_{n_0}] = \bar{E}(r) e^{j \frac{2\pi}{M} q} \text{ при } \left\{ \begin{array}{l} \left[ \frac{2\pi}{M} q - \frac{d}{2r} \right] < \varphi < \left[ \frac{2\pi}{M} q + \frac{d}{2r} \right] \\ r_1 < r < r_2, \end{array} \right. \quad (1)$$

$[\bar{E}_{n_0}] = 0$  на проводящих поверхностях.

При этом предполагается, что стенки идеальнопроводящие и распространение поля вдоль оси волновода происходит по закону  $e^{-jkz}$ ;  $\bar{n}_0$  — единичный вектор, перпендикулярный к рассматриваемой поверхности.

Поле в волноводе можно искать в виде сумм частных решений уравнений Максвелла [4, 5]:

$$\bar{E} = \sum_{n,m} (A_{nm} \bar{e}_{nm} + B \bar{E}_{nm}), \quad (2)$$

$$\bar{H} = \sum_{n,m} (F_{nm} \bar{h}_{nm} + D_{nm} \bar{H}_{nm}). \quad (3)$$

Коэффициенты  $A_{nm}$ ,  $B_{nm}$ ,  $F_{nm}$ ,  $D_{nm}$  определяются из условия ортогональности и нормировки собственных функций волновода  $\bar{e}_{nm}$ ,  $\bar{h}_{nm}$ ,  $\bar{E}_{nm}$ ,  $\bar{H}_{nm}$  (первые соответствуют волнам электрического типа, вторые — магнитным):

$$A_{nm} = - \sqrt{\frac{\epsilon_n}{\pi}} \frac{2\pi n}{k_c R I_{n+1}(k_c R)} \int_0^R \bar{C}_n I_n(k_c r) dr, \quad (4)$$

$$B_{nm} = \sqrt{\frac{\epsilon_n}{\pi}} \frac{2\pi k_c}{\sqrt{(k_c R)^2 - n^2} \cdot I_n(k_c R)} \int_0^R \bar{C}_n I_n'(k_c r) r dr. \quad (5)$$

Здесь  $\bar{C}_n$  — коэффициент разложения граничного условия (1) в ряд Фурье:

$$C_n = \begin{cases} \bar{E}(r) \frac{M}{\pi n} \sin\left(n \frac{d}{2r}\right); & \text{при } n = \gamma \pm \alpha M, \alpha = 0, 1, 2, \dots \\ 0 & \text{при всех остальных значениях } n, \end{cases} \quad (6)$$

где  $\epsilon_n = 1$  при  $n = 0$ ,  $\epsilon_n = 2$  при других значениях  $n$ ;

$k_c = \frac{x_{nm}}{R}$ , где  $x_{nm}$  — корень уравнения  $I_n(x) = 0$ ;

$k'_c = \frac{x'_{nm}}{R}$ , где  $x'_{nm}$  — корень уравнения  $I_n'(x) = 0$ .

(Следует заметить, что выражения (4), (5) справедливы и для вырожденных типов волн  $E_{11}$  и  $H_{01}$ , так как последние также ортогональны). Эти соотношения позволяют определить полную среднюю мощность, излучаемую из щелей:

$$P = \sum_n \sum_m \frac{1}{\rho_0} \frac{|A_{nm}|^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{k_c}{k}\right)^2}} + \sum_n \sum_m \frac{1}{\rho_0} \sqrt{1 - \left(\frac{k'_c}{k}\right)^2} |B_{nm}|^2 \quad (7)$$

( $\rho_0$  — волновое сопротивление свободного пространства).

Условие возбуждения той или иной волны и ее интенсивность можно найти из рассмотрения соотношений (4, 5, 6). Например, при  $\gamma = M$ , т. е. когда амплитуда и фазы полей в щелях одинаковы, возможно возбуждение волн  $H_{nm}$  с  $n = 0$  и волн  $H_{nm}$ ,  $E_{nm}$  с  $n$  кратным  $M$ . При этом распространяющимися будут те, для которых  $k_c < k$ , где  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ . От-

сюда, чтобы распространялась только волна  $H_{01}$ , количество возбуждающих щелей должно быть не менее определяемого соотношением  $k_{cM1} > k$  (в частности, при волноводе с  $kR = 8 M \geq 5$ ). При этом мощность, излучаемая в волновод,

$$P_0 = \frac{1}{\rho_0} \sqrt{1 - \left(\frac{3,83}{kR}\right)^2} \left\{ \sqrt{\frac{Md}{\pi}} \int_{r_1}^{r_2} \bar{E}'(r) I_1\left(\frac{3,83}{R} r\right) dr \right\}^2. \quad (8)$$

В самом простейшем случае, когда  $\bar{E}(r) = \text{const}$ ,

$$P_0 = \frac{1}{\rho_0} \sqrt{1 - \left(\frac{3,83}{kR}\right)^2} \left\{ \sqrt{\frac{1}{\pi}} \frac{Md\bar{E}}{3,83 I_0(3,83)} \left[ I_0\left(\frac{3,83}{R} r_1\right) - I_0\left(\frac{3,83}{R} r_2\right) \right] \right\}^2. \quad (9)$$

III. При нахождении тангенциальной составляющей электрического вектора на щелях  $\bar{E}(r)$ , знание которого требуется для расчета полей как в волноводе, так и в резонаторе, можно воспользоваться результата-

ми, полученными Я. Н. Фельдом [7]. Для этого рассмотрим резонаторную систему магнетрона закрытого типа. В некоторых резонаторах проделаны узкие щели (рис. 1, 2). Предполагается, что расстояние между щелями много больше ширины щелей  $d$ . Возбуждение системы производится элементарными электрическими диполями  $p$ , расположенными в

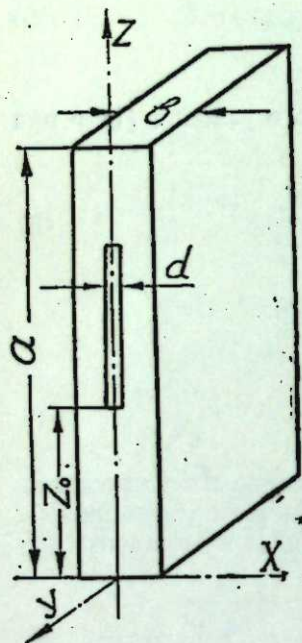


Рис. 2.

точках  $r = r_0$ ,  $z = \frac{h}{M}$ ,  $\varphi = \frac{2\pi}{M} q$ . Частота  $\omega$  и фазы диполей соответствует тому или иному виду колебаний резонаторной системы.

В этом случае, ввиду полной симметрии, система интегродифференциальных уравнений, описывающих тангенциальную составляющую электрического поля на щелях [7], сведется к одному уравнению:

$$\left(\frac{d^2}{d\tau^2} + k^2\right) \bar{E}(\tau) \cdot d = a \sum_1^M Q[E_1\tau] - a\pi k_2 h(\tau), \quad (10)$$

где  $Q[E_1\tau]$  — линейный относительно  $\bar{E}(\tau)$  оператор, зависящий от формы щели и металлического тела излучателя,  $h(\tau)$  — составляющая по оси  $z$  в точке  $\tau$  магнитного вектора поля, создаваемого теми же источниками при отсутствии щелей,  $\alpha = (2 \ln kd/4)^{-1}$  — малый параметр.

Методом, аналогичным предложенному в работе [7] для решения уравнения при одиночной щели в резонаторе, получим из (10) следующее выражение, определяющее поле в первом приближении:

$$\bar{E}(\tau) = -\frac{\sin k\tau}{kd \sin kl} \int_0^l Ah_z(x) \sin k(l-x) dx + \frac{1}{dk} \int_0^l Ah_z(x) \times \sin k(\tau-x) dx. \quad (11)$$

Собственные векторные функции резонаторов (для основного вида колебания), когда ширина резонатора  $b$  много меньше длины волны  $\lambda$ , будут:

$$\begin{aligned} h_z &= j \sin \alpha (a-z) \cos \frac{\pi}{h} y \cdot e^{-j \frac{2\pi\gamma}{N} q}, \\ h_y &= -j \cos \alpha (a-z) \sin \frac{\pi}{h} y \cdot e^{-j \frac{2\pi\gamma}{N} q}; \\ e_x &= \rho \sin \alpha (a-z) \sin \frac{\pi}{h} y \cdot e^{-j \frac{2\pi\gamma}{N} q}, \quad e_y = e_z = h_x = 0; \end{aligned} \quad (12)$$

где  $\alpha = \frac{2\pi}{\lambda_b}$ ,  $\lambda_b = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2h}\right)^2}}$ ,  $\rho = \rho_0 \frac{\lambda_b}{\lambda}$ ,  $N$  — количество резонаторов.

Подставляя эти значения в (11), получаем следующее выражение для тангенциальной составляющей электрического поля на щелях:

$$\bar{E}(\tau) = -\frac{AB \sin k\tau}{kd \sin kl} + \frac{A}{kd} \left[ \frac{1}{k-a} \cos \frac{2\alpha z_1 - (k+a)\tau}{2} \sin \frac{k-a}{2} \tau - \frac{1}{k+a} \times \cos \frac{2\alpha z_1 + (k-a)\tau}{2} \sin \frac{k+a}{2} \tau \right]; \quad (13)$$

$$A = \frac{\rho\omega}{C} \sin \alpha a; \quad B = \frac{1}{k-a} \cos \frac{\psi - kl}{2} \sin \frac{k-a}{2} l - \frac{1}{k+a} \cos \frac{\psi + kl}{2} \times \sin \frac{k+a}{2} l;$$

$$C = -\frac{B}{k \sin kl} \left[ \frac{1}{k+a} \cos \frac{\psi - kl}{2} \sin \frac{k+a}{1} l - \frac{1}{k-a} \cos \frac{\psi + kl}{2} \sin \frac{k-a}{2} l \right] + \frac{1}{2k(k^2 - \alpha^2)} \left[ \sin kl \cos \psi - \frac{k}{a} \cos \psi \cdot \sin \alpha l + kl \right] - \frac{\sin(k-a)l}{4k(k-a)^2} - \frac{\sin(k+a)l}{4k(k+a)^2}.$$

Здесь  $l$  — длина щели,  $\tau$  — текущая координата вдоль щели,  $\psi = \alpha[2(a-z_0) - l]$ ,  $z_1 = a - z_0$ .

Знание поля на щели, а следовательно, и излучаемой мощности позволяет подсчитать внешнюю добротность резонатора

$$Q_b = \frac{\omega(W_1 + W_2)}{P_0}, \quad (14)$$

где  $W_1 = \frac{\epsilon}{2} \int |\bar{E}|^2 dV_1$  — энергия, запасенная в самом резонаторе,

$W_2 = \frac{\epsilon}{2} \int_{V_2} |\bar{E}|^2 dV_2$  — энергия, запасенная в выводе энергии,  $V_2$  —

объем, занимаемый «местными» волнами,  $P_0$  — средняя мощность, излучаемая в волновод (10).

В общем случае для вычисления запасенной энергии необходимо определить поле в резонаторе по граничным условиям на щелях и возбуждающим током, т. е. решить внутреннюю задачу электродинамики. Но обычно при больших  $Q$  и резонансе конфигурацию поля можно считать соответствующей собственным функциям резонатора и запасенную энергию подсчитать по известным формулам [6].

Необходимую для этого амплитуду поля на резонаторе можно найти, воспользовавшись теоремой о комплексной мощности и выражением для отношения энергии, запасенной на единицу длины в электрическом поле, к энергии, запасенной в магнитном поле «местных» волн:

$$\bar{E} = \frac{2P}{jM\omega p \sin \alpha a} + \frac{2 \left\{ \sum_n \sum_m W^H \left[ \frac{k_c^2 - k^2}{k_c^2} \right] - \sum_n \sum_m W^E \left[ \frac{k_c^2 - k^2}{k_c^2} \right] \right\}}{Mp \sin \alpha a}, \quad (15)$$

где  $W^H$  — энергия, запасенная магнитными «местными» волнами,

$W^E$  — энергия, запасенная электрическими «местными» волнами.

Энергию, запасенную в выводе энергии  $W_2$ , проще всего найти проинтегрировав по времени от 0 до  $T/4$  ( $T$  — период колебания) излучаемую из щелей колеблющуюся мощность

$$W_2 = W^H + W^E = \sum_n \sum_m \left[ \frac{\operatorname{Re} |B_{nm}|^2}{\rho_0 \omega} \sqrt{\left(\frac{k_c}{k}\right)^2 - 1} - \frac{\operatorname{Re} |A_{nm}|^2}{\rho_0 \omega \sqrt{\left(\frac{k_c}{k}\right)^2 - 1}} \right], \quad (16)$$

где  $n, m$  — индексы «местных» волн.

В качестве примера можно привести следующие расчетные данные (все размеры даются в единицах  $\lambda$ ):  $R = 0,75$ ,  $M = 5$ ,  $r_1 = 0,375$ ,  $r_2 = 0,562$ ,  $l = 0,187$ ,  $d = 0,012$ ,  $r_a = 0,25$  — радиус анода,  $r_c = 0,125$  — радиус катода,  $b = 0,08$ ,  $h = 0,625$ ,  $a = 0,408$ ,  $N = 20$ ,  $\gamma = 5$ ,  $Q_b = 350$ ,  $W_2/W_1 = 3,23\%$ .

Институт радиофизики и электроники  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
24/XII 1959

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. И. Казначеев, Широкополосная связь по волноводам. Изд. АН СССР, 1959.
2. Н. Е. М. Barlov, Long-distance transmission by waveguidean introductory survey. Brit. Commun. and Electronics, 6, № 2, 1959.
3. Н. А. Н. Boot, H. Foster, S. A. Self. A new design of highpower S-band magnetron. Proc. Inst. Electr. B, 105, Suppl., № 10, 1958.
4. Л. А. Вайнштейн, Электромагнитные волны. Изд. «Советское радио», 1957.
5. Справочник по волноводам под редакцией Л. Н. Фельда. Изд. «Советское радио», 1952.
6. Магнетроны сантиметрового диапазона, ч. 1, пер. с англ. под ред. С. А. Зусмановского. Изд. «Советское радио», 1950.
7. Я. Н. Фельд, Основы теории целевых антенн. Изв. «Советское радио», 1948.

И. Г. ЛЕГЧЕНКО

### ДЕЙСТВИЕ РШЕТЧАТЫХ ЩИТОВ И ЗАБОРОВ НА СНЕГОВЕТРОВОЙ ПОТОК

#### 1. Движение твердых частиц в снеговетровом потоке и образование начальных отложений

Снеговетровым потоком принято называть поток приземного воздуха с частицами снега, поднятыми ветром с поверхности снежного покрова или выпавшими из облаков. Движение таких потоков называют метелями.

Для практики снегоборьбы наибольший интерес представляют поземки (или низовые метели), которые создают главную угрозу снежных заносов на железных и шоссейных дорогах [1].

Характер движения отдельных снежинок в снеговетровом потоке обуславливается многими факторами: скоростью ветра, структурой потока, формой и размерами снежинок и др. Поэтому изучить движение каждой снежинки очень трудно, да в этом и нет необходимости. Для снегоборьбы и снегозадержания важно знать суммарные характеристики движения снеговых частиц: твердый расход потока в зависимости от его скорости, распределение твердых частиц в потоке и общие законы их подъема, переноса и осаднения.

Изучая образование снежных заносов, Н. Е. Жуковский [2] выяснил причины и условия подъема снежинок с поверхности земли, переноса их и конденсирования у преграды. По Н. Е. Жуковскому, механизм подъема и перемещения снежинок служат вихревые шнуры, образующиеся на поверхности снежного покрова. Эти вихри при определенной скорости ветра отрывают снежинки от покрова и увлекают их в глубь потока. Чем больше скорость ветра, тем более крупные частицы будут подниматься. Частицы, увлеченные потоком, через некоторое время выпадают из него, затем снова поднимаются и т. д.

Вследствие общей завихренности приземного ветра подъем и осаднение снежинок происходят непрерывно.

С уменьшением скорости ветра (например, при подходе к преграде) число снежинок, выпадающих из потока, увеличивается, а число поднимаемых — уменьшается. При резком снижении скорости происходит интенсивное выпадение твердых частиц. Таким образом, распределение и конфигурация снежных отложений около преграды определяются прежде всего законом изменения скорости ветра, от которой непосредственно зависит твердый расход снеговетрового потока.

По А. К. Дюнину [3], твердый расход снеговетрового потока в зависимости от скорости выражается следующим образом:

$$q = 5 \left( \frac{V_1}{V'_1} - 1 \right)^3 \text{ г/м сек,}$$

или в кубических метрах на погонный метр фронта потока:

$$q = \frac{1}{200\gamma_{\text{сн}}} \left( \frac{V_1}{V_1'} - 1 \right)^3 \text{ м}^3/\text{пог. м сек.} \quad (1)$$

где  $\gamma$  — весовая плотность метелевого снега,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$V_1$  — продольная скорость ветра на высоте 1 м;

$V_1' \approx 3 \text{ м/сек}$  — так называемая неподвижная скорость ветра на этой же высоте для частиц снега среднего диаметра 0,3 мм.

Формулу (1) для удобства расчетов можно записать в виде:

$$q = \frac{1}{200\gamma_{\text{сн}}} (W - 1)^3 \text{ м}^3/\text{пог. м сек.} \quad (2)$$

где  $W = \frac{V_h}{V_h'}$ , причем  $V_h$  и  $V_h'$  имеют тот же смысл для высоты  $h$ ,

что  $V_1$  и  $V_1'$  в формуле (1) для высоты 1 м.

Последняя формула удобна тем, что замер скорости может быть сделан на любой высоте.

Однако вследствие интенсивных пертурбаций в потоке, вызываемых преградой, распределение продольных скоростей за решетчатым забором различно в разных сечениях, параллельных поверхности снежного покрова. Данные продувок моделей щитов с соблюдением принципа подобия [1] показывают, что графики безразмерных скоростей потока почти конгруэнтны только в тонком слое над поверхностью земли, равном примерно 0,05—0,10 высоты преграды. Поэтому при построении таких графиков  $\left( \frac{W}{W_\infty} = f(x) \right)$ , по данным опытов или анемометриче-

ской съемки, замеры следует производить на сравнительно малых высотах. Это оправдывается еще и тем, что толщина слоя снеговетрового потока, в котором переносится подавляющая часть поземкового снега, составляет, как известно, около 20 см и именно аэродинамика этого слоя представляет наибольший интерес. В нашем анализе предполагается, что в зонах осадения снега у решетчатых щитов и заборов основная масса его движется в слое той же толщины, что и вдали от преграды.

Отложение снега образуется за счет выпадения его из снеговетрового потока при уменьшении скорости. Если на бесконечно малом участке  $dx$  твердый расход в единицу времени уменьшается на  $dq$ , то отложено снега за это же время

$$dq = ydx, \quad (3)$$

где  $y$  — средняя высота отложения на этом участке.

Формула (3) дает высоту начального отложения в любой точке поверхности снежного покрова.

Замечая, что величина  $q$  зависит от продольной скорости ветра  $W$ , которая при установившемся движении есть функция координат точек поля, формулу (3) можно записать в следующем виде:

$$y = \frac{dq}{dW} \cdot \frac{dW}{dx} = \frac{3(W-1)^2}{200\gamma_{\text{сн}}} \cdot \frac{dW}{dx} \text{ м/пог. м сек.} \quad (4)$$

Производная  $\frac{dW}{dx}$  может быть вычислена, если известно аналитическое выражение  $W$  в зависимости от  $x$ , или определена графически как тангенс угла наклона касательной к графику скорости в соответствующей точке.

Аналитическое выражение кривой приземных скоростей потока для заборов различной высоты и просветности может быть получено предположенным в работе [1] методом или интерполированием по данным продувок моделей в аэродинамической трубе или анемометрических измерений в натуре.

Вычислив по формуле (4) величину  $y$  для ряда значений  $x$ , получим ряд точек на плоскости  $xy$ . Соединяя эти точки плавной кривой, найдем формально, математически, конфигурацию начальных отложений за некоторый промежуток времени от начала работы защиты.

Однако полученная таким образом картина снежных отложений будет мало соответствовать наблюдаемой в действительности, особенно за преградой. Дело в том, что формула (4) не учитывает некоторые существенные особенности взаимодействия снеговетрового потока с преградой.

Остановимся коротко на анализе явлений, сопровождающих обтекание двухфазным потоком сквозной преграды в виде решетчатого щита или забора.

Перед преградой на довольно большом расстоянии от нее происходит постепенное уменьшение скорости потока, продолжающееся почти до самой преграды. На участке снижения скорости осаждаются частицы снега, образуя вытянутый вал. Другая его часть пронесется ветром через просветы преграды.

С ростом переднего вала скорость над ним становится все большей вследствие сжатия струй, и количество оседаемого здесь снега постепенно уменьшается, а вынос за преграду увеличивается. Может случиться, а это зависит от конструкции защиты и топографических условий, что скорость над этим валом станет близкой к  $V_\infty^*$ , тогда почти весь снег, находящийся в потоке, будет выноситься на подветренную сторону защиты.

Образование снежного вала за забором происходит в более сложных условиях, чем перед ним. В начальный период работы защиты поток частью струй огибает забор сверху, а другая их часть, претерпевая сжатие непосредственно у преграды, с повышенными скоростями, достигаящими  $V_\infty$  и более, устремляется в просветы забора и уносит с собой снежинки, оставшиеся в потоке во взвешенном состоянии, а также поднятые вихрями с земли в непосредственной близости к преграде и под ней при возрастании скорости потока. За преградой, на небольшом расстоянии от нее, скорость потока, как показывают опыты и наблюдения [1], возрастает до 140—150% от  $V_\infty$ .

На участке с таким увеличением скорости поднимается небольшое количество более крупных частиц снега, оказавшихся возле преграды. Достигнув своего максимума, скорость потока резко падает. В зоне уменьшения скорости должен осаждаться весь снег. Это основное требование, предъявляемое к защите.

Предположим, что в начальный период работы защиты концентрация снега в потоке за преградой такая же, как и вдали от нее, и что доля крупных частиц, поднятых ветром при местной скорости  $V > V_\infty$ , очень мала. Тогда можно полагать, что осадение основной массы снега за преградой начнется с того места, где скорость потока сравняется с  $V_\infty$  и в дальнейшем начнет убывать. Расстояние от преграды до точки, где  $V = V_\infty$ , обозначим через  $x_0$ .

\* Будем обозначать скорость потока вдали от преграды, которую иногда называют полевой скоростью, через  $V_\infty$ .

Наблюдения за образованием начальных отложений за решетчатыми щитами и заборами показывает, что в зоне падения скорости ветра снежинки постепенно оседают, пролетая в горизонтальном направлении довольно значительные расстояния. Этим, по-видимому, и объясняется тот факт, что снежный вал за преградой в начальный период удален от нее на расстояние, равное высоте преграды и более.

Движение снеговетрового потока за решетчатым забором характеризуется интенсивным перемешиванием масс воздуха, насыщенных снегом. Проследить перемещение каждой снежинки или хотя бы группы их очень трудно, поэтому приходится отвлекаться от реальной картины и заменять реальный поток некоторым квазиустановившимся потоком с осредненными скоростями.

Для определения дальности полета снежинок в горизонтальном направлении при осаждении можно воспользоваться теоретическими методами Н. Е. Жуковского [2, 4].

Н. Е. Жуковский рассматривал движение мелких частиц снега в воздушном потоке, возникающем под действием двух сил — силы тяжести и силы сопротивления среды, пропорциональной первой степени относительной скорости, что имеет место при малых  $Re$ . При таком подходе к вопросу дифференциальные уравнения движения оседающей снежинки в осях прямоугольной системы координат, связанных с землей и преградой, будут следующие:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = k \left( u - \frac{dx}{dt} \right), \quad (5)$$

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = k \left( v - \frac{dy}{dt} \right) - mg, \quad (6)$$

где  $m$  — масса снежинки,  
 $g$  — ускорение силы тяжести,  
 $k$  — коэффициент пропорциональности, равный по Н. Е. Жуковскому, отношению веса к гидравлической скорости частицы,  
 $u, v$  — проекции скорости ветра на оси координат, являющиеся функциями точки,  
 $t$  — параметр времени.

При наличии нижнего просвета у забора вертикальная составляющая скорости ветра около преграды в приземном слое потока, как показывают опыты [1], очень мала в сравнении с горизонтальной скоростью. Поэтому компонентом  $v$  в уравнении (6) можно пренебречь.

Учитывая это, уравнения (5), (6) можно записать так:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} \frac{dx}{dt} - \frac{k}{m} u = 0, \quad (7)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{k}{m} \frac{dy}{dt} + g = 0. \quad (8)$$

Решая эту систему в предположении, что в момент начала осаждения с высоты  $h$  снежинка находилась на расстоянии  $x_0$  от преграды и имела горизонтальную скорость  $x$ , найдем закон движения снежинок. Интегрируем сначала второе уравнение.

Обозначая  $\frac{dy}{dt} = y$ , уравнение (8) запишем в виде:

$$\frac{dy}{dt} = - \frac{k}{m} \left( y + \frac{mg}{k} \right)$$

Интегрируя его, получим:

$$y = \frac{mg}{k} \left( e^{-\frac{kt}{m}} - 1 \right). \quad (9)$$

Из формулы (9) видно, что с ростом времени величина проекции скорости на ось  $y$ , т. е.  $y$ , быстро приближается к значению так называемой гидравлической скорости (или крупности):

$$\omega = \frac{mg}{k}. \quad (10)$$

По данным наблюдений И. В. Литвинова [5], средняя величина  $\omega$  для мелких частиц снега и агрегатов, образованных их слипанием, составляет около 0,85 м/сек и слабо зависит от массы снежинок. Если воспользоваться теоретической формулой Д. Г. Стокса для сопротивления шара при свободном падении, с поправкой В. Н. Гончарова [6, стр. 460] для зерен, то, принимая плотность снега равной 392 кг/м<sup>3</sup> [7], а плотность воздуха при температуре  $-10^\circ$  равной 1,34 кг/м<sup>3</sup>, найдем гидравлическую скорость  $\omega$  для снежинок среднего диаметра 0,3 мм — 0,888 м/сек; эти данные близки к наблюдениям И. В. Литвинова.

Принтегрировав уравнение (9), получим:

$$y = h + \omega \left[ \frac{\omega}{g} \left( 1 - e^{-\frac{gt}{\omega}} \right) - t \right]. \quad (11)$$

Полагая в (11)  $y=0$ , найдем время падения снежинки. Расчетную формулу для определения этого времени удобно записать в виде следующего соотношения:

$$t - \frac{\omega}{g} \left( 1 - e^{-\frac{gt}{\omega}} \right) - \frac{h}{\omega} = 0. \quad (12)$$

Для решения дифференциального уравнения (7) необходимо знать функцию  $u$ . Вдали от преграды  $u = u_\infty$  есть постоянная величина (как средняя скорость потока в приземном слое толщиной 20 см). В тонком приземном слое потока вблизи решетчатых заборов с просветами под ними графики продольной скорости на различных высотах от земли по виду мало отличаются друг от друга, так что можно считать отношение  $\frac{u}{u_\infty}$  не зависящим от  $y$ , т. е. рассматривать  $u$  как функцию только расстояния от забора  $x$ .

Скорость ветра вблизи преграды как функция координат выражается очень сложной формулой (см., например, [1]), и воспользоваться ею для решения уравнения (7) элементарными методами не представляется возможным. Если же ограничиться рассмотрением только участков осаждения снега, то, пользуясь графиками скоростей, можно сравнительно просто получить решение (7).

Действительно, перед щитом кривая продольной скорости ветра, как это видно из рис. 1, представляет собой дугу параболы вида:

$$\left( \frac{u}{u_\infty} - \beta \right)^2 = -2p(x - \alpha),$$

где  $\alpha, \beta$  — координаты вершины параболы,  
 $p$  — параметр.



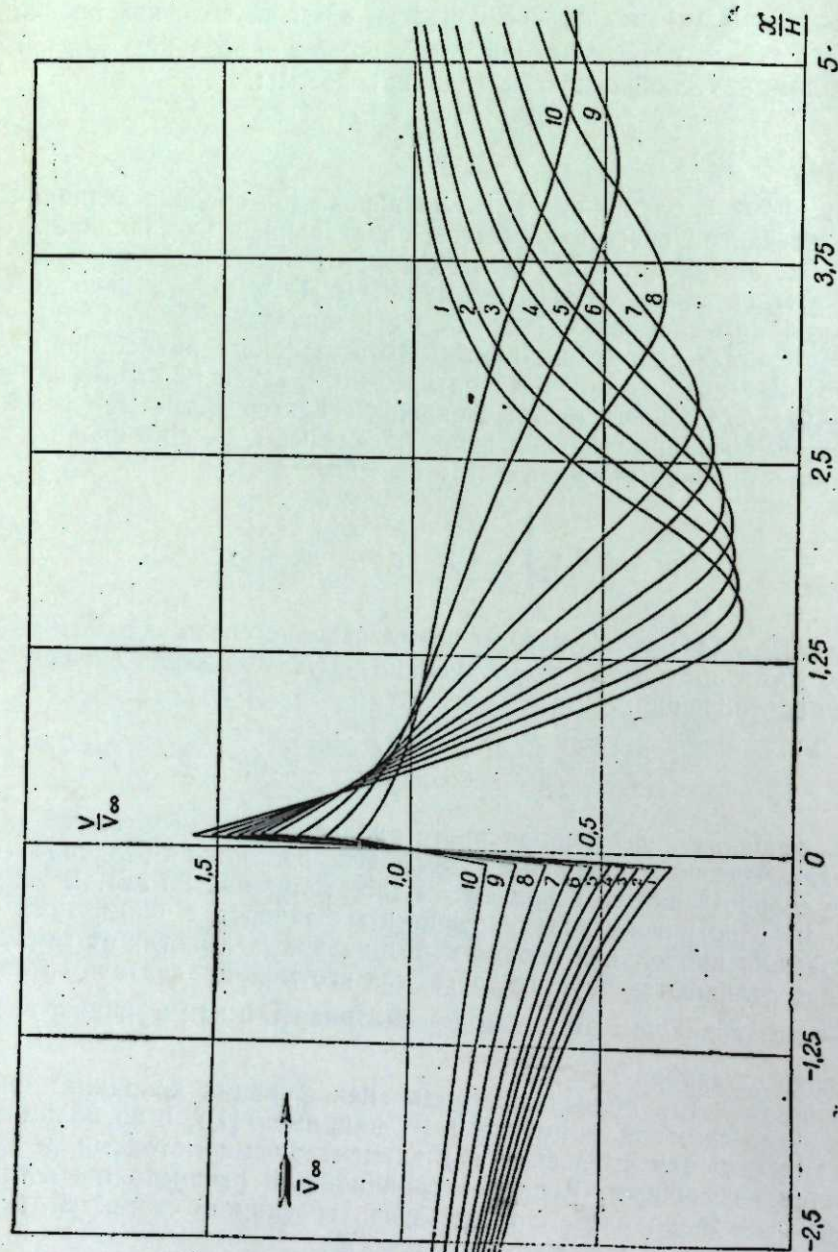


Рис. 1. Распределение скоростей ветра над поверхностью земли у решетчатых заборов.  
 $\lambda = 0.20; 2 - 0.25; 3 - 0.30; 4 - 0.35; 5 - 0.40; 6 - 0.45; 7 - 0.50; 8 - 0.60; 9 - 0.70; 10 - 0.80.$

За щитом, в зоне осадения снега, кривую скорости приближенно можно принять за отрезок прямой:

$$\frac{x}{a} + \frac{u}{bu_{\infty}} = 1, \quad (13)$$

где  $a$  и  $b$  — постоянные величины, зависящие от параметров преграды.

Наибольший практический интерес представляет вопрос о характере снежных отложений у защиты с подветренной стороны. Выяснение этого вопроса облегчит задачу выбора типа защиты и ее размещения возле ограждаемого объекта. Поэтому предлагаемая статья посвящена главным образом анализу процесса осадения снега за преградой. Для зоны осадения снега уравнение (7) с учетом (13) запишется в следующем виде:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} \frac{bu_{\infty}}{a} x = \frac{k}{m} bu_{\infty}.$$

Обозначив для краткости

$$\frac{k}{m} = 2\mu, \quad \frac{k}{m} \frac{bu_{\infty}}{a} = n^2, \quad \frac{kbu_{\infty}}{m} = c,$$

будем иметь:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\mu \frac{dx}{dt} + n^2x = c. \quad (14)$$

Характеристическое уравнение без правой части будет:

$$r^2 + 2\mu r + n^2 = 0.$$

Его корни:

$$r_1 = -\mu + \sqrt{\mu^2 - n^2},$$

$$r_2 = -\mu - \sqrt{\mu^2 - n^2}.$$

При  $\mu > n$  корни вещественные и общее решение уравнения (14) будет иметь вид:

$$x = c_1 e^{r_1 t} + c_2 e^{r_2 t} + a. \quad (15)$$

В случае  $\mu = n$  корни кратные и общее решение (14) следующее:

$$x = e^{r t} (c_1 t + c_2) + a. \quad (16)$$

Если  $\mu < n$ ,  $r_1$  и  $r_2$  мнимые и общее решение уравнения (14) можно записать в виде:

$$x = c_1 e^{-t} \sin(pt + c_2) + a, \quad (17)$$

где

$$p = \sqrt{n^2 - \mu^2}.$$

Последние два решения, как показали расчеты для заборов и щитов с просветностью 0,2 и более, не имеют применения при  $u_{\infty} \leq 6$  м/сек.

Подставляя в (15) значение времени осадения снежинки  $t$  из (12), получим формулу для определения дальностей полета в горизонтальном направлении оседающих частиц снега.

Постоянные  $c_1$  и  $c_2$ , согласно начальным условиям

$$\left( t_{\text{нач}} = 0, \quad x_{\text{нач}} = x_0, \quad \left( \frac{dx}{dt} \right)_{\text{нач}} = \dot{x}_0 \right),$$

определяются из соотношений (15), (16), (17) и их производных по времени.

Значение  $x_0$  и  $a$  даются графиками скоростей потока, а  $x_0$  — горизонтальная скорость снежинки, с которой она начнет оседать, — может быть найдена по скорости ветра и относительной скорости снежинки по отношению к потоку.

Из формул (15), (16) или (17) следует, что с ростом времени расстояния от преграды, на которых выпадают снежинки из потока, увеличиваются и приближаются к предельному, равному  $a$ .

Таким образом, с какой бы высоты снежинки ни начали оседать, при различных скоростях ветра, все они (исключая небольшое количество крупных частиц) должны попасть на участок от  $x_0$  до  $a$ . Интервал  $(x_0, a)$  определяет границу начального вала за преградой. Чем меньше просветность забора, тем более резко падает скорость ветра, меньше  $x_0$  и интервал  $(x_0, a)$ , а следовательно, короче вал и ближе к защите и наоборот.

Аналогичная зависимость существует между конфигурацией вала и высотой забора одной и той же просветности. Например, чем выше забор, тем дальше от него располагается начальный вал и тем он более вытянут, что наблюдается и в практике снегоборьбы.

Максимум начальных отложений снега за преградой, как следует из приведенного анализа, должен быть на расстоянии, большем  $x_0$  на величину перемещения снежинок среднего размера в горизонтальном направлении за время осадения.

Этот вывод подтверждают наблюдения А. А. Комарова [8]. Аналогичные явления отмечены и в русловых потоках [6]. По формуле же (4) вершина вала начальных отложений должна быть непосредственно у забора, т. е. там, где скорость имеет максимум и начинает резко убывать; в действительности это не наблюдается.

## 2. Определение перемещений снежинок при осадении

В настоящем разделе статьи рассматривается пример практического расчета дальности полета поземковых частиц снега при осадении.

Время полета определяется формулой (12), которая после подстановки  $\frac{k}{m} = \frac{g}{\omega} = 11,5^*$  принимает следующий вид:

$$11,5t + e^{-11,5t} - 12,35h - 1 = 0. \quad (18)$$

Подставляя найденное значение  $t$  при данном  $h$  в (15), (16) или (17), найдем дальности полета в горизонтальном направлении оседающих с высоты  $h$  снежинок.

Для выполнения соответствующих вычислений необходимо определить постоянные  $a$ ,  $b$ ,  $x_0$ ,  $x_0$ , входящие в расчетные формулы. Эти постоянные, кроме  $x_0$ , зависят от параметров забора (или щита), а именно от высоты и просветности, и могут быть определены по графикам скоростей потока. Величина  $x_0$  (начальная горизонтальная скорость снежинок) найдется из соотношения:

$$u_a - u_0,$$

где  $u_a$  — горизонтальная или продольная скорость ветра;

$u_0$  — относительная скорость снежинки.

Скорость ветра должна быть задана, а относительная скорость снежинки определяется опытным путем.

\* В расчетах принимается  $g = 9,8$  м/сек<sup>2</sup>,  $\omega = 0,852$  м/сек.

При отсутствии надежных данных опытов за относительную скорость снежинки в момент начала осадения можно принять скорость ветра над поверхностью снежного покрова, равную так называемой верхней критической скорости (скорость начала массового переноса снега). По А. К. Дюнину [3], эта скорость для частиц среднего размера 0,3 мм равна 4,6 м/сек на высоте 1 м.

Для вычисления критической скорости в слое потока, непосредственно прилегающем к снежному покрову, воспользуемся формулой С. А. Сапожниковой [9]. Величину линейной характеристики шероховатости поверхности примем, следуя А. К. Дюнину [7], равной 0,00141 см. Таким образом, формула для пересчета критической скорости будет следующей:

$$u_0 = 4,6 \left( 1 + \frac{\lg d}{4,85} \right), \quad (19)$$

где  $d$  — толщина поднимаемой снежинки.

При  $d = 0,3$  мм,  $u_0 = 1,26$  м/сек.

В действительности при движении частиц снега в потоке их относительная скорость может несколько отличаться от значения верхней критической скорости над снежным покровом, но из-за малых размеров метелевых частиц, а следовательно, малой их инерции различие это, по видимому, очень мало и его в первом приближении можно не учитывать.

При осадении снежинок их относительная скорость убывает до значения так называемой непередвигающей скорости, которая для частиц снега диаметром 0,3 мм на поверхности снежного покрова, согласно [3], равна 0,815 м/сек. (Эта скорость на высоте 1 м, по А. К. Дюнину, равна 3 м/сек).

В наших расчетах принимается, что толщина слоя снеговетрового потока, в котором переносится подавляющая масса поземкового снега, составляет около 20 см и что за преградой толщина этого слоя остается такой же. Кроме того, будем считать, что за решетчатым забором вследствие интенсивной турбулентности потока распределение по высоте основной массы снежных частиц, движущихся в потоке, близко к равномерному.

В качестве примера автором были проведены вычисления средних расстояний, пролетаемых снежинками размером 0,3 мм при осадении у заборов различной просветности, высотой от 3 до 6 м, при средней скорости снеговетрового потока  $u_\infty = 6$  м/сек, что соответствует скорости ветра на высоте 1 м около 10 м/сек.

