

7.167/2 ✓  
АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
СССР

4

НОВОСИБИРСК  
1959

## СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- К. Ф. Войтковский. Скорость пластической деформации поликристаллического льда 3  
 Э. С. Лукашов. Самораскачивание синхронного генератора в настроенных электропередачах 17  
 И. В. Макаров. Метод анализа эффективности проходческих работ 22  
 Н. М. Смольянинова, И. В. Геблер. Опыт среднетемпературного коксования газовых углей Кузнецкого бассейна 29  
 К. К. Страмковская. К вопросу о спекаемости гуминовых кислот 38

## ХИМИЯ

- Н. М. Волкова, Г. В. Гайдуков. Изучение процесса восстановления фторотитаната калия алюминием 43  
 А. К. Шарова, А. А. Фотиев. Получение двуокиси титана из продукта восстановительной сульфатно-натриевой плавки ильменитового концентрата 52  
 И. Л. Котляревский, А. Н. Волков, Л. Б. Фишер. Алкилирование бутана и изобутана этиленом 64  
 М. А. Михайлов. Термодинамическое исследование системы  $\text{CaF}_2 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$  (пар) 71  
 А. Т. Логвиненко, Г. Д. Урываева, А. С. Третьякова. О твердении магnezального цемента 77  
 В. В. Веселов. Прибор для ускоренного хроматографического анализа углеводородных смесей 83

## БИОЛОГИЯ

- В. Г. Зольников. Некоторые критические замечания на статью С. А. Коляго «О систематике и построении генетических рядов почв» 90  
 В. Б. Ильин. Формы фосфора в каштановых почвах Центральной Кулунды 95  
 Л. Г. Еловская. Краткая характеристика почв бассейна реки Ирэлэх и возможности их сельскохозяйственного освоения 104  
 М. А. Лурье. К фауне короедов (*Iridae*) Кемеровской и Новосибирской областей 119  
 Ю. Б. Беляев. Аномалии у ондатры как показатель состояния популяции 125

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- О. И. Ивановская. Тли (*Aphidoidea*, *Homoptera*) зеленых насаждений г. Новосибирска 133  
 П. Г. Ошмарин. О необходимости увязки профилактических мер борьбы против гельминтозов сельскохозяйственных животных с рациональным использованием пастбищ 138

ИЗВЕСТИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ

АКА

П-23482

1959

№4

Известия

Сибирск. отд. АН СССР

7р.

581

П-23482

НОВОСИБИРСК

1959

К. Ф. ВОЯТКОВСКИЙ

### СКОРОСТЬ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ЛЬДА

На основании многочисленных исследований механических свойств льда в настоящее время известно, что величина и скорость пластической деформации льда могут изменяться в очень широких пределах в зависимости от величины нагрузки и времени ее воздействия, температуры и структуры льда.

Кристаллы льда сравнительно легко деформируются пластически в случае, когда плоскость сдвига совпадает с базисной плоскостью кристалла. Если же плоскость сдвига перпендикулярна базисной плоскости, то происходит, в основном, упругая деформация. Поэтому скорости деформации отдельных монокристаллов под действием одинаковых по величине сил могут отличаться друг от друга в тысячи и даже десятки тысяч раз в зависимости от направления сдвигающего усилия относительно оптической оси кристалла [1]. Скорость деформации поликристаллического льда также зависит от направления приложенной внешней силы относительно направления оптических осей преобладающего количества кристаллов, однако в значительно меньшей степени [2, 3].

Под действием нагрузки лед может изменять свою форму без разрушения и изменения объема — как бы течь. Известно, например, что ледники «текут» с определенной скоростью и это течение напоминает в некоторой степени течение рек. Поэтому пластические деформации льда («течение льда») часто сравниваются с течением очень вязкой жидкости. Принято считать, что имеется линейная зависимость между скоростью «течения» льда и величиной нагрузки, характеризующая коэффициентом вязкости льда. Основываясь на этой предпосылке, различные исследователи сделали многочисленные определения коэффициента вязкости льда [1, 3—6 и др.]. Следует отметить, что полученные данные о величине коэффициента вязкости весьма разноречивы — отдельные его значения колеблются в пределах от  $10^{10}$  до  $10^{15}$  пуаз, т. е. могут отличаться друг от друга в сто тысяч раз.

Исследования последних лет [2, 7—9] показали, что лед не удовлетворяет Ньютону закону вязкости и для него зависимость между величиной напряжения и скоростью деформации не является линейной, как это принималось ранее, а носит более сложный характер. Поэтому «коэффициент вязкости льда» становится условной переменной величиной, зависящей не только от температуры и структуры льда, но и от интенсивности напряжений [7], и не может достаточно полно характеризовать пластические свойства льда. В связи с этим требуется уточнить существующие теоретические представления о закономерностях пластических деформаций льда, установить параметры, более полно характеризующие пластические свойства льда, и определить их количественные показатели. Для этого нами был проведен ряд длительных опытов чистого сдвига льда (путем кручения труб из него), изгиба, сжатия, растяжения

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

и сложного деформирования (одновременного сдвига и сжатия путем кручения ледяных труб и одновременного продольного сжатия).

Некоторые, наиболее характерные результаты опытов приводятся ниже.

При всех видах деформирования льда в момент приложения силы происходит упругая деформация, а непосредственно вслед за ней начи-

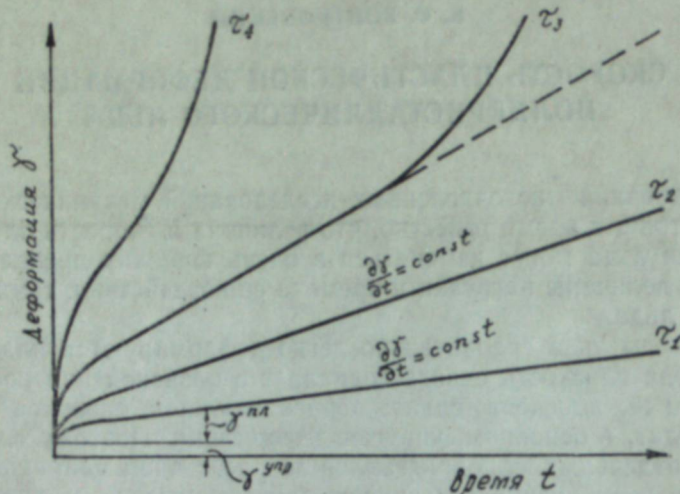


Рис. 1. Кривые ползучести льда.

нается пластическая. Таким образом, общая деформация обычно состоит из двух частей — упругой деформации и пластической (рис. 1). В начале действия силы наблюдается интенсивное нарастание деформации, затем скорость ее постепенно уменьшается и устанавливается постоянная скорость, так называемая установившаяся скорость ползучести льда. Если интенсивность напряжений сдвига превышает некоторый предел [2], скорость начинает снова увеличиваться.

#### Влияние температуры на скорость деформации льда

Скорость пластической деформации льда в значительной степени зависит от температуры — увеличивается при повышении ее, особенно при температуре, близкой к  $0^{\circ}\text{C}$ . Изменение величины установившейся скорости деформации льда при постоянной нагрузке при изменении температуры в интервале от  $-1$  до  $-40^{\circ}$  в первом приближении выражается эмпирической формулой

$$\dot{\gamma}_{\infty} = \frac{k_0}{1 + \theta}, \quad (1)$$

где  $\dot{\gamma}_{\infty}$  — скорость деформации;

$k_0$  — постоянный коэффициент (различный для каждого частного случая);

$\theta$  — абсолютное значение отрицательной температуры льда в  $^{\circ}\text{C}$ .

Приемлемость указанной формулы в интервале температур от  $-1$  до  $-10^{\circ}$  была доказана нами ранее путем опытов прогиба ледяных балок [7] и чистого сдвига льда [2]. Затем дополнительно были проведены длительные (до 3000 часов) опыты прогиба трех ледяных балок при температуре от  $-1$  до  $-40^{\circ}$  (в мерзлотной лаборатории Северо-Вос-

точного отделения Института мерзлотоведения, в Якутске). Для опытов применялись призматические балки  $10 \times 10 \times 120$  см из льда беспорядочной структуры, намороженного из смеси битого льда, снега и воды. Каждая балка устанавливалась на две опоры, из которых одна была неподвижной, а другая могла перемещаться (рис. 2). Балки прогибались под действием собственного веса и постоянной дополнительной

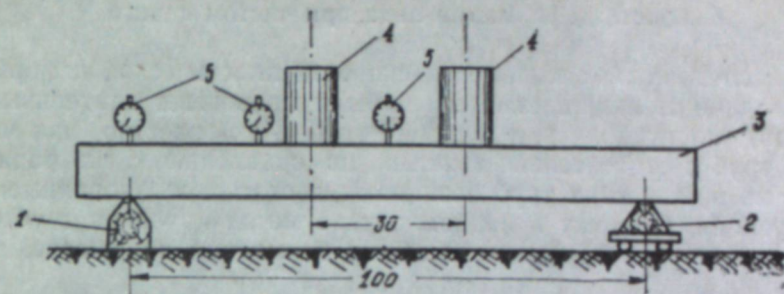


Рис. 2. Схематический вид установки балки.

1 — неподвижная опора, 2 — подвижная опора, 3 — ледяная балка, 4 — грузы, 5 — индикаторы для определения вертикальных перемещений балки (штативы, на которых укрепляются индикаторы, на рисунке не указаны).

нагрузки, состоящей из двух симметрично установленных грузов. Прогиб балок измерялся при помощи индикаторов часового типа с точностью  $0,01$  мм. Температура и прогибы измерялись систематически 3—6 раз в сутки. Во всех случаях наблюдалось вполне закономерное уве-

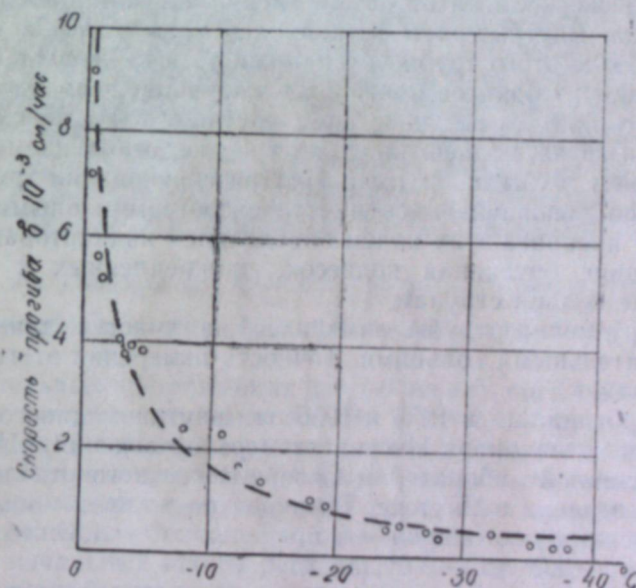


Рис. 3. Скорость прогиба ледяной балки в зависимости от температуры (под действием собственного веса и дополнительной нагрузки  $Q = 40$  кг).

личение скорости прогиба при повышении температуры. За исключением начального периода (около 3 суток) после загрузки балок скорости прогиба довольно точно изменялись в соответствии с температурой льда. При одинаковых температурах скорости прогиба, независимо от предыдущей температуры, были примерно одинаковыми. На рис. 3 указаны скорости прогиба одной из балок (лед беспорядочной структуры) при

различной температуре. Там же пунктирной линией показана зависимость скорости прогиба от температуры по формуле (1). Из графика видно, что формула (1) достаточно хорошо отображает закономерность изменения скорости деформации во всем исследуемом диапазоне температур.

#### Скорость деформации льда при чистом сдвиге

Для исследования зависимости скорости пластической деформации льда от величины напряжений нами были проведены длительные (до 5000 часов) опыты кручения ледяных труб. Как известно, при чистом кручении труб с относительно тонкими, по сравнению с их радиусом, стенками во всех частях труб возникают достаточно однородные сдвигающие усилия. Поэтому в данном случае метод кручения труб имеет преимущества перед другими способами испытаний на сжатие, растяжение, изгиб.

Для опытов применялись ледяные трубы длиной 800 мм, наружным диаметром 120 мм и внутренним — 78 мм. Всего было испытано 14 труб. Часть труб (№—9) изготовлялась путем замораживания воды в специальной металлической форме; оптические оси кристаллов льда в таких трубах имели в основном радиальное направление. Другая часть труб (1, 10—14) была заморожена в той же форме из смеси битого льда и воды; эти трубы состояли из кристаллов различных размеров с беспорядочной ориентацией их оптических осей.