Расчетные формулы, согласно (18) и (15), использовались в следующем виде:

$$1) 11,5t + e^{-11,5t} - 12,35h - 1 = 0,$$

$$2) S = x - x_0 = \frac{0,174}{\Delta} \{ [x_0 - 5,75(a - x_0)(1 + \Delta)] \exp[-5,75(1 - \Delta)t] - [x_0 - 5,75(a - x_0)(1 - \Delta)] \exp[-5,75(1 + \Delta)t] \} + a - x_0,$$

где

$$\Delta = \sqrt{1 - 0,347 \frac{bu_\infty}{a}}.$$

Результаты расчетов показаны на рис. 2 в виде кривых зависимости средних дальностей полета снежинок от высоты и просветности за-

бора. При постоянном  $u = u_{\infty}$  общий интеграл уравнения (14) выражается следующим соотношением:

$$x = C_1 e^{-\frac{kt}{m}} + C_2 + u_{\infty} t.$$

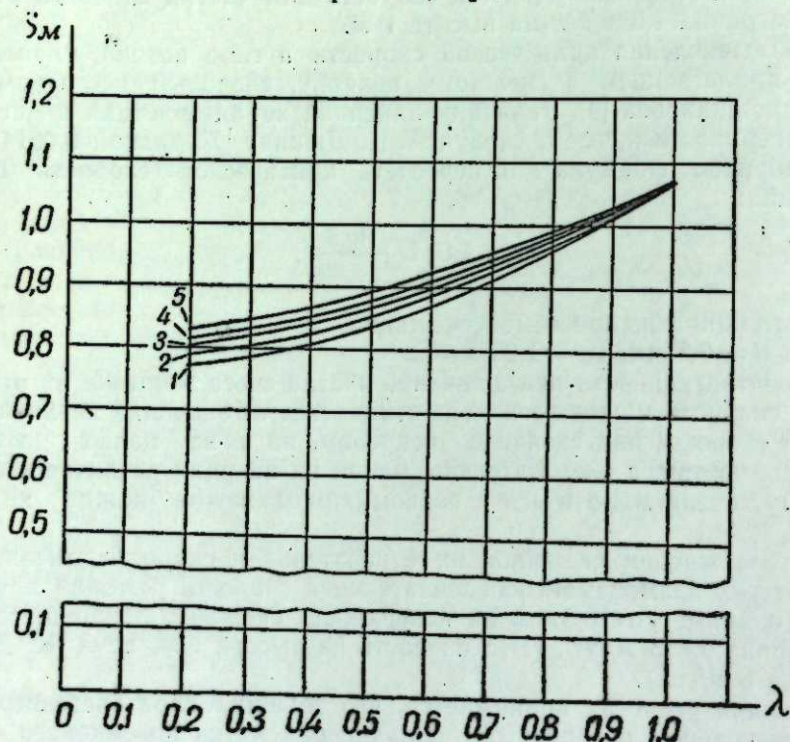


Рис. 2. Кривые дальностей полета снежинок при осадении.  
 $\lambda$  — прозрачность; 1 — H (высота забора) = 2 м, 2 — 3 м, 3 — 4 м, 4 — 5 м,  
 5 — 6 м.

Определяя постоянные  $C_1$  и  $C_2$  по начальным условиям, получим:

$$x = x_0 + u_{\infty} t + \frac{m}{k} (\dot{x}_0 - u_{\infty}) \left( 1 - e^{-\frac{kt}{m}} \right).$$

В этом случае при той же  $u_{\infty}$ , что и прежде, дальность полета оседающей снежинки

$$S = x - x_0 = 1,071 \text{ м},$$

т. е. в свободном снеговетровом потоке при данной скорости поднятые с поверхности снежного покрова частицы размером 0,3 мм при осадении пролетают среднее расстояние около 1 м, более мелкие частицы будут пролетать несколько большие расстояния, более крупные — меньше.

По дальности полета снежинок при осадении можно определить средние расстояния от заборов до вершин начальных отложений за преградой, если таковые образуются при данной скорости ветра и данных параметрах защиты. Эти расстояния можно вычислить по формуле:

$$L = x_0 + S.$$

Как  $S$ , так и  $L$  для различных скоростей ветра имеют различные значения, тем больше, чем больше скорость. Поэтому расчет придется вести, по-видимому, по средней скорости или по скорости, чаще всего наблюдающейся при метелях в данной местности.

### 3. Расчет начальных отложений снега за решетчатыми щитами и заборами

Как уже упоминалось, практический интерес представляет вопрос об образовании начальных отложений снега за преградой, по которым можно судить о снегозадерживающих способностях защиты. Начальные отложения можно рассчитать теоретически.

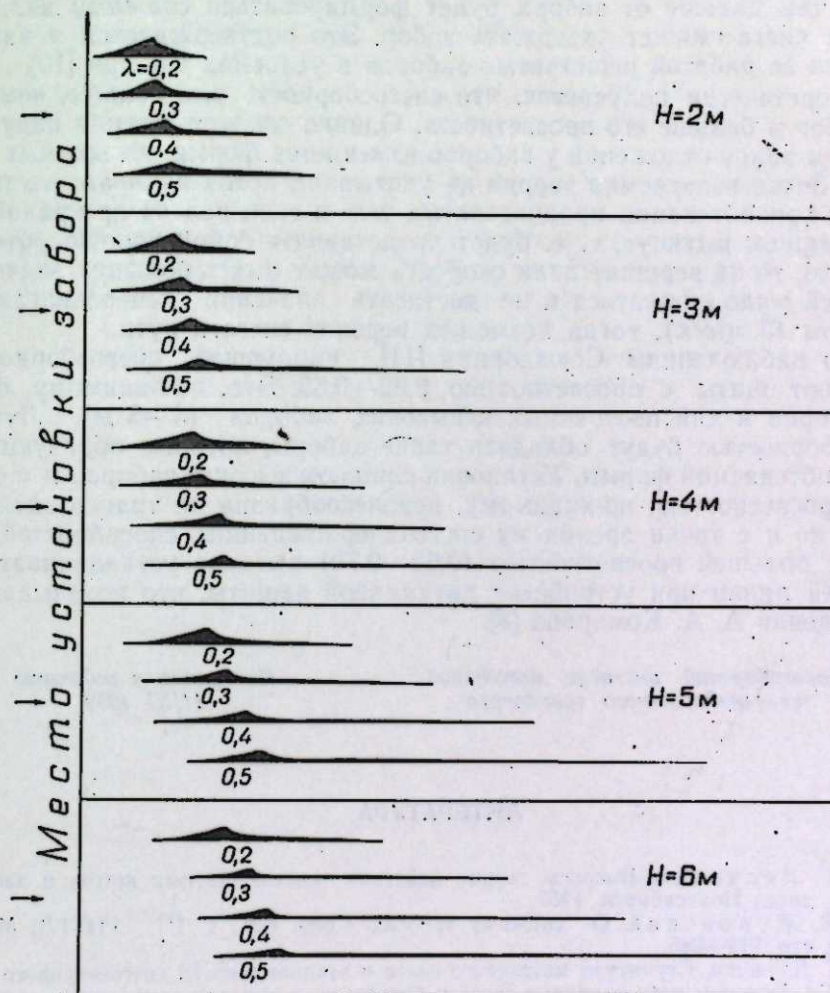


Рис. 3. Конфигурации валов начальных снегоотложений решетчатыми заборами (масштаб 1 : 100).

По формуле (4), с учетом перемещения снежинок при осадении, вычисляются на различных расстояниях от забора высоты снежных отложений. Отметив соответствующие точки (по значениям  $x$  и  $y$ ) на плоскости  $XOY$  и соединив их плавной кривой, получим контур начального вала. На рис. 3 изображены сечения начальных валов за прегра-

дами различной высоты и просветности при скорости ветра на высоте 1 м, равной 10 м/сек. Полученные расчетом конфигурации снежных отложений за первый час работы защит согласуются с данными натуральных наблюдений [10] и, следовательно, дают приблизительно верную характеристику действия преграды на снеговетровой поток. Другие значения скоростей ветра мало изменяют картину начальных снегоотложений, так как распределение безразмерных скоростей  $\frac{u}{u_{\infty}}$  не зави-

сит от абсолютной величины скорости потока; несколько изменяются лишь расстояния, пролетаемые оседающими снежинками по инерции с изменением скорости ветра, а следовательно, несколько иным будет и расположение начальных валов. Чем больше скорость ветра при метелях, тем дальше от забора будет формироваться снежный вал, тем больше снега сможет задержать забор. Это подтверждается и наблюдениями за работой решетчатых заборов в условиях Сибири [10].

Теоретически получается, что снегосборность тем больше, чем выше забор и больше его просветность. Однако следует иметь в виду, что с ростом валов отложений у заборов изменяется форма обтекаемых контуров. Этого излагаемая теория не учитывает, поток начинает вести себя как при обтекании продолговатых тел, и если вал за преградой будет слишком вытянут, т. е. будет представлять собой хорошо обтекаемое тело, то на вершине вала скорость может иметь большие значения, а за ней мало снижаться и не достигать значения неподвижной скорости (3 м/сек), тогда возможен перенос снега к пути.

По наблюдениям Союздорнии [11], наилучшей снегосборностью обладают щиты с просветностью 0,52—0,53. Это, по-видимому, будет характерно и для постоянных невысоких заборов (3—5 м). Лучшей снегосборностью будут обладать такие заборы, которые образуют вал плохо обтекаемой формы. Установка слишком высоких заборов и с большой просветностью, по-видимому, нецелесообразна не только экономически, но и с точки зрения их снегозадерживающих способностей. Заборы с большей просветностью (0,60—0,70) выгодно устанавливать на внешней линии при устройстве двухрядной защиты, что показывают и наблюдения А. А. Комарова [8].

Новосибирский институт инженеров  
железнодорожного транспорта

Поступила в редакцию  
11/XI 1959

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. Г. Легченко, Вопросы теории действия снегозащитных щитов и заборов. Канд. дисс., Новосибирск, 1953.
2. Н. Е. Жуковский, О снежных заносах. Собр. соч., т. III, ГИТТЛ, М.—Л., 1949, стр. 214—245.
3. А. К. Дюнин, Структура метелевого снега и закономерности снеговетрового потока. Сб. Вопросы использования снега и борьбы со снежными заносами и лавинами. Изд. АН СССР, М., 1956.
4. Н. Е. Жуковский, Теоретические основы воздухоплавания. Собр. соч., т. VI, ГИТТЛ, М.—Л., 1950, стр. 115—118.
5. И. В. Литвинов, Определение установившейся скорости падения частиц снежопадов. Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 7, 1956.
6. В. Н. Гончаров, Основы динамики русловых потоков. ГИМИЗ, Л., 1954.
7. А. К. Дюнин, О распределении расхода снеговетрового потока по высоте. Тр. ТЭИ Зап.-Сиб. фил. АН СССР, вып. IV, Новосибирск, 1954.
8. А. А. Комаров, Некоторые закономерности переноса и отложения снега в районах Западной Сибири и их использование в снегозадержании и в снегоборьбе. Тр. ТЭИ Зап.-Сиб. фил. АН СССР, вып. IV, Новосибирск, 1954.

9. С. А. Сапожникова, Микроклимат и местный климат. ГИМИЗ, Л., 1950, стр. 72.
10. Л. М. Даниловский, Снегозащитные заборы на дорогах Западной Сибири. Изд. ДорНИТО, Новосибирск, 1950.
11. Г. В. Бялюбжеский, Борьба со снегом на автомобильных дорогах. Сб. Вопросы использования снега и борьбы со снежными заносами и лавинами. Изд. АН СССР, М., 1956.

В. К. МОРГУНОВ

УПРОЩЕННЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ  
ПЛЫВУЩИХ ЛЬДИН ПО ФОТОГРАФИЯМ

При изучении воздействия льда на инженерные и гидротехнические сооружения в ряде случаев возникает необходимость определения размеров льдин, подплывающих к сооружению. Это требуется, например, при определении в натуральных условиях фактического динамического давления льда на сооружение кинематическим методом, предложенным К. Н. Коржавиным [1, 2].

Рекомендуемая в руководствах по гидрометрии [3, 4] глазомерная оценка размеров льдин является очень приближенной, тем более, что наблюдение обычно приходится вести с сравнительно небольшой высоты над горизонтом воды, в результате чего размеры и конфигурация льдин представляются наблюдателю сильно искаженными. Применение теодолита для определения размеров движущихся льдин требует от наблюдателя определенных навыков, однако нужной точности не дает.

Хорошие результаты можно получить приемами наземной фотограмметрии, в частности способом стереофотограмметрии или прямой фотограмметрической засечки [5, 6]. Однако для этого требуется дорогое и довольно громоздкое снаряжение, которое не всегда имеется в распоряжении наблюдателя. Кроме того, в отличие от съемки неподвижной местности, которую можно производить последовательно одним фототеодолитом с обоих концов базиса, в нашем случае вследствие движения льдин снимать нужно с обоих концов базиса синхронно двумя фототеодолитами, что усложняет работу. При этом требуется дополнительная юстировка с целью получения одинаковых элементов внутреннего ориентирования у обоих фототеодолитов. Наземная фотограмметрия чаще всего применяется в горной местности, где съемку ведут при горизонтальном положении оптической оси. В нашем случае съемку желательно производить с наклонной оптической осью, что позволяет снимать с более близкого расстояния и таким образом избежать очень больших углов наклона проектирующих лучей. Камеральная обработка наклонных снимков для построения плана приемами, используемыми в фотограмметрии для геодезических целей, сложна и требует при графическом решении сложных графических построений, а при аналитическом — значительного объема вычислительной работы. В случае применения стереофотограмметрии необходимо специальное оборудование для обработки стереопар. Поэтому использование методов точной фотограмметрии может быть оправдано лишь тогда, когда требуется получить особо точные результаты. Иногда целесообразно применять способ, несколько уступающий по точности способам точной фотограмметрии, но зато более оперативный, простой и удобный в экспедиционных условиях, а также при обработке снимков для получения плана.

Ниже дается описание способа построения контура льдин по фотографиям, заснятым обычным фотоаппаратом, например, типа «ФЭД». В целях упрощения при определении элементов внутреннего ориентирования полагаем, что у аппаратов типа «ФЭД» оптическая ось объектива перпендикулярна фокальной плоскости и что основание его (главная точка снимка  $S$ ) лежит в геометрическом центре кадра. Так как съемка осуществляется при установке объектива на «бесконечность», то принимаем расстояние от задней узловой точки объектива до плоскости снимка равным фокусному расстоянию объектива. За главную горизонталь снимка  $X-X$  принимаем прямую, проведенную через главную точку снимка  $S$  параллельно линии видимого горизонта  $I-I$ , а за главную вертикаль — прямую  $Y-Y$ , перпендикулярную оси  $X-X$  в точке  $S$ .

Сущность способа заключается в следующем. Пусть на значительном расстоянии от фотоаппарата в его поле зрения расположена в вертикальном направлении масштабная рейка, положение которой относительно горизонта воды и места стоянки фотоаппарата известно на основании предварительных обмеров. Используя изображение масштабной рейки на фотоснимке (рис. 1), можно графическим путем осуществить внешнее ориентирование оптической оси. Для этого принимаем вертикальную плоскость, проходящую через центр проекций (передняя узловая точка объектива) и ось масштабной рейки, за вертикальную плоскость проекций  $V$ , а поверхность воды — за горизонтальную плоскость проекций  $H$ . Затем, взяв с фотоснимка (рис. 1) отметку точки  $B$  пересечения главной горизонтали снимка  $X-X$  с осью рейки  $2-2$ , строим вертикальный след  $Ad$  главной наклонной плоскости фотокамеры в системе плоскостей  $V; H$  (рис. 2).

Исходя из геометрических соотношений, можно подсчитать угол  $\alpha$ , определяющий положение горизонтальной проекции оптической оси  $A'g'$ , построив которую, можно задать положение главной наклонной плоскости фотокамеры ее вертикальным следом  $Ad$  и горизонтальным  $e'd'$ , перпендикулярным горизонтальной проекции оптической оси. Далее можем задать положение оптической оси в пространстве ее проекциями  $Ag$  и  $A'g'$ .

Построение контура льдины сводится к отысканию точек плана, соответствующих точкам снимка. Для этого через центр проекции и изображение данной точки на снимке проводим вспомогательную наклонную и вертикальную плоскости. В точке пересечения горизонтальных следов этих плоскостей находим искомую точку на плане.

Таким образом, все построения выполняются в основном приемами начертательной геометрии и разделяются на две части:

- а) построения, связанные с ориентированием снимка,
- б) построения плана льдины.

В качестве примера применения способа рассмотрим построение плана льдины, надвигающейся на опору моста или бычок водосливной плотины.

До начала работ на одной из опор моста, над которой хотят вести наблюдение, вывешивается в вертикальном направлении масштабная рейка. Съемку надвигающейся льдины ведут с соседней опоры моста. Снимать можно со штатива или с рук, последнее даже удобнее в отношении наводки на движущуюся льдину. В дальнейшем под словом «снимок» подразумевается увеличенный отпечаток с негатива, полученного во время наблюдений. Фокусное расстояние снимка  $F = f \cdot n$ , где  $f$  — фокусное расстояние объектива фотоаппарата,  $n$  — увеличение при печатании.

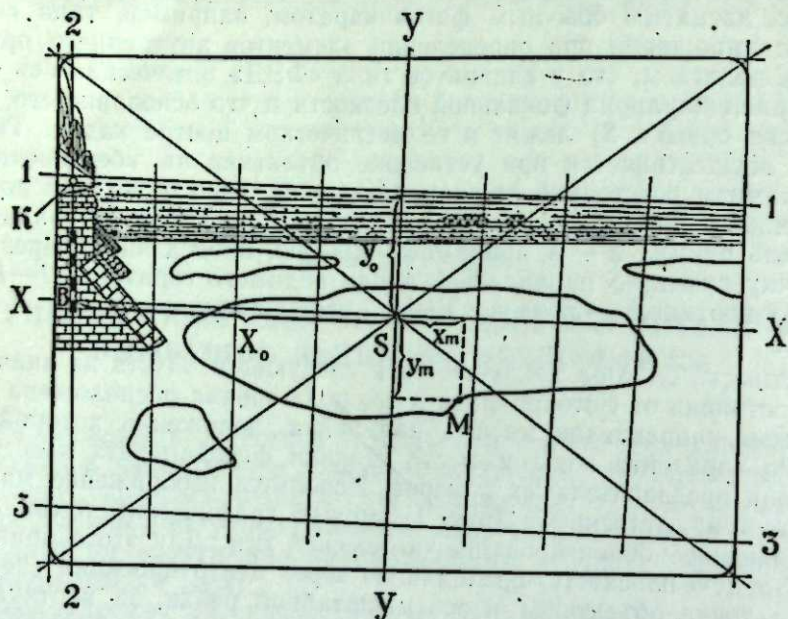


Рис. 1. Схема фотографии, на основании которой делается построение контура льдины в плане (сфотографировано с верхней площадки опоры моста; льдина в средней части кадра).

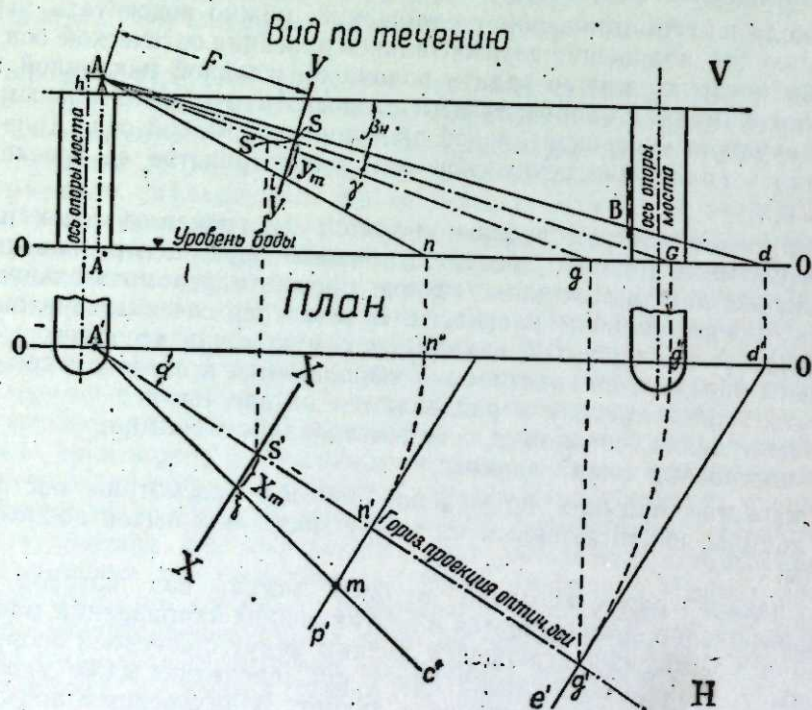


Рис. 2. Принцип построения контура льдины в плане.

### Построения, связанные с ориентированием снимка

Через главную точку снимка  $S$ , определяемую в точке пересечения диагоналей кадра, проводим главную горизонталь снимка  $X-X$  параллельно линии видимого горизонта  $1-1$  и главную вертикаль снимка  $Y-Y$  перпендикулярно  $X-X$  (см. рис. 1). В дальнейших построениях придется проводить веер вспомогательных вертикальных плоскостей, проходящих через переднюю узловую точку объектива. Для удобства заранее проводим следы этих плоскостей на снимке. Для этого на рис. 1 через изображение оси масштабной рейки проводим след  $2-2$ . В нижней части снимка проводим прямую  $3-3$  параллельно  $X-X$ . Разделив отрезки прямых  $1-1$  и  $3-3$ , заключенных между  $2-2$  и  $Y-Y$ , на равные части и соединив попарно точки деления, получим направления следов. Симметрично полученным направлениям строим следы по правую сторону  $Y-Y$ . Ориентируясь по этим следам, можно проводить следы промежуточных вертикалей.

Затем на листе бумаги вычерчиваем в масштабе схему моста в двух проекциях: вид по направлению течения реки и в плане с нанесением масштабной рейки и места стоянки фотоаппарата (см. рис. 2). При этом вертикальной плоскостью проекций  $V$  служит плоскость, проходящая через центр проекций и ось масштабной рейки, а горизонтальной плоскостью проекций  $H$  — поверхность воды. Точка  $B$  пересечения главной горизонтали снимка с изображением оси масштабной рейки  $2-2$  на рис. 1 позволяет на рис. 2 определить положение вертикального следа  $Ad$  главной наклонной плоскости фотокамеры. Угол  $\alpha$ , согласно рис. 3, находим из формулы

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha_0}{\cos \beta},$$

где  $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{x_0}{F}$ ;  $x_0$  берется из рис. 1,  $F$  — фокусное расстояние снимка,

$\beta$  — из формулы  $\operatorname{tg} \beta = \frac{y_0}{F}$ , где  $y_0$  берется из рис. 1, для чего, используя деление масштабной рейки, на ее продолжение вверх наносим точку  $k$ , имеющую ту же отметку, что и объектив аппарата. Прямая, проведенная через  $k$  параллельно  $X-X$ , отсекает на  $Y-Y$  величину  $y_0$ .

Найдя угол  $\alpha$ , строим горизонтальную проекцию оптической оси и перпендикулярно ей — горизонтальный след  $e'd'$  главной наклонной плоскости. Сносим точку  $g'$  на вертикальную проекцию, строим вертикальную проекцию оптической оси  $Ag$ . Затем делаем поворот главной вертикальной плоскости фотокамеры относительно вертикальной линии  $AA''$ , проходящей через центр проекций, до совмещения ее с плоскостью  $V$ . При этом вертикальная проекция оптической оси займет положение  $AG$ . Угол  $\beta_n$  является натуральной величиной угла наклона оптической оси к горизонту. Таким образом осуществляется внешнее ориентирование оптической оси фотоаппарата.

\* Формула получается из геометрических соотношений рис. 3 следующим образом: в  $\triangle ART$   $\angle ART = 90^\circ$ ,  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{x_0}{AR}$ , из  $\triangle ARS$   $AR = F \cdot \cos \beta$ , учитывая, что  $\frac{x_0}{F} =$

$$\operatorname{tg} \alpha_0, \text{ получим } \operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha_0}{\cos \beta}.$$

Если положение точки  $B$  определено по фотоснимку с точностью  $\pm 5$  см, то при пролете моста 100 м этой ошибке будет соответствовать угловая ошибка в определении вертикального угла порядка  $\Delta\beta \approx \approx \operatorname{arctg} \frac{5}{10000} = 1,5'$ . Однако вследствие неточностей, связанных с графическими построениями, учетом дисторсии, неравномерности усадки фотобумаги и т. д., точность несколько снижается, однако остается вполне приемлемой при наблюдении за ледоходом, о чем сказано ниже.

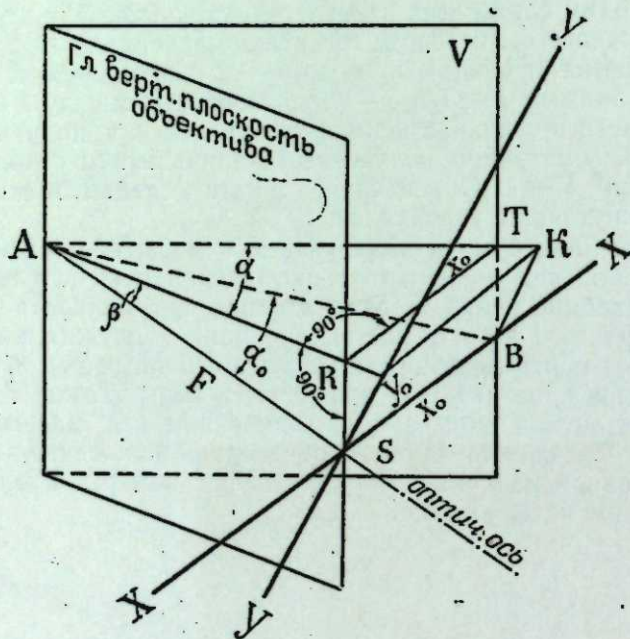


Рис. 3. Построение к определению угла  $\alpha$ .

Принимая главную горизонталь снимка  $X-X$  и главную вертикаль снимка  $Y-Y$  за координатные оси, нанесем их на чертеж (рис. 2). Для облегчения ориентирования поместим снимок по отношению к центру проекций с той же стороны, что и снимаемую местность. Для этого на проекции натуральной величины оптической оси  $AG$  отложим  $AS$ , равный  $F$ . В точке  $S$  строим  $Y-Y$  перпендикулярно  $AG$ . Снеся точку  $S$  на вертикальную проекцию оптической оси в направлении, параллельном  $O-O$ , получим  $S''$ , горизонтальная проекция которой будет  $S'$ . Через  $S'$  проводим  $X-X$  перпендикулярно горизонтальной проекции оптической оси.

#### б) Построение плана льдины

Далее переходим к построению соответствующих точек.

Пусть требуется найти точку  $m$  на плане, соответствующую точке фотоснимка  $M$ . На рис. 1 через изображение точки  $M$  проводим, ориентируясь по предварительно проведенным следам вертикальных плоскостей, прямую, отсекающую на оси  $X-X$  абсциссу  $x$ , и прямую, параллельную  $X-X$  и отсекающую на оси  $Y-Y$  ординату  $y_m$ . Обе эти прямые являются следами вспомогательной наклонной и вертикальной

плоскостей, проходящих через переднюю узловую точку объектива, как центр проекции, и через изображение точки  $M$  на снимке. Соответствующую точку на плане найдем как точку пересечения горизонтальных следов этих вспомогательных плоскостей. Для этого на оси  $X-X$  (рис. 2) откладываем отрезок  $S'j'$ , равный величине абсциссы  $x_m$  точки  $M$ , взятой из рис. 1. Через  $j'$  проводим горизонтальный след вспомогательной вертикальной плоскости. На оси  $Y-Y$  (рис. 2) откладываем отрезок  $Si$ , равный ординате  $y_m$  точки  $M$ , взятой из рис. 1. Через  $i$  проводим след  $Al$  вспомогательной наклонной плоскости. При этом угол  $\gamma$  есть натуральная величина угла между главной и вспомогательной наклонными плоскостями. Сносим точку  $n$  на ось  $O-O$  в положение  $n''$ . Затем из центра  $A'$  радиусом  $A'n''$  сносим точку  $n''$  на горизонтальную проекцию оптической оси в положение  $n'$ . Через  $n'$  проводим перпендикулярно горизонтальной проекции оптической оси горизонтальный след  $p'n'$  вспомогательной наклонной плоскости. В точке пересечения следов  $A'c'$  и  $p'n'$  находим искомую точку  $m$ .

Таким образом, взяв на фотоснимке ряд характерных точек, по контуру льдины можем построить соответствующие им точки на плане, соединив которые, получим очертание льдины в плане.

Для практической оценки точности способа с моста производилась съемка прямоугольной фигуры  $80 \times 80$  м, разбитой на ледяном покрове реки по оси опоры моста. В качестве съемочной камеры использовался аппарат «Зоркий-3» с широкоугольным объективом. Превышение места стоянки наблюдателя над поверхностью льда составляло 20 м, пролет моста 125 м. При этих условиях ошибка в определении площади фигуры составила около 15%.

#### Заключение

Изложенный в статье способ дает возможность с достаточной точностью построить по фотоснимку план движущейся льдины без специального фотограмметрического оборудования и при незначительной затрате средств. Для этого нужно иметь фотоаппарат типа «ФЭД» и масштабную рейку, вместо которой иногда можно использовать облицовку сооружения.

Применительно к изучению воздействия льда на сооружения способ имеет следующие удобства:

- а) аппаратом типа «ФЭД» можно фотографировать льдины, следующие друг за другом через небольшие промежутки времени;
- б) возможно построение плана льдин по кадрам киносъемки, что важно для оценки уменьшения площади льдин по мере их разрушения сооружением и для выяснения влияния размеров льдины на величину динамического давления;
- в) так как внешнее ориентирование осуществляется с помощью масштабной рейки, расположенной на некотором расстоянии от аппарата, то исключается нежелательное влияние на точность результатов вибрации сооружения от ударов льдин или проходящих поездов, как это может быть при наблюдении с моста.

Способ был успешно применен для определения площадей льдин при обработке материалов экспедиции Транспортно-энергетического института Сибирского отделения АН СССР, изучавшей в 1959 г. динамическое давление льда на опоры моста во время весеннего ледохода на одной из рек Сибири по кинематическому методу К. Н. Коржавина. Всего было сфотографировано и обработано 18 льдин площадью от 700 до 25000 м<sup>2</sup>. Построения выполнялись в масштабе 1 : 200. В зависимо-

сти от конфигурации льдины приходилось строить от 10 до 25 точек по ее контуру. При качественных снимках на построение одного плана затрачивалось около 2 часов.

Транспортно-энергетический институт  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
14/XII 1959

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. Н. Коржавин, Новый метод определения фактического давления льда на опоры мостов. Тр. ТЭИ ЗСФАН СССР, вып. VII, Новосибирск, 1958.
2. К. Н. Коржавин, Опыт определения фактического давления на опоры мостов. Тр. ТЭИ ЗСФАН СССР, вып. VII, Новосибирск, 1958.
3. Е. В. Близняк, В. М. Никольский, Гидрология и водные исследования. Изд. Мин. речн. флота, М.—Л., 1946.
4. В. Д. Быков, Гидрометрия. Гидрометеониздат, Л., 1949.
5. А. С. Скиридов, Стереофотограмметрия. Геодезиздат, М., 1951.
6. Р. Финстервальдер, Фотограмметрия. Геодезиздат, М., 1959.

Л. И. КОРЕНЬ, Е. П. ОЖИГОВ

### АНДЕЗИТОБАЗАЛТЫ ПРИМОРСКОГО КРАЯ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дальний Восток обладает практически неисчерпаемыми запасами андезитобазальтов, залегающих в различных районах. Крупные выходы андезитобазальтов имеются в Приморском крае [1]. В настоящее время андезитобазальты Приморья применяются как бут, щебень.

Исследования, проведенные в Советском Союзе по плавлению андезитобазальтов, совершенно не коснулись Дальнего Востока. Между тем здесь имеются большие запасы сырья для петрургии и ощущается потребность в ее продукции, которая может быть использована в качестве заменителя металла и керамики для производства труб, строительных деталей, облицовочных и половых плит и т. п.

Приморские андезитобазальты отличаются высокой механической прочностью, сопротивлением к истиранию, термостойкостью и атмосфероустойчивостью, что дало основание инженеру Н. Н. Павлову [2] еще в 1930 г. высказать мысль о возможности развития в крае «базальтовой» промышленности. В последующие годы в лаборатории технической химии Дальневосточного политехнического института были сделаны попытки плавления андезитобазальтов, но эти опыты не были завершены и результаты исследований не сохранились.

В настоящей работе излагаются результаты лабораторных исследований литевых свойств местных андезитобазальтов и их способности образовывать пено- и спекшиеся материалы.

Экспериментальная часть работы выполнялась в Химическом отделе Дальневосточного филиала АН СССР и частично в Химическом институте Академии наук Армянской ССР (при консультации А. В. Абрамяна) в период с 1954 по 1956 г.

Исследовались пробы трех месторождений: «Клепка» (1) близ станции Раздольное, «Барановское» (2, 2а) на правом берегу р. Суйфун против разъезда Барановский ДВЖД и «Перебоевка» (3) в 5 км от разъезда Барановский.

#### Краткая петрографическая характеристика

Обр. 1. Структура порфировая; основной массы — интерсертальная равномерно-мелкозернистая. Минералогический состав: в порфировых вкраплениях полисинтетические двойники плагиоклаза (ряда андезин — лабрадор) длиной до 3 мм и крупные кристаллы более редких ромбического и моноклинического пироксенов (гиперстен, авгит); основная масса состоит из микролейст среднего плагиоклаза (лабрадор), мелких зерен моноклинического пироксена, редких кристалликов оливина и отдельных участков бурого слабонакristализованного стекла; микрозерна рудного минерала. Количество минералов-вкраплений: плагиоклаза 15—20%, пироксена 3—8%; остальное — основная масса.

Обр. 2. Структура порфировая; основной массы — плутокситовая спутанно-локнистая. Минералогический состав: в порфировых вкраплениях плагиоклаз (ряда



андезин — лабрадор и лабрадор), моноклинный и реже ромбический пироксен (авгит, гиперстен) до 1 мм; в основной массе ультрамикрорейсты плагноклаза, изометрические микрочерны авгита, стекло (бурое, местами серовато-бурое с примесью пеплового материала); редкие зерна ромбического пироксена и рудного минерала. Значительно преобладает основная масса.

Обр. 2а. Отличается от обр. 2 гналопилитовым характером основной массы и высоким содержанием в ней стекла (до 60%).

Обр. 3. Структура призматически-зернистая (долеритовая) с участками гналопилитовой, равномерно-зернистая, приближающаяся к интерсертальной. Минералогический состав: лейсты плагноклаза (ряда лабрадор и лабрадор—андезин) до 1,5 мм, кристаллы моноклинного пироксена (авгит), зерна и кристаллы ромбического пироксена (гиперстен) до 3—3,5 мм, в промежутках серо-бурое стекло с небольшой примесью пеплового материала. Количество минералов: плагноклазов до 65%, пироксенов до 30%, стекла до 5%.

Выбранные месторождения характеризуются большими запасами, близостью к транспортным магистралям и источникам энергии, а также к местам возможного потребления (Владивосток, Уссурийск, Находка). Отобранные средние пробы были подвергнуты спектрографическому и химическому анализам; результаты последнего приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Оксиды	Характеристика андезитобазальтов							
	оливиновый плотный (1)		аргитовый плотный (2)		авгитовый пористый (2а)		гиперстеновый плотный (3)	
	вес. %	мол. %	вес. %	мол. %	вес. %	мол. %	вес. %	мол. %
SiO <sub>2</sub>	55,20	61,10	59,18	67,90	55,28	62,21	55,02	59,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,43	11,99	16,75	11,31	17,37	11,51	15,64	9,93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,30	0,98	5,34	2,29	4,98	2,12	3,39	1,35
FeO	6,97	22,13	2,91	12,92	4,13	19,53	8,04	26,42
CaO	7,57		4,94		6,64		8,93	
MgO	4,10	3,80	2,41	5,58	4,54	4,63	5,53	3,09
Na <sub>2</sub> O	2,48		2,66		2,65		2,62	
K <sub>2</sub> O	1,59	—	3,57	—	2,44	—	0,57	—
п.п.п.	1,42		2,36		2,08		0,40	
Сумма	100,06	100,00	100,12	100,00	100,11	100,00	100,14	100,00
Магматическая формула по Левинсону-Лессингу	2,00RO·R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·4,71SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O:RO=1:5,82 α=1,88		1,36RO·R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·4,99SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O:RO=1:2,31 α=2,29		1,77RO·R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·4,57SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O:RO=1:4,22 α=1,92		2,62RO·R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5,25SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O:RO=1:8,55 α=1,87	

\* Далее в тексте обозначения образцов приняты, как в табл. 1.

Рассмотрев данные табл. 1, отметим близость по составу пород 1 и 3, а также соответственно 2 и 2а. Это же подтверждается сравнением их удельных весов и содержанием гигроскопической воды (табл. 2).

Таблица 2

Показатели	Образец			
	1	2	2а	3
Уд. вес, г/см <sup>3</sup>	2,80	2,64	2,76	2,86
Содержание гигроскопической воды, %	0,64	2,08	1,67	0,33

Вычисление по магматическим формулам Левинсона — Лессинга показывает, что образцы 3 и 1 должны обладать лучшими петруги-ческими свойствами, чем образцы 2 и 2а. Кроме того, эти формулы характеризуют породы как переходные от базальта к андезиту. Исключение составляет образец 2 — он вряд ли может считаться андезитобазальтом, как считалось в литературе до сих пор, а должен быть причислен к андезиту.

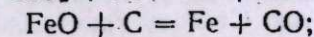
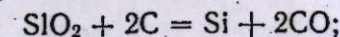
Для оценки сырья молекулярные проценты нанесены на тройную диаграмму, по Г. Ю. Жуковскому [3], при этом образцы 3, 1 и 2а попадают в отвечающую хорошим литевным свойствам часть диаграммы.

Таким образом, уже по результатам химического анализа можно расположить образцы по мере ухудшения их литевых свойств в ряд: 3, 1, 2а, 2. Данные проведенных в укрупненном масштабе предварительных плавов порошков выбранных пород в высокочастотной печи Химического института АН Армянской ССР, приведенные в табл. 3, свидетельствуют о правильности сделанных выше выводов.

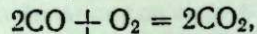
Таблица 3

№ образца	Наименование андезитобазальта	Режим плавки	Характеристика стекла	Примечание
1	Оливиновый	Плавка в графитовом тигле из электрода в течение 40 мин. при температуре поверхности 1350°C.	В восьмерку и кубики льется легко, но масса еще не дегазированная; тянутся нити длиной 2—3 м, толщиной 0,5 мм, ровные, без утолщений; цвет стекла черный, в тонком слое малопрозрачный, бурый; остаток из тигля вылит в «лепешку» — очень прочную, плотную с редкими мелкими порами и раковинным изломом; отлитые образцы с гладкими точными поверхностями.	Имеются включения ферросилиция <i>d</i> до 0,5 мм.
2	Авгитовый	Плавка в графитовом заводском тигле в течение 30 мин. при температуре поверхности 1350°C.	Масса очень пузыристая и вязкая; восьмерку заполняет только сверху и то в виде жгутов; в кубик вылить не удалось, излом восьмерки крупнопористый.	Несколько лучше проходила плавка при том же режиме образца 2а.
3	Гиперстеновый	Плавка в графитовом заводском тигле в течение 40 мин. при температуре поверхности 1350°C.	Хорошо заполняет формы; тянутся нити в 3—4 м, но есть непровар; масса не совсем дегазирована; излом образцов гладкий, глянцевый, плотный; точно передает рисунок форм; стекло в тонком слое коричневое.	Много ферросилиция в виде включений <i>d</i> до 5 мм; расположение ферросилиция в основном у стенок и дна; при плавке наблюдалось искрение расплава.

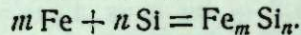
Наблюдаемые при плавке в восстановительной среде явления искрения и образования на стенках и у дна включений ферросилиция объясняются, очевидно, большим содержанием железа в образце 3 и идущими на границе расплав — графит реакциями восстановления:



закись углерода моментально сгорает — искрит:



а железо с кремнием образуют ферросилиций:



Предварительными плавками установлена непригодность для плавки в чистом виде (без добавок) образцов 2 и 2а и целесообразность дальнейших опытов с образцами 3 и 1. Расплавы последних однородны, не подвержены расслоению, хорошо льются и заполняют формы.

Последующие опыты проводились в лабораторной печи типа «Марс» с порошком образца 3 дисперсностью менее 0,25 мм с целью выявления изменений при нагревании. Уже при нагревании этого порошка в течение 0,5 часа при температуре 300°С обнаруживаются изменения в цвете; в интервале 1000—1100° наблюдается спекание, при 1150° появляется жидкая фаза, а при 1350° тянутся ровные длинные нити, свидетельствующие об однородности расплава. Таким образом, за температуру варки гиперстенового андезитобазальта можно принять температуру 1380—1400°.

В интервалах до часа при постоянной температуре расплав быстро меняет свою вязкость и становится однородным. Это свидетельствует о том, что образцы изменяются в основном в течение первой половины часа; т. е. процессы идут достаточно быстро. В производственных условиях время варки будет, конечно, большим и составит примерно 2—3 часа. В ходе отбора проб при охлаждении выявлена большая способность расплава к переохлаждению с сохранением жидкотекучего состояния. Жидкотекучее состояние расплава сохраняется до 1250°. Если считать температуру полного расплавления 1350°, то величина гистерезиса составит 100°. Это гарантирует расплав от появления «застывов» и позволит производить разлив при пониженной температуре.

Затвердение расплава, определяемое по возможности взятия пробы палочкой, наступает при 1050°.

Образцы породы 1 в общем ведут себя аналогично, но полное расплавление наступает несколько позже — в интервале температур 1350—1400°.

В последующей серии опытов выявлялось влияние на кристаллизацию стекла добавок доломита, плавикового шпата и хлористого магния, а также условий среды.

Все добавки вводились в виде химически чистых реактивов. Для определения кристаллизационной способности в печи «Марс» было сварено стекло как из чистых образцов 3 и 1, так и из образца 1 с добавками.

Результаты кристаллизации в тигельной электропечи в течение 2 часов при температуре 800° следующие. Образец 1 как в чистом виде, так и с добавками плавикового шпата и хлористого магния, сваренный в окислительной среде, признаков заметной кристаллизации не обнаруживает, с добавкой же доломита в количестве 4 и 20% от веса породы заметно кристаллизуется, а с добавкой 10% кристаллизация протекает довольно активно. Образец 3, сваренный в той же окислительной среде, хотя и слабо, но проявляет признаки кристаллизации. Кристаллизация образца 1 (чистого), сваренного в восстановительной среде, проходит активно.

На следующей температурной ступени при 900° картина кристаллизации несколько меняется. Степень кристаллизации всех без исклю-

чения образцов увеличивается. Максимум кристаллизации также приходится на образец 1 с добавкой доломита, но уже в количестве 20%. Кристаллизация образцов с добавкой плавикового шпата увеличивается с введением большего количества добавки (1, 2 и 5%), как и образца с хлористым магнием (4, 10 и 20%), но остается слабее, чем при добавке доломита.

При 1000° наблюдаются морщинистость поверхности и оплавление углов образцов при общем увеличении степени кристаллизации. Расплавление стекла происходит при 1200°. Возможный интервал кристаллизации для переохлажденного базальтового стекла 800—1150°.

Размягчение естественного камня и переохлажденного стекла из андезитобазальтов устанавливалось по конусам Зегера в печи «Марса». Результаты измерений приведены в табл. 4.

Таблица 4

Материалы	№ образца	Температура, °С			Интервал размягчения, °С
		начала размягчения	размягчения	конца размягчения	
Естественный андезитобазальт	1	1130	1220	1250	120
	3	1160	1220	1240	80
Стекло, сваренное в окислительной среде	1	1050	1160	1240	190
	3	1050	1200	1230	180
То же, в восстановительной среде	1	1060	1160	1240	180

Из табл. 4 видно, что размягчение образца 1, содержание стекловидного базиса в котором вследствие большей кислотности выше, чем у образца 3, начинается раньше, но из-за большей тугоплавкости минералов заканчивается позже. При размягчении стекловидных образцов (где нет двух фаз) вследствие очень малого расхождения их химического состава эта разница исчезает.

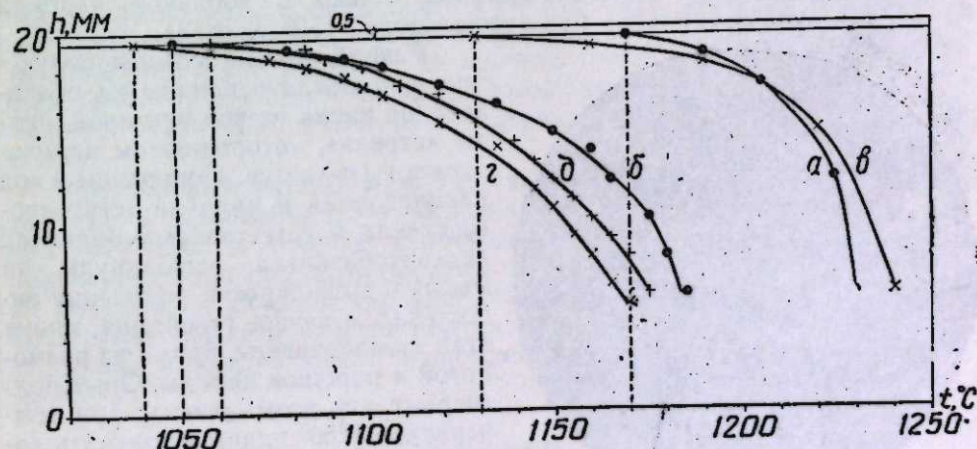


Рис. 1. Динамика размягчения.

а — естественный обр. 3, б — стекло из обр. 3, в — естественный обр. 1, г — стекло из обр. 1, д — то же сваренное в восстановительной среде.

Динамика размягчения, определенная по оседанию образцов под нагрузкой при нагревании, характеризуется кривыми, представленными на рис. 1.

Температура прогиба нитей (штабиков), т. е. температура, ниже которой недопустимо переохлаждение расплава при отливке, составляет примерно 700°.

На рис. 2 приведены кривые растворимости в кипящей серной кислоте наиболее перспективного, гиперстенowego андезитобазальта и для сравнения фарфора. Видно, что плавный андезитобазальт обладает высокой кислотостойкостью.

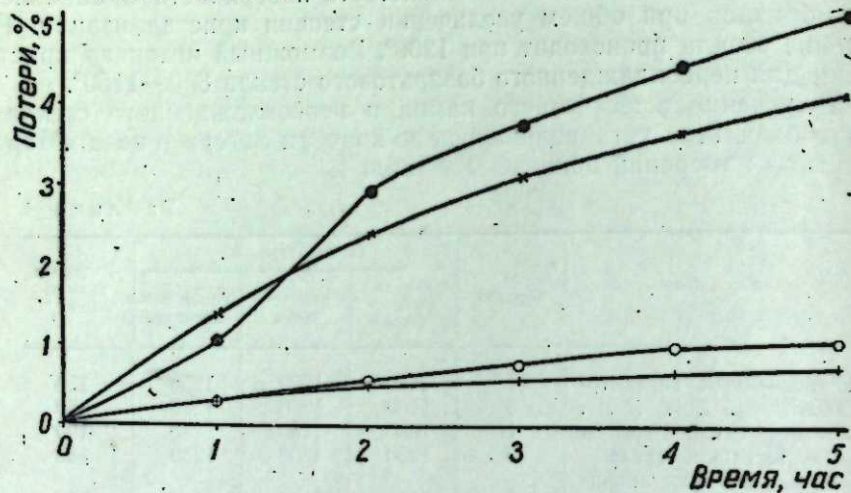


Рис. 2. Кривые кислотостойкости.

• — фарфор, x — андезитобазальт, + — стекло из андезитобазальта, o — то же, закристаллизованное.

Исходным материалом для получения пеностекла послужило чистое стекло, сваренное из более кислого авгитового образца 2. Методика эксперимента\* в основном соответствовала методике, разработанной И. И. Китайгородским [4]. В качестве газообразователя использовались карбид кремния (1; 0,5 и 0,2%) и графит (0,5; 0,2 и 0,1%). Получить пеностекло хорошего качества удалось только с добавкой карбида кремния в количестве 0,5% при температуре 1150° (рис. 3).

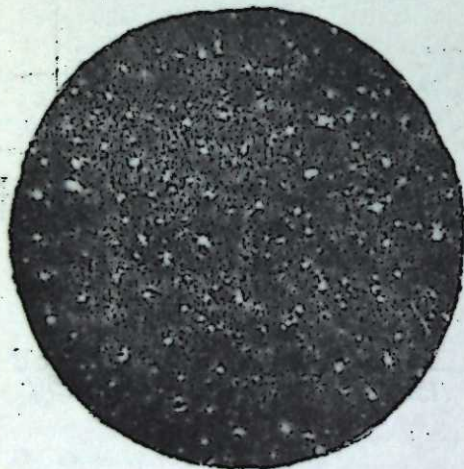


Рис. 3. Андезитобазальтовое пеностекло (X 10).

\* При исследовании пористых материалов применялся порошок, проходящий через сито с 6400 отв/см<sup>2</sup>.

Разработанные методы получения пеностекла основаны на обязательной варке из той или иной шихты «стекла», которое затем измельчается и спекается. Постепенный ход расплавления и наличие остаточного стекла в естественных образцах андезитобазальта натолкнули на мысль о возможности получения пеностекла, а вернее газокамня, минуя этап стекловарения, прямо из размолотой в порошок породы. Опыт подтвердил эту возможность: при температуре 1250° удается получить газокамень, применяя в качестве газообразователя карборунд в количестве 0,5—1%. Получаемый материал отличается большой прочностью, но процесс спекания очень чувстви-

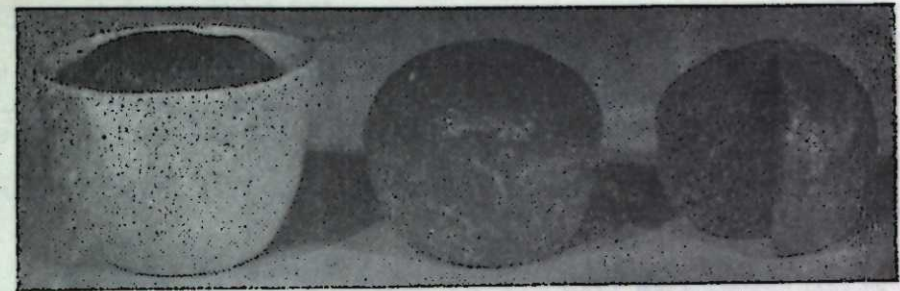


Рис. 4. Образцы газокаменного стекла.

телен к колебаниям температуры; как, впрочем, и при использовании стекла из андезитобазальта для получения пеностекла. Другим отрицательным моментом получения пористого материала по данной методике является высокая температура спекания и отсюда необходимость применения в производственных условиях жаростойких форм. По-видимому, в дальнейшем постановка опытов с применением плавней позволит снизить температуру спекания. Применяя комбинированный состав из 60% порошка естественного камня и 40% листового стекла\*, удалось получить при 1050° газокаменное стекло (рис. 4), также отличающееся высокой прочностью.

В литературе [5] отмечена возможность получения плотных спекшихся изделий из плавного базальта. Применять такой метод, несомненно, менее целесообразно, чем предлагаемый нами метод спекания порошка естественного камня, так как последний исключает дорогостоящую варку, структура же материала остается кристаллической. С целью снижения температуры спекания был применен комбинированный состав из 60% естественного камня и 40% листового стекла, смесь порошков которых при спекании образует прочный, не хрупкий материал (рис. 5). Соответствующие температуры спекания будут 1050 и 850° при выдержке 20—30 мин.

Еще больший интерес может представить не спекание, а сплавление порошка камня при температуре 1250° в течение короткого времени. Полученные таким образом образцы имеют плотное полукристаллическое строение. Почти такие же прочные образцы удается получить и сплавлением комбинированного состава (порошка камня и листового стекла) при более низких температурах.

#### Выводы

1. Изучены химический состав и петрографические свойства трех андезитобазальтов Приморского края, два из которых показали хорошие литьевые качества.
2. Показано, что применение добавок, особенно доломита в количе-

\* Химический состав стекла в %: SiO<sub>2</sub>—72,73, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—3,44, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—1,00, CaO—7,22, MgO—0,40, Na<sub>2</sub>O—14,79, K<sub>2</sub>O—1,53; температура расплавления 900°.

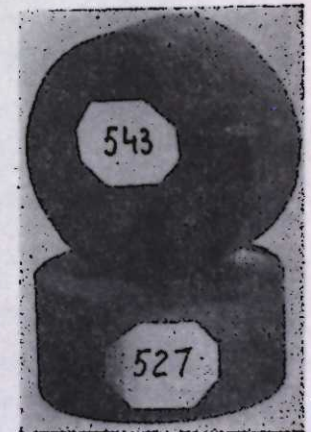


Рис. 5. Спекшиеся образцы (уменьшено в 2 раза).

стве 10%, сильно снижает температуру начала кристаллизации; подобным же образом действует и восстановительная среда плавки.

3. Установлена принципиальная возможность получения ряда новых материалов из андезитобазальтов: пеностекла, газокаменестекла, газокамня, а также сплавившихся и спекшихся изделий из камня и его смеси со стеклом.

Эти работы требуют дальнейшей постановки лабораторных и производственных опытов.

Дальневосточный филиал  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
23/1 1958

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Овсянников, Каменные строительные материалы. Полезные ископаемые Дальневосточного края, т. 1, Владивосток, 1938.
2. Н. Н. Павлов, О возможности развития «базальтовой промышленности» в районе, тяготеющем к Сучану. Сучано-Ольгинский комбинат, 1930.
3. Г. Ю. Жуковский, М. Г. Черняк, Э. З. Житомирская, Вязкость плавленых горных пород. Керамика и стекло, № 1, 1936.
4. И. И. Китайгородский, Т. Н. Кешишян, Пеностекло. Промстройиздат, 1953.
5. А. В. Абрамян, Исследование влияния окисления и восстановления на процесс плавки и перекристаллизации базальта. Канд. дисс. Ереван, 1953.

В. З. АННЕНКОВА

### ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОКСА ИЗ УГЛЕЙ ИРКУТСКОГО БАСЕЙНА И ОТХОДОВ ПОЛУКОКСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Угли Иркутского бассейна являются в основном слабоспекающимися с большим выходом летучих веществ и дают при самостоятельном коксовании плохо спеченный и очень трещиноватый кокс.

Для увеличения способности этих углей к спеканию требуются добавки жирного угля или какого-либо связующего, а для уменьшения трещиноватости кокса требуется введение в состав шихты отошающей присадки.

В Иркутской области, благодаря развитию полукоксовой промышленности, накапливаются большие количества тяжелых смол и полукоксовой мелочи, которые до сего времени не нашли квалифицированного применения.

В связи с огромной потребностью в металлургическом коксе и отсутствием в данной области коксующихся углей нами была изучена возможность получения кокса на базе иркутских углей и отходов полукоксового производства, а также изучено влияние технологических факторов на качество кокса.

Коксование проводилось на Московском коксогазовом заводе в печах ПК-47. Период коксования составлял 14 час. при температуре с машинной стороны печи 1325° и с коксовой стороны — 1360°.

Таблица 1

Характеристика концентратов из иркутских углей

Шахты	Зола, %	Пластометрические показатели, мм		Спекаемость по ИГИ
		х	у	
Забитуй	10,5	50	14	28
Владимир	14,0	50	12	18
М. Артем	10,3	45	8	15

Для коксования в полувзаводских условиях были отобраны пробы из углей шахт Забитуй, Владимир и М. Артем Черемховского месторождения. Угли обогащались в Московском горном институте на кафедре механического обогащения с помощью отсадочной машины полупромышленного типа и высокочастотной отсадочной машины типа 30 ОТК Механобр.

Анализ полученных концентратов представлен в табл. 1.

стве 10%, сильно снижает температуру начала кристаллизации; подобным же образом действует и восстановительная среда плавки.

3. Установлена принципиальная возможность получения ряда новых материалов из андезитобазальтов: пеностекла, газокаместекла, газокамня, а также сплавившихся и спекшихся изделий из камня и его смеси со стеклом.

Эти работы требуют дальнейшей постановки лабораторных и производственных опытов.

Дальневосточный филиал  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
23/1 1958

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Овсянников, Каменные строительные материалы. Полезные ископаемые Дальневосточного края, т. 1, Владивосток, 1938.
2. Н. Н. Павлов, О возможности развития «базальтовой промышленности» в районе, тяготеющем к Сучану. Сучано-Ольгинский комбинат, 1930.
3. Г. Ю. Жуковский, М. Г. Черняк, Э. З. Житомирская, Вязкость плавленых горных пород. Керамика и стекло, № 1, 1936.
4. И. И. Китайгородский, Т. Н. Кешишян, Пеностекло. Промстройиздат, 1953.
5. А. В. Абрамян, Исследование влияния окисления и восстановления на процесс плавки и перекристаллизации базальта. Канд. дисс. Ереван, 1953.

В. З. АННЕНКОВА

#### ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОКСА ИЗ УГЛЕЙ ИРКУТСКОГО БАСЕЙНА И ОТХОДОВ ПОЛУКОКСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Угли Иркутского бассейна являются в основном слабоспекающимися с большим выходом летучих веществ и дают при самостоятельном коксовании плохо спеченный и очень трещиноватый кокс.

Для увеличения способности этих углей к спеканию требуются добавки жирного угля или какого-либо связующего, а для уменьшения трещиноватости кокса требуется введение в состав шихты отошающей присадки.

В Иркутской области, благодаря развитию полукоксовой промышленности, накапливаются большие количества тяжелых смол и полукоксовой мелочи, которые до сего времени не нашли квалифицированного применения.

В связи с огромной потребностью в металлургическом коксе и отсутствием в данной области коксующихся углей нами была изучена возможность получения кокса на базе иркутских углей и отходов полукоксового производства, а также изучено влияние технологических факторов на качество кокса.

Коксование проводилось на Московском коксогазовом заводе в печах ПК-47. Период коксования составлял 14 час. при температуре с машинной стороны печи 1325° и с коксовой стороны — 1360°.

Таблица 1

Характеристика концентратов из иркутских углей

Шахты	Зола, %	Пластометрические показатели, мм		Спекаемость по ИГИ
		х	у	
Забитуй	10,5	50	14	28
Владимир	14,0	50	12	18
М. Артем	10,3	45	8	15

Для коксования в полувзаводских условиях были отобраны пробы из углей шахт Забитуй, Владимир и М. Артем Черемховского месторождения. Угли обогащались в Московском горном институте на кафедре механического обогащения с помощью отсадочной машины полупромышленного типа и высокочастотной отсадочной машины типа 30 ОТК Механобр.

Анализ полученных концентратов представлен в табл. 1.

### Методика испытаний

С целью испытания большого количества шихт нами была разработана и применена специальная методика коксования в заводских условиях, отличная от коксования в ящиках при загрузке 50—60 кг.

Известно, что при подборе шихт из углей нового месторождения, при изменении строя действующих шихт или введении в шихту новых компонентов эффективным методом для испытания качества новых смесей является метод ящичного коксования. Но для проведения испытания этим методом нужно располагать значительным количеством угля.

Если же нельзя доставить большое количество угля, то, как показали наши исследования, можно использовать метод ящичного коксования для малых количеств угля и получать достаточно правильное представление о качестве (в частности, прочности) кокса, выжженного из опытных смесей.

Методика работы сводилась к следующему. Ящики готовились из 1,5 мм железа, в основном с загнутыми краями. Размеры ящика — 660 × 360 × 330 мм. Листовым асбестом ящик делился на 6 равных по объему ячеек; каждая ячейка заполнялась 5 кг подготовленной смеси, которая уплотнялась в той или иной степени. Для определения насыпного веса шихты замерялись ее линейные размеры; высота асбестовых перегородок равнялась 160 мм.

Загруженный шихтой ящик закрывался крышкой с просверленными отверстиями; левый отогнутый (для выдвижения крышки) край ящика загибался. Затем ящик помещался в поддон, в котором был насыпан кокс, шихта или любой уголь, для смягчения влияния нагретого пода печи. Поддон с ящиком переносился на машинную сторону печей; в печь ящик вводился штангой коксовиталкивателя до уровня 4-го вертикала.

Полученный таким образом кокс испытывался на прочность в аппарате для сбрасывания. Для более подробной оценки механических свойств кокса и исследования динамики процесса его разрушения кокс 14 раз сбрасывался с высоты 1,8 м на стальную плиту, после чего рассеивался на ситах 80, 60, 40, 25, 13 мм. Количество фракций кокса на соответствующих ситах характеризовало прочность кускового кокса.

Кроме того, для оценки прочности коксового материала, или тела кокса, лишеного трещин, отбиралась средняя проба после сбрасывания от всех классов > 5 мм; проба измельчалась, и отбиралась навеска для испытания копровым методом. Принцип и методика испытания подробно описаны в литературе (К. И. Сысков, Методика определения прочности кусковых материалов. Завод. лабор., № 10, 1947).

Используя данный метод, мы проверили большое количество различных смесей и выяснили возможности получения кокса из смесей исследованного нами строя.

Цель нашей работы в основном состояла в том, чтобы использовать отходы полукоксового производства в виде тяжелых остатков смолы и полукоксовой мелочи, а также выяснить влияние количества связующего, полукокса и таких факторов, как измельчение и уплотнение на качество кокса.

Необходимо отметить, что влияние количества связующего и полукокса испытывалось на оптимальных шихтах, которые были выбраны из многочисленных лабораторных опытов. При исследовании влияния количества связующего в первом случае и при исследовании влияния полукокса во втором приходилось изменять количество и других ком-

понентов, но так, чтобы сумма их равнялась 100%. Такое изменение остальных компонентов, как нами было показано при лабораторных исследованиях, существенно на качество кокса не влияет.

### Влияние количества связующего на качество кокса

Для приготовления связующего и смешивания его с основной шихтой мы использовали 2 метода:

1. Растертый в порошок пек подогревался перегретым паром до превращения его в жидкость, а затем полукоксы и неспекающийся уголь обрызгивались расплавленной массой, капельки которой прилипали к частицам угля; все это тщательно перемешивалось с остальным углем.

2. Пек предварительно растворялся в каком-нибудь органическом растворителе, например, в толуоле, и в этом случае распределение частиц связующего осуществлялось полнее.

Механизм влияния связующего, например, пека, заключается, по-видимому, в следующем. Это вещество при температуре размягчения переходит в расплавленное состояние и распределяется между зёрнами угля, что обуславливает увеличение компактности загрузки, необходимое для осуществления процесса спекания угля.

Компактным состоянием веществ является жидкое; вот почему угли, которые дают больший пластический слой при нагревании, лучше спекаются. В нашем случае связующее как бы заменяет пластическую массу и, кроме того, улучшает качество последней. Обволакивая угольные зёрна, пек оказывается как бы посредником между ними и тем самым обеспечивает прочность связи между частицами коксуемой массы. При этом, чем выше температура плавления пека, тем, по-видимому, более эффективной будет его роль в процессе спекания.

Коксование шихт и определение прочности кокса производились по указанным выше методам.

Состав шихт с различным участием связующего и результаты определения прочности кокса приведены в табл. 2.

При рассмотрении кокса, полученного из смеси 1 без добавки пека, видно, что кокс в этом случае хуже, чем во всех остальных случаях, несмотря на то, что полукоксы здесь было всего 10%. Это произошло из-за отсутствия в смеси пека: структура кокса рыхлая, видны слипшиеся друг с другом зёрна, ярко выражены трещины; в целом кокс неоднородный.

Кокс смеси 2 (с 6,5% связующего) плотный, хорошо спеченный, в особенности у стенок ящика; ближе к оси ящика крупнопористый, трещиноватый.

Кокс смеси 3 (с 8% связующего) имеет довольно плотную структуру, крупнопористый. Часть, прилегающая к стенке, более плотная, структура металлургического кокса, серого цвета.

Кокс смеси 4 (с 10% связующего и 20% полукоксы) спеченный, структура крупнопористая, серого цвета, имеются трещины, кокс тяжелый, плотный.

При рассмотрении данных табл. 2, полученных при определении прочности кокса из указанных смесей копровым методом, видно, что наилучшие результаты получены при коксовании смеси 4, в состав которой входит 10% пека и 20% полукоксы. Правда, прочность вещества кокса несколько ниже, чем кокса из смеси 3, но зато и трещиноватость гораздо меньше.

Таблица 2

Характеристика кокса, полученного из шихты со связующим

№ смеси	Состав шихты				Число сбрашиваемых шихт	Выход классов, %						Испытание копровым методом		
	Состав сы сеп, %					>80	80-60	60-40	40-25	25-5	<5	>40	>2,5 мм	<0,5 мм
	уголь шихты		полукокс	пек										
	Забитуй	Владимир												
1	40	20	30	10	—	41,1	18,5	25,2	19,9	10,0	53,8	67,35	14,4	
	40	13,5	25	15	—	28,6	30,8	33,3	22,6	14,0	37,4			
	47	10	13	20	—	17,9	24,7	38,2	19,2	8,3	37,8			
2	40	20	30	10	4	29,6	38,7	27,6	4,1	3,2	66,0	74,1	10,8	
	40	13,5	25	15	8	28,6	30,8	33,0	7,6	6,3	53,3			
	47	10	13	20	14	17,9	24,7	38,2	19,2	8,3	37,8			
3	47	10	20	15	4	37,3	28,6	19,0	15,1	1,5	63,1	79,75	9,0	
	47	10	20	8	8	16,5	41,5	19,5	22,5	5,8	54,3			
	47	10	20	14	14	6,6	36,9	26,0	30,5	8,73	38,8			

Кокс из смеси 1 также показал небольшую прочность, а кокс из смеси 2 получился довольно прочным, несмотря на то, что связующего здесь было меньше, чем в смесях 3 и 4.

Можно сделать вывод, что качество кокса сильно зависит от количества связующего: чем больше будем добавлять пека, тем лучше получается кокс, даже если параллельно будем добавлять и полукокс. Коксовать же иркутские угли без связующего невозможно, так как получается плохо спеченный, сильно истирающийся кокс.

#### Влияние добавки полукокса на качество кокса

Вопрос о влиянии полукокса на качество кокса является очень важным в связи с большой трещиноватостью кокса, получаемого из индивидуальных иркутских углей и их смесей.

Было прококсовано несколько шихт с различным содержанием полукокса. Прочность кокса дана в табл. 3, из которой видно, что оптимальное количество полукокса, вводимого в состав шихты, не должно превышать 20%. Добавление к шихте 25% полукокса резко понижает прочность и увеличивает истираемость кокса.

#### Влияние помола шихты на качество кокса

При подборе шихты необходимо было выбрать такой помол углей, который бы наиболее удовлетворял нас в отношении качества кокса и который мог быть легко осуществлен на практике. Для этой цели коксованию подвергались смеси 3, 6 и 7. Ситовый состав углей, входящих в шихты, дан в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что смесь 6 обладает более крупным помолом (класса  $> 3$  мм примерно 18%). Смесь 3 совершенно не содержит зерен угля класса  $> 3$  мм, если не считать 1,2% в угле шахты Владимир. Уголь смеси 7 был пропущен через сито 1 мм, т. е. был измельчен наиболее тонко, и ситовый состав его в табл. 4 не приводится.

Помол полукокса во всех случаях 1 мм. При коксовании смеси 7 кокс по внешнему виду резко отличался от всех образцов кокса, полученного из той же самой шихты. Он характеризовался плохой спеченностью, темно-серым цветом, рыхлостью. Вместе с тем куски этого образца отличались малой трещиноватостью, что доказывает сильное влияние помола шихты на трещиноватость кокса. Трещины в кусках отсутствуют благодаря резкому уменьшению спекаемости. Здесь происходит как бы самоотощение шихт из-за большого измельчения, так как большое измельчение углей ведет к увеличению поверхности угольных зерен, а для склеивания их необходимо большое количество плавкого материала, которого мало в углях с пониженной спекаемостью.

Кокс, полученный при коксовании смеси 6 (более крупный помол), характеризовался хорошей структурой, в нем имелись продольные трещины, он был серого цвета, однородный, плотный. Состав шихты и результаты, полученные при определении прочности, даны в табл. 5. При рассмотрении табл. 5 видно, что наибольшей прочностью обладает шихта 6, затем следует шихта 3 и самые низкие результаты по прочности получены для шихты 7.

Из сказанного выше можно сделать вывод, что при подборе шихты для коксования углей Иркутского бассейна необходимо уделять большое внимание помолу углей, входящих в шихту.

Таблица 3

## Характеристика кокса, полученного из шихты с добавкой полукокса

№ смеси	Состав шихты, %				Число сбраживаний	Выход классов, %							Испытание копровым методом		
	уголь шахты		полукокс	пек		>80	80-60	60-40	40-25	25-5	<5	>40	>2,5 мм	<0,5 мм	
	Забитуй	Владимир													М. Артем
5	45	10	10	25	10	4	51,9 27,6 19,76	3,8 18,4 16,27	26,9 29,9 30,23	26 10,3 16,27	7,8 13,8 17,4	5,5 11,2 12,2	73,01 60,0 51,8	71,8	10,2
4	47	10	13	20	10	4	57,2 45,2 19,8	17,9 13,4 22,5	12,9 18,6 23,9	6,5 5,5 14	10,4 17,3 19,8	2,85 4,58 9,67	78,8 73,7 59,7	74,5	9,10
2	40	13,5	25	15	6,5	4	—	29,6 28,6 17,9	38,7 30,8 21,7	27,6 33,0 38,2	4,1 7,6 19,2	3,2 6,3 8,3	66,0 53,3 37,8	74,1	10,8

Таблица 4

## Ситовый состав угля

№ смеси	Шахты	Ситовый состав угля											
		7	7-5		5-3		3-1		1-0,5		-0,5		
		г	%	г	%	г	%	г	%	г	%		
6	Забитуй	0,35	0,750	2,00	4,0	6,2	12,4	21,7	48,4	2,95	5,9	6,1	12,2
	Владимир	—	—	1,7	3,4	8,57	17,14	29,15	58,3	3,4	6,8	6,8	13,6
	М. Артем	0,2	0,4	0,22	0,44	7,15	14,30	31,55	63,10	3,7	7,4	7,05	14,10
3	Забитуй	—	—	—	—	—	—	17,4	39,8	4,7	9,4	27,3	54,6
	М. Артем	—	—	—	—	—	—	20,44	40,62	3,85	7,7	24,45	92,8
	Владимир	—	—	—	—	0,6	1,2	13,85	22,70	7,95	15,9	23,9	47,8

Таблица 5

## Характеристика прочности кокса, полученного из шихты различного помола

№ смеси	Состав смеси, %				Число сбраживаний	Выход классов, %							Испытание копровым методом		
	уголь шахты		полукокс	пек		>80	80-60	60-40	40-25	25-5	<5	>40	>2,5 мм	<0,5 мм	
	Забитуй	Владимир													М. Артем
6	47	10	20	15	8	4	27,8 11,8	12,2 21,6 17,0	30,5 27,0 30,0	13,0 16,2 21,0	16,5 23,4 32,5	4,0 8,4 12,6	70,5 57,7 43,1	74,35	9,15
7	47	10	20	15	8	4	—	—	28,75 25,7 18,4	43,85 42,9 47,8	27,4 3,4 33,8	8,0 12,6 19,0	28,5 24,3 15,0	49,6	25,2
3	47	10	20	15	8	4	—	37,3 16,0 6,6	28,6 41,5 36,9	19,0 19,5 26,0	15,1 22,5 30,5	1,5 5,8 8,73	63,1 51,3 38,8	79,75	9,0

Таблица 6

## Характеристика кокса, полученного из уплотненной шихты

№ опыта	Состав смеси, %	Выход классов, %						
		>80	80-40	60-40	40-25	25-5	<5	>40
8 (с уплотнением)	Уголь шахты Забитуй	—	—	—	—	—	—	—
	Уголь шахты Владимир	—	—	—	—	—	—	—
	Уголь шахты М. Артем	—	—	—	—	—	—	—
	Полукокс	—	—	—	—	—	—	—
9 (без уплотнения)	Пек	—	—	—	—	—	—	—
	То же	—	—	—	—	—	—	—



### Ближайшие степени уплотнения на качество кокса

Для проведения опытов были взяты две шихты одинакового состава (табл. 6); одна из них уплотнялась, другая нет. Уплотнение было достигнуто только до насыпного веса, равного  $0,9 \text{ г/см}^3$ . Насыпной вес уплотненной шихты равнялся  $0,67 \text{ г/см}^3$ . Коксование проводилось в отделениях ящика при загрузке 5 кг.

Кокс смеси с уплотнением получался очень плотный, с хорошей структурой металлургического кокса, серого цвета. Кокс смеси без уплотнения обладал крупнопористой структурой, имел рыхлый вид. Таким образом, из изложенного выше видно, что структуры этих двух проб кокса отличаются друг от друга.

Состав шихт и результаты, полученные при определении прочности, даны в табл. 6. При рассмотрении таблицы видно, что с уплотнением шихты прочность кокса увеличивается. Кроме того, уплотнение шихты способствует увеличению производительности коксовых печей.

### Об оптимальной смеси

В результате проведенной работы нами была предложена оптимальная шихта, которая была прококсована в металлическом ящике при загрузке 80 кг. Состав шихты следующий:

спекающийся газовый уголь	
типа Забитуйского или Н.-Метелкинского пласта II . . .	30%
черемховский . . . . .	42%
полукокс . . . . .	20%
остаток тяжелой смолы (пека) . . . . .	8%

Кокс из данной шихты сравнивался по показателям прочности с коксом Московского коксогазового завода. Выход класса больше 40 мм после 14-кратного сбрасывания для кокса из иркутских углей составил 50%, выход класса больше 40 мм для кокса Московского коксогазового завода — 57%.

### Выводы

1. Добавление связующего в виде остатков тяжелой смолы и добавление отошающей присадки в виде полукоксовой мелочи значительно улучшает качество кокса, полученного из углей Иркутского бассейна.

2. Изменение технологических приемов коксования (уплотнение, укрупнение помола шихты) также улучшает качество кокса, увеличивая его прочность.

В заключение хочется надеяться, что данная работа в какой-то мере облегчит задачу получения кокса из местных углей, а также избавит полукоксовое производство от имеющихся в настоящее время отходов.

Восточно-Сибирский филиал  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
17/XI 1959

А. Н. КИРГИНЦЕВ

### ПРИМЕНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА К ТЕОРИИ БИНАРНЫХ РАСТВОРОВ НЕЭЛЕКТРОЛИТОВ

Зависимость термодинамических функций от состава раствора может быть найдена методами статистической термодинамики. Применение этих методов связано с значительными математическими трудностями, для преодоления которых в основу расчета берется упрощенная модель раствора, и, кроме того, некоторые математические операции производятся приближенно. В настоящее время методы статистической термодинамики получили широкое распространение.

В нашем исследовании сделана попытка применить молекулярно-кинетический метод к теории растворов. Конечно, этот метод менее строг, чем статистические методы, но он гораздо нагляднее. Применяя его, можно решить также некоторые вопросы теории растворов, которые методами статистической термодинамики решить трудно. Примеры использования молекулярно-кинетического метода можно найти в теории адсорбции [1].

При молекулярно-кинетическом методе будем использовать два основных положения:

1. Принцип микроскопической обратимости, который может быть выражен так: «... в условиях равновесия любой молекулярный процесс и процесс, обратный данному, будут протекать в среднем с одинаковой скоростью» [2]. Если обозначим скорость прямого процесса через  $\bar{v}$ , а скорость обратного процесса через  $\bar{v}'$ , то в условиях равновесия.

$$\bar{v} = \bar{v}' \quad (1)$$

2. Если  $k$  — константа скорости прямого процесса, а  $k'$  — константа скорости обратного процесса, то

$$\frac{\bar{v}}{k} = \exp\left(-\frac{A}{RT}\right), \quad (2)$$

где  $A$  — максимальная работа, затрачиваемая в этом процессе. В дальнейшем эту величину будем называть просто работой и всегда будем относить к одному молю молекул. В первом приближении величину  $A$  можно считать независимой от состава.

Будем рассматривать твердый раствор двух компонентов при постоянных температуре и давлении. Примем, что растворы образуются по типу замещения, т. е. молекулы первого и второго сорта не могут внедряться в междоузлия кристаллической решетки.

Между твердой и газообразной фазами существует переходный слой, концентрация молекул в котором будет отличаться от концентрации молекул в твердой фазе. Другие свойства переходного слоя также будут отличаться от свойств объемной фазы. Примем для наших выводов следующую модель поверхностного слоя. Пусть поверхность разде-

ла твердый раствор — газообразная фаза плоская и свойства раствора вплоть до поверхности раздела одинаковы со свойствами твердой объемной фазы. На поверхности раздела находится некоторое количество молекул первого и второго сорта, которые могут образовывать только мономолекулярный слой. В рассматриваемых нами условиях предполагается, что этот слой заполнен неполностью.

При описанной модели поверхностного слоя, которая совпадает с моделью поверхностного слоя в теории Ленгмюра, мы в значительной степени отвлекаемся от строения поверхностного слоя реальных растворов. Однако для наших целей это не имеет особого значения, поскольку величины, связанные с поверхностью, исключаются из конечных уравнений.

В чистых конденсированных веществах и, следовательно, в растворах всегда присутствуют вакансии; т. е. незанятые места решетки. Поскольку в нашей модели раствора молекулы не могут размещаться в междоузлиях, то в растворе будут существовать вакансии по Шоттки, которые являются равновесными. В состоянии равновесия вакансии с поверхности переходят в раствор и обратно. Переход вакансии с поверхности в раствор есть не что иное, как переход молекулы из раствора на поверхность. Но молекулы в растворе двух сортов. Поэтому и вакансии также будут двух сортов. Вакансии первого сорта возникают за счет обмена с поверхностью молекул первого сорта. Их число обозначим через  $N_{10}$ . Вакансии второго сорта возникают за счет обмена с поверхностью молекул второго сорта. Их число обозначим через  $N_{20}$ .

Скорость перехода вакансий первого сорта с поверхности в раствор пропорциональна количеству молекул первого сорта в растворе  $N_1$  и числу вакансий на поверхности  $\Theta$ , т. е.

$$\bar{v} = \bar{k}_{10} \cdot N_1 \cdot \Theta. \quad (3)$$

Скорость перехода вакансий первого сорта из раствора на поверхность пропорциональна их числу в растворе  $N_{10}$  и числу незанятых мест на поверхности, которое также равно  $\Theta$ , т. е.

$$\bar{v} = \bar{k}_{10} \cdot N_{10} \cdot \Theta. \quad (4)$$

Учитывая (2), из (3) и (4) получаем

$$N_{10} = k_{10} \cdot N_1, \quad (5)$$

где

$$k_{10} = \frac{\bar{k}_{10}}{\bar{k}_{10}}. \quad (6)$$

Для вакансий второго сорта аналогичным путем получаем

$$N_{20} = k_{20} \cdot N_2. \quad (7)$$

Общее число вакансий  $N_0$  равно

$$N_0 = k_{10}N_1 + k_{20}N_2. \quad (8)$$

Отметим, что в выражениях (3) и (4) величина  $\Theta$  означает емкость поверхности раздела, т. е. количество молекул, которое размещается на поверхности при полном заполнении мономолекулярного слоя. Поэтому

$$\Theta = \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_0. \quad (9)$$

где  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$  — число молекул первого и второго сорта на поверхности, а  $\Theta_0$  — число вакансий в первом слое поверхности раздела.