На концы ледяной трубы намораживались прямоугольные металлические колпаки из жести, а на самой трубе закреплялись два измерительных кольца. Внутри трубы вставлялась металлическая ось с подшипниками. После этого труба устанавливалась на деревянной станине таким образом, что один ее конец был закреплен неподвижно, а сама она могла скручиваться под действием крутящего момента, создаваемого при помощи груза, подвешенного на тросике, огибающем надетый на свободный конец трубы шкив (рис. 4). При скручивании трубы измерительные кольца поворачивались вместе с соответствующими сечениями трубы, и угол поворота этих колец определялся индикаторами часового типа по величине опускания подвесок, прикрепленных к огибающим измерительные кольца струнам.

Угол закручивания трубы измерялся на участке длиной 500 мм между измерительными кольцами. Точность измерения этого угла была около  $10^{-4}$  радиан.

Опыты проводились в 1955 и 1956 гг. внутри ледяного склада на Подмосковном стационаре Института мерзлотоведения АН СССР и в 1957 г. в подземной лаборатории Северо-Восточного отделения Института мерзлотоведения в Якутске. Температура во время опытов поддерживалась близко к постоянной — в пределах от  $-1,8^{\circ}$  до  $-0,7^{\circ}$  для труб 1—9 и от  $-4,0^{\circ}$  до  $-3,6^{\circ}$  для труб 10—14.

Ледяные трубы подвергались кручению под действием различных по величине крутящих моментов. Деформация труб измерялась один раз в сутки, а в начальный период и после изменения величины крутящего момента — 2—6 раз в сутки. Одновременно с отсчетами по индикаторам измерялась температура труб при помощи термометров, вставленных внутрь труб.

На рис. 5 представлены величины действующих касательных напряжений и общий ход изменения угла закручивания труб. Трубы деформировались без заметных признаков разрушения. Так, угол закручивания трубы 8 между измерительными кольцами достиг 4 радианов, но

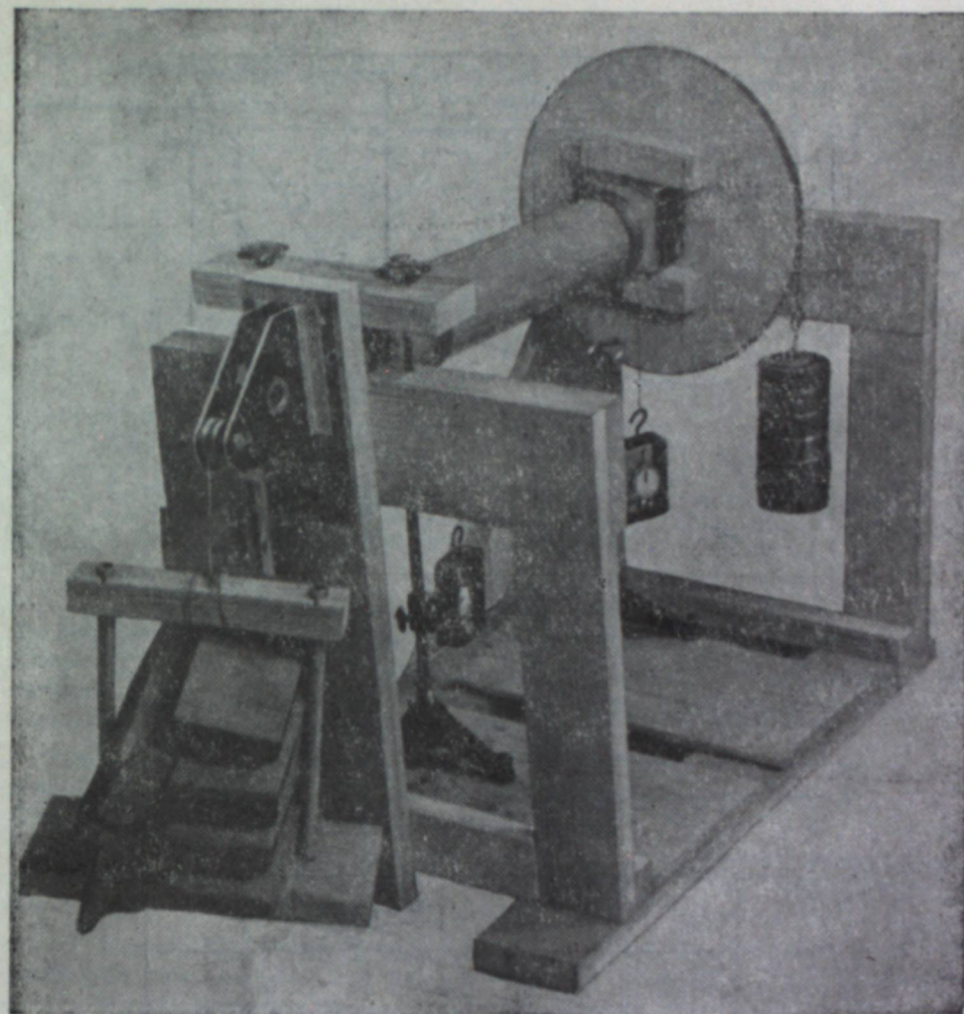


Рис. 4. Общий вид установки для кручения и продольного сжатия ледяных труб.

труба не разрушалась, и опыт был прекращен лишь из-за ее искривления.

При касательных напряжениях до  $1,6 \text{ кг/см}^2$  после 60—120 часов выдерживания постоянного напряжения устанавливалась постоянная скорость деформации. Например, трубы 3 и 5 скручивались при постоянных касательных напряжениях  $0,5$  и  $1,0 \text{ кг/см}^2$  в течение 5000 часов, и за все это время скорость деформации оставалась примерно одинаковой. При напряжении больше  $1,6 \text{ кг/см}^2$  после замедления скорости деформации в начальный период наблюдалась некоторая стабилизация этой скорости, а затем она постепенно увеличивалась (трубы 7—9).

После изменения величины напряжения в каждом случае также устанавливалась постоянная скорость деформации, если напряжение не превышало примерно  $1,6 \text{ кг/см}^2$  (при температуре  $-1,2^{\circ}$ ). Так, для труб 1 и 2 установившиеся скорости деформации наблюдались при касательных напряжениях до  $1,5 \text{ кг/см}^2$ , а при напряжении  $1,75 \text{ кг/см}^2$  началась ускоряющаяся деформация.

При  $-4^{\circ}$  ускоряющаяся деформация начиналась при касательных напряжениях больше  $2,5 \text{ кг/см}^2$ . Величину напряжения сдвига, при превышении которой может возникнуть ускоряющаяся ползучесть, по ана-

Таблица 1

Установившиеся скорости угловой деформации  $\dot{\gamma}_{\infty}$  при кручении труб в  $10^{-6}$  единиц/час.

№ трубы	При касательных напряжениях, кг/см <sup>2</sup>																		
	0,25		0,5		0,8		1,0		1,2		1,5		2,0		2,3		2,5		
	°C	$\dot{\gamma}_{\infty}$	°C	$\dot{\gamma}_{\infty}$	°C	$\dot{\gamma}_{\infty}$	°C	$\dot{\gamma}_{\infty}$	°C	$\dot{\gamma}_{\infty}$	°C	$\dot{\gamma}_{\infty}$	°C	$\dot{\gamma}_{\infty}$	°C	$\dot{\gamma}_{\infty}$	°C	$\dot{\gamma}_{\infty}$	
1	-1,7	0,8	-1,5	2,6	—	—	-1,3	7,5	-1,2	12	-1,2	15	—	—	—	—	—	—	—
2	-1,7	1,2	-1,5	4,7	—	—	-1,3	2,5	-1,2	33	-1,2	62	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	-0,9	2,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	-1,2	12	-1,2	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	-1,2	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	-0,9	1,0	-0,9	5,5	-1,2	13	-1,2	23	-1,2	34	-1,5	87*	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	-1,5	4,3	-1,3	7,6	-1,2	18	-1,2	36	-1,0	66	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	-3,8	7	—	—	-4,0	15	-3,9	28	-3,8	44	-4,0	60	—
11	—	—	—	—	—	—	-4,0	6	—	—	—	—	-3,8	19	-3,8	29	-4,0	38	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-4,0	11	-4,0	20	—	—	-4,0	34	—
13	—	—	—	—	—	—	-3,7	8	—	—	-3,8	17	-4,0	30	—	—	—	—	—

\* При  $\tau = 1,6$  кг/см<sup>2</sup>.

зависимости (1), нанести на двойную логарифмическую сетку против соответственных значений касательных напряжений, то экспериментальные точки для каждой трубы довольно хорошо ложатся на прямые линии (рис. 6). Это значит, что зависимость между установившейся скоростью угловой деформации  $\dot{\gamma}_{\infty}$  и касательным напряжением  $\tau$  может быть выражена уравнением

$$\dot{\gamma}_{\infty} = k_0 \tau^n, \quad (2)$$

где  $k_0$  и  $n$  — постоянные коэффициенты.

С учетом зависимости скорости деформации от температуры (1) общая зависимость установившейся скорости относительной угловой деформации льда от величины касательного напряжения и температуры имеет вид:

$$\dot{\gamma}_{\infty} = \frac{K}{1 + \theta} \tau^n. \quad (3)$$

На основании результатов проведенных опытов определены значения коэффициентов  $n$  и  $K$ :

№ трубы	n	K, $\frac{с \cdot м^{0,5} \cdot град}{кг^n \cdot час}$
При беспорядочной структуре льда в трубах		
1	1,6	$1,8 \times 10^{-5}$
10	2,0	$3,5 \times 10^{-5}$
11	1,9	$2,5 \times 10^{-5}$
12	2,2	$2,2 \times 10^{-5}$
13	1,9	$3,7 \times 10^{-5}$
При радиальном направлении оптических осей кристаллов		
2	2,2	$5,9 \times 10^{-5}$
4	2,2	$4,8 \times 10^{-5}$
6	2,3	$5,1 \times 10^{-5}$

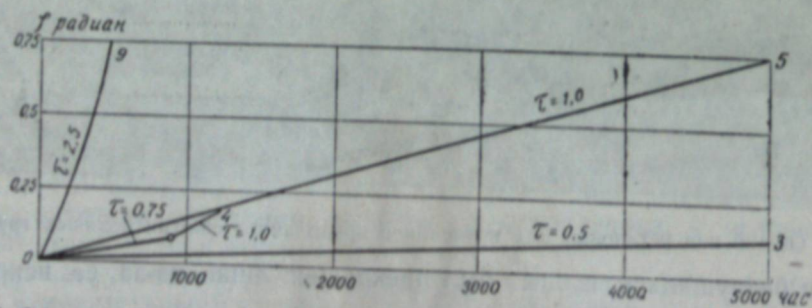
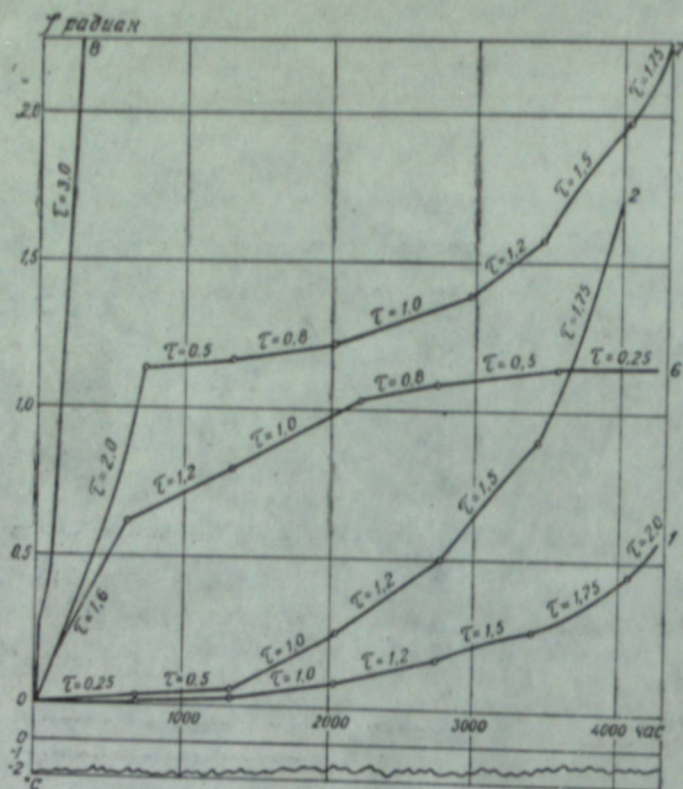


Рис. 5. Общий ход изменения угла закручивания ледяных труб  $\phi$  и величина действующих касательных напряжений  $\tau$  (кг/см<sup>2</sup>).

логии с «пределом длительной прочности» мерзлых грунтов [10] можно назвать пределом длительной ползучести льда.

Величины установившихся скоростей деформации ледяных труб при различных касательных напряжениях приведены в табл. 1. Для удобства скорость деформации в этой таблице выражена в виде скорости относительной угловой деформации  $\dot{\gamma}$ , которая определялась по скорости изменения угла закручивания трубы  $\phi$  по формуле

$$\dot{\gamma} = \frac{r_{ср} \dot{\phi}}{l} \approx 0,1 \dot{\phi},$$

где  $r_{ср} = 5,0$  см — средний радиус трубы,  
 $l = 50$  см — длина трубы между измерительными кольцами.

Если величины установившихся скоростей угловой деформации, предварительно пересчитанные для одной температуры на основании

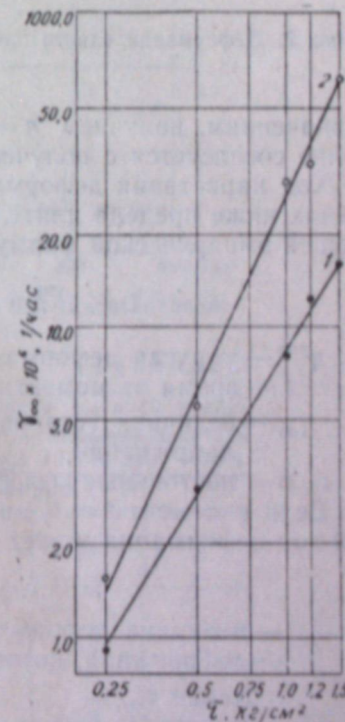


Рис. 6. Изменение установившейся скорости угловой деформации в зависимости от величины касательного напряжения (при температуре  $-1,2^\circ$ ; 1, 2 — номера труб).

Зависимость (3) и полученные значения  $n$  и  $K$  согласуются с данными непосредственных измерений распределения скоростей «течения» льда в одном из альпийских ледников; на основании этих данных Герард, Перуц и Рох [9] установили, что «течение» льда при напряжениях сдвига от 0,1 до 0,8 кг/см<sup>2</sup> выражается уравнением

$$\dot{\gamma} = 10^{-8} \tau^{1,5},$$

где  $\dot{\gamma}$  — скорость сдвига в секунду,  
 $\tau$  — напряжение сдвига в барах.

Температура льда в леднике была близка к температуре таяния. Приводя это уравнение к принятым в данной статье размерностям и

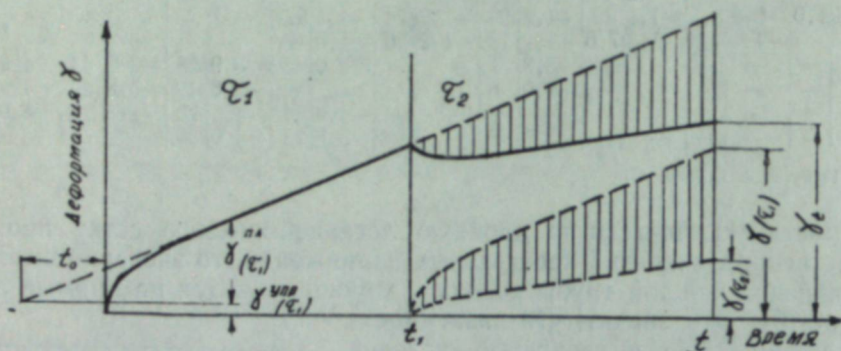


Рис. 7. Деформация сдвига при изменении величины касательного напряжения.

обозначениям, получаем  $n = 1,5$ ;  $K = 3,7 \times 10^{-5} \text{ см}^{2n} \text{ град/кг}^n \text{ час}$ , что вполне согласуется с полученными нами данными.

Ход нарастания деформации после приложения усилия при напряжениях ниже предела длительной ползучести может быть выражен следующей эмпирической формулой:

$$\gamma_t = \gamma^{\text{упр}} + \dot{\gamma}_{\infty} \left[ t + t_0 - \frac{t_0}{(1 + at)} \right], \quad (4)$$

где  $\gamma^{\text{упр}}$  — упругая деформация,

$t$  — время от момента приложения нагрузки в часах,

$\dot{\gamma}_{\infty}$  — величина установившейся скорости деформации при данном напряжении,

$t_0, a$  — постоянные коэффициенты:  $t_0 = 30$  — 100 часов,  $a = 0,5$  — 1,0.

Если в момент  $t = t_1$  напряжение меняется от  $\tau_1$  до  $\tau_2$ , то дальнейший ход деформации может быть описан следующей формулой (рис. 7):

$$\gamma_t = \gamma_{(\tau_1, t)} + \gamma_{(\tau_2, t - t_1)} - \gamma_{(\tau_1, t - t_1)}, \quad (4a)$$

где  $\gamma_t$  — величина деформации в любой момент времени  $t$ ,

$\gamma_{(\tau_1, t)}$  — деформация, которая происходила бы за время  $t$  при напряжении  $\tau_1$ ,

$\gamma_{(\tau_2, t - t_1)}$  — расчетная деформация по формуле (3) за время  $t - t_1$  при напряжении  $\tau_2$ ,

$\gamma_{(\tau_1, t - t_1)}$  — то же при напряжении  $\tau_1$ .

Значение расчетного коэффициента  $t_0$  для случаев уменьшения напряжения обычно меньше, чем для случаев его увеличения, и составляет от 5 до 30 часов.

### Скорость деформации льда при сложном напряженном состоянии

Часть труб испытывалась дополнительно на одновременное кручение и продольное сжатие. В этих случаях во всех поперечных сечениях трубы создавались одновременно касательные и нормальные напряжения. Было отмечено, что продольное сжатие трубы при неизменном крутящем моменте вызывает увеличение скорости скручивания трубы (рис. 8). Таким образом, скорость сдвига зависит не только от напряжений сдвига, но и от величины нормальных напряжений в плоскости сдвига, с ростом последних она увеличивается (табл. 2).

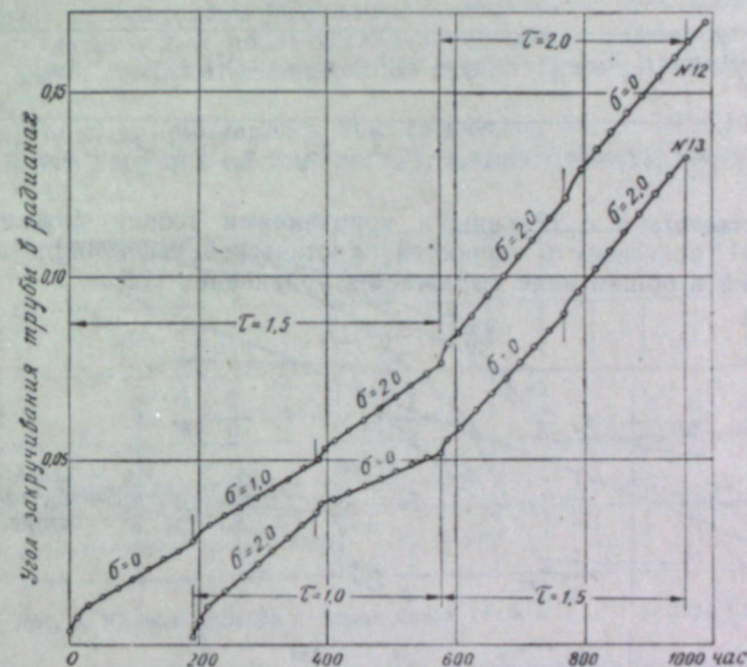


Рис. 8. Изменение угла закручивания трубы при одновременном кручении и продольном сжатии.

Таблица 2

Установившиеся скорости угловой деформации  $\dot{\gamma}_{\infty}$  в  $10^{-6}$  единиц/час. при кручении труб с одновременным продольным сжатием (для трубы 4 при температуре  $-1,2^{\circ}$ ; для труб 12—14 при  $-4,0^{\circ}$ ).

$\tau$ , кг/см <sup>2</sup>	$\sigma$ , кг/см <sup>2</sup>	$s$ , кг/см <sup>2</sup>	№ трубы			
			4	12	13	14
0,75	0	0,75	15	—	—	—
0,75	1,0	0,9	17	—	—	—
0,75	1,5	1,1	12	—	—	—
0,75	2,0	1,4	21	—	—	—
1,0	0	1,0	22	—	8	—
1,0	1,5	1,3	26	—	—	—
1,0	2,0	1,5	31	—	14	—
1,5	0	1,5	—	11	17	10
1,5	1,0	1,6	—	12	—	—
1,5	2,0	1,9	—	14	23	12
2,0	0	2,0	—	20	—	—
2,0	2,0	2,3	—	22	—	—

Анализ результатов проведенных опытов подтвердил гипотезу о том, что при сложном напряженном состоянии интенсивность скоростей деформации сдвига  $L$  является определенной функцией интенсивности касательных напряжений  $S$ :

$$L = F(S). \quad (5)$$

В случае установившейся ползучести эта зависимость является аналогичной уравнению (3) и имеет вид [2]:

$$L = \frac{K}{1 + \theta} S^n, \quad (6)$$

где

$$L = \sqrt{\frac{2}{3} [(\dot{\epsilon}_x - \dot{\epsilon}_y)^2 + (\dot{\epsilon}_y - \dot{\epsilon}_z)^2 + (\dot{\epsilon}_z - \dot{\epsilon}_x)^2] + \dot{\gamma}_{xy}^2 + \dot{\gamma}_{yz}^2 + \dot{\gamma}_{zx}^2},$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{6} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2] + \tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2}.$$

В соответствии с основными уравнениями теории пластического течения [11] зависимость скоростей пластической деформации льда от напряжений в общем виде выражается уравнением [12]

$$D_i = \frac{L}{\Delta S} D_s, \quad (7)$$

где  $D_i = \begin{vmatrix} \dot{\epsilon}_x & \frac{1}{2} \dot{\gamma}_{xy} & \frac{1}{2} \dot{\gamma}_{xz} \\ \frac{1}{2} \dot{\gamma}_{yx} & \dot{\epsilon}_y & \frac{1}{2} \dot{\gamma}_{yz} \\ \frac{1}{2} \dot{\gamma}_{zx} & \frac{1}{2} \dot{\gamma}_{zy} & \dot{\epsilon}_z \end{vmatrix}$  — девиатор скоростей деформации,

$$D_s = \begin{vmatrix} \sigma_x - \sigma_{cp} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y - \sigma_{cp} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z - \sigma_{cp} \end{vmatrix}$$
 — девиатор напряжений.

Подставляя в последнее уравнение значение  $L$  (6), получаем

$$D_i = \frac{KS^{n-1}}{1 + \theta} \frac{D_s}{2}, \quad (8)$$

или

$$\dot{\epsilon}_{x(y,z)} = \frac{KS^{n-1}}{1 + \theta} \frac{\sigma_{x(y,z)} - \sigma_{cp}}{2}, \quad \dot{\gamma}_{xy(yz, zx)} = \frac{KS^{n-1}}{1 + \theta} \tau_{xy(yz, zx)}.$$

Если сравнить уравнение (8) с уравнением вязкого течения ( $D_i = \frac{D_s}{2\eta}$ ), то видно, что для льда коэффициент вязкости является переменной величиной:

$$\eta = \frac{1 + \theta}{KS^{n-1}}, \quad (9)$$

т. е. он зависит от трех факторов — структуры льда, характеризующейся коэффициентами  $K$  и  $n$ , температуры и интенсивности касательных на-

пряжений. В случае неустановившейся ползучести коэффициент вязкости будет меняться еще в зависимости от времени действия напряжений и характера их изменений. Этим и можно объяснить чрезвычайно большой разброс значений коэффициента вязкости льда в работах различных исследователей [1, 3, 4, 6 и др.].

### Зависимость скорости деформации льда от его структуры

Определить значения коэффициентов  $K$  и  $n$  для льдов различной структуры трудно из-за большой сложности изготовления ледяных проб требуемой структуры или вырезания их из естественного льда. Поэтому нами были использованы результаты опытов по прогибу ледяных балок, что стало возможным после установления общей зависимости (8) скоростей деформации от напряжений при сложном напряженном состоянии.

Для опытов применялись призматические балки  $10 \times 10 \times 120$  см. Установка и загрузка их (см. рис. 2), а также замеры прогибов произ-

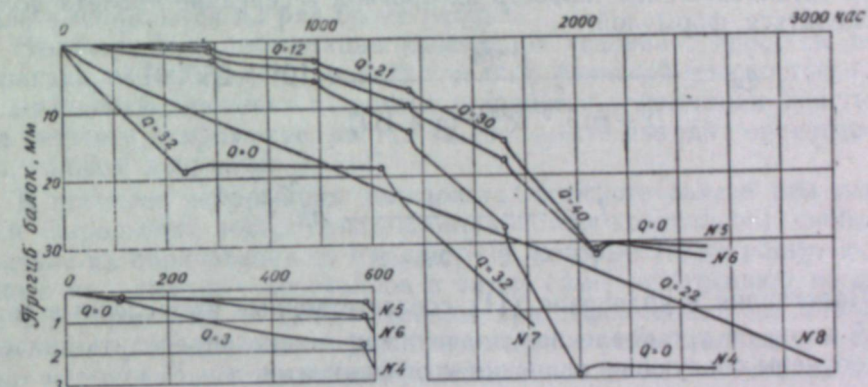


Рис. 9. Кривые прогиба ледяных балок (4, 5, 6, 7, 8 — номера балок).