Рассмотрим теперь переход молекул первого сорта с поверхности в раствор и обратно. Этот процесс нужно разбить на два: процесс 1,1 и процесс 1,2. В первом процессе молекулы первого сорта занимают (или освобождают) вакансии первого сорта. Во втором процессе молекулы первого сорта занимают (или освобождают) вакансии второго сорта. Скорость перехода молекул в процессе 1,1 с поверхности в раствор пропорциональна количеству молекул первого сорта на поверхности раздела и количеству вакансий первого сорта, т. е.

$$\bar{v}_{11} = \bar{k}_{11} \cdot N_{10} \cdot \Theta_1. \quad (10)$$

Скорость обратного процесса пропорциональна количеству вакансий в первом слое поверхности раздела и числу молекул первого сорта в растворе, которые участвуют в процессе 1,1:

$$\bar{v}_{11} = \bar{k}_{11} \cdot N_{11} \cdot \Theta_0, \quad (11)$$

где  $N_{11}$  — число молекул первого сорта, участвующих в процессе 1,1. Учитывая условие (2), находим

$$N_{11} = k_{11} \cdot N_{10} \cdot \frac{\Theta_1}{\Theta_0}, \quad (12)$$

где

$$k_{11} = \frac{\bar{k}_{11}}{\bar{k}_{11}}. \quad (13)$$

С учетом (5) уравнение (12) можно записать в такой форме:

$$N_{11} = b_{11} \cdot N_1 \cdot \frac{\Theta_1}{\Theta_0}, \quad (14)$$

где

$$b_{11} = k_{11} \cdot k_{10}. \quad (15)$$

Аналогичным путем для процесса 1,2 можем найти

$$N_{12} = b_{12} N_2 \cdot \frac{\Theta_1}{\Theta_0}, \quad (16)$$

где  $N_{12}$  — количество молекул первого сорта, участвующих в процессе 1,2, а величина  $b_{12}$  по своему содержанию аналогична величине  $b_{11}$  и определяется выражением

$$b_{12} = \frac{\bar{k}_{12}}{\bar{k}_{12}} \cdot k_{20}, \quad (17)$$

где  $\bar{k}_{12}$  и  $\bar{k}_{12}$  — константы скорости прямого и обратного процесса 1,2. Поскольку

$$N_1 = N_{11} + N_{12}, \quad (18)$$

то

$$N_1 = (b_{11} \cdot N_1 + b_{12} \cdot N_2) \cdot \frac{\Theta_1}{\Theta_0}. \quad (19)$$

Исключение величин, связанных с поверхностью, из последнего уравнения проведем следующим путем. Обозначим через  $\bar{v}_a$  и  $\bar{v}_a$  скорости

адсорбции и десорбции молекул первого сорта при равновесии поверхности раздела с газообразной фазой. Тогда по теории Ленгмюра

$$\vec{v}_a = \vec{k}_a \cdot \Theta_0 \cdot p_1, \quad (20)$$

$$\overleftarrow{v}_a = \overleftarrow{k}_a \cdot \Theta_1, \quad (21)$$

где  $p_1$  — парциальное давление молекул первого сорта в газообразной фазе. В соответствии с условием (1), из последних уравнений получим

$$\frac{\Theta_1}{\Theta_0} = k_a \cdot p_1, \quad (22)$$

где

$$k_a = \frac{\vec{k}_a}{\overleftarrow{k}_a}. \quad (23)$$

Сравнивая (19) и (22), находим

$$N_1 = (b'_{11} \cdot N_1 + b'_{12} \cdot N_2) \cdot k_a \cdot p_1. \quad (24)$$

Обозначим через  $x_1$  и  $x_2$  мольные доли первого и второго компонентов в растворе. Тогда уравнение (24) принимает простой вид

$$x_1 = (b'_{11} \cdot x_1 + b'_{12} \cdot x_2) k_a \cdot p_1. \quad (25)$$

При  $x_2 \rightarrow 0$  и  $x_1 \rightarrow 1$

$$1 = b'_{11,0} \cdot k_{a,0} \cdot p_{10}, \quad (26)$$

где величины с нулевым индексом относятся к чистому первому компоненту. Разделив (25) на (26), получим

$$x_1 = b_{11} (x_1 + \beta_{12} x_2) \frac{k_a \cdot p_1}{k_{a,0} \cdot p_{10}}, \quad (27)$$

где

$$b_{11} = \frac{b'_{11}}{b'_{11,0}}, \quad \beta_{12} = \frac{b'_{12}}{b'_{11}} = \frac{b_{12}}{b_{11}}. \quad (28)$$

Нетрудно видеть, что отношение  $k_a \cdot p_1 / k_{a,0} \cdot p_{10}$  равно отношению активности первого компонента в газовой фазе к активности над чистым первым компонентом, т. е.

$$x_1 = b_{11} (x_1 + \beta_{12} \cdot x_2) \frac{a_1}{a_{10}}, \quad (29)$$

где  $a_1$  и  $a_{10}$  — активности первого компонента в газовой фазе над раствором и чистым первым компонентом. Из общих термодинамических соображений можно получить

$$x_1 = \frac{1}{\gamma_1} \cdot \frac{a_1}{a_{10}}, \quad (30)$$

где  $\gamma_1$  — коэффициент активности первого компонента в растворе. Сравнивая (29) и (30), получаем

$$\frac{1}{\gamma_1} = b_{11} \cdot (x_1 + \beta_{12} \cdot x_2). \quad (31)$$

Поскольку компоненты в растворе равноправны, то уравнение (31) при-

менимо и для второго компонента — индексы 1 и 2 нужно поменять местами.

Уравнение (31) было получено в работе [3] другим методом. В этой работе также раскрыта зависимость коэффициентов  $b_{11}$  и  $\beta_{12}$  от состава раствора.

Молекулярно-кинетический метод интересен в том отношении, что он позволяет раскрыть физический смысл коэффициентов  $b_{11}$  и  $\beta_{12}$ . Действительно, согласно (2), имеем

$$\frac{\vec{k}_{11}}{\overleftarrow{k}_{11}} = \exp \left\{ -\frac{A_{11}}{RT} \right\}, \quad (32)$$

где  $A_{11}$  — работа, затраченная на передвижение молекулы первого сорта с поверхности в раствор без образования вакансии (молекула при этом перемещении занимает готовую вакансию). Из (2) и (6) получаем

$$\frac{\vec{k}_{10}}{\overleftarrow{k}_{10}} = \exp \left\{ -\frac{A_{10}}{RT} \right\}, \quad (33)$$

где  $A_{10}$  — работа, затраченная на передвижение вакансии первого сорта с поверхности в раствор. Перенос вакансии первого сорта с поверхности в раствор складывается из образования вакансии в растворе (работу этого процесса обозначим через  $A_1$ ) и переноса молекулы первого сорта из раствора на поверхность. Поэтому

$$A_{10} = A_1 - A_{11}. \quad (34)$$

Из (32) и (33) с учетом (34) и (15) получим

$$b'_{11} = \exp \left\{ -\frac{A_1}{RT} \right\}, \quad (35)$$

$$b_{11} = \exp \left\{ -\frac{A_1 - A_1^0}{RT} \right\}, \quad (36)$$

где  $A_1^0$  относится к чистому первому компоненту. Таким образом, видим, что величина  $b_{11}$  определяется разностью работ, затраченных на образование вакансии первого сорта в растворе и в чистом первом компоненте. Подобным образом можно выяснить и физический смысл коэффициента  $\beta_{12}$ .

В нашей работе рассматривались твердые растворы. Однако вдали от критических температур кипения жидкости имеют кристаллоподобное строение. Поэтому наши выводы будут применены и к жидким растворам неэлектролитов.

## Выводы

1. Молекулярно-кинетическим методом получено уравнение для коэффициентов активности бинарных растворов неэлектролитов. Это уравнение ранее [3] было получено статистическим методом.

2. Показано, что коэффициенты в полученном уравнении определяются работой, затраченной на образование соответствующих вакансий.

Институт неорганической химии  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
18/II 1960

## ЛИТЕРАТУРА

1. К. Денбиг, Термодинамика стационарных необратимых процессов. ИЛ., М., 1954.
2. С. Брунауэр, Адсорбция газов и паров. ИЛ., М., 1947.
3. А. Н. Киргинцев, Влияние флуктуаций на коэффициент активности неэлектролитов вдали от критической температуры. ЖФХ, 33, 813 (1959).

Д. И. КУРБАТОВ, М. С. РУСАКОВА

О ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКОМ ПОВЕДЕНИИ ИНДИЯ  
В ПРИСУТСТВИИ БОЛЬШИХ КОЛИЧЕСТВ КАДМИЯ  
В ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ ПИРОФОСФОРНОКИСЛЫХ РАСТВОРАХ\*

В аналитической практике индий часто определяют полярографическим методом с использованием в качестве фона преимущественно хлорсодержащих растворов [1—2]. Однако постоянно сопутствующий индию в природных материалах кадмий в этих условиях дает совпадающую волну, что затрудняет полярографирование индия. В связи с этим для определения индия в присутствии кадмия требуется принятие соответствующих мер: амальгамирование кадмия или применение бромсодержащего фона, позволяющего определять индий при двухкратном присутствии кадмия [3—6].

Приведенный краткий обзор литературных данных показывает, что в настоящее время нет прямого метода определения индия, если кадмий превышает его содержание в 1000 и более раз.

Проведенные нами ранее исследования [7—10] по применению фосфорных кислот в качестве основного электролита при полярографировании ниобия, титана, тантала и т. д. позволили разработать полярографический метод определения ниобия, титана и железа в присутствии тантала из одной полярограммы без их разделения.

Продолжением наших исследований в этой области явилось полярографическое изучение индия в присутствии кадмия. Приготовление растворов индия и кадмия производилось путем непосредственного растворения навески металла в пирофосфорной кислоте (уд. вес 1,9) при нагревании не выше 100°. Хлорсодержащие растворы готовились из фиксаналов соляной кислоты. Пирофосфорная кислота готовилась из ортофосфорной кислоты по известной методике. Растворы требуемой концентрации изучаемых элементов готовились из исходных путем их смешения. Измерения производились на полярографе системы УФАН СССР [11]. Анод внутренний, характеристика капилляра:  $m^{2/3} \tau^{1/6} = 0,4 \text{ мг}^{2/3} \text{ сек}^{-1/2}$ .

Полярографическое поведение индия и кадмия  
на фоне пирофосфорнокислых растворов

Экспериментально установлено, что индий в растворах пирофосфорной кислоты различной концентрации на ртутнокапельном катоде не восстанавливается.

При изучении полярографического поведения индия в пирофосфорнокислых растворах в присутствии ионов хлора найдено, что индий восстанавливается и дает четко выраженные полярограммы.

\* Работа доложена на Всесоюзном совещании по полярографическому анализу в г. Кишеневе в октябре 1959 г.

С изменением содержания в растворе ионов хлора высота волны индия изменяется и, начиная с 0,05 г-экв/л и выше, она остается постоянной. Таким образом, наиболее благоприятными условиями полярографирования следует считать пирофосфорнокислые растворы, содержащие 0,1 г-экв/л хлор-иона.

Зависимость предельного тока от содержания индия представлена на рис. 1. В качестве фона использована пирофосфорная кислота (19 М/л), содержащая 0,1 г-экв/л хлор-иона. Из рисунка видно, что диффузионные токи индия пропорциональны содержанию индия в растворе в широких пределах концентраций.

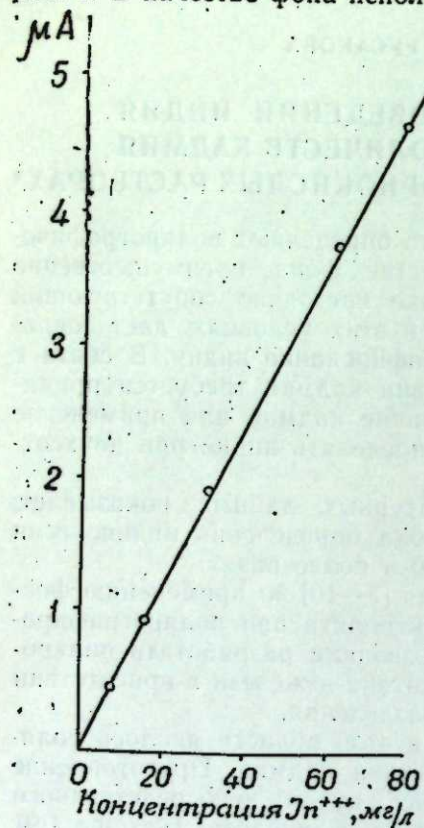


Рис. 1. Зависимость диффузионного тока индия от его содержания в растворе. Фон: 19 М/л пирофосфорная кислота, концентрация ионов хлора 0,1 г-экв/л.

сопутствует кадмий. Поэтому интересно было изучить полярографическое поведение кадмия на фоне пирофосфорнокислых растворов. В результате выяснилось, что кадмий в пирофосфорнокислых растворах различной концентрации восстанавливается и дает четко выраженные полярограммы.

На рис. 2 представлена полярограмма кадмия и индия на фоне 19 М пирофосфорной кислоты. Из рис. 2 видно, что полярограмма кадмия имеет правильную форму. Индий же в этих условиях, т. е. в отсутствие ионов хлора, не восстанавливается, что создает благоприятные условия для определения кадмия в присутствии индия. В этом случае вольтамперная кривая индия (обозначена крестиками) совпадает с кривой фона — пирофосфорной кислотой.

Исследования полярографического поведения кадмия на фоне пирофосфорной кислоты различной концентрации, содержащей ионы хлора в количестве 0,1 г-экв/л, т. е. в оптимальных условиях поляро-

графических координатах  $\lg \frac{i}{i_d - i} - E$  при различной концентрации ионов хлора на фоне пирофосфорной кислоты показало, что процесс восстановления индия протекает обратимо с участием трех электронов. Так же было установлено, что полувольтное потенциаль индия с увеличением концентрации ионов хлора (0,05—0,2 г-экв/л) сдвигается в отрицательную сторону.

На основании величины сдвига полувольтных потенциалов, в зависимости от концентрации ионов хлора, было определено координационное число хлоридного комплекса индия, в этих условиях равное 2.

Полученные данные о составе хлоридного комплекса индия согласуются с данными других авторов [12], указывающих, что в водных растворах данной концентрации ионов хлора устойчив хлоридный комплекс индия с координационным числом 2.

Как отмечалось выше, в природных материалах индию постоянно

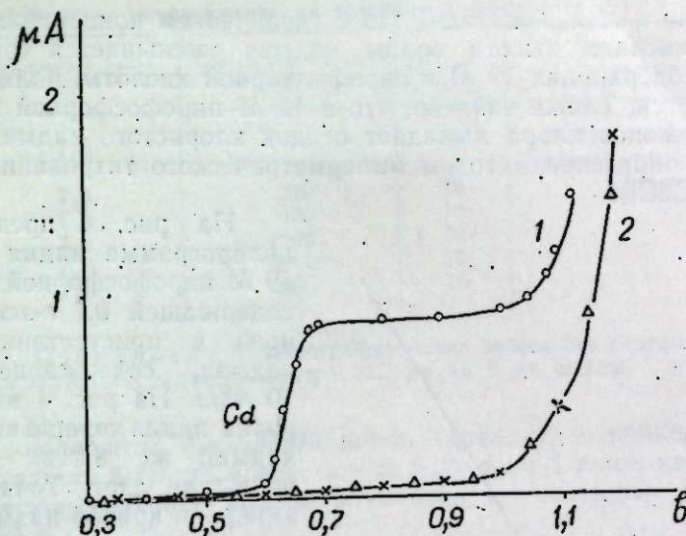


Рис. 2. Полярограмма кадмия в присутствии индия. Фон — пирофосфорная кислота 19 М/л. Содержание кадмия 100 мг/л, содержание индия 1000 мг/л. На кривой 2 крестиками обозначены точки поляризационной кривой индия, треугольниками основного фона — 19 М пирофосфорной кислоты.

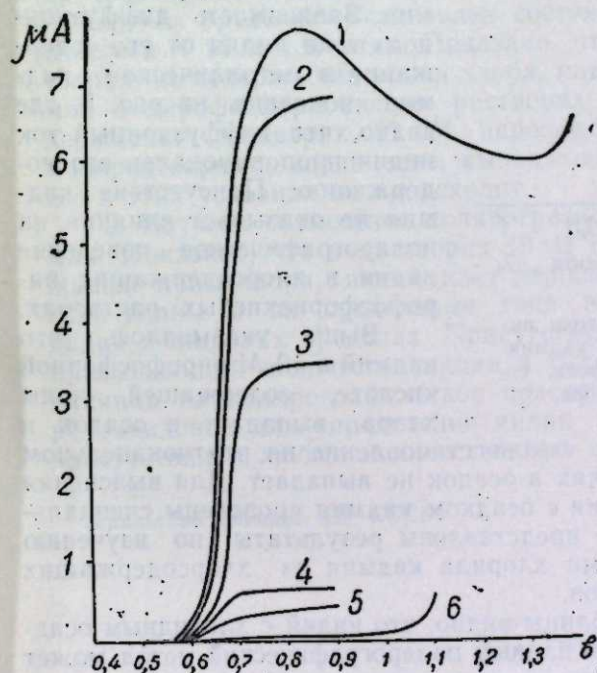


Рис. 3. Полярограммы кадмия в хлорсодержащем пирофосфорнокислом растворе при различной концентрации пирофосфорной кислоты. Содержание ионов хлора — 0,1 г-экв/л. Концентрация пирофосфорной кислоты: 1) — 1 М/л; 2) — 4 М/л; 3) — 12 М/л; 4) — 16 М/л; 5) — 18 М/л; 6) — 19 М/л.

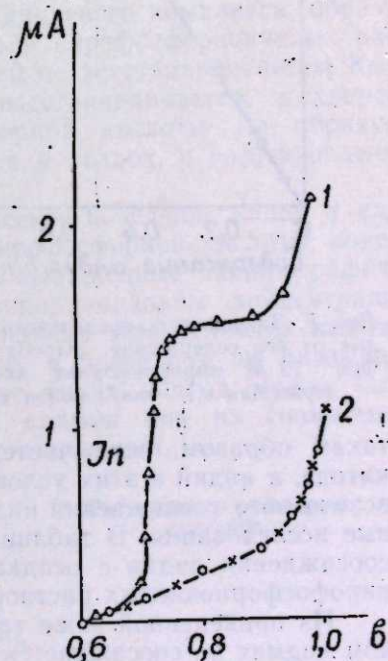


Рис. 4. Полярограмма индия в присутствии кадмия. Фон — 19 М пирофосфорная кислота, содержащая 0,1 г-экв/л иона хлора. Содержание индия 10 мг/л. Содержание кадмия 1000 мг/л.

графирования индия, показали, что с увеличением концентрации пирофосфорной кислоты высота волны кадмия уменьшается (рис. 3). В растворах, содержащих 19 М пирофосфорной кислоты, волна кадмия не наблюдается. Также найдено, что в 19 М пирофосфорной кислоте в присутствии ионов хлора выпадает осадок хлористого кадмия. Состав осадка был определен методом амперметрического титрования и соответствовал  $CdCl_2$ .

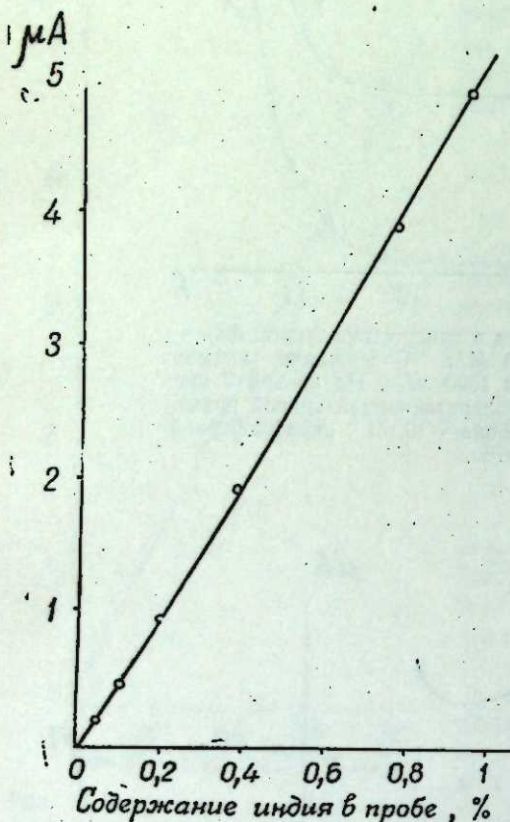


Рис. 5. Зависимость предельного тока индия от его содержания. Проба кадмия. Фон: 19 М пирофосфорная кислота, содержащая 0,1 г-экв/л ионов хлора.

Таким образом исключается его восстановление на ртутнокапельном катоде, а индий в этих условиях в осадок не выпадает. Для выяснения возможного соосаждения индия с осадком кадмия проведены специальные исследования. В таблице представлены результаты по изучению соосаждения индия с осадками хлорида кадмия из хлорсодержащих пирофосфорнокислых растворов.

Из приведенной ниже таблицы видно, что индий с хлоридным осадком кадмия не соосаждается и данный полярографический метод может быть рекомендован для количественных определений индия в присутствии кадмия. Если содержание кадмия более 5 г/л, концентрацию ионов хлора необходимо увеличить, исходя из образующегося при этом соединения  $CdCl_2$ . Практически получается, что на каждые 5 г/л кадмия ( $\approx 0,05$  м/л) нужно 0,1 г-экв/л ионов хлора, т. е., если содержание кадмия составляет 15 г/л, то 19 М пирофосфорнокислые растворы

На рис. 4 представлена полярограмма индия на фоне 19 М пирофосфорной кислоты, содержащей 0,1 г-экв/л хлор-иона в присутствии 1,0 г/л кадмия, содержание индия 10 мг/л. На рис. 4 видно, что волна индия хорошо выражена, кадмий же в этих условиях волны не дает. Точки вольтамперной кривой кадмия (обозначены крестиками) укладываются на кривую хлорсодержащего пирофосфорнокислого фона.

Полученные результаты позволяют ставить вопрос о полярографическом определении индия в присутствии кадмия. Зависимость диффузионного тока индия от его содержания в металлическом кадмии показана на рис. 5, где видно, что диффузионный ток индия пропорционален его содержанию. Присутствие кадмия не оказывает влияния на полярографическое поведение индия в хлорсодержащих пирофосфорнокислых растворах.

Выше указывалось, что кадмий в 19 М пирофосфорной кислоте, содержащей ионы хлора, выпадает в осадок и

Таблица

Влияние ионов кадмия на величину диффузионного тока индия			
Содержание индия в растворе, мг/л	Содержание кадмия в растворе, мг/л	$i_d$ , мкА	Состав основного электролита
7,5	0	15	19 М/л пирофосфорная кислота + 0,1 г-экв/л хлор-иона
7,5	320	15	
7,5	400	16	
7,5	1600	16	
7,5	3200	15	
7,5	5000	15	

Примечание. Полярографирование велось без отделения осадка. Чувствительность гальванометра 0,03  $\mu A$  на 1 мм шкалы.

должны содержать 0,3 г-экв/л ионов хлора, т. е. концентрация ионов хлора должна быть не менее, чем 2 г-иона на 1 г-ион кадмия. Полярографическое изучение других элементов в указанных растворах продолжается.

### Выводы

1. Впервые изучено полярографическое поведение индия в хлорсодержащих пирофосфорнокислых растворах. Найдено, что в присутствии ионов хлора индий дает хорошо выраженные полярограммы и их предельные токи пропорциональны концентрации индия в растворе в широких пределах. Установлен состав индиевого комплекса, образующегося в этих условиях. Показано, что в пирофосфорнокислых растворах, не содержащих ионов хлора, индий не восстанавливается. Кадмий в пирофосфорнокислых растворах восстанавливается, в хлорсодержащих растворах 19 М пирофосфорной кислоты он образует малорастворимое соединение, выпадающее в осадок, и восстановление его в этих условиях не происходит.

2. Изучено совместное полярографическое поведение индия и кадмия. Показано, что в растворах 19 М пирофосфорной кислоты, содержащей ионы хлора, индий дает хорошо выраженные полярографические волны и их предельные токи пропорциональны концентрации индия в широких пределах. Присутствующий в этих условиях кадмий, превышающий количество индия в тысячу и более раз, не оказывает влияния на полярографическое поведение индия. Метод может быть рекомендован для определения индия и кадмия при их совместном присутствии в любых количественных соотношениях.

Уральский филиал АН СССР

Поступила в редакцию  
4/V 1960

### ЛИТЕРАТУРА

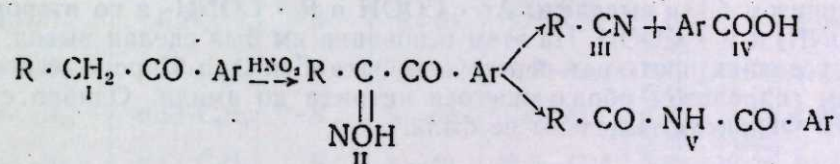
1. А. И. Бусев, Аналитическая химия индия. Изд. АН СССР, М., 1958.
2. А. И. Бусев, Методы анализа редких и цветных металлов. Сб. статей, изд. МГУ, 1956, стр. 79.
3. С. И. Сияжкова, Полярографическое определение индия, кадмия, свинца и меди в сфалеритах и других минералах. Журн. аналит. химии, 1, 241 (1946).

4. Т. В. Арефьева, А. А. Позднякова и Р. Г. Пац, Определение индия и германия полярнографическим методом. Сб.: Обогащение и металлургия цветных металлов, М., 1953, стр. 123.
5. Н. В. Аксельруд и В. Б. Спиваковский, Полярнографический метод определения индия. Журн. аналит. химии, 12, 78 (1957).
6. А. Т. Нижник и И. С. Чаус, К вопросу о полярнографическом методе определения индия. Журн. аналит. химии, 14, 37 (1959).
7. Д. И. Курбатов, Полярнографические свойства ниобия в фосфорнокислых растворах. Журн. аналит. химии, 14, 63 (1959).
8. Д. И. Курбатов, Полярнографические свойства титана в фосфорнокислых растворах. Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 10, 1958.
9. Д. И. Курбатов, Полярнографическое поведение ниобия в присутствии титана и железа на фоне пиррофосфорной кислоты. Изв. Сиб. отд. АН СССР, 5, 1959.
10. Д. И. Курбатов, Быстрые полярнографические методы определения ниобия, титана и железа в присутствии тантала с использованием в качестве электролитического фона фосфорных кислот. Совещ. по полярнограф. анализу. Тезисы докл. Кишнев, 1959, стр. 56-58.
11. А. Г. Стромберг и И. Е. Быков, Визуальный полярнограф конструкции УФАИ. Заводская лаборат., 14, 1380 (1948).
12. D. Cozzi, S. Vivarelli, Beitrag zur Chemie des Indiums Zeit. Electrochem. 57, 408 (1953).

Л. Н. НИКОЛЕНКО,  
И. Ф. МИХАЙЛОВА, А. В. ЧИСТЯКОВА

О РАСЩЕПЛЕНИИ  
α-ИЗОНИТРОЗОПРОИЗВОДНЫХ ЖИРНОАРОМАТИЧЕСКИХ  
КЕТОНОВ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ

В ходе нитрования алкил-(4-хлорфенил)-кетонов смесью азотной и серной кислот нами было обнаружено образование значительных количеств 4-хлорбензойной кислоты. Аналогичное наблюдение было сделано Эльшлегером [1], показавшим, что при нитровании 4-фторацетофенона наряду с 4-фтор-3-нитроацетофеноном образуется 4-фтор-3-нитробензойная кислота. Кроме того, из продуктов нитрования пропиофенона им был выделен α-изонитрозо-3-нитропропиофенон. Сопоставление этих данных позволило нам высказать предположение, что превращение алкиларилкетон (I) в арилкарбоновые кислоты в условиях нитрования связано с предварительным нитрозированием кетонов в α-изонитрозопроизводные (II) окислами азота, содержащимися в исходной азотной кислоте или образующимися в процессе нитрования за счет побочных процессов. α-изонитрозопроизводные кетонов претерпевают далее перегруппировку Бекмана с образованием нитрила жирной кислоты (III) и арилкарбоновой кислоты (IV) (перегруппировка II рода) или с образованием смешанного имида (V) (перегруппировка I рода), гидролизующегося далее до арилкарбоновой кислоты:

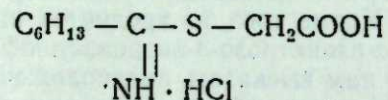


До последнего времени считалось, что для монооксимо α-дикетон в кислой среде характерна перегруппировка I рода [2], поэтому второй вариант казался более вероятным. Однако недавно [3] было установлено, что монооксимы бензила и бензоина претерпевают при действии полифосфорной кислоты перегруппировку II рода. Чтобы выяснить вопрос о характере перегруппировки в интересующих нас условиях, мы предприняли изучение действия серной кислоты на α-изонитрозопроизводные алкиларилкетон. Изонитрозопроизводные алкиларилкетон получены нитрозированием кетонов в эфирном растворе бутилнитритом в присутствии хлористого водорода (см. табл. 1). Оказалось, что при взаимодействии α-изонитрозопроизводных энанто-, каприло- и пеларгофенона с концентрированной серной кислотой в течение 24 час. при температуре около 20° образуются бензойная кислота и амид соответственно капроновой, энантовой и каприловой кислот. Выход бензойной кислоты близок к количественному амиду

жирной кислоты 40—100%. Аналогичные результаты были получены также с  $\alpha$ -изонитрозопроизводными *p*-хлорэнанто-, *p*-хлоркаприло- и *p*-хлорпеларгофенонов (см. табл. 2).

В одном из опытов (опыт 2) с помощью инфракрасных спектров было установлено, что в выделенном из реакционной массы энантиамиде содержится около 4% нитрила энантовой кислоты. Это могло указывать на то, что  $\alpha$ -изонитрозопроизводные алкиларилкетон превращаются в этих условиях не в смешанный имид V, как можно было предположить первоначально, а расщепляются на бензойную кислоту и нитрил жирной кислоты. Последний далее гидролизуеться серной кислотой до амида. Действительно, при сокращении времени взаимодействия  $\alpha$ -изонитрозосоединений указанных выше кетон с серной кислотой до 15 мин. основным продуктом расщепления (наряду с бензойной или 4-хлорбензойной кислотой) является уже не амид, а нитрил жирной кислоты. Анализ нейтральных продуктов реакции с помощью инфракрасных спектров показал, что в этом случае они содержат 71—88% нитрила и 8—14% амида соответствующей жирной кислоты (см. табл. 3).

В случае расщепления  $\alpha$ -изонитрозокаприлофенона образующийся при реакции нитрил энантовой кислоты был выделен из смеси с амидом хроматографированием на окиси алюминия и идентифицирован в виде производного тногликолевой кислоты:



Таким образом, результаты опытов показывают, что  $\alpha$ -изонитрозопроизводные алкиларилкетон претерпевают при действии концентрированной серной кислоты бекмановскую перегруппировку II рода.

Следует отметить, что, когда значительная часть настоящей работы была выполнена, в печати появилось предварительное сообщение Ферриса [4], показавшего, что при действии концентрированной серной кислоты на монооксимы дикетон строения  $\text{Ag} \cdot \text{CO} \cdot \text{C}(=\text{NOH})\text{R}$  и  $\text{Ag} \cdot \text{C}(=\text{NOH})\text{COR}$  образуются различные продукты. В первом случае Феррисом были выделены  $\text{Ag} \cdot \text{COOH}$  и  $\text{R} \cdot \text{CONH}_2$ , а во втором —  $\text{R} \cdot \text{CONH}_2$  и  $\text{R} \cdot \text{COOH}$ . На этом основании им был сделан вывод, что в этих условиях протекает перегруппировка Бекмана II рода, с последующим гидролизом образующегося нитрила до амида. Однако сами нитрилы Феррисом выделены не были.

#### Экспериментальная часть

##### Получение

##### $\alpha$ -изонитрозопроизводных алкиларилкетон

Алкиларилкетон получались конденсацией хлорангидридов жирных кислот с бензолом или хлорбензолом в присутствии хлористого алюминия [5, 6] и очищались перегонкой в вакууме или перекристаллизацией из спирта.

$\alpha$ -изонитрозопроизводные алкиларилкетон были приготовлены нитрозированием кетон в эфире в присутствии хлористого водорода по методике, описанной для получения  $\alpha$ -изонитрозопропиофенона [7]. Выделение их из продуктов реакции осуществлялось при этом двумя способами.

А. По окончании нитрозирования эфирный раствор при размешивании медленно приливался к раствору едкого натра, содержащему куски льда, эфирный слой отделялся и извлекался щелочью еще 1—2 раза. Щелочной раствор выливался в концентрированную соляную кислоту, содержащую лед, и выделившееся при этом в виде масла изонитрозосоединение многократно экстрагировалось эфиром. Эфирный раствор сушился над безводным сернистым натрием, и эфир отгонялся. При сильном охлаждении оставшегося маслянистого продукта ( $-30$ — $-40^\circ$ ) из него выделялись бесцветные кристаллы изонитрозосоединения. Осадок быстро отфильтровывался при отсасывании.

Б. Эфирный раствор промывался 15% раствором соды для отделения бензойной (или 4-хлорбензойной) кислоты. Эфир отгонялся, масло охлаждалось до  $-30$ — $-40^\circ$ , выделившийся при этом кристаллический осадок отфильтровывался (смесь исходного кетона и изонитрозосоединения) и дважды обрабатывался далее 5% раствором едкого натра. Щелочной раствор выливался в концентрированную соляную кислоту, содержащую лед, и выделившееся изонитрозосоединение экстрагировалось эфиром. После отгонки эфира оставалось сравнительно чистое изонитрозосоединение.

С целью очистки изонитрозосоединения, выделенные как методом А, так и методом Б, перекристаллизовывались дополнительно из петролейного эфира (т. кип.  $30$ — $38^\circ$ ) при охлаждении до  $-30$ — $-40^\circ$ .

Результаты опытов сведены в табл. 1.

Таблица 1

R-C-CO-Ag    NOH		Метод выделения	Выход, %	Т. пл. (в скобках литературные данные), °C	Данные анализа, %			
R	Ag				найзено		вычислено	
					N	Cl	N	Cl
<i>n</i> -C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	A	20—30	33,7—35,6 (107)[8] <sup>(*)</sup>	6,26		6,38	
<i>n</i> -C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	A	30—40	38—39 (38,5)[9]	6,14		—	
<i>n</i> -C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	A	5—10	27,7—28	5,97		5,90	
<i>n</i> -C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	<i>p</i> -Cl-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	B	20—25	48,7—49,7	5,73	14,00	5,52	13,96
<i>n</i> -C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	<i>p</i> -Cl-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	B	50—60	43—44	5,56	14,04	5,23	13,24
<i>n</i> -C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	<i>p</i> -Cl-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	B	30—40	46,5—47,5	5,39	13,43	4,97	12,58
					5,20	13,25		
					5,09	12,76		
					4,97	12,68		

\* Дарзан и Менцер [8] приводят для  $\alpha$ -изонитрозопроизводного энантифенона т. пл.  $107^\circ$ , данные анализа отсутствуют.

##### Перегруппировка $\alpha$ -изонитрозопроизводных алкиларилкетон

##### Опыты 1—6

1 г изонитрозосоединения прибавлялся небольшими порциями при размешивании к 10 мл 96% серной кислоты так, чтобы температура не превышала  $10$ — $15^\circ$ . После выдержки в течение 24 час. при комнатной температуре слегка желтоватый раствор выливался на 75 г мелко истолченного льда, и продукты реакции многократно экстрагировались эфиром. Эфирный экстракт промывался 15% раствором соды, высушивался



безводным сульфатом натрия, и эфир отгонялся из колбы с дефлегматором высотой 20 см. Оставшийся в колбе амид жирной кислоты, содержащий небольшую примесь нитрила и имеющий температуру плавления на 3—4° ниже приводимой в литературе, очищался перекристаллизацией из воды или спирта. Смешанные пробы полученных амидов с образцами, синтезированными из хлорангидридов соответствующих кислот по известной методике [10], не дали понижения т.пл. Из содового раствора после подкисления его концентрированной соляной кислотой до кислой реакции на бумажку конго экстрагировалась эфиром бензойная кислота (или соответственно 4-хлорбензойная кислота).

Выход бензойной и хлорбензойной кислот близок к количественному, т.пл. их соответственно равны 118—119° и 236—237°. После одной перекристаллизации из воды или спирта т.пл. соответственно равны 121—122° и 238—239°. Температуры плавления смешанных проб соответственно с бензойной (т.пл. 121—122°) и 4-хлорбензойной кислотой (т.пл. 240—241°) депрессии не дали.

Результаты этой серии опытов представлены в табл. 2.

Таблица 2

№ опытов	R·C·CO·Ar    NOH		R·CONH <sub>2</sub>		Выход A·COOH, %
	R	Ar	выход, %	т. пл. (в скобках данные [10]), °С.	
1	n-C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	68,3	99,5—100 (100)	100
2	n-C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	72,0	95,5—96 (96)	100
3	n-C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	77,5	104—105(105—106)	100
4	n-C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	p-Cl·C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	41,3	99,5—100	98,4
5	n-C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	p-Cl·C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	78,0	95,5—96	100
6	n-C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	p-Cl·C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	100	104—105	98,4

Примечание. Продолжительность реакции 24 часа, температура 20°.

Опыты 7—10

Эти опыты проводились аналогично предыдущим, с той лишь разницей, что время воздействия серной кислоты на изонитрозосоединение было сокращено с 24 час. до 15 мин. Обработка реакционной массы проводилась так же, как и в опытах 1—6. После отделения бензойной кислоты смесь нейтральных продуктов реакции (амида и нитрила)

Таблица 3

№ опытов	R·C·CO·Ar    NOH		Выход R·CONH <sub>2</sub> , %	Выход RCN, %
	R	Ar		
7	n-C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	9,11	61,8
8	n-C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	11,0	65,0
9	n-C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	14,0	88,4
10	n-C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	p-Cl·C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	9,5	33,6

анализировалась с помощью спектрофотометрии в инфракрасной области. Данные, вычисленные на основании результатов анализа амида и нитрила, представлены в табл. 3. Выход бензойной кислоты (или соот-

ветственно хлорбензойной), как и в предыдущих опытах, близок к количественному.

Для идентификации образующихся при реакции амида и нитрила жирной кислоты в опыте 8 смесь нейтральных продуктов, представляющая собой густую жидкость желтого цвета с кристаллами твердого вещества, обрабатывалась небольшим количеством петролейного эфира (т. кип. 30—38°). Выпавший при этом амид отфильтровывался, т. пл. его была 94,6—95°. Смешанная проба с амидом энантовой кислоты (т.пл. 96°) депрессии не дала.

Из фильтрата (после отделения амида) отгонкой петролейного эфира из колбы с дефлегматором выделялся нитрил, который идентифицировался в виде производного с тиогликолевой кислотой [11]. Температура разложения полученного таким образом производного 128,5°. По данным литературы, т.разл. 133° [11].

Найдено, %: N 6,08; 6,20.

C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>NCIS. Вычислено, %: N 5,84.

Смешанная проба с образцом, полученным из нитрила энантовой кислоты (т.разл. 130,2°), депрессии не дает.

С целью очистки нитрила от амида эфирный раствор его после отделения амида хроматографировался на окиси алюминия (высота колонки 25 см). Элюирование нитрила проводилось петролейным эфиром (т.кип. 30—38°). После отгонки эфира получалось производное с тиогликолевой кислотой, т.разл. 128,5°.