водились так же, как при описанных выше опытах по определению зависимости скорости деформации льда от температуры. Балки 1, 2, 4, 5 были вырезаны из льда естественной структуры, образованного при спокойном замерзании воды в открытом резервуаре. Из них балки 2, 5 устанавливались так, что оптические оси большинства кристаллов льда были направлены вертикально (как при изгибе естественного ледяного покрова), а балки 1, 4 были повернуты на 90 градусов, и в них оси кристаллов имели горизонтальное направление, перпендикулярно продольной оси балки. Остальные балки (3, 6—9) были вырезаны из льда беспорядочной структуры, намороженного из смеси битого льда, снега и воды.

Балки прогибались под действием собственного веса и дополнительных грузов. Через определенные (длительные) промежутки времени величина грузов менялась. В каждом случае после 3—5 суток выдерживания постоянной нагрузки устанавливалась постоянная скорость прогиба (рис. 9).

Ввиду того, что за время опытов температура несколько изменялась (для балок 1—6 от  $-3,2^\circ$  до  $-2,0^\circ$ , для балок 7—9 от  $-2,0^\circ$  до  $-1,0^\circ$ ), все величины установившихся скоростей прогибов балок для упрощения расчетов были приведены к температуре  $-3,0^\circ$ .

На основании расчетов установлено, что при выбранной схеме загрузки для балок сечением  $10 \times 10$  см максимальный момент и вели-



чина прогиба в середине балки под действием собственного веса будут такими же, как под действием двух сосредоточенных грузов общим весом  $Q_{\text{эки}} = 6 \text{ кг}$ . Поэтому для облегчения расчетов собственный вес балки заменяется эквивалентной нагрузкой и, следовательно, за расчетную нагрузку принимается  $P = Q + 6 \text{ кг}$ , где  $Q$  — вес грузов, установленных на балке.

При нанесении величин установившихся скоростей прогиба балок на двойной логарифмический график против соответствующих расчетных нагрузок точки для отдельных балок ложатся на прямые линии. Это значит, что между установившейся скоростью прогиба и величиной расчетной нагрузки существует степенная зависимость, соответствующая формуле (2) при чистом сдвиге льда:

$$\dot{\sigma}_{\infty} = K_{\text{изг}} P^n, \quad (10)$$

где  $n$  — коэффициент, равный тангенсу угла наклона прямой.

В результате аналитических расчетов, в основу которых была положена нелинейная зависимость скоростей деформации от напряжений (8), установлено [2], что при принятых размерах и схеме загрузки балок установившаяся скорость их прогиба в середине пролета должна определяться формулой

$$\dot{\sigma}_{\infty} = \frac{K 70^n}{(1 + \theta) 3^{\frac{n+1}{2}} 2^{2n+2} (n+1) I_n^n} (10^4 + 2550n) P^n, \quad (11)$$

где

$$I_n = \frac{n}{2^{\frac{n+1}{2}} (2n+1)} bh^{\frac{2n+1}{n}}$$

Подставляя в уравнение (11) соответственные вычисленные значения  $P$  и  $\dot{\sigma}_{\infty}$  и установленные значения  $n$ , можно определить значения  $K$ . Получены следующие значения коэффициентов  $n$  и  $K$ .

№ балки	$n$	$K, \frac{\text{см}^2 \text{град}}{\text{кг}^n \text{ час}}$
При горизонтальной, перпендикулярной к плоскости изгиба ориентировке кристаллов льда		
1	2,4	$9,0 \times 10^{-5}$
4	2,1	$3,5 \times 10^{-5}$
При вертикальной ориентировке кристаллов льда		
2	2,3	$4,8 \times 10^{-5}$
5	2,2	$2,0 \times 10^{-5}$
При беспорядочной ориентировке кристаллов льда		
3	2,0	$2,4 \times 10^{-5}$
6	1,8	$2,5 \times 10^{-5}$
7	1,8	$2,3 \times 10^{-5}$
8	1,8	$2,4 \times 10^{-5}$
9	1,8	$2,4 \times 10^{-5}$

Эти значения соответствуют приведенным выше значениям коэффициентов  $n$  и  $K$ , полученным при чистом сдвиге льда.

Как видим, коэффициенты, характеризующие скорость деформации льда, при различной ориентировке кристаллов льда имеют различные значения. Для льда беспорядочной структуры все полученные значения

сравнительно мало отличаются друг от друга ( $n = 1,6 - 2,0$ ;  $K = 1,8 - 2,5 \times 10^{-5}$ ). Для льда с ориентированным направлением осей кристаллов значения коэффициентов  $n$  и  $K$  дают более значительный разброс, что объясняется анизотропией механических свойств кристаллов льда. Однако структура льда не оказывает такого решающего влияния на скорость деформирования льда, какое ей приписывалось ранее [1, 3].

Деформация льда происходит в основном вследствие упругих и пластических деформаций отдельных кристаллов, относительных перемещений кристаллов и разрушения отдельных кристаллов. Одновременно с этим во льду происходят процессы рекристаллизации, заключающиеся в росте одних кристаллов за счет других.

Пластические сдвиги в кристаллах происходят по базисным плоскостям (плоскости, перпендикулярные продольной оси кристалла), и только при температуре таяния пластические деформации могут происходить в любом направлении, так как в этом случае в кристалле разрушаются многие внутренние связи [13]. Если направление сдвига не совпадает с базисной плоскостью, то происходит одновременная упругая и пластическая деформация, а при возрастании напряжения возможно частичное разрушение кристалла. Перенапряженные изогнутые кристаллы распадаются на ряд более мелких.

Неоднородная деформация кристаллов усиливает процессы рекристаллизации. Кристаллы, ориентированные базисной плоскостью ближе к направлению движения и поэтому в процессе деформации испытывающие меньшее напряжение, растут за счет менее выгодно ориентированных, сильнее напряженных [14].

В процессе деформации поликристаллического льда в нем появляются «зародыши» новых кристаллов (обломки кристаллов), свободных в начале их образования от напряжений, которые также растут за счет старых напряженных кристаллов и затем сами испытывают напряжения и деформируются. Таким образом, при деформации льда благодаря частичному разрушению старых кристаллов и рекристаллизации происходит частичное восстановление недеформированного состояния, своеобразное «восстановление» структуры льда. Этим, по-видимому, и объясняется тот факт, что в ряде случаев лед практически не имеет пределов деформирования.

В момент приложения нагрузки происходят упругие деформации кристаллов льда и начинаются пластические сдвиги в кристаллах, а также скольжения одних кристаллов по другим. В начальный момент могут иметь место большие концентрации напряжений в отдельных точках кристаллов; затем внутренние сдвиги, скольжения по границам кристаллов и разрушение отдельных кристаллов ведут к некоторому внутреннему перераспределению напряжений и частичному их выравниванию. Происходит перекомпоновка частиц, при которой лед лучше сопротивляется нагрузке, его жесткость как бы увеличивается, а это вызывает уменьшение скорости его деформирования. Постепенно устанавливается подвижное равновесие между внешними усилиями, вызывающими сдвиги, и суммарным внутренним сопротивлением сдвигу. Наступает стадия постоянной скорости пластической деформации.

Если напряжения сдвига превышают предел длительной ползучести, то такого внутреннего равновесия не наступает или оно непродолжительно. Деформации в этом случае развиваются сравнительно быстро и приводят к тому, что связи между сдвигающимися относительно друг друга элементарными пластинками в кристаллах льда и между отдельными кристаллами нарушаются, внутреннее сопротивление льда уменьшается. В отдельных случаях во льду образуются поверхности сколь-

жения с ослабленным сцеплением, по которым сдвиг происходит более интенсивно. Все это приводит к постепенному увеличению скорости сдвига — прогрессирующему «течению» льда.

Коэффициент  $n$ , характеризующий зависимость скорости деформации льда от величины действующих напряжений, для льда беспорядочной структуры оказался меньше, чем для льда правильной структуры.

Скорости деформации образцов льда правильной структуры увеличиваются с ростом напряжений сдвига более интенсивно, чем скорости деформации образцов льда беспорядочной структуры. При этом влияние структуры сказывается значительно с увеличением напряжений сдвига до  $1 \text{ кг/см}^2$  и более.

Это можно объяснить тем, что общая деформация образца льда беспорядочной структуры связана с упругими деформациями неблагоприятно ориентированных кристаллов и частичным разрушением отдельных кристаллов, что в целом увеличивает внутреннее сопротивление льда. Если же оси кристаллов льда в образце имеют определенное выдержанное направление, то плоскости сдвига могут оказаться близкими к базисным плоскостям кристаллов или совпадут с границами между кристаллами, и сдвиги в этом случае будут происходить более интенсивно, чем при беспорядочной ориентировке кристаллов.

Северо-Восточное отделение  
Института мерзлотоведения  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
27/III 1958

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. К. Ханина, А. Р. Шульман, Изучение течения естественных льдов. Тр. Гос. гидролог. ин-та, вып. 16 (70), 1949.
2. К. Ф. Войтковский, Экспериментальные исследования пластических свойств льда. Сб. Сезонное промерзание грунтов и применение льда для строительных целей. Изд. АН СССР, М., 1957.
3. А. Р. Шульман, Текучесть поликристаллического льда. Тр. Гос. гидролог. ин-та, вып. 7 (61), 1948.
4. Б. П. Вейнберг, О внутреннем трении льда. Журн. Русского физ.-хим. об-ва, т. 38, вып. 3—6, 1906.
5. П. П. Кобеко, Н. И. Шишкин, Ф. И. Марей, Н. С. Иванова, Пластическая деформация и вязкость льда. ЖТФ, т. XVI, вып. 3, 1946.
6. В. В. Лавров, Вязкость льда в зависимости от температуры. ЖТФ, т. XVII, вып. 9, 1947.
7. К. Ф. Войтковский, Пластический прогиб ледяных балок. ДАН СССР, т. 110, № 3, 1956.
8. J. W. Glen, The creep of polycrystalline ice. Proc. Roy. Soc., A 228, № 1175, London, 1955.
9. J. A. F. Gerard, M. F. Perutz, A. Roch, Measurement of the velocity distribution along a vertical line through a glacier. Proc. Roy. Soc., A 213, № 1115, London, 1952.
10. С. С. Вялов, Ползучесть и длительное сопротивление мерзлых грунтов. ДАН СССР, т. 104, № 6, 1955.
11. В. В. Соколовский, Теория пластичности. Гостехиздат, М., 1950.
12. К. Ф. Войтковский, Расчет сооружений из льда и снега. Изд. АН СССР, М., 1954.
13. J. W. Glen, M. F. Perutz, The growth and deformation of ice crystals. Journ. Glaciol., vol. 2, № 16, 1954.
14. П. А. Шумский, Основы структурного ледоведения. Изд. АН СССР, М., 1955.

Э. С. ЛУКАШОВ

#### САМОРАСКАЧИВАНИЕ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В НАСТРОЕННЫХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧАХ

При работе синхронного генератора параллельно с электрической системой большой мощности через более или менее значительное активное сопротивление может возникнуть явление самораскачивания, представляющее собой незатухающие или даже нарастающие колебания ротора машины, которые в худшем случае могут повлечь за собой выход машины из синхронизма. Известно, что вероятность возникновения самораскачивания тем выше, чем выше активное сопротивление статорной цепи и эдс генератора и чем ниже его активная нагрузка [1]. Известно также, что эффективным средством против самораскачивания является поперечная успокоительная обмотка.

В существующих энергосистемах самораскачивание по ряду причин практически не встречается, однако при проектировании дальних и сверхдальних электропередач возможность его должна быть изучена и учтена. В частности, представляет интерес изучение особенностей самораскачивания генератора, работающего через линию, настроенную на полуволну. Реальная полуволновая или настроенная на полуволну линия в установившемся режиме представляет для генератора чисто активное сопротивление, равное сопротивлению короткого замыкания линии. Хотя его величина для линий 2000—2500 км довольно значительна и уже одно это требует проверки условий самораскачивания, все же более важной особенностью в этом случае является наличие волновых процессов в линии.

В настоящей статье рассматривается самораскачивание генератора, работающего через полуволновую линию, с учетом волновых процессов; исследуется влияние постоянной механической инерции генератора и постоянной времени поперечной успокоительной обмотки на самораскачивание как в вышеупомянутом случае, так и при работе генератора через сосредоточенное активное сопротивление.

Исследовалась устойчивость режима холостого хода генератора, работающего параллельно с системой бесконечной мощности. При этом предполагалось, что мощность генератора равна натуральной мощности линии — это соответствует холостому ходу всех генераторов крупной электростанции; такой режим, хотя и редок, но наиболее опасен в смысле самораскачивания. Регулирование возбуждения отсутствует. Между генератором и шинами бесконечной мощности включена линия электропередачи волновой длины  $\lambda = \pi$ .