Найдено, %: N 5,59; 5,67. S 13,10; 13,17.

C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>NCIS. Вычислено, %: N 5,84; S 13,38.

C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>—C—S—CH<sub>2</sub>COOH.

Анализ смесей амидов и нитрилов жирных кислот с помощью инфракрасных спектров\*\*

Анализ смесей амидов и нитрилов жирных кислот проводился на двухлучевом приборе ИКС-14 с призмой LiF. Для этого снимался спектр 3% раствора исследуемой смеси в хлороформе при толщине слоя 1 мм; затем раствор разбавлялся хлороформом в 2—4 раза (чтобы поглощение основной компоненты не выходило за оптимальные пределы), и вновь снимался спектр.

Содержание амида и нитрила в исследуемой смеси определялось по оптическим плотностям (исправленным на поглощение второй компоненты) соответственно при 3500 см<sup>-1</sup> с помощью калибровочных кривых, построенных предварительно на основании данных, полученных при спектрофотометровании в тех же условиях растворов амида и нитрила известной концентрации.

### Выводы

1. α-изонитрозопроизводные алкиларилкетонев при действии концентрированной серной кислоты при 20° быстро претерпевают перегруппировку Бекмана II рода, превращаясь в арилкарбоновую кислоту и нитрил жирной кислоты. Последний в условиях реакции постепенно гидролизуеться до амида.

\* Если не применять дефлегматор, значительная часть нитрила отгоняется с растворителем.

\*\* Выполнен В. А. Плаховым.

2. Синтезирован ряд неописанных ранее в литературе  $\alpha$ -изонитро-зопроизводных алкиларилкетонів.

## ЛИТЕРАТУРА

1. H. Oelschläger. Arch. Pharmazie, 290, 587 (1957).
2. Реакция и методы исследования органических соединений. Сб. 3, Госхимиздат, 1951, стр. 199—212.
3. R. T. Conley, F. A. Mikulski. J. Org. Ch., 24, 97 (1959).
4. F. Ferris. J. Org. Ch., 24, 580 (1959).
5. Л. Н. Николенко, К. К. Бабиевский. ЖОХ, 25, 2231 (1955).
6. Л. Н. Николенко, Е. Н. Карпова, В. А. Ходак, Г. Г. Чиракадзе, В. Боровик. ЖОХ, 30, 1028 (1960).
7. W. H. Hartung, I. C. Munch. J. Am. Chem. Soc., 51, 2262 (1929).
8. G. Darrens, C. Mentzer. C. r., 213, 268 (1941).
9. W. H. Hartung, I. C. Munch, W. A. Deckert, F. Crossley. J. Am. Chem. Soc., 52, 3317 (1930).
10. A. W. Hofmann. Ber., 15, 983 (1882).
11. F. E. Condo, E. T. Hinkel, L. Schriener, A. Fassero. J. Am. Chem. Soc., 59, 230 (1937).

Институт органической химии  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
1/II 1960

И. А. АЛЕКСЕЕВА, Г. А. СЕМЕРНЕВА

СПЕКТРЫ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ФЕНОЛА  
И КРЕЗОЛОВ  
И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ИХ СМЕСЕЙ\*

В литературе имеются сообщения, посвященные разработке методов анализа крезолов: по спектрам поглощения в инфракрасной [1, 2] и ультрафиолетовой [3, 4] частях спектра, по измерению капиллярной активности [5] при помощи хроматографического разделения на силикагеле [6], а также химическими методами [7, 8]. Поиски наиболее надежных и простых методов количественного анализа таких технически важных веществ, как крезолы, продолжаются.

Интересно было выяснить возможность применения метода комбинационного рассеяния света к количественному анализу смесей фенолов и крезолов. В известной нам литературе подобных работ нет. Для фенола и крезолов опубликованы лишь частоты линий комбинационного рассеяния, а интенсивности линий определены только визуально [9, 10].

Таким образом, для проведения количественного анализа нужно было прежде всего определить интенсивности линий в общепринятой шкале.

Как известно, фенолы и крезолы образуют межмолекулярные водородные связи. Результатом наведения водородной связи между различными фенолами могут быть значительные аномалии в интенсивностях линий, что может сказаться при проведении количественного анализа [11]. В таких случаях вопрос о пригодности спектров рассеяния к количественному анализу должен быть исследован специально.

Смещение частот, которое может иметь место в результате межмолекулярного взаимодействия, лежит обычно ниже точности наблюдения [11]. Исключение составляют линии, принадлежащие группам, непосредственно участвующим в образовании такой сильной межмолекулярной связи, как водородная. В этом случае имеет место значительное смещение соответствующей полосы, например, для группы ОН в фенолах [12].

## Экспериментальная часть

Съемка спектров комбинационного рассеяния света производилась на трехпризменном стеклянном спектрографе ИСП-51 с камерой  $F=270$ . Спектры расшифровывались с помощью компаратора ИЗА-2 и микрофотометра МФ-2.

Интенсивности спектральных линий определялись по общепринятой шкале циклогексана, по которой линия циклогексана в  $802\text{ см}^{-1}$  принята за 250 [13]. Определение интенсивностей линий исследуемых ве-

\* В экспериментальной части работы принимала участие лаборант Л. Н. Белова.

ществ производилось путем сопоставления с усредненным значением интенсивностей толуола по линиям 521 (96), 786 (250), 1004 (500), 1031 (120), 1605 (90).

Были исследованы фенол (продажный, квалификации «чистый») и орто-, мета-, пара-крезолы (квалификации «чистые», Кольбаум). Все образцы перед употреблением каждый раз очищались разгонкой, а м-крезол, давший незначительный фон, очищался еще и серной кислотой.

Перед съемкой вещества в кюветах перегонялись каждый раз вновь, так как некоторые из них, особенно о-крезол, при хранении даже под вакуумом в запаянном сосуде желтеют. Для всех образцов с целью оценки их чистоты были определены т. кип., уд. вес и коэффициент преломления света.

Фенол снимался по способу, рекомендованному в одной из работ Кольрауша и Виттека [9, 10], путем прибавления нескольких капель воды для перевода фенола в жидкое состояние. Содержание воды, определявшееся методом рефрактометрии, оказалось равным 5,5%. При расчетах интенсивностей линий в феноле вводилась поправка на содержание воды.

Для определения частот и интенсивностей спектральных линий образцы снимались многократно (от 5 до 10 раз) и полученные результаты усреднялись. Расхождение при параллельных опытах составляло: а) по частотам —  $1 \text{ см}^{-1}$  на интенсивную линию и  $1-2 \text{ см}^{-1}$  на слабую линию, б) по интенсивностям — примерно  $\pm 5\%$  от среднего значения пяти измерений для четкой линии.

Спектры комбинационного рассеяния света возбуждались ртутной линией 4358 Å и промерялись в интервале длин волн от 4390 до 4690 Å (что соответствует на спектрах  $\Delta \gamma$  200—1600  $\text{см}^{-1}$ ). В этой части спектра находят наиболее четкие, аналитические линии исследуемых образцов.

Ниже приводятся полученные спектры комбинационного рассеяния фенола и крезолов (значения частот даны с округлением до  $1 \text{ см}^{-1}$ ; значения интенсивностей округлены при  $I_0 < 50$  до 1, при  $50 < I_0 \leq 100$  до 5, при  $I_0 > 100$  до 10 [13]):

Фенол: т. кип. =  $181,4^\circ$ ;  $n_D^{45} = 1,5390$ ;  $d_4^{45} = 1,0575$ ; по литературным данным: т. кип.  $181,4^\circ$  [14] и  $182,2^\circ$  [15];  $n_D^{45} = 1,5403$  [15],  $d_4^{45} = 1,0545$  [15].  $\Delta \gamma$  ( $\text{см}^{-1}$ ): 241 (110ш), 509 (21), 530 (90), 617 (90), 756 (40ш), 810 (260), 824 (100ш), 898 (8), 1000 (600р), 1025 (200), 1070 (14), 1152 (47), 1168 (70), 1256 (60ш), 1292 (130ш), 1483 (28ш), 1540 (6), 1593 (130), 1603 (95).

О-крезол: т. кип. =  $190,8^\circ$ ;  $n_D^{40} = 1,5364$ ,  $d_4^{41} = 1,0277$ ; по литературным данным: т. кип.  $190,8^\circ$  [14] и  $191,1^\circ$  [15];  $n_D^{40} = 1,5372$  [15];  $d_4^{41} = 1,0273$  [15].  $\Delta \gamma$  ( $\text{см}^{-1}$ ): 191 (110ш), 275 (75ш), 442 (16), 528 (80), 584 (120), 748 (550), 846 (17), 985 (40ш), 1044 (230), 1154 (80ш), 1254 (100ш), 1288 (60ш), 1382 (44ш), 1442 (18), 1592 (70ш), 1611 (90).

М-крезол: т. кип.  $201,3^\circ$ ;  $n_D^{18} = 1,5424$ ,  $d_4^{20} = 1,034$ ; по литературным данным: т. кип.  $202,8^\circ$  [14] и  $202,7^\circ$  [15],  $n_D^{18} = 1,5425$  [15];  $d_4^{20} = 1,034$  [15].  $\Delta \gamma$  ( $\text{см}^{-1}$ ): 215 (70ш), 243 (100ш), 304 (22ш), 517 (100), 538 (80), 562 (30ш), 733 (330), 775 (15ш), 1000 (780р), 1084 (42ш), 1158 (60ш), 1269 (70ш); 1283 (120ш), 1378 (49), 1589 (50ш), 1612 (55ш).

П-крезол: т. кип.  $201,0^\circ$ ;  $n_D^{41} = 1,5297$ ,  $d_4^{41} = 1,0183$ ; по литературным данным: т. кип.  $201,9^\circ$  [15] и  $202^\circ$  [14];  $n_D^{41} = 1,5311$  [15],  $d_4^{42} = 1,0179$  [15].  $\Delta \gamma$  ( $\text{см}^{-1}$ ): 337 (100ш), 465 (110ш), 644 (110), 702 (24), 741 (23), 821 (110).

843 (400р), 1104 (23ш), 1154 (60ш), 1172 (70), 1215 (120ш), 1251 (70ш), 1268 (70ш), 1296 (100ш), 1380 (70ш), 1598 (55), 1615 (90ш).

Анализ смесей известного состава. Для определения пригодности установленных спектров рассеяния фенола и крезолов для количественного анализа их смесей были приготовлены смеси изучаемых веществ. Смесей готовились путем взвешивания составляющих компонентов на аналитических весах. Были приготовлены различные по составу двух-, трех- и четырехкомпонентные смеси.

У спектров смесей определялись частоты и интенсивности линий. При этом, как и следовало ожидать, смещение частот не имело места.

В табл. 1 приведены усредненные результаты анализа смесей известного состава. Расхождения между параллельными опытами составили 1—3%.

Таблица 1

Результаты анализа смесей фенолов известного состава методом комбинационного рассеяния света

Дано, %	Найдено, %	Отклонения, %	Дано, %	Найдено, %	Отклонения, %	Дано, %	Найдено, %	Отклонения, %
ф—о			о—п			м—о		
ф—50	50	0	о—8	45	—3	м—25	23	—2
о—50	50	0	п—52	55	+3	о—75	77	+2
ф—47	47	0	о—51	51	0	м—50	46	—4
о—53	53	0	п—49	49	0	о—50	54	+4
						м—75	75	0
						о—25	25	0
п—ф			м—ф			п—о—ф		
ф—19	20	+1	м—29	25	—4			
п—81	80	—1	ф—71	75	+4	п—39	38	—1
ф—52	55	+3	м—53	51	—2	о—31	31	0
п—48	45	—3	ф—47	49	+2	ф—30	31	+1
ф—80	83	+3	м—79	81	+2	п—м—о—ф		
п—20	17	—3	ф—21	19	—2	п—26	24	—2
ф—23	24	+1				м—24	23	—1
п—77	76	—1	м—п			о—27	26	—1
ф—49	53	+4	м—25	23	—2	ф—23	27	+4
п—51	47	—4	п—75	77	+2			
ф—73	76	+3	м—49	45	—4			
п—27	24	—3	п—51	55	+4			
			м—74	71	—3			
			п—26	29	+3			

Примечание. Данные являются средними значениями 2—3 параллельных опытов.

Обозначения в таблице: «ф» — фенол; «о» — о-крезол; «м» — м-крезол; «п» — п-крезол.

Как видно из табл. 1, отклонения величин содержания компонентов смесей известного состава, установленных при помощи метода комбинационного рассеяния света, не превышают большей частью  $\pm 2-3\%$ .

Наведение водородных связей между различными изомерами практически не сказывается на главных деталях спектров рассеяния (на частотах линий и их интенсивностях). Имеющиеся различия между данным количеством вещества и найденным практически лежат в пределах ошибки определения. Из приведенных выше данных можно сделать вывод о специфичности спектров рассеяния отдельных изомеров, что дает возможность получить полную картину состава в отличие от анализа по спектрам поглощения в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра.

Таким образом, метод комбинационного рассеяния света оказался вполне пригодным и может быть рекомендован для количественного анализа смесей фенола и крезолов.

### Выводы

1. Определены спектры комбинационного рассеяния света для фенола и о-, м-, п-крезолов с нахождением частот линий и интенсивностей полос.
2. Установлено, что метод комбинационного рассеяния света применим к исследованию смесей фенола и крезолов. Точность метода в данном случае составляет 2—3%.

Уральский филиал АН СССР

Поступила в редакцию  
12/XI 1959

### ЛИТЕРАТУРА

1. D. H. Whiffen, H. W. Thompson, The Infrared Spectra of Cresols and Xylenols and the Analysis of Cresylic Acid. *J. Chem. Soc.*, 268 (1945).
2. R. A. Friedel, L. Peirce, J. Mecovern, Infrared Analysis of Phenol, Cresols, Xylenols and Ethylphenols. *Anal. Chem.*, 22, 418 (1950).
3. G. E. Carner, J. K. Sanford, Ultraviolet Analysis of isomeric Cresol Mixtures. *J. Anal. Chem.*, 25, 1417 (1953).
4. Н. М. Зайдман, Н. И. Шергина, Н. Г. Перевалова, И. В. Калечни, О приложении спектрофотометрического метода к анализу фенолов полукоксовых смол. Тез. докл. на совещ. по спектрофотометрическим и колориметрическим методам анализа, Изд. АН СССР, М., 1955.
5. E. Angelescu, G. Docvidescu, Etudiul unei metode analitice pentru dozarea cresolilor pe baza proprietatilor capilar-active, *Studii Cerc. Chem. Acad. RPR*, 6, № 2, 213 (1958). *Химия*, № 1, 55 (1959).
6. J. Franc, Kvantitativni stanoveni o-, m-, p-Kresolu a fenolu v technicem trikresolu rozdelsovaci Chromatografii na silikagelu. *Chem. Listy*, № 10, 1526 (1954).
7. Г. С. Петров, Б. Н. Рутовский, И. П. Лосев, Технология синтетических смол и пластмасс. Госхимиздат, М.—Л., 1946.
8. К. Бауер, Анализ органических соединений. ИЛ, М., 1953.
9. K. W. Kohlrausch, A. Pongratz, Studien Zum Roman-Effekt. *Mh. Chem.*, 63, 427 (1933).
10. K. W. Kohlrausch, H. Wittek, Studien zum Roman-Effekt. *Mh. Chem.*, 74, 1 (1941).
11. К. Кольрауш, Спектры комбинационного рассеяния. ИЛ, М., 1952.
12. М. И. Батуев, Междомолекулярные и внутримолекулярные связи некоторых фенолов и комбинационное рассеяние света. ДАН СССР, 28, 423 (1940).
13. Г. С. Ландсберг, П. А. Бажулин, М. М. Суцкий, Основные параметры спектров комбинационного рассеяния углеводов. Изд. АН СССР, 1956.
14. Справочник химии, т. II. Госхимиздат, М.—Л., 1951.
15. Справочник «Химические реактивы и препараты». Госхимиздат, М.—Л., 1953.

Ф. А. ГУРЕВИЧ,  
А. И. ДРОКИН, И. М. БАРХАТОВА

### ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА РАННИЕ ПЕРИОДЫ РОСТА РАСТЕНИЙ

Проблема влияния внешних факторов на рост организмов всегда была и остается одной из актуальных в биологической науке.

За последние 10—20 лет появились интересные сообщения [1—6], указывающие на то, что ультразвук, в зависимости от интенсивности и характера озвучивания, может вызывать стимуляцию роста растений (клубней картофеля, сахарной свеклы, гороха, кукурузы) и тем самым может способствовать повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Однако вопрос о действии ультразвука на рост живых тел изучен слабо. Поэтому мы поставили цель исследовать действие ультразвука на растительные объекты, процессы их роста и особенно на энергию прорастания и всхожесть семян.

В качестве объектов исследования брались луковицы лука, чеснока, семена зерновых культур: ячмень — сорт Винер, овес — Золотой дождь, пшеница — Мильтурум 321. Кроме того, были использованы цветочные семена флокса и львиного зева.

Озвучивание растений и семян производилось при разных параметрах в фонтане ультразвукового поля на ультразвуковых генераторах типа ГУ-3 и 602. Озвучивание проходило в пределах от 30 сек. до 60 мин. при частотах 800 кГц и интенсивностях 1,1; 2,1; 4,6; 8,1; 10,2  $вт/см^2$ ; 750 кГц и интенсивностях 1,3; 2,3; 5,2; 9,2; 11,7  $вт/см^2$ ; 22 кГц и интенсивности до 4  $вт/см^2$ . Озвучиваемый материал систематически охлаждался холодильным проточным устройством, поддерживающим температуру воды в стакане над излучателем в пределах  $\pm 5^\circ C$ .

Несмотря на тщательное охлаждение, ультразвук иногда вызывал местный тепловой эффект у луковиц лука и чеснока. Отдельные их участки после озвучивания стали вареными, мягкими и значительно сильнее выделяли пахучие вещества. Больше всего поразились наружные части луковиц (особенно донце, корешки) и в меньшей степени их внутренние тканевые элементы.

После озвучивания часть луковиц лука и чеснока помещалась для проращивания в стаканы с водопроводной водой. Другая часть, а также цветочные семена высаживались в ящики с черноземом или просто в грунт. Всхожесть семян и энергия их прорастания определялись по общепринятой методике.

На основании опытов было установлено, что ультразвук при малых и средних интенсивностях может вызывать ускорение роста растений или их отдельных органов, что зависит и от времени озвучивания (в пределах от 0,5 до 15 мин.). Но значительно интенсивнее протекают процессы роста корня, стебля и листьев при озвучивании в течение 30 сек. При

такой экспозиции озвучивания растения прорастают более дружно, у них лучше развивается корневая система, увеличивается число корешков по сравнению с контрольными объектами (табл. 1, 2). Значительно быстрее, по сравнению с контролем, растут листья и стебли (рис. 1, 2), особенно в первые 5—15 дней после озвучивания.

Таблица 1

Действие ультразвука на рост корешков луковиц лука при разных частотах и интенсивностях озвучивания  
(опыт ставился 11/IV 1959)

Время озвучивания, мин.	Частота вибраций, кГц	Дата измерений				
		14/IV		16/IV		18/IV
		длина, см	колич., шт.	длина, см	колич., шт.	длина, см
0,5	22	3,0	63	4,5	68	5,8
1	22	1,6	42	3,5	62	4,0
5	22	2,5	37	5,8	67	7,2
10	22	1,8	21	5,0	34	6,5
15	22	2,0	42	4,6	55	7,8
30	22	1,5	34	4,0	53	6,0
контроль		1,5	20	3,0	39	4,0

Примечание. Интенсивность озвучивания  $0,54 \text{ вт/см}^2$ , на 10-й день после озвучивания (начиная с 5 мин. и более) многие луковицы и их корешки начали погибать.

Таблица 2

Действие ультразвука на рост корешков луковиц лука при разных частотах и интенсивностях озвучивания  
(опыт ставился 13/IV 1959)

Время озвучивания, мин.	Частота вибраций, кГц	Дата измерений				
		16/IV		18/IV	20/IV	22/IV
		длина, см	колич., шт.	длина, см	длина, см	длина, см
0,5	750	2,5	59	5,4	6,7	7
1	750	2,5	57	4,3	5,5	6
5	750	2,4	47	3,8	6,2	7
15	750	2,1	52	5,0	6,5	6,8
30	750	1,9	37	3,6	7,0	7,1
60	750	0,7	45	1,9	3,5	6
контроль		0,5	16	1	3,5	5

Примечание. В опытах взято 100 луковиц. Интенсивность озвучивания  $2,1 \text{ вт/см}^2$ .

Подобные результаты были получены и в опытах с луковицами чеснока. Так, у долек чеснока, озвученных в течение 30 сек., в 15—30% случаев на 20-й день листья и корешки были в 3—4 раза длиннее, а количество корешков на 10—25 больше в каждой дольке по сравнению с контролем (рис. 3, 4).

Высаженные в грунт озвученные (30 сек.) дольки в первые 5—10 дней росли значительно быстрее, чем неозвученные, но в последующие 7—10 дней неозвученные догоняли в росте опытные дольки чеснока.



Рис. 1. Контрольная (левая) и озвученные луковицы лука.



Рис. 2. Одна и та же луковица: левая ее половина озвучена, правая — контрольная.

Способность неозвученных растений догонять в росте озвученные наблюдалась и на других объектах, в частности, на семенах флокса и львиного зева. Например, 13 апреля 1959 г. семена этих растений были озвучены при частоте 750 кГц и интенсивности  $2,1 \text{ вт/см}^2$  в течение 0,5; 1 и 5 мин. После озвучивания семена в тот же день были высеваны в грунт. Через 6 дней после посева стебли озвученного львиного зева имели длину в среднем 11 мм, а стебли неозвученных семян — только 2,5 мм. Подобные результаты наблюдались и с семенами флокса: стебли озвученных семян достигли длины 15 мм, а контрольных — 5 мм. Однако в последующие 7—10 дней разница в размерах опытных и контрольных растений была уже незначительной. Длина стеблей озвученного и неозвученного львиного зева на 15—16-й день была около 3 см, а флокса — 2,6—3,6 см. Дальнейший рост тех и других растений в грунте протекал совершенно одинаково.

В ряде опытов были получены интересные результаты по выяснению действия ультразвука высокой частоты и интенсивности ( $800 \text{ кГц}$  и  $7,5 \text{ вт/см}^2$ ) на рост корней и листьев луковиц лука.

Озвученные луковицы в течение 10, 30, 60 мин. помещались для проращивания в стаканы с водопроводной водой. При этом в первые 8—9 дней рост корней и листьев у озвученных луковиц был замедлен. Затем тормозное действие ультразвука постепенно снималось: перо лука начинало расти быстрее и в последующие 5—10 дней догоняло и даже перегоняло по размерам листья контрольных луковиц (табл. 3).

Из этих опытов видно, что различные части одной и той же луковицы по-разному реагируют на воздействие ультразвука. Более чувствительными оказались корешки и менее чувствительными — листья. Кроме того, ультразвук может остановить или на некоторое время затормозить процессы роста листьев или каких-либо других органов.

Следует отметить, что отдельные экземпляры лука, чеснока и других растений обладают индивидуальной чувствительностью к ультра-

звуковому воздействию. Так, наблюдалась гибель части луковец лука и чеснока после озвучивания их в течение 5—10 мин., тогда как другие прекрасно росли и развивались после 60-минутного озвучивания при равных с первыми параметрах.



Рис. 3. Озвученная долька чеснока — правая, неозвученная — левая.

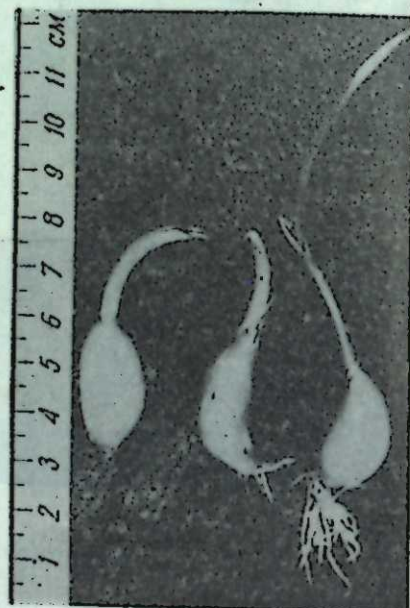


Рис. 4. Дольки одной и той же луковицы чеснока. Верхняя не озвучена, средняя озвучена в течение 1 мин., нижняя озвучена в течение 0,5 мин. при частоте 750 кГц и интенсивности 2,1 Вт/см<sup>2</sup>.

Озвученные и затем высаженные в грунт луковички лука на 20—50% прорастали и росли быстрее, чем неозвученные.

Нами были проведены опыты по выяснению влияния ультразвука на семена злаковых культур.

Семена ячменя сорта Винер, овса Золотой дождь и пшеницы Мильтурум 321 озвучивались при частоте 750 кГц и интенсивности 1,1; 4,6; 10,2 Вт/см<sup>2</sup>. Продолжительность озвучивания составляла 0,5; 1,5 и 10 мин.

Озвученные и контрольные семена помещались для прорастания в растительный с кварцевым песком, увлажненный до 60% от полной влагоемкости. Учет проросших семян производился дважды через 3—7 суток по общепринятой методике.

Таблица 3

Действие ультразвука на рост корней и листьев лукович лука при высоких частотах и интенсивностях озвучивания (опыт ставился 11/III 1959)

Время озвучивания, мин.	Дата измерений							
	20/III		23/III		26/III		30/III	
	средняя длина, см							
	корень	лист	корень	лист	корень	лист	корень	лист
10	5	10	2,5	15	2,5	18	0,5	21
30	2,5	8	5	13	5,7	18,5	6	22,5
60	1,2	1,7	1,5	5	1,5	10,5	2,1	17,5
контроль	5,5	11,5	6,2	13,5	7	16,5	8	18

Примечание. Частота вибраций 800 кГц, интенсивность озвучивания 7,5 Вт/см<sup>2</sup>. Часть корней погибала, или шел распад их тканей с кончиков.

### Пшеница

На основании опытов обнаружено, что озвученные и контрольные семена пшеницы прорастали дружно и давали всхожесть 98—100%. Однако семена, озвученные при интенсивности 1,1 и 9,2 Вт/см<sup>2</sup>, имели большую длину корешков и больше ростков, по сравнению с контрольными. Например, на 100 семян, озвученных в течение 0,5 мин. при интенсивности 1,1 Вт/см<sup>2</sup>, приходилось 45 семян с корешками длиной 4—6 мм, в то время как из 100 контрольных семян только 10 имели корешки таких же размеров, остальные семена лишь наклонились. Семена, озвученные при интенсивности 4,6 Вт/см<sup>2</sup>, не отличались по темпам роста от контрольных.

### Ячмень

Семена ячменя озвучивались при тех же параметрах, что и семена пшеницы. Было выяснено, что рост корешков озвученных семян существенно не отличается от роста контрольных (табл. 4).

Таблица 4

Скорость роста корешков семян ячменя в зависимости от времени и интенсивности озвучивания

Интенсивность, Вт/см <sup>2</sup>	Длина корешков, мм	Время озвучивания				Контроль
		30 сек.	1 мин.	5 мин.	10 мин.	
1,1	4—6	65	70	70	92	95
	1—3	34	27	27	7	—
	наклонилось не проросло	1	3	3	1	5
4,6	4—6	90	87	88	93	95
	1—3	9	12	11	7	5
	наклонилось не проросло	1	1	1	—	—
10,2	4—6	93	93	87	78	94
	1—3	—	—	—	—	—
	наклонилось не проросло	3	5	13	16	5
		7	2	—	6	1

Примечание. Измерения производились на 3-и сутки после озвучивания из расчета на 100 семян. Опыт ставился в 4 повторностях.

### Овес

Условия озвучивания семян овса были те же, что и для семян пшеницы и ячменя. Опыты показали, что более высокая энергия прорастания была у семян, озвученных в течение 30 сек. при интенсивности 10,2 Вт/см<sup>2</sup> (табл. 5).

В последующих опытах с овсом было выяснено, что действие ультразвука сказывается через определенное время. Так, в течение 4 суток семена дали высокую энергию прорастания и всхожесть (97—100%). За это время не наблюдалось разницы в длине корешков и ростков. Однако на 6-е сутки корешки и ростки семян, озвученных при интенсивности 1,1 Вт/см<sup>2</sup> и 30-секундной экспозиции, были значи-

тельно больше, чем во всех других случаях. В табл. 6 приведены данные всхожести семян овса, количество первичных корешков и скорость роста корешков при 30-секундной экспозиции озвучивания с интенсивностью 1,1  $вт/см^2$  по сравнению с контролем.

Таблица 5

Скорость прорастания семян овса и их всхожесть в зависимости от времени и интенсивности озвучивания

Интенсивность, $вт/см^2$	Время озвучивания, мин.	Количество проросших семян			Энергия прорастания	Всхожесть, %
		29/III	30/III	1/IV		
		1,1	0,5 1 5 10	29 42 40 49		
4,6	0,5 1 5 10	41 34 51 60	30 25 17 14	26 36 28 21	71 59 68 74	97 95 96 95
10,2	0,5 1 5 10	90 74 66 75	9 10 23 16	1 15 9 9	99 84 89 91	100 99 98 100
Контроль		40	38	19	78	97

Примечание. Озвучивали 25/III 1959. Поместили на прорастание 26/III. Расчеты берутся на 100 семян. Опыт ставился в 4 повторностях.

Таблица 6

Действие ультразвука на семена овса

Дата озвучивания	Дата измерения	Время озвучивания, сек.	Среднее колич. первичных корешков	Всхожесть, %	Колич. семян, имеющих корешки и ростки длиной, см					
					корешков			ростков		
					0-5	5-10	10-15	0-3	4-6	7-15
18/V	21/V	30	3	100	75	8	17	76	16	8
		контроль	2	98	91	—	6	95	3	—
18/V	24/V	30	3	98	85	3	10	90	8	—
		контроль	2	96	90	5	1	94	2	—

При дальнейших исследованиях и повторных опытах эта закономерность подтвердилась. Кроме того, было замечено, что стимулирующее действие ультразвука на количество и рост корешков и ростков

сохранилось в течение последующих 3—4 дней. Наблюдения за дальнейшим ростом не проводились. Результаты опытов сведены в табл. 7.

Из табл. 7 видно, что ультразвук может вызвать не только стимуляцию роста корешков и ростков, но и способствовать увеличению количества вторичных корешков.

Таблица 7

Дата озвучивания	Дата измерения	Время озвучивания, сек.	Всхожесть, %	Колич. семян, имеющих корешки и ростки длиной, см (на 100 семян)						Колич. семян (из 100), имеющих вторичные корешки		
				корешки			ростки			всего	от 1 до 10 шт.	более 10 шт.
				0-5	5-10	10-15	0-3	4-6	7-15			
4/V	11/V	30 конт- роль	95	22	35	38	13	35	47	43	27	16
			94	44	34	16	52	15	27	15	15	—
4/V	12/V	30 конт- роль	95	10	17	67	10	3	82	78	21	57
			92	18	23	51	23	7	62	46	28	18

Примечание. Интенсивность 1,1  $вт/см^2$ .

Проведенные исследования позволяют считать, что при определенных параметрах озвучивания семян и луковиц некоторых растений энергия прорастания и первые стадии роста растений могут протекать более интенсивно.

Что касается сущности механизма действия ультразвука на ростовые процессы, то она пока остается неясной. В литературе имеются указания на то, что ультразвук может повышать окислительные процессы в растениях, действуя на ферментативный аппарат. Например, О. Истомина и Е. Островский [8] отмечают, что под влиянием ультразвука в горохе и картофеле увеличивается образование пероксидазы. На это явление указывает и Г. Давыдов [1]. Не исключена возможность, что, кроме указанного фактора, на росте растений сказывается повышенная проницаемость их клеток, которая возникает в результате ультразвукового воздействия и которую мы наблюдаем на луковицах лука и чеснока при изучении их фитонцидных свойств.

Красноярский медицинский институт физики  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
4/IV 1960

## ЛИТЕРАТУРА

- Г. К. Давыдов, Действие ультразвука на семена сахарной свеклы. ДАН СССР, т. XXIX, № 7, 1940.
- В. Байер, Э. Дернер, Ультразвук в биологии и медицине. Медгиз, 1958.
- O. Fischnich, F. Heilinger, Bericht d. Oberhess. Ges. Natur- u. Heilkunde zu Giessen, Naturwiss. Abt., 29, 1958.
- E. Lazărescu, V. Bulitaru, Stimularca germinatiei semințelor de porumb prin tratament ultrasonor. Gaz. mat. si fiz., A10, № 9, 1958.
- Lica Soan, Popescu Chiril, Plasa Dumitru, Popescu Tonela, Cercetari privind influenta ultrasunetelor asupra productiei la siecla de zahar si Poarea-soarelui, Studii si cercetari stiint. Acad. RPR Fil. Sasi: Fiz. Si stiinte tehn., 8, № 1, 1957.

6. О. Р. Пинигина, В. А. Ловыгина, Влияние ультразвуковых колебаний на урожайность зерновых и овощных культур. Сб. студ. работ Бурят-Монг. гос. пед. ин-та, вып. 3, 1957.
7. И. Е. Эльпинер, Современное состояние вопроса о биохимическом действии ультразвуковых волн. Биофизика, № 6, 1956.
8. О. Истомина, Е. Островский, Действие ультразвука на растения. ЖТФ, № 12, 1936.

З. В. ЧЕРНИКОВА

### УГЛЕВОДЫ МИЦЕЛИЯ ПУШИСТОГО МИКРОСПОРУМА И МЕТОДЫ ИХ КАЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Исследования химического состава, строения и свойств жиров, белков и углеводов тел микроорганизмов дают возможность объяснить многие биологические особенности различных видов микробов. В связи с этим в настоящее время изучению бактерий и грибов уделяется исключительное внимание. Обширные данные по этому вопросу приводятся в обзорных работах Губарева [1], Фостера [2] и Лилли и Барнет [3].

Химическому составу грибов посвящено сравнительно много исследований, однако они дают лишь общее представление о качественном и количественном составе отдельных групп, встречающихся в грибах веществ (жиров, углеводов, азотсодержащих веществ и т. д.). Исследовались преимущественно аспергиллы, пенициллы и актиномицеты. Что же касается грибов, паразитирующих на животных и человеке, то они в этом отношении почти не изучались. Между тем данные о химическом составе грибов-дерматофитов необходимы для выяснения их биологических и биохимических особенностей. Работ по исследованию углеводного состава дерматофитов, и в частности пушистого микроспорума, мы не обнаружили, хотя довольно подробно в течение последних лет в литературе освещается углеводный состав некоторых бактерий и свойства их полисахаридного комплекса [4—13]. Тело гриба содержит примерно 50% различных углеводов, которые представляют собой в основном различные полисахариды. Учитывая, что углеводы играют вообще важную роль в жизнедеятельности микроорганизмов, а некоторые полисахариды при этом обладают особыми свойствами, мы считали интересным провести подробное химическое изучение углеводов гриба пушистого микроспорума, азотистый обмен которого исследуется сотрудниками нашей кафедры. Это исследование даст возможность показать сходство и различие между дерматофитами и высшими растительными организмами.

В настоящей работе приводятся данные по изучению качественного состава сахаров, синтезируемых пушистым микроспорумом. Для этой цели был использован метод бумажной распределительной хроматографии. Материалом для исследования служил мицелий пушистого микроспорума, выращенного в течение двух месяцев на среде, состоящей из минеральных веществ, мочевины и глюкозы. Отделенный от питательной среды мицелий промывали несколько раз дистиллированной водой, слегка отжимали между листами фильтровальной бумаги и высушивали сначала на воздухе (в течение ночи), а затем в вакуум-экситаторе до постоянного веса.



Для выяснения наиболее выгодных условий выделения углеводов была произведена различная обработка измельченного мицелия. В одном случае исследуемый материал перед анализом обезжиривали ацетоном и эфиром, в другом — мицелий анализировали без предварительного удаления липоидов. В обоих случаях результаты были сходными, что позволило нам исключить операцию обезжиривания мицелия, тем более, что при последующем извлечении углеводов материал неоднократно обрабатывается кипящим спиртом.

#### Выделение углеводов из мицелия гриба пушистого микроспорума

В настоящее время нет еще хорошо разработанной методики исследования бактерий и грибов на содержание в них углеводов. Поэтому в нашей работе мы использовали известные приемы выделения и фракционирования сахаров, применяемые для углеводов растительного происхождения [14—16].

Все углеводы подразделялись нами условно на 5 фракций, в которые входят близкие в физиологическом отношении сахара:

- 1 фракция — спирторастворимые сахара (моно-, ди- и трисахариды),
- 2 > — водорастворимые углеводы (декстрины, камеди),
- 3 > — сахара, растворимые в горячей воде (крахмал, гликоген), расщепляемые амилазой,
- 4 > — полисахариды, сравнительно легко гидролизующиеся разбавленными кислотами (гемиллюлозы),
- 5 > — полисахариды, гидролизующиеся при длительном нагревании с серной кислотой (клетчатка, хитин).

Такое фракционирование сахаров дает возможность получить общее представление о составе и распределении углеводов пушистого микроспорума.

#### Выделение спирторастворимых сахаров (1 фракция)

Навеску сухого мицелия обрабатывали последовательно по 2 раза 96 и 82% этанолом при нагревании на водяной бане (70—80°) с обратным холодильником в течение 30 минут. Для каждой экстракции спирт брали примерно в 20-кратном количестве к навеске мицелия. Все полученные вытяжки фильтровали в одну колбу с разрежением через стеклянный фильтр. Спиртовый экстракт сгущали и освобождали от спирта под вакуумом для предупреждения возможного разложения спирторастворимых полисахаридов, которые могут быть в вытяжке. Отгонку спирта производили на водяной бане при температуре не выше 40°.

Остаток, полученный после удаления спирта, растворяли в небольшом количестве воды (10—20 мл) и в полученном растворе определяли моно-, ди- и трисахариды. Для выяснения качественного состава сахаров до гидролиза часть жидкости выпаривали на водяной бане, сухой остаток растворяли в 1 мл воды и хроматографировали. Для определения углеводов после гидролиза к другой части вытяжки прибавляли соляную кислоту в таком количестве, чтобы конечная концентрация ее составляла 2% (по объему). Кислый раствор нагревали 5 минут в кипящей водяной бане для разложения ди- и трисахаридов.

Из полученного гидролизата соляную кислоту удаляли выпариванием на водяной бане или нейтрализацией сухим двууглекислым натром. В первом случае жидкость упаривали в фарфоровой чашке несколько раз с водой до полного исчезновения соляной кислоты и сухой

остаток, не содержащий кислоты, перед хроматографированием растворяли в 1 мл воды. Во втором случае после выпаривания нейтральной жидкости остаток, содержащий хлористый натрий, обрабатывали несколько раз небольшими порциями 82% этанола, экстракт фильтровали и вновь выпаривали. В полученном остатке, растворенном в воде, углеводы определяли также хроматографическим методом.

В дальнейшем все солянокислые гидролизаты перед хроматографированием обрабатывались одним из этих способов. Хроматограммы в обоих случаях получались сходные.

#### Выделение водорастворимых сахаров (2 фракция)

Мицелий, оставшийся после экстракции спирторастворимых сахаров, немного подсушивали на воздухе или в сушильном шкафу при температуре не выше 40° и обрабатывали четыре раза водой (температура до 40°) по 10 минут, с частым помешиванием. Воду брали каждый раз в 20-кратном количестве от исходной навески мицелия (объем/всс).

Водную вытяжку, профильтрованную через стеклянный фильтр, сгущали на водяной бане в фарфоровой чашке до небольшого объема и переносили в колбу, в которую прибавляли соляную кислоту до получения 2% концентрации. Содержимое колбы нагревали 3 часа в кипящей водяной бане с обратным холодильником. Кислый гидролизат после удаления из него кислоты, как описано выше, хроматографировали.

#### Выделение крахмало- и гликогенподобных сахаров (3 фракция)

Остаток мицелия после извлечения спирто- и водорастворимых углеводов без подсушивания переносили с фильтра в колбу и добавляли в нее горячую воду ( $t$  60°) из расчета 10—15 мл на 1 г исходной навески. Для слабого оклейстеривания углеводов колбу нагревали на водяной бане или в сушильном шкафу при 60° в течение 30 минут, при частом взбалтывании. Раствор охлаждали до комнатной температуры и обрабатывали амилазой (3 мл разбавленной и профильтрованной слюны). В качестве консерванта в колбу вносили 10—15 капель толуола, затем колбу закрывали пробкой и ставили на 24 часа в термостат при 37°.

Для учета редуцирующих веществ, вносимых со слюной и реактивами в исследуемую жидкость, одновременно с опытом производили контрольный анализ. Контрольные пробы состояли из разбавленной слюны, воды и толуола, взятых в том же количестве, что и в опытных пробах. В дальнейшем контрольный раствор обрабатывали и анализировали подобно испытуемой жидкости.

Полученный ферментативный гидролизат фильтровали через льняное полотно на воронке Бюхнера, оставшийся мицелий тщательно промывали водой декантацией, и промывные воды сливали через фильтр. Фильтрат сгущали на водяной бане до небольшого объема, и часть его использовали для определения продуктов распада крахмалоподобных полисахаридов, образовавшихся под влиянием амилазы слюны.

Другую часть жидкости подвергали дополнительно кислотному гидролизу с 2% соляной кислотой в течение 3 часов на водяной бане. После этого из гидролизата удаляли соляную кислоту, остаток растворяли в небольшом количестве воды и хроматографировали.

### Выделение сахаров типа гемецеллюлоз (4 фракция)

Остаток после ферментативного гидролиза подсушивали немного в сушильном шкафу при невысокой температуре, смешивали с 2% соляной кислотой и нагревали 5 часов в кипящей водяной бане с обратным холодильником. Гидролизат фильтровали через стеклянный фильтр, остаток тщательно промывали несколько раз водой декантацией. Полученную жидкость сгущали на водяной бане, удаляли из нее соляную кислоту, и остаток использовали для хроматографирования.

### Выделение сахаров типа клетчатки (5 фракция)

Остаток мицелля после выделения четвертой фракции углеводов, подсушенный до воздушно-сухого состояния при температуре около 50°, переносили в колбу и обрабатывали 10 объемами 80% серной кислоты (приблизительный расчет от исходной навески мицелля). Всю массу хорошо перемешивали, колбу закрывали пробкой и оставляли на ночь для растворения полисахаридов в кислоте, после чего жидкость фильтровали через стеклянный фильтр.

К фильтрату прибавляли 15 объемов воды на один объем взятой кислоты (часть воды пропускали через фильтр), и полученный раствор нагревали в течение 7 часов в кипящей водяной бане с обратным холодильником. Гидролизат фильтровали через стеклянный фильтр, промывали его несколько раз водой, и жидкость нейтрализовали гидратом окиси бария. Осадок сернокислого бария удаляли центрифугированием. Прозрачный центрифугат выпаривали досуха, и сухой остаток перед хроматографированием растворяли в 1 мл воды.

Оставшийся на фильтре небольшой остаток серого цвета, не растворяющийся в крепких кислотах, едких щелочах и реактиве Швейцера, больше не анализировался.

### Выбор методики хроматографического определения углеводов

Для определения сахаров, содержащихся в вытяжках и гидролизатах мицелля пушистого микроспорума, мы пользовались методом бумажной хроматографии с восходящим током растворителя. Хроматографирование производили в герметически закрывающихся стеклянных камерах, состоящих из двух цилиндрических сосудов, поставленных один на другой, размером каждый 17 × 30 см. Для проверки некоторых опыты проводили и нисходящим способом в большой камере. Никаких преимуществ при разделении сахаров последним методом не наблюдали. Иногда при нисходящем токе растворителя вещества разгонялись даже менее резко, чем при восходящем.

В работе была испытана бумага трех сортов: обыкновенная фильтровальная «Лальская лабораторная», хроматографическая бумага № 1 и № 4 Ленинградской фабрики им. Володарского.

«Лальская лабораторная» бумага неоднородна по плотности, и пятна проявленных сахаров получались на ней обычно нечеткие, с расплывчатыми краями. На обоих сортах хроматографической бумаги проявленные пятна получаются более четкие и расплываются мало. Хроматографическая бумага № 1 тоньше, чем № 4, и продвижение растворителя на ней происходит значительно быстрее. Вследствие этого удобнее работать с бумагой № 1, так как на ней развитие хромато-

граммы с одинаковыми результатами происходит быстрее, чем на бумаге № 4. Время, необходимое для продвижения фронта растворителя пиридин—н-бутанол—вода (2 : 3 : 1 по объему) при восходящем токе растворителя для бумаги № 1 и № 4, приведено в табл. 1.

Таблица 1  
Продвижение растворителя пиридин—н-бутанол—вода на хроматографической бумаге № 1 и 4

Время опыта в часах	Фронт продвижения растворителя в см	
	бумага № 1	бумага № 4
18	37	29
24	42	33
42	53	43
66	—	53

Все предварительные опыты производились с искусственной смесью, состоящей из одиннадцати химически чистых углеводов (глюкоза, галактоза, манноза, арабиноза, ксилоза, рамноза, лактоза, мальтоза, фруктоза, сахароза, раффиноза), для которых были установлены их относительные скорости продвижения на бумаге ( $R_f$ ) в различных растворителях в условиях наших опытов (табл. 2).

Таблица 2  
 $R_f$  сахаров в некоторых растворителях (восходящая хроматограмма)

Сахара	Пиридин— н-бутанол— вода (2:3:1)	Этилацетат— пиридин— вода (2:1:2)	Метанол— н-бутанол— вода (4:4:2)	Фенол, насыщенный водой	Н-у- та- нол—уксус- ная кисло- та—вода (4:1:5)	Н-бутанол— уксусная кислота—вода (4:1:1) (нисходящая хромато- грамма)
Рамноза	0,58	0,56	0,50	0,62	0,38	0,41
Ксилоза	0,44	0,44	0,42	0,46	0,30	0,26
Арабиноза	0,40	0,36	0,36	0,52	0,23	0,21
Манноза	0,40	0,35	0,35	0,43	0,24	0,19
Фруктоза	0,35	0,37	0,36	0,35	0,22	0,18
Глюкоза	0,33	0,32	0,34	0,39	0,24	0,13
Галактоза	0,28	0,28	0,30	0,44	0,24	0,11
Сахароза	0,27	0,27	0,25	0,42	0,13	0,05
Мальтоза	0,20	0,22	0,18	0,35	0,16	0,04
Раффиноза	0,15	0,14	0,13	0,27	0,07	0,00
Лактоза	0,11	0,17	0,14	0,39	0,10	0,03

С приготовленной смесью сахаров были испытаны растворители, как указанные в литературе [17—20], так и составленные по нашим рецептам. Таким образом, мы установили характер разделения сахаров при их совместном присутствии в зависимости от состава растворителя, что в дальнейшем значительно облегчило чтение рабочих хроматограмм. Дело в том, что когда на бумагу нанесены не отдельные сахара, а их смесь, то часто вместо четкого разделения веществ, имеющих различные, но не резко отличающиеся по величине значения  $R_f$ , получается вытянутое пятно с размытыми границами пятен, соответствующих отдельным веществам.

Результаты разделения смеси сахаров некоторыми растворителями показаны в табл. 3.

Таблица 3

Разделение смеси одиннадцати сахаров различными растворителями

Растворитель	Количество проявленных пятен	$R_f$	Вещество		
Пиридин — н-бутанол — вода (2:3:1)	10	0,57	Рамноза		
		0,44	Ксилоза		
		0,39	Манноза и арабиноза		
		0,35	Фруктоза		
		0,33	Глюкоза		
		0,27	Галактоза		
		0,27	Сахароза		
		0,19	Мальтоза		
		0,15	Раффиноза		
		0,11	Лактоза		
		Этилацетат — пи- ридин — вода (2:1:2)	10	0,56	Рамноза
0,45	Ксилоза				
0,37	Фруктоза				
0,36	Манноза и арабиноза				
0,32	Глюкоза				
0,28	Галактоза				
0,27	Сахароза				
0,23	Мальтоза				
0,17	Лактоза				
0,14	Раффиноза				
Метанол — н-бутанол — вода (4:4:2)	9			0,50	Рамноза
		0,42	Ксилоза		
		0,36	Фруктоза		
		0,35	Глюкоза, манноза и арабиноза		
		0,30	Галактоза		
		0,25	Сахароза		
		0,18	Мальтоза		
		0,14	Лактоза		
		0,13	Раффиноза		
		Фенол, насыщен- ный водой	7	0,60	Рамноза
				0,55	Фруктоза
0,51	Арабиноза				
Примерно 0,43	Галактоза, манноза и ксилоза				
0,42	Сахароза				
Примерно 0,38	Глюкоза, лактоза и мальтоза				
0,26	Раффиноза				
Н-бутанол — уксу- сная кислота — вода (4:1:5)	7			0,36	Рамноза
				Примерно 0,23	Глюкоза, галактоза, манноза, ара- биноза, ксилоза
				0,22	Фруктоза
				0,16	Мальтоза
		0,13	Сахароза		
		0,09	Лактоза		
		0,07	Раффиноза		
		Н-бутанол — уксу- сная кислота — вода (4:1:1), (нисходя- щая хроматограмма)	7	0,40	Рамноза
				0,17	Фруктоза
				0,14	Глюкоза и галактоза
				Длинное пятно между 0,14 и 0,40	Манноза, арабиноза и ксилоза
0,06	Сахароза				
0,03	Лактоза и мальтоза				
0,00	Раффиноза				

Наиболее полное и четкое разделение сахаров было получено с растворителями пиридин — н-бутанол — вода (2 : 3 : 1 по объему) и этилацетат — н-бутанол — вода (2 : 1 : 2 по объему), в которых хорошо разгоняются все взятые нами сахара, кроме маннозы и арабинозы, имеющих в этих условиях близкое значение  $R_f$  и располагающихся на бумаге в одном пятне. Несколько хуже разгоняются сахара в растворителе метанол — н-бутанол — вода (4 : 4 : 2 по объему). В этом случае близкое значение  $R_f$  имеют глюкоза, манноза и арабиноза, которые дают одно вытянутое пятно.

Указанные выше растворители не разделяют маннозу и арабинозу, а в феноле, насыщенном водой, эти сахара имеют различную скорость продвижения на бумаге и, таким образом, хорошо разделяются. Но практически оказалось, что в присутствии галактозы и ксилозы маннозу в феноле определить невозможно, так как эти три сахара располагаются на бумаге близко друг к другу и образуют одно вытянутое пятно. Глюкоза, лактоза и мальтоза также имеют близкие значения  $R_f$  в феноле, и соответствующие им пятна сливаются на бумаге в одно пятно.

Таким образом, для составленной нами смеси сахаров, фенол, насыщенный водой, является малопригодным растворителем. В нашей работе он был использован только для проверки наличия арабинозы. Такие же неудовлетворительные результаты с этим растворителем мы получили и при анализе сложных по составу продуктов гидролиза полисахаридов исследуемого гриба.

Плохо разделяются альдегидосахара, находящиеся в испытуемой искусственной смеси и в гидролизатах гриба, растворителями, состоящими из н-бутанола, уксусной кислоты и воды, а также смесями, не указанными в табл. 3, в состав которых входят ацетон и вода, ацетон, вода и мочевины, фенол с капроновой кислотой, фенол с метанолом, бутанол, этанол и вода, ацетоуксусный эфир, пиридин и вода, бутанол с аммиаком, бутанол с масляной кислотой, бутанол с малоновой кислотой, бензол с этанолом, бензол, бутанол, пиридин и вода, бутанол с масляной кислотой и некоторыми другими растворителями.

Кетоносахара (фруктоза, сахароза и раффиноза) хорошо разделяются почти всеми испытанными нами растворителями.

Так как альдозы и кетозы проявляются различными реактивами, специфичными для данных групп сахаров, то, несмотря на близкие значения  $R_f$  некоторых из них, применение различных проявителей позволяет легко идентифицировать эти вещества.

Нами были проверены многие проявители, применяемые для открытия сахаров. Хорошим проявителем для нентоз, альдогексоз и олигосахаридов, состоящих из альдегидосахаров, может служить анилинигидрофталаат (анилин — 0,93 г, фталевая кислота — 1,66 г, н-бутанол, насыщенный водой, — 100 мл). Фруктоза также проявляется анилинигидрофталаатом, но значительно медленнее альдоз, в виде слабого пятна, после длительного нагревания. Для кетоз более специфичным является резорциновый проявитель (1% спиртовый раствор резорцина и 0,2 нормальный раствор соляной кислоты смешиваются перед употреблением в соотношении 1 : 1).

Применение двухмерных хроматограмм как для разделения искусственной смеси сахаров, так и при исследовании углеводов пушистого микроспорума не улучшило разделение сахаров. В этих опытах последовательно испытывались пиридин — н-бутанол — вода (2 : 3 : 1) и н-бутанол — метанол — вода (4 : 4 : 2), а также фенол, насыщенный водой, и смесь метанол — н-бутанол — вода (4 : 2 : 2).

### Техника работы

На лист хроматографической бумаги размером  $42 \times 56$  см на расстоянии 4 см от нижнего края и 2,5 см друг от друга микропипеткой или капилляром наносили небольшие капельки исследуемых жидкостей и рядом с ними 1% растворы чистых сахаров, применяющихся в качестве стандарта.

Нанесенные капли подсушивали на воздухе, и бумагу сшивали нитками в виде цилиндра так, чтобы края ее не соприкасались. На дно камеры, куда предварительно наливали 100 мл растворителя, ставили бумажный цилиндр таким образом, чтобы он не касался стенок камеры.

Наилучшие результаты разделения сахаров мы получили при продвижении растворителя по бумаге не менее чем на 45—50 см, на что идет примерно 24 часа с растворителем этилацетат — пиридин — вода (2 : 1 : 2) и 40—44 часа — со смесью пиридин — н-бутанол — вода (2 : 3 : 1).

По истечении определенного времени бумагу из камеры вынимали и отмечали на ней верхнюю границу продвижения растворителя. После этого хроматограмму сушили на воздухе до полного удаления растворителя, отрезали от нее полосу с пробами на кетонсахара и соответствующими им стандартами. Для определения кетоз бумагу опрыскивали из стеклянного пульверизатора резорциновым проявителем и еще влажную прогревали в течение 10 минут в сушильном шкафу при температуре 70—80°.

Фруктоза, сахароза и раффиноза проявляются в виде ярких красных пятен на бесцветном или слегка розоватом фоне.

Ту часть хроматограммы, на которой определяли альдегидсахара, опрыскивали анилингидрофталатом. С этим проявителем более четкие и стойкие хроматограммы получаются тогда, когда влажная после опрыскивания бумага сначала просушивается на воздухе в течение ночи, а затем 10 минут прогревается в сушильном шкафу при температуре 90—100°. С анилингидрофталатом многие сахара начинают проявляться во время высушивания хроматограмм на воздухе еще до их нагревания. В первую очередь на желтоватом однотонном фоне проявляются коричневато-розовые пятна ксилозы, арабинозы и рамнозы, а также коричневые пятна глюкозы, галактозы и маннозы. Лактоза и мальтоза проявляются позднее других сахаров, после прогревания хроматограммы.

Перегревать хроматограмму не следует. При более высокой температуре бумага сереет, а пятна проявившихся сахаров бледнеют и теряют четкость.

Хроматограммы, проявленные анилингидрофталатом, обладают тем положительным свойством, что при их хранении в течение нескольких дней пятна сахаров не бледнеют, а, наоборот, интенсивность их окраски усиливается. Так, например, мальтоза, проявляющаяся, как правило, очень слабо, постепенно дает стойкое темно-коричневое пятно.

### Определение углеводов мицелия пушистого микроспорума методом бумажной хроматографии

Приготовленные описанным выше способом вытяжки и гидролизаты различных фракций сахаров мицелия гриба хроматографировали одновременно со стандартами сахаров. Если положение проявленного вещества вызывало сомнение, то к испытываемому раствору прибавляли предполагаемый углевод и на отдельно поставленной хроматограмме

определяли, усилилось или нет сомнительное пятно. Усиление окраски пятна указывает на идентичность искомого и прибавленного веществ.

В некоторых случаях, когда необходимо было уточнить величину  $R_f$  проявленных веществ, или для того, чтобы получить вытяжку, содержащую какое-либо одно вещество или группу веществ, передвигающихся по бумаге с одинаковой скоростью и находящихся в одном пятне, мы применяли метод элюции. На отдельный лист бумаги нанесли 10—15 капель исследуемой жидкости на расстоянии 4 см от нижнего края бумаги и 2 см друг от друга и производили хроматографирование обычным способом ранее подобранным растворителем. После высушивания бумаги от ее края отрезали контрольную полосу, которую обрабатывали соответствующим проявителем для определения положения веществ на бумаге.

Проявленную полосу помещали вдоль основного листа хроматограммы, на котором карандашом отмечали линии уровня полученных пятен. Участки бумаги, захватывающие все непроявленные пятна, располагающиеся на одном уровне и соответствующие какому-либо одному веществу, вырезали в виде длинных полосок параллельно нижнему краю бумаги.

Из полосок хроматограммы сахара экстрагировали проточной дистиллированной водой. Полученный экстракт выпаривали на водяной бане в фарфоровой чашке, и сухой остаток перед хроматографированием растворяли в небольшом количестве воды. Эти вытяжки служили для более точной идентификации находящихся в них веществ.

Если проявленное на контрольной полоске пятно имеет вытянутую форму и ширина вырезанного куса бумаги, соответствующего этому пятну, более 3 см, то перед экстрагированием веществ из бумаги удобнее предварительно разрезать ее на более узкие полоски, которые обрабатываются отдельно, с последующим соединением всех вытяжек.

### Результаты анализа

Хроматографическим методом нами установлено, что в мицелии пушистого микроспорума нет спирто- и водорастворимых сахаров, т. е. отсутствуют свободные моно-, ди- и трисахариды. Это подтверждается также отрицательными качественными реакциями на углеводы (реакция Феллинга, Ниляндера, Селиванова, Молиша) и определением редуцирующих веществ способом Хагедорна и Иенсена.

Гидролизаты 3, 4 и 5 фракций сахаров дали отрицательную реакцию Селиванова на фруктозу и резко положительные качественные реакции на альдегидсахара, что указывает на значительное количество полисахаридов в мицелии гриба.

Для определения качественного состава продуктов распада полисахаридных фракций гриба методом хроматографии на бумаге были испытаны все указанные выше растворители. В результате найдено, что наиболее полное разделение сложных по составу гидролизатов может быть достигнуто, как и в случае с искусственной смесью сахаров, с помощью двух растворителей пиридин — н-бутанол — вода (2 : 3 : 1) и этилацетат — пиридин — вода (2 : 1 : 2).

Эти растворители хорошо разделяют продукты ферментативного распада сахаров 3 фракции и углеводы, образующиеся при кислотном гидролизе полисахаридов типа гемиллюлоз и клетчатки (4 и 5 фракции).

Что же касается веществ, полученных после ферментативного и кислотного гидролиза 3 фракции сахаров, то они разгоняются на бумаге

ге только одним из всех испытанных нами растворителей (этилацетат — пиридин — вода) и то очень плохо.

Результаты хроматографического анализа 3, 4 и 5 фракций полисахаридов приведены в табл. 4, из которой видно, что крахмалоподобные полисахариды после действия на них фермента амилазы дают сложную смесь продуктов неполного гидролиза. На хроматограмме, проявленной анилингидрофталатом, в ферментативном гидролизате было обнаружено шесть веществ, четко разделяющихся на бумаге, из которых установлено только два лактоза и мальтоза.

Таблица 4

Результаты хроматографического определения сахаров в различных гидролизатах мицелия гриба (растворитель пиридин — н-бутанол — вода)

Фракция сахаров	Колич. пятен	$R_f$	Вещество	Цвет проявленных пятен
3 фракция после ферментативного гидролиза (свежая проба)	6	0,49	Неизвестное	Розовый
		0,24	Неизвестное	Коричневато-серый
		0,19	Мальтоза	Коричневый
		0,11	Лактоза	Коричневый
		0,07	Неизвестное	Розовый
		0,03	Неизвестное	Розовый
3 фракция после ферментативного гидролиза (проба, после хранения в течение нескольких месяцев)	7	0,49	Неизвестное	Розовый
		0,33	Глюкоза	Коричневый
		0,24	Неизвестное	Коричневато-серый
		0,19	Мальтоза	Коричневый (очень слабый)
		0,11	Лактоза	Коричневый
		0,07	Неизвестное	Розовый
		0,03	Неизвестное	Розовый
3 фракция после ферментативного и кислотного гидролиза		Разделения веществ не произошло		
4 фракция	2	0,40	Манноза	Коричневый
		0,33	Глюкоза	Коричневый
5 фракция	1	0,33	Глюкоза	Коричневый

Интересно отметить наличие лактозы, которая, как известно, является углеводом животного происхождения. Для доказательства того, что вещество с  $R_f$  0,11, установленное нами как лактоза, является действительно этим сахаром, был применен описанный выше метод элюции. Опыты по идентификации лактозы были проведены с двумя различными растворителями — пиридин — н-бутанол — вода и этилацетат — н-бутанол — вода. На специально поставленных хроматограммах с этими растворителями произвели разделение ферментативного гидролизата, и пятна, соответствующие лактозе, экстрагировали из бумаги. Водные экстракты сгущали до небольшого объема, и содержащуюся в них лактозу подвергали гидролизу в присутствии 2% соляной кислоты на кипящей водяной бане в течение 1 часа. После удаления кислоты из гидролизата остаток хроматографировали. В результате этого были обнаружены глюкоза и галактоза, являющиеся структурными компонентами лактозы.

Кроме лактозы и мальтозы, присутствие которых было подтверждено вышеописанным способом, в ферментативном гидролизате мы обнаружили еще четыре вещества неустановленной природы. Два из них малоподвижные, с небольшим  $R_f$  (0,03 и 0,07), дают с анилингидрофта-

латом коричневато-розовые пятна, характерные для пентоз. Учитывая цвет проявленных пятен, а также некоторую закономерность между молекулярным весом веществ и скоростью их продвижения на бумаге, можно предполагать, что последние два соединения являются высокомолекулярными продуктами неполного гидролиза веществ, в состав которых входят пентозы. Вещество неустановленной природы с  $R_f$  0,49, вероятно, является пентозой, так как это соединение имеет значительную скорость продвижения на бумаге, обычную для пентоз, и дает розовое окрашивание с анилингидрофталатом.

Соединение с  $R_f$  0,24 проявляется на всех хроматограммах только через 1—2 дня в виде слабого, но ясно выраженного пятна коричневато-серого цвета. Это указывает на то, что данное пятно не случайное, а принадлежит веществу со слабой редуцирующей способностью, которое или очень медленно проявляется, или находится в растворе в ничтожно малом количестве.

При хранении высушенных ферментативных гидролизатов мы обнаружили, что мальтоза, находящаяся в большом количестве в свежесделанном материале, постепенно распадается до глюкозы. Это ясно видно на хроматограммах, полученных из одной и той же пробы в разное время. Темно-коричневое пятно мальтозы постепенно бледнеет при усиливающейся интенсивности окраски появившегося нового пятна, соответствующего глюкозе. Гидролиз мальтозы при хранении пробы в сухом виде происходит, вероятно, под действием фермента мальтозы, который находится в небольшом количестве в слюне и вносится с ней в исследуемый материал.

После дополнительного кислотного расщепления веществ, находящихся в ферментативном гидролизате, картина хроматограммы изменилась. Лактоза и мальтоза исчезли, но были обнаружены отсутствовавшие ранее глюкоза ( $R_f$  0,32) и галактоза ( $R_f$  0,28), что еще раз подтверждает образование лактозы из полисахаридов 3 фракции при действии на них амилазы слюны. На хроматограмме, кроме глюкозы и галактозы, проявилось большое вытянутое пятно коричневато-розового цвета ( $R_f$  примерно 0,13), расположенное значительно ниже глюкозы и галактозы. По интенсивности окраски, цвету и форме пятна можно предполагать, что оно содержит несколько веществ, в том числе и пентозы.

Вещества неустановленной природы ( $R_f$  — 0,03, 0,07 и 0,49), которые ранее были обнаружены в ферментативном гидролизате, после кислотного гидролиза не проявились. Возможно, что при кипячении с соляной кислотой они подверглись дальнейшим изменениям, образуя смесь веществ, находящихся в большом пятне, плохо разделяющихся в условиях нашего опыта.

Хотя нам и не удалось установить природу всех продуктов, входящих в состав кислотного гидролизата крахмалоподобных сахаров 3 фракции, все же, основываясь на полученных данных, можно сказать, что структурными элементами полисахаридов данной группы являются не только глюкоза, как это имеет место у крахмала и гликогена, но и галактоза, а также другие вещества неустановленной природы, в том числе пентозы.

Принимая во внимание специфическое действие амилазы на определенный тип связи, можно предположить, что полисахариды 3 фракции содержат глюкозидные связи, подобные тем, которые имеют крахмал и гликоген.

В полисахаридах типа гемицеллюлоз (четвертая фракция) обнаружены глюкоза и манноза. Для уточнения и проверки результатов хро-

матогрифического анализа 4 фракции сахаров мы провели реакцию с солянокислым фенилгидразином. Для этого смесь, содержащую 1 мл воды, 0,05 г солянокислого фенилгидразина, 0,15 г уксуснокислого натра и несколько капель исследуемой жидкости, нагревали на кипящей водяной бане в течение часа. После охлаждения выпадали характерные кристаллы озона глюкозы. Для открытия маннозы подобная реакция проводилась без нагревания на часовом стекле. При помешивании стеклянной палочкой довольно быстро появлялась муть. Через 24 часа под микроскопом наблюдали иглы, пучки и розетки фенилгидразина маннозы.

Из моносахаридов, содержащихся в гидролизате кислотоупорной фракции углеводов 5 фракции, обнаружена глюкоза, что подтверждается и реакцией с солянокислым фенилгидразином. Пятно на хроматограмме, соответствующее глюкозе, очень четкое, темно-коричневого цвета.

Данные анализа различных фракций углеводов пушистого микроспорума дают возможность иметь общее представление о составе полисахаридов, синтезируемых этим грибом из глюкозы, являющейся единственным источником углерода в питательной среде, на которой произрастал гриб.

### Выводы

Проведен систематический анализ сахаров, синтезируемых пушистым микроспорумом. Обнаружено, что в мицелии гриба накапливаются сложные углеводы типа крахмала, гемицеллюлоз и клетчатки. Свободные моно-, ди- и трисахариды в мицелии гриба не обнаружены.

С помощью хроматографического анализа установлено, что полисахариды различных фракций отличаются друг от друга составом входящих в них простых сахаров.

Этим методом удалось также обнаружить, что при ферментативном гидролизе сахаров, расщепляющихся амилазой, образуются лактоза, мальтоза и ряд других соединений неуставленной природы. Таким образом, полисахариды данной фракции отличаются от обычного крахмала структурными элементами, входящими в их состав.

Полисахариды 4 фракции состоят из глюкозы и маннозы, а кислотоустойчивые углеводы 5 фракции при гидролизе распадаются до глюкозы. Полисахариды этих фракций, по-видимому, могут быть отнесены к типу гемицеллюлоз и клетчатки.

Кетозы, в том числе и фруктоза, в полисахаридах пушистого микроспорума не обнаружены.

Новосибирский медицинский институт

Поступила в редакцию  
22/IX 1959

### ЛИТЕРАТУРА

1. Е. М. Губарев, Бактериохимия. Киев, 1952.
2. Д. Фостер, Химическая деятельность грибов. ИЛ, М., 1950.
3. В. Лилли, Г. Барнет, Физиология грибов. ИЛ, М., 1953.
4. К. П. Муратова, О полисахариде брюшнотифозной палочки. ЖМЭИ, № 12, 1943, стр. 27.
5. С. Ф. Дмитриев, З. И. Никольская, Об иммуногенных свойствах полисахаридно-липидной фракции холерного вибриона. ЖМЭИ, № 7—8, 1941, стр. 113.
6. Е. М. Губарев, Е. К. Лубенец, Ю. В. Галаев, Химический состав некоторых фракций липидов дифтерийных микробов. Биохимия, т. 18, вып. 1, 1953, стр. 37.

7. И. И. Дубровская, Гидролиз антигенного комплекса *Brucella suis* и химическая природа компонентов. Биохимия, т. 16, вып. 1, 1951, стр. 41.
8. И. И. Дубровская, Сравнительное химическое исследование антигенных комплексов бруцелл разных типов. Биохимия, т. 19, вып. 2, 1954, стр. 137.
9. И. М. Хабас, С. Б. Элькин, М. М. Штейнберг, Иммунохимическое исследование антигенных комплексов, изолированных из тифозных бактерий (0—901) путем триптического переваривания и экстракции трихлоруксусной кислотой. Биохимия, т. 19, вып. 2, 1954, стр. 167.
10. А. М. Кузин, Н. А. Невраева, Е. П. Алисова, Специфические полисахариды *Vac. Proteus* Oх<sub>19</sub>, Oх<sub>2</sub> и Oх<sub>к</sub>. Биохимия, т. 10, вып. 4, 1945, стр. 269.
11. С. Б. Элькин, Химическое исследование специфических полисахаридов трех видов салмонелл. Биохимия, т. 16, вып. 2, 1951, стр. 133.
12. О. К. Орлова, Углеводы дифтерийных бактерий. Биохимия, т. 16, вып. 4, 1950, стр. 362.
13. О. К. Орлова, Углеводы дифтерийных бактерий. Биохимия, т. 19, вып. 4, 1954, стр. 449.
14. А. Р. Кизель, Практическое руководство по биохимии растений. М.—Л., 1937.
15. Н. Н. Иванов, Методы физиологии и биохимии растений. ОГИЗ, М.—Л., 1946.
16. С. В. Горюнова, Химический состав и прижизненные выделения синезеленой водоросли *Oscillatoria splendida* Grew. Изд. АН СССР, 1950.
17. Р. Блок, Р. Лестранж, Г. Цвейг, Хроматография на бумаге. ИЛ, М., 1954.
18. В. В. Рачицкий, Е. И. Князьева и Б. И. Кравцова, Анализ сахаров растений методом бумажной хроматографии. Биохимия, т. 18, вып. 1, 1953, стр. 19.
19. В. С. Асатиани, Хроматографический метод в биохимическом анализе. Успехи химии, т. 22, вып. 3, 1953, стр. 291.
20. И. Р. Роминский, А. С. Сушкова, Исследование продуктов гидролиза инулина методом бумажной хроматографии. Биохимия, т. 19, вып. 3, 1954, стр. 261.

И. Л. КЛЕВЕНСКАЯ

МИКРОФЛОРА ЮЖНОГО ЧЕРНОЗЕМА КУЛУНДИНСКОЙ СТЕПИ

Микрофлора почв Сибири изучена сравнительно мало. Наши исследования по распространению и составу некоторых групп микроорганизмов южных черноземов Кулундинской степи проводились на базе временного стационара Западно-Сибирского филиала АН СССР, расположенного в северной лесостепной части Кулундинской степи.

Микробиологические анализы выполнялись по методике, рекомендованной Институтом микробиологии АН СССР.

Как уже указывалось нами ранее [1], южный чернозем Кулунды по численности и соотношению отдельных групп микроорганизмов напоминает обыкновенные черноземы и темно-каштановые почвы Казахстана. По видовому составу некоторых групп микроорганизмов изучаемая почва также близка к каштановым почвам.

Наибольший удельный вес среди микроорганизмов южного чернозема имеют бактерии, вызывающие аммонификацию сложных азотсодержащих веществ. Они представлены главным образом неспороносными флуоресцирующими формами. Доминантными спорообразующими бактериями являются *Bacillus megatherium*, *Bac. idosus* и *Bac. mesentericus*. Присутствие в южном черноземе *Bac. mesentericus* приближает его к почвам более южной зоны, т. е. к тем почвам, где достаточно энергично идут минерализационные процессы, что выражается в малом количестве гумуса в этой почве (от 3,7 до 5,7%).

Из других микробиологических процессов, протекающих в почве, очень большое значение имеет разложение клетчатки. В южном черноземе разрушение клетчатки осуществляется главным образом грибами, которые составляют от 44 до 86% от общего числа микроорганизмов. Наиболее распространены представители родов *Dematium*, *Chaetomium*, *Stachybotrys*, *Stysanus*, *Mohotospora*, *Fusarium*.

Среди микроорганизмов, разрушающих клетчатку, в южном черноземе широко представлены также актиномицеты, которые в различные сезоны составляют от 6 до 68% от общего числа и представлены главным образом видами *Actinomicetes griseus*, *Act. flavus*, *Act. halstedii*, *Act. coelicolor*.

Вообще для южного чернозема Кулунды, как и для других южных почв [2, 3], характерна большая численность актиномицетов (от 800 до 2300 тыс. на 1 г сухой почвы).

Рядом исследователей [4—7 и др.] было показано, что актиномицеты играют большую роль в почвенных процессах, участвуя в разложении растительных и животных остатков, освобождении аммиака из сложных белков, процессах гумификации, восстановлении аммиака из сложных фиксаций атмосферного азота и ряде других.

Исследования Н. А. Красильникова [5, 8], Д. М. Новогрудского, З. Ф. Тепляковой [3], Д. Эриксона [10] показали, что актиномицеты спо-

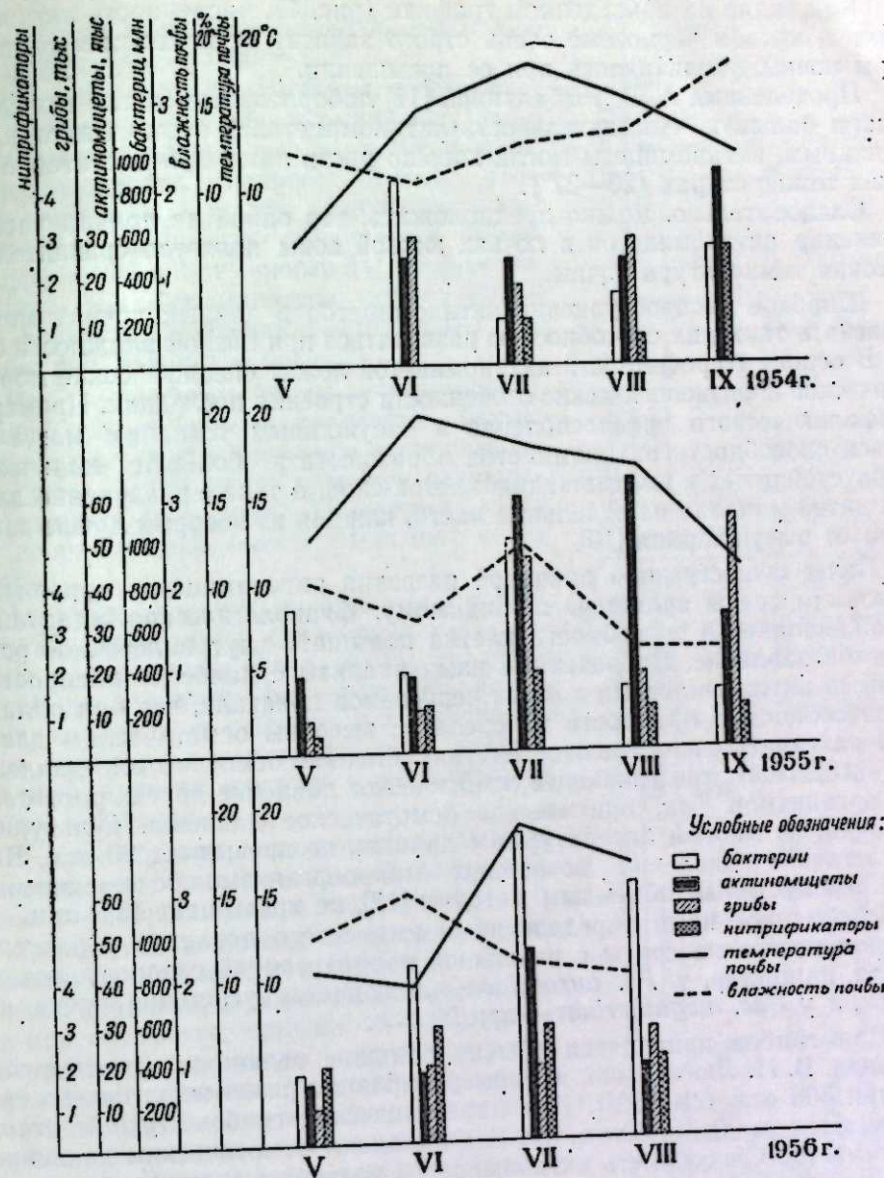


Рис. 1. Сезонная изменчивость числа микроорганизмов (южные черноземы).

собны развиваться в условиях резкой засухи, когда развитие других микроорганизмов приостанавливается. Наши наблюдения показали, что в Кулунде летом во время частых засух, при влажности почвы значительно ниже коэффициента завядания (3—5%), актиномицеты являются преобладающей группой микроорганизмов. Причины такого широкого распространения их в южных почвах и способности переносить засуху остаются до настоящего времени невыясненными.

Наблюдения за динамикой численности актиномицетов в южном черноземе показали, что количество актиномицетов возрастает к лету и к осени. Увеличение числа актиномицетов в летний период отмечалось также другими авторами [3, 7, 11].

Как видно на приведенном графике (рис. 1), численность актиномицетов в южном черноземе очень строго зависит от изменения температуры почвы, увеличиваясь при ее повышении.

Проведенные А. В. Рыбалкиной [11] лабораторные опыты также показали большую чувствительность актиномицетов к этому фактору. По ее данным, актиномицеты могли хорошо расти лишь при достаточно высоких температурах (20—37°).

Следовательно, можно предположить, что одной из причин распространения актиномицетов в почвах южной зоны является сравнительно высокая температура почвы.

Широкое распространение актиномицетов в данных почвах можно объяснить также их способностью развиваться при низкой влажности среды. В основе ксерофитности актиномицетов лежат специфические морфологические и физиологические особенности строения последних. Примером морфологического приспособления к засушливым условиям могут являться способность актиномицетов образовывать большое количество обоустойчивых к высушиванию клеток-спор, а также разделение длинных нитей мицелия на отдельные части, каждая из которых лучше защищена от высушивания [10].

Более существенной причиной развития актиномицетов при низкой влажности среды является, по-видимому, физиологическая адаптация, выражающаяся в способности клетки повышать внутриклеточное осмотическое давление. Проведенные нами анализы с наиболее распространенными актиномицетами южных черноземов показали, что они обладают способностью при росте на средах с высоким осмотическим давлением развивать очень высокое внутриклеточное осмотическое давление (88—116,9 атм), превышающее осмотическое давление других растительных организмов. Так, критическое осмотическое давление культурных растений, по многим литературным данным, не превышает 20 атм. Внутриклеточное давление почвенных микроорганизмов, определенное Е. Н. Мишустинным объемным методом [12], не превышает 13,5 атм.

Проведенное нами определение осмотического давления у бактерий методом посева на среды с различной концентрацией сахарозы показало, что, например, у *Ps. aurantiaca* наблюдается угнетение роста при 16 атм, а у *Vac. megatherium* — при 20 атм.