В основу исследования была положена методика изучения устойчивости синхронного генератора, разработанная в Энергетическом институте АН СССР П. И. Зубковым. Методика эта универсальна и достаточно проста. Она позволяет исследовать как самораскачивание и самовозбуждение, так и статическую устойчивость при любой связи генератора с системой, а также влияние регулирования возбуждения, причем с мень-

шими упрощениями, чем это делалось до сих пор. Метод основан на совместном решении уравнений Горева — Парка для синхронной машины и операторных уравнений связи с системой. Он дает следующее характеристическое уравнение рассматриваемой системы (для принятых предположений):

$$Jp^2 + S_0(p) = 0, \quad (1)$$

$$\text{где } S_0(p) = \frac{x'_d(p) + X(p)}{[x'_d(p) + X(p)][x_q(p) + X(p)] + R^2(p)}; \quad (2)$$

$$x'_d(p) = \frac{x_d + x'_d p T_{do}}{1 + p T_{do}}; \quad (3)$$

$$x_q(p) = \frac{x_q + x_q p T_q}{1 + p T_q}; \quad (4)$$

$$X(p) = \frac{1}{2} \left[ \frac{Z(p-j)}{p-j} + \frac{Z(p+j)}{p+j} \right]; \quad (5)$$

$$R(p) = \frac{1}{2j} \left[ \frac{Z(p-j)}{p-j} - \frac{Z(p+j)}{p+j} \right]. \quad (6)$$

$J$  — постоянная механической инерции генератора;  
 $Z(p)$  — операторное сопротивление короткозамкнутой линии с включением сюда же активного сопротивления генератора;  
 $T_{do}$  — постоянная времени обмотки возбуждения;  
 $T_q$  — постоянная времени поперечной успокоительной обмотки (слово «поперечная» в дальнейшем опускается). Остальные обозначения общеприняты.

Исследование уравнения (1) методами теории автоматического регулирования и даст ответ на поставленные вопросы. Так как в данном случае характеристическое уравнение системы является трансцендентным (в системе имеется звено с распределенными параметрами), то исследовать его можно только частотными методами, в частности методом Д-разбиений [2].

Для изучения влияния успокоительной обмотки выражение (1) удобно переписать так:

$$\frac{1}{J} = -\frac{p^2}{S_0(p)} = -p^2 \left[ x_q(p) + X(p) + \frac{R^2(p)}{x'_d(p) + X(p)} \right]. \quad (7)$$

Подставляем вместо  $x_q(p)$  его выражение (5). Рассматривая величину  $C = \frac{1}{J}$  как параметр Д-разбиения и соответственно заменяя  $p$  на  $jv$ , после небольших преобразований получим уравнение кривой Д-разбиения в виде:

$$C(jv) = v^2 \left[ x_q + X(jv) + \frac{R^2(jv)}{x'_d(jv) + X(jv)} \right] - v^2 \frac{jv(x_q - x'_d) T_q}{1 + jv T_q}. \quad (8)$$

Здесь первое слагаемое в правой части представляет собой аналогичное уравнение для машины без демпферных контуров, а второе — добавку, зависящую от параметров успокоительной обмотки. Таким образом, для исследования влияния успокоительной обмотки на зону устойчивой работы к годографу кривой Д-разбиения для генератора без демпферных контуров достаточно прибавить годограф-добавку согласно (8).

На рис. 1 приведена диаграмма Д-разбиения по одному параметру для генератора без активного сопротивления и линии без потерь. Успокоительная обмотка отсутствует. Кривая дается без масштаба. Построена лишь часть кривой, соответствующая положительным значениям  $v$ . Как здесь, так и в дальнейшем на рис. 2 и 3 цифрой 1 обозначен участок кривой, соответствующий движению  $v$  от 0 до 0,5; цифрой 2 — от 0,5 до 1,5; 3 — от 1,5 до 2,5. При дальнейшем увеличении  $v$  кривая делает петли, подобные участку 3. Имеет значение лишь разбиение вещественной оси, поэтому из диаграммы видно, что при любой положительной величине  $C$  (т. е. при любой постоянной инерции), как и следовало ожидать, режим устойчив.

Разделение вещественной и мнимой частей годографа-добавки показы-

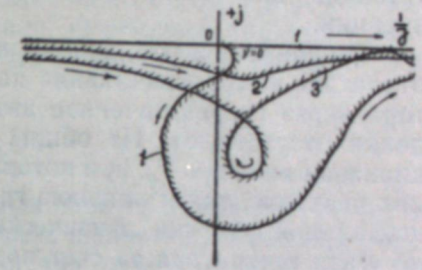


Рис. 1. Диаграмма устойчивости для генератора и линии без потерь.

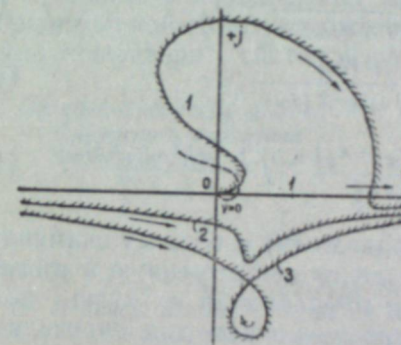


Рис. 2. Диаграмма устойчивости для генератора с потерями и линии без потерь.

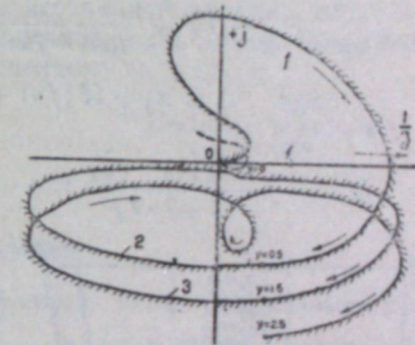


Рис. 3. Диаграмма устойчивости для генератора без потерь и неискажающей линии.

вает, что обе они отрицательны и, следовательно, сдвигая основную кривую влево и вниз, устойчивости не нарушают.

Диаграмма на рис. 2 соответствует учету активного сопротивления генератора. Характер кривой меняется таким образом, что участок вещественной оси, расположенный справа у начала координат, становится зоной неустойчивой работы, а поскольку величина  $J$  дается в радианах и у реальных машин составляет несколько тысяч, то как раз этот участок и представляет интерес. Следовательно, при наличии активного сопротивления режим практически неустойчив. Устойчива лишь безынерционная машина. Успокоительная обмотка, сдвигая вниз начальный участок кривой, как это показано пунктиром, делает в этой зоне режим устойчивым.

Характер кривой Д-разбиения для генератора без активного сопротивления, а линии с потерями (расчеты велись для неискажающей линии, что не является ограничением) показаны на рис. 3. Практически здесь, как и в предыдущем случае, самораскачивание имеет место при любых значениях  $J$ , а с введением успокоительной обмотки появляется зона устойчивой работы. Начальный участок кривой имеет такой же вид, что и в предыдущем случае, и в связи с тем, что активное сопротивление у реального генератора весьма незначительно по сравнению с сопротив-

лением линии, было решено дальнейшее уточнение не производить и считать последнюю диаграмму отражающей реальные условия.

Многочисленные расчеты, произведенные для этого случая, показали, что при наличии успокоительной обмотки режим и в этом случае устойчив для всего диапазона реально существующих постоянных инерции.

По вопросу о том, какова же должна быть  $T_q$ , для того, чтобы предотвратить самораскачивание даже в простейшем случае работы генератора через сосредоточенное активное сопротивление, в литературе сведения отсутствуют. Из общих соображений можно предполагать, что диапазон величин  $T_q$ , при которых самораскачивание не возникает, имеет как верхнюю, так и нижнюю границы. Действительно, воздействие успокоительной обмотки физически обусловлено увеличением тормозного момента генератора за счет потерь в ее стержнях, а как при разомкнутой ( $T_q = 0$ ), так и при сверхпроводящей успокоительной обмотке ( $T_q = \infty$ ) потери в ней будут отсутствовать.

Ниже, на основе того же метода, проводится построение D-разбиения в плоскости двух параметров —  $J$  и  $T_q$ . Характеристическое уравнение системы после подстановки  $jv$  вместо  $p$  записывается так:

$$-Jv^2 + \frac{1}{ReA + jImA + ReD + jImD} = 0, \quad (9)$$

$$\text{где } A = x_q + X(jv) + \frac{R^2(jv)}{x_d(jv) + X(jv)}, \quad (10)$$

$$D = -j \frac{v T_q (x_q - x_q^*)}{1 + jv T_q} = -\frac{v^2 T_q^2 (x_q - x_q^*)}{1 + v^2 T_q^2} - j \frac{v T_q (x_q - x_q^*)}{1 + v^2 T_q^2}. \quad (11)$$

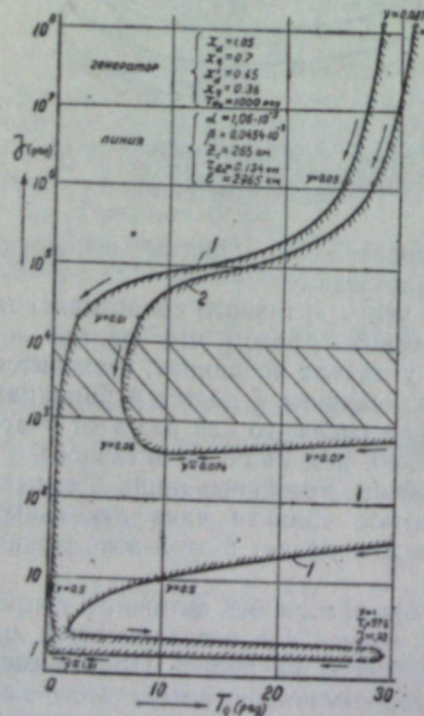


Рис. 4. Диаграмма D-разбиения в плоскости постоянных времени механической инерции генератора и поперечной успокоительной обмотки.

Приводя (9) к общему знаменателю, разделяя вещественную и мнимую части и приравнявая их нулю, получаем два уравнения для определения параметров разбиения в зависимости от  $v$ :

$$ImD = -ImA; \quad (12)$$

$$Jv^2(ReA + ReD) = 1. \quad (13)$$

Из (12) с учетом (11) определяется выражение для  $T_q$ , по известному  $T_q$  подсчитывается согласно (11)  $ReD$  и из (13) определяется  $J$ . На рис. 4 приведены построенные таким методом кривые D-разбиения плоскости  $J, T_q$  для случая работы генератора через сосредоточенное активное сопротивление  $r = 0,134$  (кривая 1) и для генератора, работающего через полуволновую линию, имеющую такую же величину сопротивления короткого замыкания (кривая 2). Параметры генераторов и линии указаны там же. По оси ординат отложена  $J$  в логарифмическом масштабе.

Диаграмма показывает, что, действительно, для любой величины  $J$  имеются как верхняя, так и нижняя

границы устойчивых значений постоянной времени  $T_q$ , что для ликвидации самораскачивания в случае сосредоточенного активного сопротивления  $T_q$  может быть чрезвычайно мала. Различие кривых 1 и 2 обязано исключительно влиянию волновых процессов. Однако и в случае 2, не таком благоприятном, как первый, величина постоянной  $T_q$ , необходимая для предупреждения самораскачивания, приемлема для всего диапазона реально существующих постоянных механической инерции (на рис. 4 эта область заштрихована).

## Выводы

1. Генератор, работающий через полуволновую линию на мощную электрическую систему, подвержен самораскачиванию на холостом ходу за счет значительного активного сопротивления линии.
2. Волновые процессы в линии заметно влияют на условия самораскачивания в сторону ухудшения работы генератора.
3. Самораскачивание может быть предотвращено и в этом случае устройством поперечной успокоительной обмотки с соответствующими параметрами.
4. Область необходимых величин постоянной времени поперечной успокоительной обмотки может быть подсчитана для любой схемы соединения генератора с системой по приведенному методу.

Западно-Сибирский филиал  
Сибирского отделения  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
31/X 1958

## ЛИТЕРАТУРА

1. С. Н. Анисимов, Явление самораскачивания ротора синхронной машины. Тр. Ленингр. политехн. ин-та, № 3, 1948.
2. Ю. И. Неймарк, Устойчивость линеаризованных систем. ЛКВИА, Л., 1949.

И. В. МАКАРОВ

МЕТОД АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

Эффективность проходческих работ зависит от огромного количества разнообразных горно-геологических и организационно-технических факторов. Полную взаимосвязь этих факторов, а также влияние их как каждого в отдельности, так и всех, вместе взятых, на эффективность проходческих работ определить, вероятно, невозможно.