Для грибов приводятся обычно большие величины осмотического давления. В. Н. Любименко, например, наблюдал развитие плесневых грибов при 300 атм (см. [13]). Для паразитических грибов *Erysiphe graminis* имеются указания о том, что они обладают осмотическим давлением в 142 атм [9]. Способность актиномицетов развивать высокое внутриклеточное осмотическое давление может также являться причиной широкого распространения актиномицетов в почвах южных районов.

Высокая численность актиномицетов в южных черноземах, сложная ферментативная система, позволяющая им участвовать во многих почвенных процессах, приводят к тому, что роль их в почвах такого типа очень велика.

Изучение некоторых физиологических свойств актиномицетов, выделенных из южных черноземов, показало, что они обладают большой физиологической активностью. Актиномицеты могли расти на разнообразных источниках углерода (глюкозе, галактозе, лактозе, сахарозе, мальтозе, декстрине, глицерине, манните). При росте на крахмале все выделенные штаммы обладали способностью его гидролизовать. У некоторых штаммов (*Actinomyces fradii*, *Act. rectus bruneus*, *Act. viridichromogenes*) это свойство выражено очень ярко. Число видов, растущих на целлюлозе, составляло 37% от всех выделенных нами. Особенно хорошо

использовали клетчатку *Actinomyces griseus*, *Act. flavus*, *Act. coelicolor*.

Вместе с тем актиномицеты, разрушающие клетчатку, как уже упоминалось, имеют большой удельный вес в группе целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Поэтому, несмотря на то, что разрушение клетчатки актиномицетами совершается менее интенсивно, чем бактериями [4], нельзя не признать, что актиномицеты играют большую роль в разрушении растительных остатков, попадающих в почву.

Все выделенные нами актиномицеты обладают способностью разлагать белки, многие из них при разложении этих веществ выделяют аммиак, т. е. являются активными аммонификаторами. Некоторые виды при использовании белков выделяют сероводород.

Наконец, следует указать на способность актиномицетов расти на средах с очень малым содержанием азота (0,07), что говорит об их олигонитрофильности. Наряду с этим некоторые из выделенных актиномицетов способны к денитрификации, восстанавливая азотную кислоту в азотистую, а иногда в аммиак.

Таким образом, актиномицеты играют большую и в общем положительную роль в азотном балансе южного чернозема.

Обработка целинных и залежных почв приводит к коренному повороту в жизни почвы. Улучшение аэрации почвы, наступающее при обработке, приводит к тому, что в ней увеличивается число микроорганизмов, вызывающих минерализационные процессы (табл. 1). Однако это увеличение происходит у различных физиологических групп по-разному. В первый год освоения залежи происходит увеличение количества грибов. В октябре увеличивается число микроорганизмов, растущих на МПА и пептонной воде. Преимущество в численности этих микроорганизмов наблюдается и в течение последующих лет.

По сравнению с залежью на второй год обработки увеличивается число микроорганизмов, разрушающих клетчатку. Сравнение обработанной залежи со старопашотными почвами показало, что в самое первое время использования залежи интенсивность микробиологических процессов в ней меньшая, чем на старопашотных землях.

Таблица 1  
Соотношение отдельных групп микроорганизмов в залежи, обработанной залежи и старой пахоте (в тыс. на 1 г почвы)

Почва	Бактерии				Актиномицеты				Целлюлозоразрушающие				Грибы				Нитрификаторы				
	1954	1955	1956	1957	1954	1955	1956	1957	1954	1955	1956	1957	1954	1955	1956	1957	1954	1955	1956	1957	
Залежь	2250	1600	4500	2100	600	824	500	600	19	24	33	23	25	28	22	27	—	2	3	2	3
Обработанная залежь	1650	4100	8000	4900	646	1100	1100	800	41	23	50	59	38	38	26	25	2	3	4	3	3
Старая пахота	1450	3400	5500	4300	1000	2200	859	740	41	33	55	36	25	25	26	3	—	—	—	—	—

Примечание. Число нитрификаторов выражено в максимальном разведении, в котором они были обнаружены.



Залежь, используемая третий год, обладает самой высокой численностью микроорганизмов по сравнению с необработанной и старой пахотой, а на четвертый год число их почти одинаковое (см. табл. 1). К этому же времени, по данным В. П. Шаповалова [14], количество растительных остатков на обоих участках выравнивается (от 170 до 98 ц/га).

С обработкой залежи несколько изменяются состав и соотношение отдельных групп микроорганизмов. Среди аммонификаторов увеличивается относительное число спор. Преобладает *Bac. mesentericus*, развитие которого связано с минеральными формами азота. Увеличение минерального азота, которое происходит в обработанной залежи благодаря бурному развитию аммонификаторов, приводит также к тому, что в числе микроорганизмов, разрушающих клетчатку, увеличивается относительное количество бактерий, принадлежащих к родам *Cellvibrio* и особенно *Cytophaga*.

Среди грибов, разрушающих клетчатку, увеличивается относительное число представителей рода *Chaetomium*, обладающего, по данным З. Ф. Тепляковой [15], большей энергией разложения клетчатки по сравнению с грибами *Dematium* и *Fusarium*, которые широко распространены в залежи.

Увеличение бактериальных форм, которые обладают способностью интенсивно разрушать целлюлозу, и более активных грибов приводит к энергичному разрушению клетчатки.

С обработкой залежи увеличивается число и видовое разнообразие актиномицетного населения почвы, резко возрастает интенсивность нитрификации. Усиление микробиологических процессов приводит к тому, что в обработанной залежи, по сравнению с необработанной, резко увеличивается количество подвижных питательных веществ. Так, по данным В. П. Шаповалова [14], количество аммиака, нитратов подвижного фосфора, калия на обработанных участках (второй и третий год использования) превышает вдвое их количество на участках необработанных.

Сравнение различных способов обработки залежи показало, что перечисленные выше группы микроорганизмов лучше всего развиваются при обычной вспашке с оборотом пласта и при вспашке с последующим углублением пахотного слоя до 35 см (рис. 2).

По данным Н. М. Савельева [16], при последнем же варианте обработки был получен и лучший урожай яровой пшеницы (9 ц/га).

Безотвальная вспашка на 35 см преимуществ перед вспашкой на глубину 22 см не дала. При мелкой вспашке (14—16 см), по сравнению с обычной (на 22 см), урожай зерна значительно меньше (5,8 ц/га) (табл. 2).

Таблица 2  
Урожай яровой пшеницы при различных способах вспашки, 1956 г.  
(по Н. М. Савельеву [16])

Способ обработки	В ц/га	В %
Вспашка на 22 см		
То же + безотвальная обработка на 35 см	7,1	100
Безотвальная вспашка на 35 см	9,0	127
Вспашка на 14—16 см	7,3	103
	5,8	82

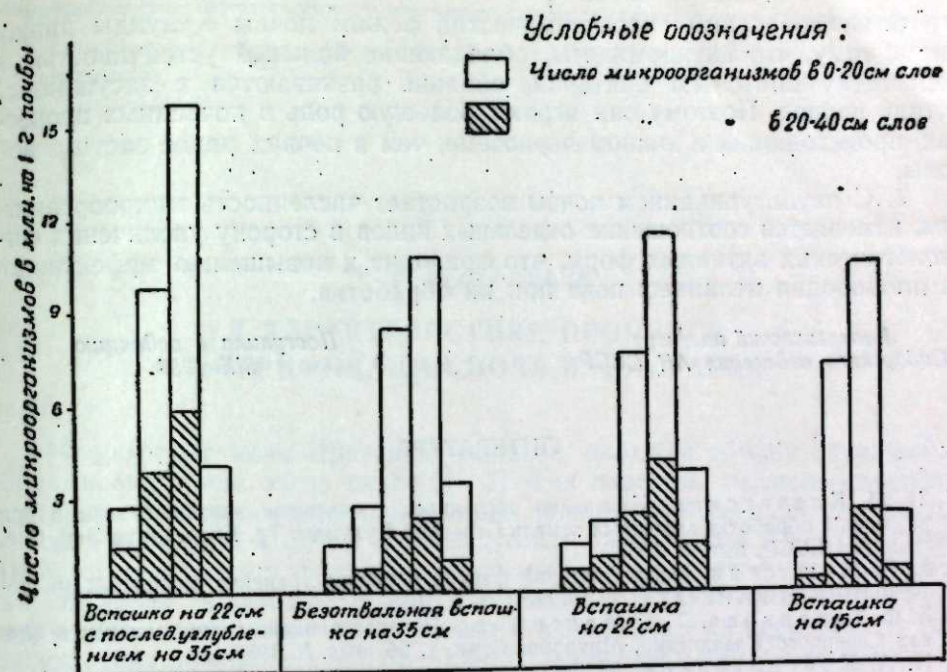


Рис. 2. Влияние глубины вспашки на численность микроорганизмов в почве.

## Выводы

1. Южные черноземы Кулундинской степи содержат большое количество различных микроорганизмов. По численности и соотношению отдельных таксономических групп они близки к обыкновенным черноземам и каштановым почвам Казахстана.

2. По средним данным (за 4 года) бактерии составляют 69 в залежи и 76% на обработанных участках, актиномицеты — от 30 до 23% и грибы — 0,9% в залежи и 0,5% в окультуренной почве от общего числа микробов.

3. Бактерии представлены главным образом неспорносными флуоресцирующими формами. Споровые бактерии насчитывают 8 видов, из которых наиболее часто встречаются *Bacillus megatherium*, *Bac. mesentericus*, *Bac. idosus*.

4. Актиномицеты насчитывают 18—20 видов, из которых наиболее распространены *Act. albus*, *Act. fradii*, *Act. halstedii*, *Act. globosus*, *Act. griseus*, *Act. rectus brunneus*, *Act. viridichromogenes*, *Act. coclicolor*, *Act. griseoflavus*, *Act. violaceae*, *Act. violaceus chromogenes*.

Почвенные микроскопические грибы представлены разнообразными видами рода *Penicillium*, а также *Aspergillus*, *Mucor*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Macrosporium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Dematium*.

5. В разрушении клетчатки в южном черноземе участвуют главным образом грибы, которые составляют от 44 до 86% от общего числа микроорганизмов. Наиболее распространены роды *Dematium*, *Chaetomium*, *Stachybotrys*, *Stysanus*, *Monotospora*, *Fusarium*.

Актиномицеты составляют от 6 до 68% в различные сезоны и представлены главным образом видами *Actinomyces griseus*, *Act. flavus*, *Act. halstedii*, *Act. coclicolor*.

Бактерии и микобактерии по количеству имеют гораздо меньший удельный вес (от 0,5 до 20%).

6. Своеобразный гидротермический режим почвы Кулунды приводит к тому, что актиномицеты, обладающие большей устойчивостью к недостатку влаги, чем бактерии, обильно развиваются в засушливый летний период. Поэтому они играют большую роль в почвенных процессах, происходящих в южном черноземе, чем в почвах менее засушливой зоны.

7. С окультуриванием почвы возрастает численность микроорганизмов, изменяется соотношение отдельных видов в сторону увеличения физиологических активных форм, что приводит к повышению эффективности плодородия целинных почв при их обработке.

Биологический институт  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
5/Х 1959

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. Л. Клевенская, Изменение численности почвенных микроорганизмов при различной обработке залежных земель Северной Кулунды. Тр. Биол. ин-та Зап.-Сиб. фил. АН СССР, вып. 3, 1957.
2. Е. Н. Мишустин, Географический фактор и распространение почвенных микроорганизмов. Изв. АН СССР, сер. биол., № 6, 1958.
3. З. Ф. Теплякова, Т. Г. Максимова, Распространение актиномицетов в почвах Северного Казахстана. Микробиология, т. 26, вып. 3, 1957.
4. Н. А. Красильников, Лучистые грибки и родственные им организмы, Изд. АН СССР, М.—Л., 1936.
5. Н. А. Красильников, Микроорганизмы почвы и высшие растения. Изд. АН СССР, М.—Л., 1958.
6. Т. А. Гаусон, Разрушение жира и воска лучистыми грибами. Микробиология, т. 15, вып. 2, 1946.
7. S. Waksman, The actinomycetes. The Cheronica Botanica, London, 1950.
8. Н. А. Красильников, А. В. Рыбалкина, М. С. Габриелян и Т. М. Кондратьева, К микробиологической характеристике почв Заволжья. Тр. ком. по ирригации, сб. 3, М., 1934.
9. Д. М. Новогрудский, Почвенная микробиология. Изд. АН Казахской ССР, Алма-Ата, 1956.
10. D. Erikson, Variation of mycelial pattern in sporogenous and asporogenous actinomycetes. Congress Microbiol. Actinomycetales, Roma, 1953.
11. А. В. Рыбалкина, Микрофлора почв Европейской части СССР. Изд. АН СССР, М., 1957.
12. Е. Н. Мишустин, М. А. Мессинева, Осмотическое давление в клетке почвенных микробов в связи с их приспособлением к климату. Микробиол. II, вып. 2, 1933.
13. Е. Н. Мишустин, М. А. Мессинева. Микробиология, т. II, вып. 2, 1933.
14. В. П. Шаповалов, Научный отчет за 1954—56 гг. Биол. ин-т СО АН СССР, Новосибирск, 1956.
15. З. Ф. Теплякова, Аэробные целлюлозоразрушающие микроорганизмы. Канд. дисс., Алма-Ата, 1950.
16. Н. М. Савельев, Научный отчет за 1954—1956 гг. Биол. ин-т СО АН СССР. Новосибирск, 1956.

Р. В. БУЛГАДАЕВА

#### К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПРОЦЕССА НИТРИФИКАЦИИ ПОЧВ ПРИАНГАРЬЯ

Микрофлора почв Иркутской области, включая группу нитрификаторов, исследована очень слабо [1—3]. Как известно, наличие нитрифицирующих бактерий является довольно хорошим показателем мобилизационных процессов в почве. В исследуемых нами почвах процесс нитрификации не изучался. В связи с этим мы поставили своей задачей изучить численность нитрификаторов и нитрифицирующую активность в дерново-карбонатных коричневых почвах и в маломощных черноземах. Исследования проводились в 1957—1958 гг. во время работы в составе почвенного отряда Восточно-Сибирского филиала Сибирского отделения АН СССР на территории Усть-Ордынского Бурятского национального округа Иркутской области. Территория округа расположена на южной окраине Сибирской платформы, где дерново-карбонатные коричневые почвы занимают значительные площади и являются на больших пространствах преобладающими [2]. Почвенные образцы были взяты по генетическим горизонтам из типичных разрезов целинных лесных и пахотных дерново-карбонатных коричневых почв, а также из высококлипящих и глубококлипящих слабосолонцеватых маломощных черноземов. В работе мы пользовались методикой, принятой в Институте микробиологии АН СССР.

#### Дерново-карбонатные коричневые почвы

В целинных почвах старого смешанного леса (разрез 1500) во всех горизонтах в весенний период нитрификаторы обнаружены не были. В летних и осенних образцах их количество определялось 10 клетками на 1 г почвы в горизонте А, а в нижележащих горизонтах они отсутствовали. В отличие от разреза 1500 в почвах под покровом молодого соснового леса (разрез 1246) нитрификаторы были обнаружены в весенних и осенних пробах горизонта А, а также в летних образцах горизонта В в количестве 10—100 клеток на 1 г почвы. Для почвы разреза 1500 характерна ограниченная глубина распространения нитрифицирующих бактерий (слой 0—2 см). Это объясняется, по-видимому, более интенсивным процессом минерализации органического вещества в этом слое, а также благоприятными условиями для развития нитрификаторов: достаточная аэрация, влажность (30%), слабокислая реакция среды (рН 6,7—6,9) (табл. 1).

Особое внимание уделялось определению нитрифицирующей активности исследуемых почв, последнее в какой-то степени характеризует обеспеченность почвы подвижными формами органического вещества и запасом легко мобилизуемых азотсодержащих соединений.

Таблица 1

Численность нитрифицирующих бактерий в дерново-карбонатных коричневых почвах

№ разреза, название почвы	Горизонты	Глубина, см	Численность нитрифицирующих бактерий на 1 г почвы		
			май	июль	сентябрь
1500 Дерново-карбонатная коричневая выщелоченная целинная почва (старый смешанный лес)	A	0-2	—*	10	10
	A	2-12	—	—	—
	A/B	12-21	—	—	—
1501 Дерново-карбонатная коричневая выщелоченная почва (старая пашня)	A <sub>пах</sub>	0-10	1000	100	100
	A <sub>пах</sub>	12-22	100	100	10
	B <sub>1</sub>	25-35	не опр.	10	10
	B <sub>2</sub>	45-55	—	—	—
1246 Дерново-карбонатная коричневая выщелоченная целинная почва (молодой сосновый лес)	A	0-10	10	100	10
	B	17-27	—	10	—
	B <sub>к</sub>	37-47	не опр.	—	—
1245 Дерново-карбонатная коричневая выщелоченная почва (пашня, освоенная из-под молодого леса)	A <sub>пах</sub>	0-10	100	10	10
	A <sub>пах</sub>	13-23	10	10	100
	B	34-44	не опр.	—	10

\* — не обнаружены.

По данным опыта высокое нитратонакопление установлено в верхнем слое (0-2 см) горизонта A старого смешанного леса (разрез 1500), где количество нитратов, при добавлении сернокислого аммония, колеблется от 14 до 30 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы.

В нижележащих слоях не наблюдалось накопления нитратов ни при оптимальной влажности, ни при внесении (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Последнее указывает также на ограниченную глубину распространения нитрификаторов и отсутствие условий для их развития в старом смешанном лесу (разрез 1500).

Иная картина установлена для почв молодого соснового леса (разрез 1246); нитрифицирующая активность верхних горизонтов ниже в 2 раза, чем в верхнем горизонте разреза 1500, но в них эта активность отмечается на большей глубине — до 50 см (табл. 2).

Сравнимая исследуемые почвы Иркутской области с рендзинными почвами редкого леса Ленинградской области и других мест, необходимо отметить, что накопление нитратного азота в последних значительно выше и составляет 91 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы, в наших же почвах эта величина колеблется от 7 до 30 мг [4, 5]. Окультуривание почв Иркутской области повышает нитрифицирующую активность и интенсивность развития нитрифицирующих бактерий, что не характерно для перигнойно-карбонатных почв Европейской части СССР.

Изложенное выше указывает на своеобразие дерново-карбонатных коричневых почв Приангарья. В отличие от целинной лесной почвы в пахотных почвах поддерживается относительно постоянная численность нитрифицирующих бактерий в течение вегетационного периода. Наибольшее количество их обнаружено в весенних образцах в верхнем слое 0-10 см пахотного горизонта — от 100 до 1000 клеток на 1 г почвы (см. табл. 1).

Таблица 2

Нитрифицирующая активность дерново-карбонатных коричневых почв (NO<sub>3</sub> в мг на 100 г абсолютно-сухой почвы)

№ разреза, название почвы	Горизонты	Глубина, см	Варианты опыта		
			исходное содержание	H <sub>2</sub> O	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1500 Дерново-карбонатная коричневая выщелоченная почва (старый смешанный лес)	A	0-2	0,24	14,0	30,0
	A	2-12	—	слезы	слезы
	A/B	12-21	—	—	—
1501 Дерново-карбонатная коричневая выщелоченная почва (старая пашня)	A <sub>пах</sub>	0-10	0,76	7,2	45,0
	A <sub>пах</sub>	12-22	0,24	6,5	9,9
	B <sub>1</sub>	25-35	слезы	1,1	1,2
	B <sub>2</sub>	45-55	—	—	—
1246 Дерново-карбонатная коричневая выщелоченная почва (молодой сосновый лес)	A	0-10	—	6,36	12,8
	B <sub>1</sub>	17-27	—	4,86	7,88
	B <sub>2</sub>	37-47	—	0,74	0,66
1245 Дерново-карбонатная коричневая выщелоченная почва (пашня, освоенная из-под молодого леса)	A <sub>пах</sub>	0-10	0,39	1,64	2,6
	A <sub>пах</sub>	13-23	слезы	12,0	78,0
	B	34-44	—	2,14	2,18

Интенсивный процесс нитратонакопления при добавлении энергетического материала — сернокислого аммония — установлен для окультуренных почв в пахотном горизонте; в количественном отношении указанный выше вариант опыта дает нитратного азота в 6-7 раз больше, чем вариант с оптимальной влажностью. При этом интересно отметить, что интенсивность процесса неодинакова в разных слоях пахотного горизонта в обоих вариантах опыта. На старой пашне (разрез 1501) наибольшее количество нитратов было в слое 0-10 см — 45 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы; на пашне, освоенной из-под молодого леса, эта величина в слое 13-23 см достигает 78 мг.

Для горизонта B пахотных почв установлена очень низкая нитрифицирующая активность (см. табл. 2).

Все это указывает на недостаток подвижного азота в исследуемых почвах, поэтому для обеспечения хороших урожаев сельскохозяйственных культур желательно вносить азотистые удобрения.

#### Маломощные черноземы

В маломощных слабосолонцеватых черноземах Иркутской области наблюдалось интенсивное развитие нитрификаторов в пахотных и целинных почвах — от 1000 до 100000 клеток на 1 г почвы. В глубоковскипающих черноземах (разрезы 1601 и 1264) процесс нитрификации идет слабее, но на большую глубину — до 62 см, чем в высококовскипающих (разрезы 144 а и 144 б), но для последних характерна высокая интенсивность развития нитрификаторов.

Численность нитрифицирующих бактерий остается относительно постоянной для пахотных и целинных слабосолонцеватых маломощных черноземов весной и летом и резко уменьшается осенью. (табл. 3).

Таблица 3

## Численность нитрифицирующих бактерий в маломощных черноземах

№ разреза, название почвы	Горизонты	Глубина, см	Численность нитрифицирующих бактерий на 1 г почвы		
			май	июль	сентябрь
144 б					
Чернозем слабосолонцеватый высокоовскипающий (степь, целина)	A	0—10	1000	100	10
	A	17—27	100	10	—
	B <sub>к</sub>	45—55	не опр.	—	—
144 а					
Чернозем слабосолонцеватый высокоовскипающий (пашня)	A <sub>пах</sub>	0—10	10000	100000	10
	A <sub>пах</sub>	12—22	10000	1000	100
	B <sub>к</sub>	33—43	не опр.	10	10
1264					
Чернозем слабосолонцеватый глубоковскипающий (степь, целина)	A	0—7	100	1000	100
	A	10—20	10	10	10
	B <sub>1</sub>	35—45	—	—	—
1601					
Чернозем слабосолонцеватый глубоковскипающий (пашня)	A <sub>пах</sub>	0—10	100	100	100
	A <sub>пах</sub>	13—23	10	100	100
	B <sub>1</sub>	32—42	—	10	10
	B <sub>к</sub>	52—62	не опр.	—	10

Нитрифицирующая активность этих почв высокая. При добавлении энергетического материала  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  количество нитратного азота в слое 0—10 см резко возрастает от 59,5 до 98,4 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы. При оптимальной влажности накопление нитратов также достаточно высокое и колеблется от 16,2 до 49,2 мг. Вероятно, мероприятия, направленные на регулирование водного режима этих почв, в какой-то степени улучшат их нитратный режим.

Для горизонта B наблюдалась низкая нитрифицирующая активность как при оптимальной влажности, так и при добавлении сернокислого аммония, за исключением горизонта B (разрез 1601), где отмечено достаточное количество нитратного азота — от 2,14 до 12,4 мг (табл. 4).

При микроскопировании культур были обнаружены типичные клетки *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*.

Накопительные культуры при посеве на кремнекислый гель и голодный агар, с соответствующими питательными средами, не вызывали разжижения последних, хотя химические качественные реакции показывали наличие довольно интенсивного накопления нитритов и нитратов.

*Nitrosomonas* обнаружен во всех горизонтах исследуемых почв, где наблюдался процесс нитрификации. Клетки нитробактера обнаружены в большом количестве в горизонте A маломощных черноземов, единично встречаются в дерново-карбонатных коричневых пахотных почвах и отсутствуют в той же почве из-под леса.

Таблица 4  
Нитрификационная способность маломощных черноземов ( $\text{NO}_3$  в мг на 100 г почвы)

№ разреза, название почвы	Горизонты	Глубина, см	Варианты опыта		
			исходное содержание	$\text{H}_2\text{O}$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
144 б					
Чернозем слабосолонцеватый соковскипающий (целина)	вы-	A	0—10	0,63	27,5
		A	17—27	0,99	7,64
		B <sub>к</sub>	45—55	0,43	следы
144 а					
Чернозем слабосолонцеватый соковскипающий (пашня)	вы-	A <sub>пах</sub>	0—10	1,45	16,2
		A <sub>пах</sub>	12—22	14,8	31,0
		B <sub>к</sub>	33—43	следы	2,8
1264					
Чернозем слабосолонцеватый боковскипающий (целина)	глу-	A	0—7	следы	49,2
		A	10—20	—	3,48
		B	35—45	—	следы
Чернозем слабосолонцеватый боковскипающий (пашня)	глу-	A <sub>пах</sub>	0—10	6,4	24,4
		A <sub>пах</sub>	13—23	7,25	24,6
		B <sub>1</sub>	32—42	1,22	5,5
		B <sub>2</sub>	52—62	0,84	2,14

## Выводы

1. *Nitrosomonas* обнаружен во всех горизонтах исследуемых почв, в которых отмечался процесс нитрификации. *Nitrobacter* особенно активно развивается в горизонте A высокоовскипающих слабосолонцеватых маломощных черноземов.

2. Установлено очень слабое развитие нитрифицирующих бактерий в дерново-карбонатных коричневых лесных почвах.

Окультуривание дерново-карбонатных коричневых лесных почв повышает интенсивность их развития.

3. Высоковскипающие слабосолонцеватые маломощные черноземы характеризуются высокой интенсивностью развития нитрификаторов.

Восточно-Сибирский филиал  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
26/IX 1959

## ЛИТЕРАТУРА

- Б. И. Бланков, Т. М. Грингот, Микробиологические процессы в почвах Маратовского луга, в связи с задачей создания для Иркутска ассенизационных агрокультурных полей. Тр. Восточно-Сибирского мединститута, вып. 2, Иркутск, 1935.
- Е. В. Талалаев, Микробиологическая характеристика некоторых почв учебного хозяйства Иркутского сельскохозяйственного института. Изв. Ирк. с.-х. ин-та, вып. 4, 1939.
- Е. В. Талалаев, К микробиологической характеристике почв Иркутской области. Тр. Ирк. гос. ун-та им. Жданова, сер. биол., т. 3, вып. 2, 1948.
- Е. А. Домрачева, К микробиологической характеристике рендинных почв Ленинградской губернии. Научно-агр. журн., № 1, 1927.
- М. П. Корсакова, Итоги стационарных работ по биодинамике почв. Тр. Отдела с.-х. микробиологии, т. 4, вып. 1, 1930.

Ю. П. КОРШУНОВ

К ФАУНЕ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (*Lepidoptera Rhopalocera*)  
СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

В июне—сентябре 1958 г. нами были проведены полевые исследования фауны булавоусых чешуекрылых в Среднем Приобье на левом берегу р. Оби в районе с. Коломино Чаинского района Томской области, который по природным условиям относится к подзоне южной тайги Западной Сибири.

Сведения о фауне *Rhopalocera* восточной части подзоны имеются в работах С. М. Чугунова [1], Д. Ф. Портягина [2], Г. Э. Иоганзена [3]. Эти авторы приводят краткие описки бабочек для долин рек Кети и Чулыма с пометками о времени лёта.

Для Оби в обследованном районе характерно значительное число островов и слабое развитие пойменных лугов. Очертания высокого берега неровные. Рельеф пересеченный. Осинные леса с небольшой примесью березы перемежаются с участками хвойных пород, возделанными полями и насаждениями, погибшими от пожара, и примыкают к кедрово-пихтовой тайге. Последняя в значительной степени была повреждена сибирским шелкопрядом в 1956 г. и пожаром в 1957 г. Кедрово-пихтовый лес, не поврежденный шелкопрядом и пожаром, сохранился лишь местами, например в окрестностях д. Столбовой.

Два больших острова на Оби имеют внутренние водоемы. Древесная растительность на островах представлена различными ивами (*Salix*), тополями (*Populus nigra*, *P. alba*) по берегам водоемов, единичными осинами (*Populus tremula*) и соснами (*Pinus silvestris*). Из кустарников часто встречаются дерен татарский (*Thelecrania alba*), красная смородина (*Ribes rubrum*), реже — черная смородина (*Ribes nigrum*), черемуха (*Radus racemosa*). В травяном покрове преобладают осоки (*Carex*) и злаки (*Gramineae*).

Из булавоусых чешуекрылых на этих островах отмечены дендрофильные виды *Aporia crataegi* L., *Limenitis populi* L., *Thecla pruni* L.; эврибионтный — *Lycaena aegon* Schiff.; лесной — *Pamphila sylvius* Knoch. Интересно отметить присутствие представителя таежной фауны — *Lycaena optilete* Knoch.

Пойменные луга до середины июня были затоплены водой. Во второй половине лета на них единично встречались *Pieris napi* L., *Colias hyale* L., *Aphantopus hyperantus* L. и *Heteropterus morpheus* Pall.

Близ д. Даниловки среди заболоченных лугов на кочкарнике имеется островок леса из лиственницы (*Larix sibirica*), ели (*Picea obovata*), кедра (*Pinus sibirica*), березы (*Betula verrucosa*) с подлеском из спиреи (*Spiraea salicifolia*). Под его пологом обнаружены *Neptis coenobita* Stoll., *Brenthis selene* Schiff., *Argynnis ino* Rott., *Lycaena eumedon* Esp., т. е. типичные лесные виды.

Прибрежная полоса до подножия коренного берега занята кочкарниковым болотом с зарослями ив, черемухи, черной смородины, бузины

(*Sambucus racemosa*), дерен татарского, спиреи, одиночными пихтами, осинами и березой. Травостой состоит из какалии (*Cacalia hastata*), таволги (*Filipendula ulmaria*), осок, мяты (*Mentha austriaca*), крапивы (*Urtica dioica*) и ряда других растений.

Из дневных бабочек в прибрежной полосе встречаются *Polygonia c-album* L., *Vanessa xanthomelas* Esp. — виды, связанные с ивовыми насаждениями. На спирее найдены яйца и гусеницы *Neptis coenobita* Stoll. На крапиве — гусеницы *Araschnia levana* L. Куколки этой бабочки остались зимовать.

Единичными оказались такие виды, как *Pieris napi* L., *Gonepteryx rhamni* L., *Limenitis populi* L., *Argynnis ino* Rott., *A. paphia* L., *Erebia ligea* L., *Everes argiades* Pall.

Осинные леса с подлеском из рябины (*Sorbus sibirica*) и шиповника (*Rosa acicularis*) растут на возвышенностях и по склонам. В низинах к осине примешиваются пихта (*Abies sibirica*), ель, береза. Такие места заболочены и представляют собой остатки тайги. На свободных от леса участках развиты лесные луга. Травостой на открытых пространствах и в лесу очень густой, высокий. Под пологом леса произрастают какалия, иван-чай (*Chamaenerium angustifolium*), вейник (*Calamagrostis*). На лугах преобладают реброплодник уральский (*Pleurospermum uralense*), сныть (*Aegopodium podagraria*), иван-чай, какалия, вейник, полевница (*Agrostis*), тимopheевка (*Phleum pratense*), лисохвост (*Alopecurus pratensis*).

Эти растительные ассоциации отличаются богатой фауной булавоусых чешуекрылых. Из них наиболее характерны лесные (в широком смысле) — *Gonepteryx rhamni* L., *Leptidia amurensis* Men., *Limenitis populi* L., *Neptis aceris* Lep., *Vanessa xanthomelas* Esp., *V. polychloros* L., *V. antiopa* L., *Polygonia c-album* L., *Argynnis aglaja* L., *A. niobe* L., *A. adippe* L., *A. paphia* L., *Erebia ligea* L., *Satyrus dryas* Sc., *Pararge achine* Sc., *Epinephèle lycaon* Rott., *Coenonympha hero* L., *Lycaena minima* Fuess., *L. cyllarus* Rott., *Pamphila palaemon* Pall., *Augiades sylvanus* Esp.; таежные — *Lycaena optilete* Knoch., *L. donzelii* Bsd.; эврибионтные — *Papilio machaon* L., *Aporia crataegi* L., *Pieris napi* L., *P. rapae* L., *Synchlōe daplidice* L., *Leptidia sinapis* L., *Vanessa urticae* L., *V. io* L., *Lycaena amanda* Schn., *L. semiargus* Rott., *L. icarus* Rott., *L. aegon* Schiff., *L. argus* L. Для влажных лугов характерен еще один вид — *Chrysophanus dispar* L. Гари, поросшие осинным молодняком, малиной (*Rubus idaeus*) и шиповником, в пышном травостое имеют борщевник (*Heracleum sibiricum*), реброплодник, синюху (*Polemonium coeruleum*), иван-чай, мытник (*Pedicularis*), чину и много других растений.

Несмотря на большое сходство природных условий с предыдущей растительной ассоциацией, на гаях отмечено только 17 видов дневных чешуекрылых: лесные — *Limenitis populi* L., *Neptis coenobita* Stoll., *Argynnis ino* Rott., *Melitaea athalia* Rott., *Pararge maera* L., *Coenonympha iphis* Schiff., *Aphantopus hyperantus* L., *Heteropterus morpheus* Pall., *Pamphila palaemon* Pall., *Augiades sylvanus* Esp., эврибионтные — *Pieris napi* L., *Colias hyale* L., *Leptidia sinapis* L., *Vanessa urticae* L., *Lycaena argus* L., *L. amanda* Schn., *L. icarus* Rott.

Кедрово-пихтовая тайга, поврежденная сибирским шелкопрядом и пожаром, занимает водораздел, покрытый кочками из дернинок вейника и осок. Среди мертвых деревьев в некоторых местах идет возобновление пихты. Основу живой древесной растительности составляют осины, рябина, малина, черная смородина, шиповник. Почва покрыта полусгнившим валежником. Травяной покров довольно густой, но не очень высокий. В нем преобладают кисличка (*Oxalis acetosella*), линнея (*Linnea borealis*), аконит (*Aconitum excelsum*), какалия, василистник, майник

(*Majanthemum bifolium*), ирис (*Iris ruthenica*), звездчатка (*Stellaria graminea*).

В поврежденной кедрово-пихтовой тайге найдено 13 видов булавоусых чешуекрылых: лесные — *Pararge maera* L., *P. achine* Sc., *Aphantopus hyperantus* L., *Coenonympha iphis* Schiff., *Thecla pruni* L., *Everes coretas* O., *Lycaena lycormas* Butl., *Heteropterus morpheus* Pall., *Pamphila sylvius* Knoch., *Augiades sylvanus* Esp.; таежные — *Brenthis thore* Hb., *Pararge deidamia* Ev.; эврибионтные — *Lycaena icarus* Rott. Участок живой кедрово-пихтовой тайги с мохово-вейшиково-кисличным покровом, как было указано выше, сохранился в окрестностях д. Столбовой. Среди кедрово-пихтовых насаждений вкраплены ель и сосна. Во втором ярусе произрастают осины, рябина, черемуха, спирея; местами — подрост хвойных. На пресеках и по опушкам вдоль лесных дорог часто встречается осина. По берегам ручьев растут ивы.

Видовой состав *Rhopalocera* кедрово-пихтовой тайги насчитывает 17 видов: лесные — *Limenitis populi* L., *Neptis coenobita* Stoll., *Polygonia c-album* L., *Brenthis euphrosyne* L., *Argynnis ino* Rott., *A. paphia m. valesina* O., *Erebia ligea* L., *E. euryale* Esp., *E. aethiops* Esp., *Pararge achine* Sc., *Aphantopus hyperantus* L., *Augiades sylvanus* Esp.; таежные — *Brenthis thore* Hb., *Pararge deidamia* Ev., *Lycaena optilete* Knoch.; эврибионтные — *Pieris napi* L., *Lycaena aegon* Schiff. Из характеристики фауны булавоусых чешуекрылых видно, что ядро ее составляют лесные виды. Вместе с тем численность популяций лесных видов во всех биотопах, кроме неповрежденной тайги, не была высокой. Большой численностью отличались эврибионтные виды из семейств *Pieridae*, *Nymphalidae*, *Lycaenidae*. Причина преобладания эврибионтов по количеству особей заключается не только в изменении биоценозов в связи с поврежденным лесом сибирским шелкопрядом, пожаром, последующей вырубкой и распашкой отдельных площадей. В 1958 г. на фауну чешуекрылых пагубно повлиял длительный и высокий паводок. До середины лета вода стояла выше обычного уровня, затопляя всю прибрежную полосу и пойменные луга.

Многие эврибионтные виды (*Pieris rapae* L., *P. napi* L., *Leptidia sinapis* L., *Colias hyale* L., *Lycaena icarus* Rott.) отличаются способностью давать больше одного поколения в год. Кормовые растения гусениц у таких видов неприхотливы и встречаются в различных биотопах. Все это дает возможность эврибионтам существовать в условиях, неблагоприятных для других, более специализированных видов. Указанное свойство способствует переходу гусениц эврибионтов с диких на культурные растения и делает эти виды самыми обычными в культурных ландшафтах.

Именно поэтому необходимо детальное изучение естественных и культурных биотопов, как отмечает и С. И. Медведев [4].