В настоящее время частные зависимости эффективности проходческих работ от отдельных факторов определяются чисто экспериментально, путем хронометража рабочей смены, замера практически получающейся производительности забоя, анализа причин нерациональных затрат времени, материалов и рабочей силы и выявления путей повышения производительности при данной конкретной организации труда.

В настоящей статье сделана попытка с достаточной точностью выявить не освещенную до сих пор ни в отечественной, ни в иностранной литературе более или менее общую взаимосвязь различных организационно-технических факторов, влияющих на эффективность проходческих работ с помощью комбайна при проведении подготовительных выработок, закрепляемых деревянной или металлической крепью, вскрыть общность различных видов организации механизированных проходческих работ и дать метод сопоставления и определения эффективности последних.

Сущность предлагаемого нами метода анализа эффективности проходческих работ сводится к следующему:

1. Рассматриваемый график организации проходческих работ обобщается и приводится к трем операциям: работе комбайна, креплению и к одной условной операции, объединяющей все прочие.

2. Сменное подвигание забоя выработки рассматривается, с одной стороны, как произведение числа установленных элементов крепи (рам) на расстояние между ними (шаг) вдоль продольной оси выработки, с другой, — как произведение машинного времени на техническую скорость проходческого комбайна, и первое произведение приравнивается ко второму.

3. Определяются необходимое машинное время и сменная производительность труда рабочего проходческой бригады.

4. Составляется уравнение затрат на 1 м проведенной выработки.

5. Определяются скорость проходческого комбайна по проведению выработки и оптимальное число рабочих в проходческой бригаде, соответствующее наименьшим затратам.

Обозначим:

- $t$  — продолжительность смены, час.;
- $t_m$  — машинное время в смену, час.;
- $t_k$  — время возведения крепи в смену, час.;
- $t_b$  — время осмотра и обслуживания проходческого оборудования, про-

должительность погрузочно-транспортных и других вспомогательных операций, а также время приема-сдачи смены, отдыха и т. п. в смену, час.;

- $\tau$  — норма времени на установку одной рамы крепи, час.;
- $a$  — расстояние между рамами вдоль продольной оси выработки, м;
- $i$  — количество рам, устанавливаемых за смену, шт.;
- $v$  — производительность проходческого комбайна, равная технической скорости передвижения его вдоль выработки, м/час.;
- $R$  — общее число рабочих в проходческой бригаде;
- $x$  — отношение числа машинистов к общему числу рабочих в проходческой бригаде;
- $y$  — отношение числа крепильщиков к общему числу рабочих в проходческой бригаде;
- $z$  — отношение числа лесодоставщиков, мотористов, машинистов электровоза и других вспомогательных рабочих проходческой бригады к общему числу рабочих в бригаде;
- $p$  — средняя заработная плата одного рабочего проходческой бригады в смену, руб./чел.-смен;
- $l$  — средняя сменная производительность одного рабочего проходческой бригады, м/чел.-смен;
- $L$  — сменное подвигание забоя выработки, м/смен;
- $Z$  — протяженность одной выработки, м;
- $n$  — количество смен, затрачиваемых на проведение выработки протяженностью  $Z_b$  метров;
- $m$  — количество выработок, проводимых комбайном до его износа, шт.;
- $C$  — сумма затрат на одну выработку протяженностью  $L_b$  метров по доставке комбайна в забой, проходке монтажной камеры, монтажно-демонтажным работам, энергии, орошению, пылеулавливанию, транспорту и другим элементам производства, руб.;
- $A$  — стоимость проходческого комбайна и оборудования с учетом стоимости капитальных и других ремонтов, руб.;
- $S$  — затраты на 1 м проведенной выработки, руб/м.

Операции	Налич. рабочих	Продолжительность смены		
Работа комбайна	$R$	[График: черная полоса от начала до $t_m$ ]		
Крепление	$r$	[График: черная полоса от $t_m$ до $t_m + t_k$ ]		
Прочие	$r$	[График: черная полоса от $t_m + t_k$ до $t$ ]		
		$t_m$	$t_k$	$t_b$
		$t$		

Рис. 1. Обобщенный график организации проходческих работ, выполняемых последовательно всеми рабочими бригады.

Для начала рассмотрим до некоторой степени отвлеченный, самого простейшего вида график организации проходческих работ (рис. 1), когда все члены бригады последовательно выполняют все операции цикла, т. е. когда

$$x = y = z = 1.$$

Сменное подвигание выработки можно представить как произведение количества установленных рам на расстояние между ними:

$$L = i \cdot a. \quad (1)$$

Количество рам, устанавливаемых за смену, равно

$$i = \frac{t_k \cdot R}{\tau}. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получаем:

$$L = \frac{a \cdot t_k \cdot R}{\tau}. \quad (3)$$

Сменное подвигание выработки можно также рассматривать как произведение технической скорости проходческого комбайна на время его работы:

$$L = v \cdot t_m. \quad (4)$$

Отсюда

$$a \cdot t_k \cdot R = \tau \cdot v \cdot t_m. \quad (5)$$

Учитывая, что

$$t_k = t - t_b - t_m, \quad (6)$$

из (5) и (6) получаем:

$$t_m = \frac{t - t_b}{1 + \frac{v \cdot \tau}{a \cdot R}}. \quad (7)$$

Средняя производительность одного рабочего проходческой бригады в смену

$$l = \frac{t - t_b}{\frac{R}{v} + \frac{\tau}{a}}. \quad (8)$$

Определим влияние числа рабочих в проходческой бригаде на затраты на 1 м готовой выработки.

Эту стоимость можно упрощенно представить в виде

$$S = \frac{C}{L_b} + \frac{A}{m \cdot L_b} + \frac{p}{l}.$$

Заменяя  $L_b$  произведением  $n \cdot R \cdot l = L_b$  и подставляя значение  $l$  из (8), получим:

$$S = \frac{R + \frac{\tau}{a}}{t - t_b} \left( \frac{C}{n \cdot R} + \frac{A}{m \cdot n \cdot R} + p \right). \quad (9)$$

Определим экстремальные значения функции  $S = f(R)$  при  $v = \text{const}$ :

$$\frac{\partial S}{\partial R} = \frac{\tau}{t - t_b} \left( \frac{p}{v} - \frac{C}{a \cdot n \cdot R^2} - \frac{A}{a \cdot m \cdot n \cdot R^3} \right).$$

Учитывая, что при положительных значениях  $R$

$$\frac{\partial^2 S}{\partial R^2} = \frac{2\tau}{t - t_b} \left( \frac{C}{a \cdot n \cdot R^3} + \frac{A}{a \cdot m \cdot n \cdot R^4} \right) > 0,$$

имеем при  $\frac{\partial S}{\partial R} = 0$

$$R_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{v \cdot \tau \cdot (A + mC)}{a \cdot m \cdot n \cdot p}}. \quad (10)$$

Геометрическое изображение функции  $S = f(R)$  дано на рис. 2. Наименьшая техническая скорость комбайна, соответствующая данной организации проходки, определяется из (9):

$$v = \frac{R}{\frac{S(t - t_b)}{C} - \frac{\tau}{a} - \frac{A}{m \cdot n \cdot R} + p}. \quad (11)$$

Зависимость между  $S$  и  $v$  показана на рис. 3.

Пусть требуется практически определить производительность проектируемого проходческого комбайна.

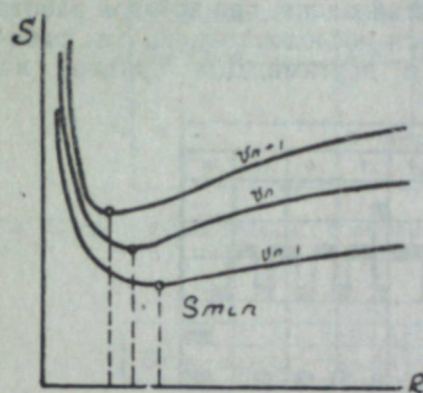


Рис. 2. Зависимость стоимости выработки от числа рабочих в проходческой бригаде.

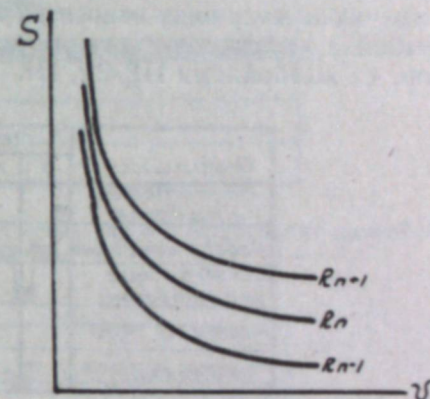


Рис. 3. Зависимость стоимости выработки от производительности проходческого комбайна.

Для решения этой задачи составляются один или несколько вариантов организации работ и сравниваются друг с другом, а также с осуществленными в производственных условиях.

При составлении вариантов следует, естественно, отдать предпочтение тому варианту, при котором получаются меньшие затраты на проходку выработки, т. е. должно соблюдаться условие  $S < S_1$ , где  $S$  — затраты на 1 м готовой выработки по проектируемому варианту,  $S_1$  — то же по второму варианту.

Выражая (9) в виде

$$S = \frac{1}{l} \left( \frac{C}{n \cdot R} + \frac{A}{m \cdot n \cdot R} + p \right),$$

имеем:

$$\frac{1}{l} \left( \frac{C}{n \cdot R} + \frac{A}{m \cdot n \cdot R} + p \right) < \frac{1}{l_1} \left( \frac{C_1}{n_1 \cdot R_1} + \frac{A_1}{m_1 \cdot n_1 \cdot R_1} + p \right).$$

Тогда из условия экономической целесообразности необходимая производительность рабочего бригады при новом комбайне должна быть

$$l > \frac{\frac{C}{n \cdot R} + \frac{A}{m \cdot n \cdot R} + p}{\frac{C_1}{n_1 \cdot R_1} + \frac{A}{m_1 \cdot n_1 \cdot R_1} + p} \cdot l_1.$$

Решая совместно уравнения (8) и (10), получаем требуемое оптимальное число рабочих в бригаде:

$$R_{\text{опт}} = \frac{A + mC}{a \cdot m \cdot n \cdot p \left( \frac{t - t_n}{\tau \cdot l} - \frac{1}{a} \right)}$$

И, наконец, из (10) определяем необходимую производительность проектируемого комбайна:

$$v = \frac{a \cdot m \cdot n \cdot p \cdot R_{\text{опт}}^2}{\tau (A + m \cdot C)}$$

Реальные графики организации работ разнообразны, но все их можно подразделить на два основных вида. К первому, наиболее часто встречающемуся виду относится такая организация, при которой работа комбайна и возведение крепи производятся последовательно. Так работают с комбайнами ПК-2м, ПК-3, ДГИ и другими. Для примера на



Рис. 4. Действительный график организации работ при проходке выработок комбайном ПК-2м на шахте № 36 комбината «Московуголь».

рис. 4 показан график организации работ при проходке выработок комбайном ПК-2м на шахте № 36 комбината «Московуголь» (Центральный институт технической информации, угольная промышленность. См. «Первый опыт и новая техника», ЦИТЕЭН, М., 1957, стр. 91).

Другой, более общий, но реже применяемый вид организации работ характеризуется совмещением указанных операций.

Первый вид организации работ (рис. 4) можно условно изобразить так, как на рис. 5, второй вид — как на рис. 6.

Организация работ по рис. 5 характеризуется следующими зависимостями:

$$x + y + z = 1; \quad t_m = \frac{t}{1 + \frac{v \cdot \tau}{a \cdot y \cdot R}}; \quad (5')$$

$$l = \frac{t}{\frac{R}{v} + \frac{\tau}{a \cdot y}}; \quad (8')$$

$$S = \frac{R}{v} + \frac{\tau}{a \cdot y} \left( \frac{C}{n \cdot R} + \frac{A}{m \cdot n \cdot R} + p \right); \quad (9')$$

$$R_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{v \cdot \tau (mC + A)}{a \cdot y \cdot m \cdot n \cdot p}}; \quad (10')$$

$$v = \frac{R}{\frac{S \cdot t}{n \cdot R} + \frac{A}{m \cdot n \cdot R} + p + \frac{\tau}{a \cdot y}} \quad (11')$$

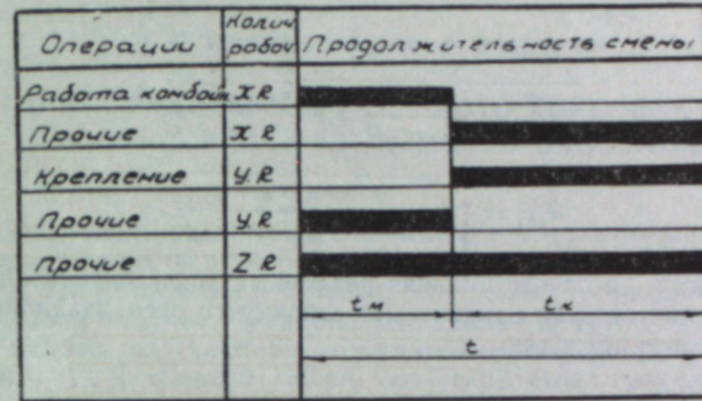


Рис. 5. Обобщенный график организации проходческих работ с остановками комбайна при возведении крепи.

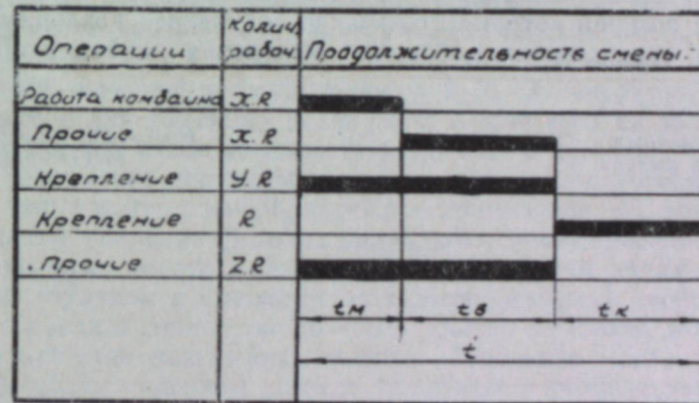


Рис. 6. Обобщенный график организации проходческих работ при совмещении операций по креплению с работой комбайна по проходке.

График организации работ по рис. 6 выражается в следующих формулах:

$$x + y + z = 1;$$

$$t_m = \frac{\frac{t}{x+z} - t_n}{1 + \frac{v \cdot \tau}{a \cdot R(x+z)}}; \quad (5'')$$

$$l = \frac{\frac{t}{x+z} - t_n}{\frac{R}{v} + \frac{\tau}{a(x+z)}}; \quad (8'')$$

$$S = \frac{\frac{R}{v} + \frac{\tau}{a(x+z)}}{\frac{t}{x+z} - t_b} \left( \frac{C}{n \cdot R} + \frac{A}{m \cdot n \cdot R} + p \right); \quad (9'')$$

$$v = \frac{R}{\frac{S \left( \frac{t}{x+z} - t_b \right)}{\frac{C}{n \cdot R} + \frac{A}{m \cdot n \cdot R} + p} - \frac{\tau}{a(x+z)}}; \quad (11'')$$

$$R_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{v \cdot \tau (A + m \cdot C)}{a \cdot (x+z) \cdot m \cdot n \cdot p}}. \quad (10'')$$

Как видим, на основе анализа различных видов организаций работ получают качественно одинаковые зависимости организационно-технических факторов проходки.

### Выводы

Предложен метод анализа эффективности проходческих работ. Метод позволяет изображать сложную взаимосвязь организационно-технических факторов проходческих работ в виде простых математических формул, при помощи которых возможно сравнение различных видов организации проходческих работ для выявления наиболее производительного.

«Гипроуглемаш»,  
Кузнецкий филиал

Поступила в редакцию  
26/VII 1958

Н. М. СМОЛЬЯНИНОВА, И. В. ГЕБЛЕР

### ОПЫТ СРЕДНТЕМПЕРАТУРНОГО КОКСОВАНИЯ ГАЗОВЫХ УГЛЕЙ КУЗНЕЦКОГО БАССЕЙНА

Среднетемпературный метод переработки углей с большим выходом летучих имеет существенные преимущества перед обычным коксованием. Так, выход смолы на коксохимических заводах не превышает 3%, выход сырого бензола — 0,8—1,3%, а наиболее ценные продукты коксования — толуол и фенолы получают в весьма незначительных количествах (толуола — 0,1—0,2%, фенолов — 0,4% от угля). При среднетемпературном коксовании выход смолы составляет, по данным разных авторов, от 6 до 8%, легких углеводородов — от 1,0 до 1,1% от угля, содержание фенолов в смоле составляет 1,8—2,0% от угля, что в десятки раз превышает их выход при обычном коксовании [1].

Благодаря многим положительным особенностям (высокая механическая прочность, низкая температура воспламенения, высокая реакционная способность и др.), среднетемпературный кокс может найти применение в ряде отраслей промышленности [2, 3]. Он, вероятно, может быть использован и для доменных целей [3, 4]. Кроме того, он является одним из самых лучших видов домашнего бездымного топлива.

Все химические продукты среднетемпературного коксования весьма ценны и могут найти разнообразнейшее применение. Из фракции смолы до 200° после удаления фенолов получают бензол-бензиновые углеводороды, которые вместе с газовым бензол-бензином являются хорошим моторным топливом с высокими антидетонационными свойствами. Нейтральные масла в количестве 25—30%, считая на смолу, можно использовать в качестве дизельного топлива. Фенольное масло среднетемпературной смолы содержит ценные продукты — карболовую кислоту *o*-, *m*-, *p*-крезолы и др. Пек по своим качествам приблизительно соответствует нормальному каменноугольному пеку, но отличается от последнего высокой связующей и брикетирующей способностью и, следовательно, может успешно применяться в дорожном строительстве и для брикетирования. Среднетемпературный газ может быть использован в качестве химического сырья энергетического и бытового топлива.

За границей опыты по среднетемпературному коксованию были направлены на то, чтобы использовать бездействующие коксовые печи для получения бездымного твердого топлива типа полукокса. Поэтому большинство работ было посвящено вопросам технологии среднетемпературного коксования применительно к существующим системам коксовых печей.

В Советском Союзе среднетемпературное коксование исследовалось в предвоенные годы в Харьковском углехимическом институте С. Г. Ароновым, С. И. Дешалитом, М. А. Никольским, Х. М. Моисеевой и др. Опыты проводились в лабораторном и ползаводском масштабах с донецкими газовыми углями, причем использовались как одни эти угли, так и с добавками полукокса того же угля или угля, предварительно окислен-



ного. Были получены благоприятные результаты. Но затем в литературе не появлялось сведений по этому вопросу.

В проведенных работах по среднетемпературному коксованию газовых углей Донбасса почти все опыты проводились с добавками к исходному углю искусственно изготовленных отошающих компонентов.

В имеющихся исследованиях слабо освещены вопросы выбора оптимальных температур процесса, вопросы об усадке и изменении пластических свойств шихты при различных режимах нагрева.

Особенный интерес для среднетемпературного коксования представляют газовые угли Кузнецкого бассейна, имеющие до сего времени ограниченное применение. При средних температурах из них возможно получение удовлетворительного твердого остатка и значительного количества жидких продуктов пиролиза — в 1,5—2 раза больше, чем из углей других групп.

Запасы газовых углей в восточной части Советского Союза значительно превышают запасы других видов каменных углей. На долю газовых углей приходится свыше 70% от всех запасов спекающихся углей Кузбасса [5].

Высокотемпературный кокс, получаемый из газовых углей Ленинского месторождения, хорошо проплавлен, но имеет очень большую продольную трещиноватость, разделяющую кусок кокса на отдельные элементы пальцевидной или столбчатой формы.

По вопросу о путях уменьшения трещиноватости большинство исследователей пришло к выводу, что для получения качественного кокса необходимо к газовым углям добавлять отошающую присадку либо в виде инертного неразмягчающегося при коксовании материала (коксовая пыль, антрацит, фюзен, полукокс), либо в виде плохо размягчающихся углей.

Другим путем для улучшения качества кокса из газовых углей является понижение температуры коксования. Это обеспечит более спокойное и равномерное газовыделение за весь период коксования и уменьшит динамику усадки (вследствие снижения скорости нагрева). К тому же газовые угли вообще нерационально коксовать при температурах выше 750°, ибо, как показали исследования Б. А. Онусайтиса и Н. П. Юрьевской [6, 7], образование тонкой структуры кокса у газовых углей заканчивается уже при 750°, в то время как у коксовых — только при 900°. Отсюда понятно, какую перспективу открывает применение газовых углей именно для среднетемпературного коксования.

Нужно отметить, что вопрос о влиянии температуры на процесс коксования исследован еще недостаточно. Особенно мало изучено совместное влияние двух факторов — температуры и добавок.

Учитывая это, мы провели исследование среднетемпературного коксования газовых углей Кузбасса. Для исследования были взяты угли Ленинского месторождения Кузбасса шахты им. С. М. Кирова (Г2). В качестве добавок испытаны: 1) присадочный уголь технологической группы ТС шахты «Физкультурник» Анжерского месторождения Кузбасса, 2) слабоспекающийся уголь из группы СС шахты № 3 пласта 3-го Внутреннего Киселевского месторождения Кузбасса. Технический анализ углей приведен в табл. 1.

Таблица 1

Шахта	Технологическая группа	УГ	Ас	Ща
Им. С. М. Кирова «Физкультурник» № 3	Г2	42,08	6,82	1,62
	ТС	16,14	7,04	0,80
	СС	32,50	7,32	1,82

### Экспериментальная часть

Предварительными опытами были намечены оптимальные температурные условия ведения процесса и состав шихты. Эти опыты заключались в следующем.

#### Исследование влияния температуры на спекаемость газовых углей и их смесей с некоторыми добавками

Опыты дали очень интересную картину зависимости индекса спекаемости, по И. В. Геблеру, от температуры и были описаны нами ранее [8]. На основе их показано улучшение «пластических свойств» и термической стойкости «расплава» угля Г2 при добавке к нему угля ТС. Добавка угля СС дала значительно худшие результаты. Кроме того, намечена область оптимального состава шихт из углей Г2 и ТС: содержание угля ТС в смеси должно быть не менее 10% и не более 50%.

#### Исследование усадочных явлений при коксовании

В этих опытах оценка усадки и трещиноватости кокса проводилась на сконструированном нами простом приборе, позволяющем совокупно определять объем корольке, вертикальную и поперечную усадку, объем пустот в коксовом корольке и подсчитывать количество отдельностей в каждом корольке [9]. Было найдено, что оптимальные для усадочных

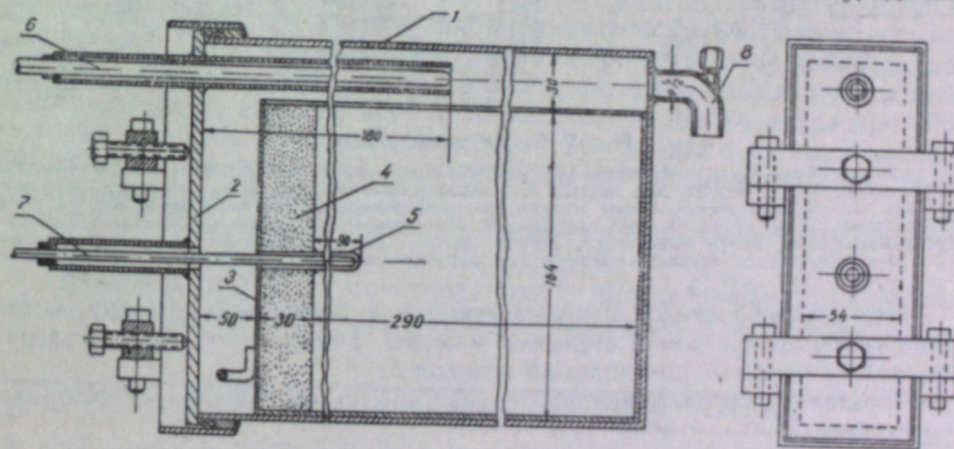


Рис. 1. Лабораторная печь для среднетемпературного коксования.  
1 — стальная камера, 2 — съемная дверца, 3 — скоба загрузочного устройства, 4 — теплоизолирующая асбестовая пробка, 5 — чехол термометра, 6 — термометра подсводового пространства, 7 — термометра центра загрузки, 8 — патрубок для отвода летучих продуктов.

явлений температуры лежат в пределах 700—850°C, а оптимальное содержание угля ТС в смеси с Г2 — примерно 30%. Опыты показали, что при добавке угля СС получающийся твердый остаток во всех случаях по качеству намного хуже, чем при добавке угля ТС.

Дальнейшая работа проводилась на укрупненной лабораторной установке.

Для коксования нами была сконструирована лабораторная печь емкостью около 2 кг угля. Печь представляет собой сваренную из листов стали толщиной 4 мм прямоугольную камеру 1 (рис. 1). К патрубку 8 присоединяется улавливающая аппаратура. С другого конца камеры имеется дверца 2 с двумя вваренными трубками, через ко-

торые вводятся термодары. Дверца уплотняется с помощью асбестового шнура, располагающегося в специальной обойме, наваренной на конец камеры, и прижимается парой упорных болтов.

Для предотвращения коробления стенок камеры снаружи наварены стальные ребра.

Для обогрева печь помещается в специальный шамотный блок, собранный из четырех отдельных частей. Обогревательные спирали из нихрома располагаются в канавках на теле блоков.

Характерной особенностью данной конструкции является раздельное регулирование обогрева как свода, так и каждой боковой стенки и пода.