Наши исследования носят предварительный характер. Однако в результате их удалось обнаружить 25 видов, которые до сих пор не были зарегистрированы в восточной части подзоны южной тайги Западной Сибири. Для сравнения в таблице приводим данные С. М. Чугунова, Д. Ф. Портнягина, Г. Э. Иоганзена. Из таблицы видно, что в районе с. Коломино нами не найдены такие таежные виды, как *Erebia embla* Thnb., *Oeneis jutta* Hb., *Pararge hiera* F., *Chrysophanus amphidamas* Esp., виды, связанные с торфяниками, — *Colias palaeno* L., *Brenthis frigga* Thnb.; некоторые лесные — *Callophrys rubi* L., *Chrysophanus virgaureae* L., *Lycaena euphemus* Hb., *L. arcas* Rott., *Cyaniris argiolus* L. и два эврибионтных вида — *Euchloë cardamines* L. и *Pyrameis cardui* L. Вероятно, они не обнаружены из-за упомянутых выше изменений в биоценозах. Бабочки таких видов, как *Euchloë cardamines* L., *Pararge hiera* F., *Callophrys rubi* L. и *Cyaniris argiolus* L., могли выпасть из сборов, так как

Таблица  
Видовой состав фауны *Rhopalocera* восточной части подзоны южной тайги Западной Сибири

Виды	Сборы			
	С. М. Чугунова [1]	Д. Ф. Портнягина [2]	Г. Э. Иоганзена [3]	Ю. П. Коршунова (1958)
<i>Papilio machaon</i> L.	+	+	—	+
<i>Aporia crataegi</i> L.	+	+	—	+
<i>Pieris rapae</i> L.	—	+	+	+
<i>P. napi</i> L.	+	+	+	+
<i>Synchlōe daptidice</i> L.	—	+	—	+
<i>Euchloë cardamines</i> L.	—	+	—	+
<i>Leptidia sinapis</i> L.	+	+	—	—
<i>L. amurensis</i> Men.	+	+	+	+
<i>Colias palaeno</i> L.	—	—	—	+
<i>C. hyale</i> L.	+	+	—	—
<i>Gonepteryx rhamni</i> L.	+	+	+	+
<i>Limenitis populi</i> L.	+	+	+	+
<i>Neptis coenobita</i> Stoll.	+	—	—	+
<i>N. aceris</i> Lep.	—	+	+	+
<i>Pyrameis cardui</i> L.	—	+	—	+
<i>Vanessa io</i> L.	—	+	+	—
<i>V. urticae</i> L.	+	+	+	+
<i>V. polychloros</i> L.	+	+	+	+
<i>V. xanthomelas</i> Esp.	—	—	—	+
<i>V. antiopa</i> L.	+	+	+	+
<i>Polygonia c-album</i> L.	+	+	+	+
<i>Araschnia levana</i> L.	—	+	+	+
<i>Melitaea aethalia</i> Rott.	—	+	—	+
<i>Brenthis selene</i> Schiff.	—	—	—	+
<i>B. euphrosyne</i> L.	+	+	—	+
<i>B. pales arsilache</i> Esp.	—	+	—	—
<i>B. thore</i> Hb.	—	?	—	+
<i>B. frigga</i> Thnb.	+	+	—	+
<i>B. amathusia sibirica</i> Stgr.	—	+	—	—
<i>Argynnis ino</i> Rott.	—	+	+	+
<i>A. aglaja</i> L.	—	—	+	+
<i>A. niobe</i> L.	—	—	—	+
<i>A. adippe</i> L.	—	+	+	+
<i>A. paphia</i> L.	—	+	—	+
<i>Erebia aethiops</i> Esp.	—	—	+	+
<i>E. euryale</i> Esp.	—	—	—	+
<i>E. ligea</i> L.	—	+	+	+
<i>E. embla</i> Thnbg.	+	+	—	—
<i>Oeneis jutta</i> Hb.	+	+	—	—
<i>Satyrus dryas</i> Sc.	—	—	—	—
<i>Pararge hiera</i> F.	+	+	—	—
<i>P. maera</i> L.	—	—	+	+
<i>P. deidamia</i> Ev.	—	—	—	+
<i>P. achine</i> Sc.	—	—	—	+
<i>Epinephele lycaon</i> Rott.	—	—	—	+
<i>Aphantopus hyperantus</i> L.	—	—	+	+
<i>Coenonympha hero</i> L.	—	—	—	+
<i>C. iphis</i> Schiff.	—	—	—	+
<i>C. tiphon</i> Rott.	—	+	—	+
<i>Thecla pruni</i> L.	—	—	—	+
<i>Callophrys rubi</i> L.	+	+	—	—
<i>Chrysophanus virgaureae</i> L.	—	—	+	—
<i>Ch. dispar</i> L.	—	—	+	+
<i>Ch. amphidamas</i> Esp.	+	+	—	—
<i>Everes coretas</i> O.	—	—	—	+
<i>E. argiades</i> Pall.	—	—	—	+
<i>Lycaena aegon</i> Schiff.	—	+	—	+
<i>L. argus</i> L.	—	+	—	+

Виды	Сборы			
	С. М. Чугунова [1]	Д. Ф. Портнягина [2]	Г. Э. Иогансена [3]	Ю. П. Коршунова (1958)
<i>L. optilete</i> Knoch.	+	+	—	+
<i>L. eumedon</i> Esp.	—	—	—	+
<i>L. sebrus</i> Bsd.	—	+	—	—
<i>L. donzelii</i> Bsd.	—	—	+	+
<i>L. icarus</i> Rott.	—	—	—	+
<i>L. amanda</i> Schn.	—	—	—	+
<i>L. lycormas</i> Butl.	—	—	—	+
<i>L. minima</i> Fuessl.	—	—	—	+
<i>L. semiargus</i> Rott.	—	+	+	+
<i>L. cyllarus</i> Rott.	—	—	—	+
<i>L. euphemus</i> Hb.	—	—	+	—
<i>L. arcas</i> Rott.	—	—	+	—
<i>Cyaniris argiolus</i> L.	—	+	+	—
<i>Heteropterus morpheus</i> Pall.	—	—	—	+
<i>Pamphila palaemon</i> Pall.	—	+	—	+
<i>P. silvius</i> Knoch.	—	—	—	+
<i>Augiades sylvanus</i> Esp.	—	—	—	+
<i>Hesperia malvae</i> L.	—	+	—	—
Итого:	20	41	26	58

наблюдения в весенний период не проводились. Летом их гусеницы не встречены.

Приведенный в таблице видовой состав фауны булавоусых чешуекрылых восточной части подзоны южной тайги Западной Сибири нельзя считать полным. В дальнейшем можно ожидать увеличения его главным образом за счет эврибионтных видов.

Биологический институт  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
18/XI 1959

#### ЛИТЕРАТУРА

- С. М. Чугунов, Чешуекрылые, собранные летом 1908 года на Обь-Енисейском канале. Русск. энтомолог. обозр., т. XI, № 2, 1911.
- Д. Ф. Портнягин, Чешуекрылые, собранные на протяжении Обь-Енисейского канала на границе Томской и Енисейской губерний. Изв. Томск. ун-та, т. 68, 1919.
- Г. Э. Иогансен, По Чулыму. Отчет о зоологических экскурсиях, предпринятых в январе 1914 г., летом и осенью 1915 г. в восточные части Томской губернии. Изв. Томск. ун-та, т. 72, 1923.
- С. И. Медведев, Влияние деятельности человека на формирование энтомофауны на примере Украины. III совещ. Всес. энтомолог. об-ва, тез. докл., ч. 1, 1957.

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. С. БАЦАНОВ, Н. Х. ПЕТРОВА

#### СМЕШАННЫЕ ХАЛЬКОГЕНИДЫ ТАЛЛИЯ. III

Во втором сообщении данной серии [1] было показано, что при взаимодействии сульфида и селенида одновалентного таллия с галогенами в первую очередь происходит повышение валентности металла, а во вторую (или совсем не происходит) — окисление серы или селена. Это позволило нам в то время синтезировать 6 новых соединений трехвалентного таллия общей формулы  $Tl_2SX_4$  и  $Tl_2SeX_4$ , где X — галоген.

Объяснение наблюдавшимся реакциям было дано с позиций химической связи. Методом электроотрицательностей было показано (см. также [2—4]), что атом таллия в этих соединениях обладает эффективным отрицательным зарядом и поэтому в первую очередь должен подвергаться окислению.

Если в цитированных выше работах в качестве окислителей использовались галогены, то целью настоящего исследования является изучение реакций типа  $Tl_2Y + 2Z$ , где Y и Z — сера, селен и теллур. Эти процессы отличаются от изучавшихся ранее реакций окисления тем, что количества реагирующих веществ в данном случае должны быть взяты строго по уравнению, так как избыток селена и теллура невозможно отмыть без разложения продуктов реакции.

Присоединение серы, селена и теллура к халькогенидам таллия производилось путем совместного нагревания в течение 12—15 час. при температурах 200° (S), 350° (Se) и 500° (Te) в запаянных ампулах, из которых предварительно был откачан воздух. При такой постановке опыта точность состава определялась точностью взвешивания составных частей смеси.

В случае же присоединения серы к  $Tl_2Se$  можно было взять избыток первой, так как сера легко отмывалась сероуглеродом без разложения получившихся смешанных соединений. Анализ продуктов присоединения дал следующие результаты:  
для  $Tl_2SeS_2$  найдено, %: Tl — 73,91, S — 10,67,  
вычислено, %: Tl — 74,07, S — 11,61.

Тот факт, что наиболее электроотрицательный халькоген (сера) не вытеснял имевшихся ранее анионов, а присоединялся к ним, дает уверенность, что селен и теллур тем более будут присоединяться к солям одновалентного таллия. Для экспериментальной проверки высказанного предположения проводилось физико-химическое исследование спеков  $Tl_2Y + 2Z$ .

В табл. I приведены плотности и молярные объемы синтезированных соединений и для сравнения молярные объемы смесей такого же состава, вычисленные по формуле  $V_{\text{мол}}^{\text{ад}} = \sum V_{\text{атом}}$ .

Таблица I

Соединения	Молярные объемы халькогенидов таллия			
	$d_4^{25}$	$V_{\text{эксп}}$	$V_{\text{ад}}$	$\Delta V, \text{см}^3$
$Tl_2SSe_2$	6,82	87,8	82,7	-5,1
$Tl_2STe_2$	7,74	89,9	91,0	-1,1
$Tl_2SeS_2$	6,17	89,4	82,0	-7,4
$Tl_2SeTe_2$	7,66	97,4	91,7	+5,7

Из табл. I видно, что во всех случаях измеренные молекулярные объемы отличаются от аддитивно вычисленных, правда, не очень значительно, так как характер связи в халькогенидах таллия близок к характеру связи в соответствующих простых телах. Вместе с тем можно отметить, что вхождение в структуры  $Tl_2S$  и  $Tl_2Se$  серы,





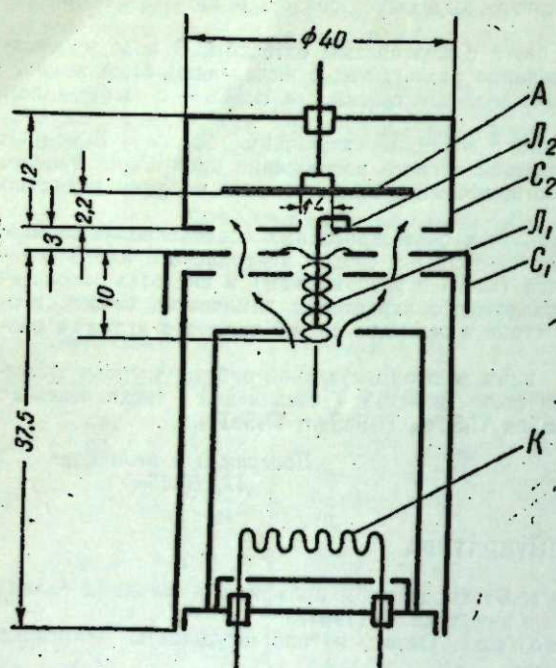


Рис. 1. Схема конструкции опытного прибора. А — анод; К — катод;  $C_1$  — первая сетка;  $L_1$  — управляющий электрод первой сетки;  $L_2$  — управляющий электрод второй сетки;  $C_2$  — вторая сетка.

также подавалось от регулируемого стабилизированного выпрямителя и измерялось ламповым вольтметром. Управляющие импульсы от генератора ГИ-3 с частотой повторения 2000 гц через конденсатор  $C$  подавались непосредственно на сетку. Допусковой анодный ток и момент зажигания наблюдались и измерялись по осциллографу типа 25-И, подключенному к анодному сопротивлению  $R_a$ .

Главная дуга при подаче отрицательных импульсов возникает после окончания действия импульса, и время ее формирования определяется временем, необходимым

локи диаметра 0,2. Благодаря близости спирали  $L_1$  к штифту  $L_2$  обеспечивается эффективность воздействия поля сетки  $C_2$  на вспомогательный разряд. Стрелки на рис. 1 показывают пути главного и вспомогательного разрядов.

Прибор после тщательной вакуумной обработки наполнялся аргоном при давлении 80 мм рт. ст. и устанавливался по схеме рис. 2.

В качестве источника управляющих импульсов использовался генератор типа ГИ-3. Генератор обеспечивал подачу отрицательных импульсов напряжения до 50 в ступенями через 2 дБ при изменении длительности импульсов от 0,07 до 10 мксек с точностью до 0,01 мксек. Время нарастания и спада импульсов не превышало 0,05 мксек.

Измерения проводились в следующем порядке: на анод прибора  $TЛ$  через сопротивление  $R_a = 10$  ком подавалось постоянное напряжение от стабилизированного выпрямителя. «Дежурный» ток подавался на спираль  $L_1$  и контролировался миллиамперметром. Смещение напряжения на сетку  $C_2$  и штифт  $L_2$

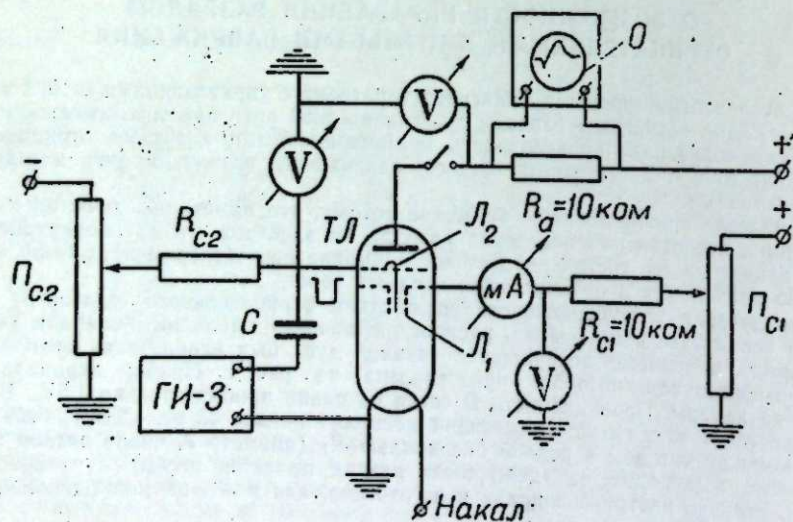


Рис. 2. Электрическая схема для исследования предпускового режима.  $TЛ$  — опытный прибор;  $L_1$ ,  $L_2$  — управляющие электроды сеток  $C_1$  и  $C_2$ ; ГИ-3 — генератор импульсов;  $O$  — осциллограф 25 И.

для достижения критического значения допускового анодного тока (предпусковой ток), и временем пробоя газа.

На рис. 3 приведена осциллограмма допускового анодного тока, максимум которого соответствует предпусковому значению. Управление осуществлялось отрицательными импульсами напряжения длительностью  $\tau = 5$  мксек с амплитудой  $U_{c1} = -50$  в, действующими на вторую сетку. При этом  $U_a = 800$  в, «дежурный» ток  $I_{c1} = 0,3$  ма, смещение напряжения на вторую сетку  $U_{c2} = -5$  в. Приближение к критическому значению анодного тока (предпусковой ток) достигалось путем постепенного увеличения «дежурного» тока до поджигающего значения 0,3 ма.

При тех же условиях, но при отсутствии отрицательных импульсов зажигание дуги происходило при токе  $I_{c1} = 2,2$  ма.

Отрицательный пик тока при  $\tau = 0$  обусловлен появлением емкостного тока при спаде отрицательного импульса. Заштрихованная площадь свидетельствует о неста-

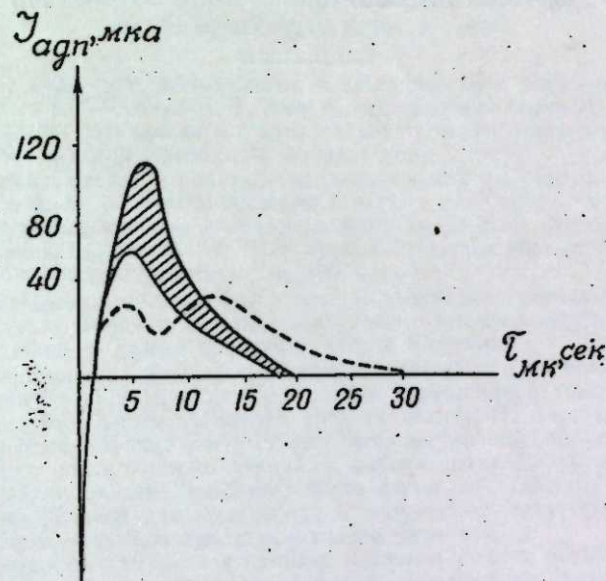


Рис. 3. Осциллограмма допускового тока.

бильности допусковых токов, близких к критическим: от импульса к импульсу амплитуда и ход допускового тока во времени изменяются при одном и том же поджигающем токе на спираль  $L_1$ .

Область нестабильности уменьшается при увеличении амплитуды отрицательного импульса, уменьшении отрицательного напряжения и увеличении тока «дежурного» разряда. Пунктирная кривая изображает ход допускового анодного тока во времени при  $I_{c1} = 1$  ма и  $U_{c2} = -15$  в. Аналогичная картина наблюдается для различных  $\tau$  и  $I_{c1}$ .

Наличие двух максимумов кривой допускового тока, по всей видимости, обусловлено тем, что при больших отрицательных смещениях поле сетки  $C_2$  будет препятствовать ионизации в сеточном окне и проникновению электронов в анодную область. Поэтому сначала начнет развиваться разряд на большую поверхность сетки  $C_1$  вблизи спирали  $L_1$ . Вследствие улучшения проводимости в направлении к сетке  $C_1$  анодный ток начинает уменьшаться до тех пор, пока проникающее в сеточное отверстие анодное поле не воспрепятствует этому.

Опыты, проведенные с импульсами различной длительности, показывают, что зажигание главной дуги происходит лишь в определенной области значений  $\tau$ . Для различных условий опыта импульсы короче 1,5-3 мксек и длиннее 12-20 мксек не производили зажигания дуги.

С увеличением постоянного отрицательного смещения напряжения в цепи сетки  $C_2$  снижается предпусковой ток и возрастает разрядный ток в цепи  $C_1$ . При увеличении амплитуды отрицательных импульсов на сетке  $C_2$  поджигающий ток  $I_{c1}$  уменьшается.

Зажигание главной дуги с помощью отрицательных импульсов можно было бы описать кратко следующим образом: при наложении отрицательного импульса на сетку электроны, находящиеся в поле нити-спирали, вытесняются из сеточной области, оставляя положительный объемный заряд. После снятия импульса положительный заряд ионов создает поле, ускоряющее электроны в направлении анода. При опреде-

ленных условиях это может привести к ионизации газа в сеточном отверстии и, следовательно, к проникновению анодного поля в катодную камеру. В конечном итоге такой процесс приведет к зажиганию главной дуги.

### Выводы

1. Открывается возможность управления моментом зажигания низковольтной дуги при наличии дежурного разряда отрицательными импульсами напряжения почти без потребления управляющей мощности.

2. Обнаруживается, что ионы, генерируемые во вспомогательном разряде, могут играть существенную роль в процессе зажигания прибора.

Институт радиофизики и электроники  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
20/1 1960

### ХРОНИКА

#### О РАБОТЕ ПРИМОРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВХО им. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА В 1959 г.

Приморское отделение, находящееся во Владивостоке (Председатель Краевого правления проф., д-р хим. наук В. Т. Быков), насчитывает более 70 чел.— это работники вузов и втузов, сотрудники научно-исследовательских учреждений, преподаватели средних школ, работники заводских лабораторий.

В 1959 г. при Отделении работал методологический семинар по химии, одно из занятий которого было посвящено 50-летию выхода в свет работы В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» и значению этого труда для физики и химии, а два других — обсуждению книги М. Н. Шахпаронова «Очерки философских проблем химии» (Изд-во Московского университета, 1957).

На «Менделеевских чтениях» был заслушан интересный доклад проф. А. И. Шлыгина «Новые идеи в теории и практике электросинтеза». Ряд других содержательных докладов был сделан на общих собраниях членов отделения.

Работали предметные секции: хроматографического и адсорбционно-структурного анализа, неорганической и аналитической химии, органической химии и методическая секция преподавателей химии высшей и средней школы. На заседаниях этих секций заслушано 42 доклада. Лучше, чем в 1958 г., была поставлена работа с преподавателями химии средних школ. Помимо лекций, в лабораториях Дальневосточного университета и химического отдела Дальневосточного филиала СО АН СССР учителям были представлены условия для стажировки и получения практических навыков в органическом анализе, электрохимии, стеклодувном деле и т. д.

Члены Приморского отделения приняли активное участие в работах VIII Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, направив на съезд делегацию в составе 7 чел. На секциях съезда приморцами сделано 4 доклада. Доклады по пиролизу боросиликатных руд и флюорита, а также по химическим исследованиям Липовецкого месторождения рабдописитовых углей получили положительную оценку на секциях VIII съезда. Приморское отделение продолжает укреплять связи с производственными и сельскохозяйственными организациями Дальнего Востока.

Углекислотная лаборатория Дальневосточного филиала СО АН СССР (Л. Б. Непомнящий, Е. А. Винокурова, В. В. Опритов и др.) в содружестве с Хабаровским совнархозом провела производственные испытания обогащения и коксования Ургальских углей по новой технологии. На основании проведенной работы Хабаровский совнархоз приступил к проектированию и строительству обогатительной фабрики на Ургале.

Член общества новатор-производственник Н. А. Янов при поддержке общества добился применения на судах тихоокеанского флота разработанной им краски-мастики, предупреждающей обрастание судов. Подсчитано, что только за год Дальневосточное морское пароходство от внедрения новой мастики будет получать до 21 млн. руб. экономии в год.

Широкое применение на промышленных предприятиях и стройках нашел кислотный ржавчино-растворитель А. М. Стручкова из смеси кислоты, формалина и нашатырного спирта. Инструкция о применении этого растворителя издана отдельными брошюрами, а также в виде статей в различных журналах СССР.

Л. И. Корень совместно с лабораторией новых строительных материалов выполнил работу по получению глазурей для керамических плиток на основе местного сырья (боросиликатные руды и андезитобазальты). В связи с крупным строительством во Владивостоке эта работа приобретает важное значение.

На судах Дальневосточного пароходства, а также на Уссурийском масложиркомбинате по предложению А. М. Стручкова и Л. И. Корень успешно внедряется андезитобазальтовая паста для защиты кирпичной футеровки топок от разрушающего действия огня.

А. М. Стручковым проведена интересная работа в Приморском и Хабаровском краях по консервированию сплоса, при его закладке, слабыми растворами формалина.

Доказана хорошая сохранность силоса после длительного хранения: силос хорошо поедается скотом. Работа будет широко внедрена на территории всего Дальнего Востока.

Кроме того, химиками Приморского отделения для нужд промышленности было выполнено около 150 разных анализов и дано свыше 200 консультаций по различным вопросам.

Совместно с химическим отделом Дальневосточного филиала СО АН СССР Приморское отделение в начале 1959 г. издало «Материалы по химическому сырью Дальнего Востока», включающие 10 статей по геологии и химической технологии. Объем сборника 8 печатных листов. Кроме того, членами отделения опубликовано в центральной и местной печати 23 статьи, общим объемом 11 печатных листов.

Приморское отделение принимает активное участие в пропаганде решений Партии и Правительства по развитию химической промышленности. За год прочтено 196 лекций. Особенно активное участие в лекционной деятельности принимали члены общества З. М. Рыбалко, М. А. Михайлов, Н. И. Уварова, К. Г. Скориков, М. А. Стручков, А. М. Сушко. Сделано несколько выступлений по радио и телевидению.

Вместе с тем в работе Приморского отделения за 1959 г. следует отметить ряд существенных недостатков: слабый рост организации за счет химиков промышленных предприятий, слабую связь с химиками других городов Приморского края, отсутствие обмена опытом с другими отделениями ВХО им. Д. И. Менделеева.

*Е. П. Ожигов*

### ОБ ИТОГАХ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ИСТОРИИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Научная конференция по истории Сибири и Дальнего Востока, организованная Отделением исторических наук АН СССР, Сибирским отделением АН СССР и Министерством высшего и среднего специального образования РСФСР, явилась первым крупным мероприятием в развитии исторических наук на Востоке, проведенным совместно Академией наук СССР и вузами.

В конференции приняло участие более 1500 представителей 29 городов страны. Пленарное заседание конференции состоялось в Новосибирске 10—11 марта 1960 г. Его открыл Председатель Сибирского отделения АН СССР акад. М. А. Лаврентьев.

С докладом «Основные проблемы развития исторической науки в свете решений XXI съезда КПСС и задачи изучения истории Сибири и Дальнего Востока» выступил академик-секретарь Отделения исторических наук АН СССР акад. Е. М. Жуков. Он отметил, что первоочередной задачей историков является исследование проблем социалистического и коммунистического строительства в СССР и, в частности, в восточных районах страны.

Доклад «300 лет Сибирской археологии и ее сегодняшний день» сделал д-р ист. наук А. П. Окладников. Он подвел итоги археологических исследований в Сибири и указал на ближайшие задачи. Первоочередное внимание должно быть уделено работам в районах больших новостроек и спасению археологических памятников, подвергающихся разрушению.

На пленарном заседании был заслушан доклад д-ра ист. наук Л. П. Потапова «Задачи этнографического изучения народов Сибири в связи с решениями XXI съезда КПСС». Л. П. Потапов указал, что советская этнография в настоящее время сосредоточила свое главное внимание на исследовании коренных изменений в культуре и быте народов СССР в результате построения социализма и развернутого строительства коммунизма.

Д-р ист. наук В. И. Шунков в докладе «Разработка вопросов истории Сибири за рубежом» подверг критическому разбору труды буржуазных историков Сибири.

Д-р филос. наук И. И. Матвеев в докладе «О перспективном плане развития общественных наук в Сибири и на Дальнем Востоке» рассказал об опыте Постоянной комиссии по общественным наукам в области координации научной работы и ознакомил с планом на 1960—1975 гг.

На пленарном заседании развернулись прения, главным образом по научно-организационным вопросам.

Секция истории и этнографии советского периода, состоявшая из двух подсекций, работала в Томске с 14 по 18 марта 1960 г.

На пленарном заседании секции были заслушаны доклады д-ра ист. наук И. М. Разгона «Состояние и задачи изучения борьбы за власть Советов в Сибири и на Дальнем Востоке и некоторые особенности этой борьбы в Сибири в 1917 году», д-ра ист. наук Б. О. Долгих «Основные вопросы социалистического строительства у малых народов Севера» и канд. ист. наук Ю. А. Полякова «Об основных проблемах

исследовательской работы отдела истории советского общества Института истории АН СССР».

На заседаниях подсекции Октябрьской социалистической революции и гражданской войны были заслушаны доклады, посвященные подготовке и проведению Октябрьской революции в Сибири и на Дальнем Востоке (докл. Д. М. Зольникова, Л. В. Клушина, А. И. Крушанова, М. М. Шорникова и др.). В обсуждении этих докладов приняли участие старые большевики А. Т. Якимов, М. М. Сахьянова. Живое обсуждение вызвало вопрос об отношении большевиков Сибири к лозунгу «Вся власть Советам!» после июльских дней 1917 г.

Наибольший интерес вызвали проблемы гражданской войны. Этой теме были посвящены доклады В. А. Кадейкина, Л. М. Папина, А. Г. Солодянкина, М. Е. Плотниковой, Г. Е. Рейхберга, Л. М. Спирина, Б. М. Шерешевского. Докладчики рассказали о роли рабочих Кузбасса в разгроме белогвардейщины, о деятельности большевистского подполья в период колчаковщины, о боевых действиях Красной Армии в Сибири, об истории Дальневосточной республики и др. Несколько докладов было посвящено борьбе за Советскую власть в 1917—1920 гг. в национальных районах Сибири — в Бурятии, Хакасии, Горном Алтае, Якутии (П. Т. Хаптаев, К. Г. Чаптыков, С. Я. Пахаев, В. Н. Чемезов).

Особенно полезным был обмен мнениями между историками и участниками гражданской войны. В речах старых коммунистов К. А. Голиковой, М. Л. Зиссерман, Г. С. Мухачева, Н. К. Обухова, Е. В. Бердиновой, Т. И. Головатова, С. Г. Салосина и др. была выражена большая забота о том, чтобы опыт и революционные традиции старшего поколения нашей партии стали достоянием молодежи. Ветераны революционного движения в своих выступлениях отметили большие трудности, а также ошибки, которые имелись в ходе борьбы за власть Советов и о которых не всегда упоминается в исторических исследованиях.

Всего на заседаниях подсекции выступило 48 чел.

На заседаниях подсекции социалистического строительства было заслушано 15 докладов и ряд сообщений. Всего выступило 57 чел. Наибольший интерес вызвали вопросы истории восстановительного периода, индустриализации, национального строительства и этнографии. Большую активность проявили участники конференции в обсуждении проблем советского и партийного строительства в годы восстановления народного хозяйства, в частности, истории Сиббюро ЦК РКП(б) и Сибревкома (докл. В. Е. Чаплика).

Живое обсуждение вызвала проблема формирования рабочего класса Сибири как составной части рабочего класса СССР. Этому были посвящены доклад В. М. Савостенко, выступления А. С. Московского, Н. И. Шинкарьюк, Н. П. Липатова и др. По вопросу о роли рабочего класса Сибири в социалистической перестройке сельского хозяйства выступили И. Ф. Лившиц и В. Л. Соскин.

Большой интерес участники конференции проявили к истории Великой Отечественной войны, в частности, к вопросу о роли советского тыла в обеспечении победы над врагом.

На секции развернулась дискуссия о закономерностях перехода ранее отсталых народов к социализму. В ней приняли участие Б. Х. Хомолов, З. В. Гоголев, Г. Л. Санжиев, В. А. Зибарев и др.

Положительной стороной докладов этнографов (И. С. Гурвич, Г. И. Пелих, Г. М. Таксама и др.) было то, что в них содержались не только новые наблюдения и обобщения, но и конкретные рекомендации относительно необходимых мероприятий по развитию хозяйства и культуры малых народов Севера.

Несколько докладов и сообщений касалось вопросов истории культурного строительства, но в целом эта проблема была освещена недостаточно.

Наряду с выяснением ряда новых вопросов недавнего исторического прошлого народов Сибири и Дальнего Востока, выявлением свежих научных сил, работа секции вскрыла ряд существенных недостатков в деятельности части историков: параллелизм, узость тематики, фактологично и слабость научных обобщений, недостаточное использование источников и т. д.

Наиболее существенным недостатком следует признать все еще слабое внимание историков к проблемам современности. Этим проблемам было посвящено всего несколько сообщений (А. И. Житников, П. Л. Григорьев, Т. В. Саломатова, Е. М. Полянская и др.), причем в большинстве этих сообщений не столько излагались результаты исследований, сколько говорилось о необходимости таких исследований.

Секция истории дооктябрьского периода, археологии, этнографии и антропологии Сибири и Дальнего Востока работала в Иркутске с 15 по 19 марта 1960 г.

На пленарном заседании секции, которое открыл заместитель Председателя Сибирского отделения АН СССР акад. С. А. Христианович, были заслушаны доклады секретаря Иркутского обкома КПСС Б. Е. Щербини «Развитие производительных сил Иркутской области»; д-ра ист. наук А. П. Окладникова «Археология и проблемы культурного наследия народов Сибири»; д-ра ист. наук В. И. Шункова «Основные проб-

лемы изучения истории Сибири XVII—XIX вв.», д-ра ист. наук М. Г. Левина «Основные итоги и задачи антропологического изучения Сибири в связи с этногенетическими исследованиями».

С 16 по 18 марта работали подсекции. На заседаниях подсекции истории Сибири и Дальнего Востока дооктябрьского периода было заслушано 12 докладов и 21 сообщение, в прениях выступило 15 человек. Большинство докладов и сообщений носило проблемный характер. Рассматривались в основном вопросы истории русского населения и общей истории Сибири. Это направление тематики было оценено на конференции положительно, так как за предшествующий период большое внимание было уделено истории народов Сибири и в этой области были достигнуты известные успехи; изучение же истории русского населения Сибири и Дальнего Востока отставало, что сказывалось отрицательно и на изучении истории народов Сибири, которая тесно связана с историей русского народа.

Острая дискуссия развернулась по докладу З. Я. Бояршиновой «О начале присоединения Сибири к русскому государству». Докладчик выступил против сложившейся точки зрения о начале датировки процесса присоединения Сибири к Русскому государству с похода казачьей дружины Ермака. По мнению З. Я. Бояршиновой, военные экспедиции еще при Иване III привели к закреплению за Русским государством значительной части северо-западной Сибири вплоть до устья Оби. Таким образом, начало длительного процесса включения Сибири в состав Русского государства докладчик отнес к концу XV в. С решительными возражениями против этой точки зрения выступил проф. В. И. Дулов, отстаивавший прежнюю точку зрения: начало присоединения Сибири связано с Ермаком. По мнению большинства выступавших, эта проблема требует дополнительных изысканий. Это важно еще и потому, что тезис о насильственном завоевании Сибири, развенчанный советскими историками, не только бытует, но даже подогревается частью зарубежной литературы по истории Сибири.

Вторая группа проблем, которая ставилась в ряде докладов и сообщений, посвященных социально-экономической истории Сибири дооктябрьского периода (доклады Э. Г. Карпенко, Н. В. Устюгова, А. А. Мухина, В. Г. Тюкавкина; сообщения Т. И. Агановой, М. М. Громько, Л. В. Сухотиной и др.), была связана с процессами разложения феодального строя и зарождения и развития капиталистических отношений на территории Сибири.

Большой интерес и широкое обсуждение вызвал доклад проф. В. Н. Шерстобоева об историческом районировании Сибири. Важное место в работе подсекции заняли вопросы революционной борьбы (доклады В. М. Вишневецкого, Г. А. Терюшкова, М. И. Матвеева; сообщения Г. П. Мариной и др.).

В работе подсекции археологии, этнографии и антропологии следует отметить удачную группировку докладов и сообщений по областям — Западная Сибирь, Восточная Сибирь, Дальний Восток. Это помогло выявить состояние изучения целого комплекса вопросов и позволило углубленно обсудить каждую группу докладов в целом. Внимание было сконцентрировано на следующих вопросах: выделении отдельных культур — установлении их специфических особенностей, классификации и исторической последовательности; определении ареалов распространения отдельных культур; выявлении источников и взаимосвязей культур. Дискуссии развернулись по двум направлениям: 1) вопросы датировки верхнего палеолита и раннего неолита в Восточной Сибири; 2) вопросы этногенеза народностей в Западной Сибири — финно-угорская проблема.

\*\*

Таким образом, всего на конференции было заслушано 70 докладов, 106 научных сообщений; в прениях приняло участие около 100 чел.

На пленарном заседании конференции, а также на заседаниях секций были приняты рекомендации. Участники конференции одобрили инициативу Сибирского отделения АН СССР по планированию и координации научной работы в области общественных наук и признали правильным выдвинуть на текущее пятнадцатилетие в качестве главных проблем следующие:

1. История социалистического и коммунистического строительства в Сибири и на Дальнем Востоке.
2. История культур народов Сибири и Дальнего Востока с древнейших времен до советской эпохи.
3. История сопредельных стран зарубежного Востока.

На конференции был избран Научный совет по проблеме «История Сибири и Дальнего Востока» в составе двух секций.

Участники конференции единодушно поддержали предложения широкой научной общественности о создании в Новосибирске, в системе Сибирского отделения АН СССР, комплексного научно-исследовательского института общественных наук.

Конференция признала своевременным и необходимым создание многотомной истории Сибири и Дальнего Востока, а также второе издание Сибирской Советской энциклопедии.

По числу участников, количеству докладов и сообщений, широте поставленных проблем и глубине их разработки конференция явилась наиболее крупной из проводившихся до этого в Сибири и на Дальнем Востоке.

*В. Л. Соскин*

## ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

1. Статьи, направляемые в журнал, должны кратко освещать еще неопубликованные результаты исследований по актуальным научным проблемам, полученные за последние два-три года.

2. Объем каждой статьи не должен превышать 1 авторского листа, включая библиографию и иллюстративный материал.

3. На публикацию материалов, представляемых в редакцию, требуется письменное разрешение руководства организации, на средства которой проводились работы, и соответствующая документация, удостоверяющая возможность печатания их в журнале.

4. Рукописи статей и иллюстративный материал к ним представляются в двух экземплярах. Рукопись должна быть четко перепечатана на машинке, через два интервала, на одной стороне листа, тщательно вычитана и подписана автором.

5. Корректурa дается авторам лишь для контроля. Стилистическая правка, дополнения и сокращения в корректуре не допускаются. Иногородним авторам корректурa не высылается.

6. Формулы, латинские, греческие и т. п. выражения следует давать только в случаях необходимости, вписывая их на машинке или от руки (темными чернилами или тушью) четко и ровно, чтобы не было никаких сомнений при чтении каждого знака.

Во избежание недоразумений нужно делать ясное различие между заглавными и строчными буквами в формулах, имеющими одинаковое начертание (V и v, O и o, W и w, K и k, P и p, C и c), подчеркивая заглавные буквы двумя черточками снизу (S), а строчные — сверху (s).

7. Тоновые иллюстрации (фото) должны быть сделаны с хорошего негатива, контрастной печатью. Штриховые же должны быть выполнены ровно наложенной тушью на кальке, допускается также плотная белая бумага.

Не рекомендуется рисунки и чертежи загромождать надписями, лучше детали рисунка занумеровать и дать расшифровку номеров в подрисовочной подписи.

Все иллюстрации к статье должны иметь сквозную нумерацию. Номера эти представляются простым карандашом на каждом рисунке или чертеже, а также в рукописи на левом поле страницы, против соответствующего места в тексте (включать иллюстрации в текст рукописи нельзя). Кроме того, на обороте каждого рисунка ставится название статьи и фамилия автора. В рукопись должна быть вложена опись иллюстраций (в 2 экземплярах) согласно их порядковой нумерации.

Авторы должны избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статей.

8. Библиографические списки: а) литература в списке дается на тех языках, на которых она издана; б) библиографические данные приводятся по титульному листу издания, все элементы библиографического перечня отделяются друг от друга запятыми; в) цифры, обозначающие том, выпуск, издание, страницы, ставятся после сокращенного слова, например: т. III, вып. 7, изд. 2; г) в тексте ссылка на литературу, перечисленную в библиографическом списке, помещенном в конце статьи, делается по такой форме: «Павлов [10, 11] указывает...».

Числа 10, 11 взяты в квадратные скобки, показывают порядковые номера трудов в библиографическом списке.

Схема перечня библиографических данных:

Для книг: фамилия и инициалы автора, название книги, название издательства (Медгиз, Техиздат), место издания, год издания (слово «год» не ставится, например: 1956).

Для периодических изданий: фамилия и инициалы автора, название статьи, название журнала (альманаха, газеты), том или выпуск (т. III, вып. 7), номер, год.

Говоря о месте издания, слова «Москва» и «Ленинград» можно заменять начальными буквами.

Статьи направлять по адресу: Новосибирск, ул. Советская, 20, комн. 428 — редакции журнала.

Художественный редактор А. А. Федиахметов.  
Технический редактор О. А. Локшина.  
Корректоры: Г. Ф. Примагова, Н. В. Панкова.

МН 02350. Подписано к печати 26 июля 1960 г. Формат бумаги 70×108/16=4,125 бум. л., 8,25 печ. л., 11,3 ус. печ. л., 10,9 уч.-изд. л. Тираж 1700. Заказ № 315.

Издательство Сибирского отделения АН СССР, Новосибирск, Советская, 20. Типография № 1 Полиграфиздата, Новосибирск, Красный проспект, 20. Цена 7 руб.

**ПРОВОДИТСЯ ПОДПИСКА**

на ежемесячный научный журнал

**ИЗВЕСТИЯ**

**СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК СССР**

В журнале освещаются результаты теоретических работ и экспериментальных исследований по экономическим, техническим, химическим и биологическим наукам, проведенных в научных учреждениях, исследовательских институтах, высших учебных заведениях Сибири. В журнале печатаются также статьи методического характера, работы, посвященные важнейшим проблемам развития производительных сил восточных районов СССР.

В журнале регулярно дается разносторонняя информация о научной жизни и развитии науки в Сибири и на Дальнем Востоке, печатаются материалы по обмену опытом и координации научной работы, библиография и рецензии на книги, в которых рассматриваются вопросы, связанные с изучением Сибири.

Журнал рассчитан на научных работников, преподавателей вузов, инженеров и руководителей предприятий.

---

**ПОДПИСНАЯ ЦЕНА ЖУРНАЛА**

на 12 месяцев — 84 руб.

на 6 месяцев — 42 руб.

на 3 месяца — 21 руб.

Цена отдельного номера 7 руб.

---

Подписка принимается всеми отделениями Союзпечати и агентствами связи, а также магазинами «Академкнига».

Отдельные номера журнала могут быть посланы наложенным платежом. Заказы направлять в редакцию журнала (Новосибирск, Советская, 20, комната 428).