Уголь загружается непосредственно в горячую камеру при помощи специального приспособления, которое представляет собой лист кровельного железа, загнутого в виде совка без торцовых стенок и крыши. Торцы закрываются полоской двухмиллиметровой стали шириной, равной ширине камеры и согнутой в виде буквы П. Такая скоба 3 помещается в опрокинутом виде в совок, причем получается открытая сверху коробка, в которую загружается уголь. Загруженная коробка вдвигается в горячую печь вместе с углем. Последующее извлечение коксового пирога производится с помощью оставшейся в камере скобы.

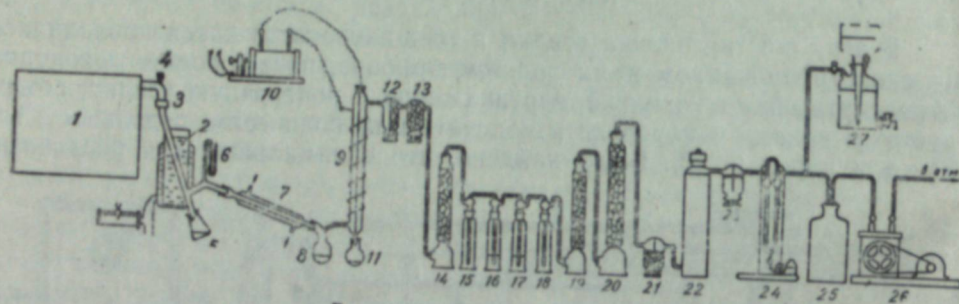


Рис. 2. Схема улавливания.

1 — печь, 2 — «горячий» холодильник (110°C — кипящий раствор поваренной соли), 3 — соединительная муфта, 4 — штуцер для чистки, 5 — сборник тяжелой смолы, 6 — манометр, 7 — холодильник, 8 — сборник легкой смолы и воды, 9 — электрофильтр, 10 — высоковольтный индуктор, 11 — сборник смолы, 12, 13 — ватные фильтры, 14, 19 — колонки с хлористым кальцием, 15, 18, 25 — буферные емкости, 16, 17 — дренсели с серной кислотой, 20, 21 — колонки с натровой известью, 22, 23 — адсорберы с активированным углем, 24 — реометр, 26 — вакуум-насос, 27 — газометр.

Температура стенок печи измеряется с помощью термодар, вставленных между блоком и стенками камеры. Температура центра загрузки — термодаром 7, помещаемой в чехол 5.

Общая схема улавливания летучих продуктов коксования изображена на рис. 2.

На установке были проведены следующие опыты:

1. Коксование при 700°C чистого газового угля Г2 и его смесей с 10,30 и 50% угля ТС.

2. Коксование смеси угля Г2 с 30% угля ТС (оптимальная шихта) при 600, 700 и 800°C как без перегрева свода, так и с перегревом его до соответственной температуры коксования, при этом последние опыты проводились с меняющейся величиной подсводного пространства (фактор времени).

### Выход и качество полученных продуктов

В табл. 2 приводятся данные о температурных режимах и выходе основных продуктов коксования.

а) Кокс. По виду кокс, полученный в лабораторной печи, аналогичен коксовым королькам, полученным в предварительных опытах.

Таблица 2

№№ опытов	Состав шихты, %		Температура в опыте, °C			Выход продуктов в % на сухой уголь						Примечание
	Г2	ТС	стенки	конечная центра загрузки	подсводного пространства	кокс	сухая смола	газовый бензин	вода пирогенетическая	H <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>	газ и потери	
1	100	0	700	470	480	72,80	13,96	1,09	6,84	1,36	3,96	
2	90	10	700	470	480	74,10	11,32	2,07	8,03	1,49	2,99	
3	50	50	700	485	480	80,30	7,97	1,34	3,07	0,74	6,58	
4	70	30	700	560	480	79,10				1,15		
5	70	30	700	490	480	79,70	9,66	1,55	3,82	0,90	5,18	
6	70	30	700	470	460	77,70				0,93		
7	70	30	600	460	400	79,70	8,54	1,23	4,15	0,43	5,95	
8	70	30	800	680	625	74,20	9,79	1,21	4,64	0,98	9,18	
9	70	30	600	—	600	83,30	6,99	2,08	2,48	0,66	4,49	
10	70	30	700	475	700	76,50	7,52	2,93	4,12	0,87	8,06	
11	70	30	800	620	800	74,75	7,12	1,66	4,48	1,02	10,97	
12	70	30	700	485	700	75,20	6,86	1,77	2,45	0,83	12,89	подсвод. пространств. увелич. в 2 раза
13	70	0	800	660	800	72,40	5,59	1,62	3,13	1,01	16,25	подсвод. пространств. увелич. в 4 раза

В случае коксования смеси угля Г2 с 30% угля ТС при 600, 700 и 800°C наблюдалось снижение крупности кусков кокса и увеличение густоты сети трещин. Куски кокса, полученного при 600°C, в отличие от кокса, полученного при 700 и 800°C, имели черный цвет, были плохо проплавлены и, разрушаясь при ударе, давали много мелочи. Куски кокса при 700°C достаточно крепки, хорошо проплавлены, темно-серого цвета. Кокс при 800°C получался в более мелких и прочных, хорошо проплавленных кусках светло-серого цвета.

Данные технического анализа и определения кажущегося удельного веса и прочности кокса представлены в табл. 3.

Прочность пористого материала кокса, определенная по видоизмененному методу К. И. Сыслова [10, 11], мало зависит от температуры; за-

Таблица 3

№№ опытов	A <sup>a</sup> , %	W <sup>a</sup> , %	V <sup>a</sup> , %	d (кажущийся)	Механическая прочность, по К. И. Сыслову						П, кг/дм <sup>3</sup> с учетом класса 0,5—0,0	
					9—13	5—9	2,5—5	1,0—2,5	1,0—0,5	0,5—0,0		П, кг/дм <sup>3</sup>
1	9,08	5,13	6,37	0,700	0,0	0,10	4,90	4,75	1,47	9,00	2,11	0,437
2	9,17	4,60	6,82	0,720	0,0	0,35	4,82	4,88	1,58	7,25	3,60	0,538
3	8,53	3,88	7,07	0,823	0,0	0,00	2,82	9,35	2,36	5,37	3,87	0,718
4	8,93	5,07	6,40	0,827	0,0	0,50	4,92	4,20	1,72	7,87	4,27	0,580
5	8,67	4,66	6,29	0,838	0,0	0,58	3,94	4,90	1,90	8,55	3,90	0,554
6	8,54	3,66	8,76	0,786	0,0	0,17	1,75	5,15	1,75	11,34	4,72	0,395
7	9,11	4,57	3,95	0,840	0,0	3,12	5,31	5,04	1,24	5,10	4,28	0,842
8	8,04	2,92	8,18	0,787	0,0	0,23	2,04	5,39	1,80	11,00	4,25	0,407
9	8,92	4,87	3,55	0,840	0,0	0,70	4,69	6,63	1,93	6,90	3,30	0,627
10	9,12	5,04	1,50	0,873	0,0	3,61	5,84	3,38	1,63	5,30	5,07	0,854
				1,020	0,0	3,00	6,10	3,90	1,05	5,95	5,65	0,905
				1,020	0,0	2,53	5,92	4,10	1,18	6,12	5,47	0,880

метно повышает прочность увеличение количества угля ТС в шихте. Намного более характерные данные прочности кокса получены нами при учете мелких классов (0,0—0,5), которые не учитываются в указанном выше методе. Определенный таким образом индекс прочности приведен в табл. 3. Эти данные показывают, что прочность кокса растет как с повышением температуры коксования, так и с увеличением количества угля ТС в шихте.

Для сравнения мы определили индекс прочности кокса Кемеровского коксохимического завода. Принимая во внимание указание К. И. Сыслова [10] на то, что прочность промышленного кокса всегда значительно выше прочности соответственных лабораторных королек, следует ожидать, что прочность среднетемпературного кокса, полученного в промышленных условиях из шихты угля Г2 с 30% угля ТС при 700°, едва ли будет намного отличаться от прочности высокотемпературного кокса среднего качества.

Для кокса из оптимальной шихты (70% угля Г2 и 30% угля ТС) была определена реакционная способность по методу Н. П. Чижевского; она оказалась намного более высокой, чем, например, у кокса Кемеровского завода.

б) Смола. Без перегрева свода выходы смолы увеличиваются вплоть до 800°, и только при более высокой температуре имеется тенденция к их снижению.

Перегрев подсводного пространства до температуры коксования понижает выход смолы. Максимум выхода наблюдался при 700°.

Оценка фактора времени сделана нами путем уравнивания времени пребывания паров смолы в подсводном пространстве при разных температурах. Для этого потребовалось увеличить подсводное пространство в опыте при 700° в 2 раза и при 800° в 4 раза, по сравнению с объемом его в опыте при 600°. Опыты показали, что выходы смолы заметно упали.

Из полученных результатов можно составить представление о порядке и направлении изменения выходов смолы и о возможных выходах ее в производственных условиях.

Для смол, полученных при разных условиях коксования, нами определялись удельный вес и содержание «свободного углерода». Было найдено, что без перегрева подсводного пространства удельный вес смолы увеличивается с повышением температуры незначительно и не выходит за пределы удельных весов первичных смол. То же можно сказать и о содержании «свободного углерода», лишь немного превышающем 5% при 800°. Перегрев подсводного пространства до температуры коксования почти не повышает удельный вес смолы, но содержание «свободного углерода» в смоле становится заметно выше. Увеличение подсводного пространства приводит к сильному росту удельного веса смолы, который при 800° приближается к таковому для коксовых смол. Так же сильно в этом случае повышается и содержание «свободного углерода» — вплоть до 20%.

В зависимости от добавки угля ТС удельный вес смолы и содержание «свободного углерода» почти не меняются.

Смола, полученная при 700° без перегрева подсводного пространства из шихты, состоящей из 70% угля Г2 и 30% угля ТС, была разогнана на фракции, в каждой из которых рефрактометрическим методом определялось содержание фенолов. Эти определения показали, что данная смола обладает всеми характерными свойствами среднетемпературной смолы, а именно:

1) имеет низкий удельный вес (1,058), приближающийся к удельному весу первичной смолы, полученной из гумусовых углей;

2) содержит много легкокипящих составных частей (17,8% до 230° С);

3) характеризуется высоким содержанием фенолов (15,7% во фракциях до 270° С);

4) дает низкий выход пека (34,1%) и высокий выход масел.

в) Газовый бензин. Выход газового бензина в опытах без перегрева свода достиг максимума при 700°. При повышении температуры подсводного пространства выходы газового бензина заметно увеличиваются, максимум остается при 700°. При увеличении объема подсводного пространства выходы упали, оставаясь все же выше, чем в опытах без перегрева свода. Такое явление объясняется, по-видимому, тем, что при увеличении температуры подсводного пространства, при сокращении времени пребывания в нем летучих продуктов устанавливаются наиболее благоприятные условия легкого крекинга этих продуктов, дающие максимум выхода газового бензина. Выход последнего выше, чем при полукоксовании и при коксовании.

С повышением содержания угля ТС в шихте выход газового бензина заметно падает.

г) Пирогенетическая вода и аммиак. Как известно, выход пирогенетической воды в основном зависит от природы угля и соответствует количеству содержащегося в нем кислорода. Это обуславливает заметное снижение выходов пирогенетической воды при увеличении содержания угля ТС в шихте.

С повышением температуры коксования выход пирогенетической воды несколько увеличивается, что связано с углублением реакций термического превращения угля. Выход ее при 600° с перегревом свода уменьшается, по сравнению с опытом без перегрева свода, очевидно, за счет реакций конверсии СО или СН<sub>4</sub> с водой, что заметно и по изменению состава газа. При 700 и 800° (с одинаковым объемом подсводного пространства) выход пирогенетической воды остался почти без изменений, это говорит о том, что вследствие уменьшения времени пребывания летучих продуктов в подсводном пространстве реакции конверсии не успевают пройти достаточно глубоко. Увеличение времени пребывания паров воды в подсводном пространстве приводит к еще большему снижению выходов пирогенетической воды.

В надсмольной воде в каждом опыте определялось содержание общего аммиака. Оказалось, что выходы аммиака при среднетемпературном коксовании могут достигать заметных величин. Другие исследователи отмечали при этих условиях лишь следы аммиака.

д) Среднетемпературный газ. С увеличением температуры коксования без перегрева подсводного пространства увеличиваются как общий выход газа, так и сумма выходов углекислоты и сероводорода. Так как выход смолы при этих условиях увеличивается, то вероятнее всего связать увеличение выхода газа с углублением разложения вещества угля. Как указывает С. Г. Аронов [2], газ, получающийся при коксовании, является смесью газов термического разложения вещества угля и его жидких погоннов. При нагреве подсводного пространства выход газа возрос, между тем выход смолы упал, следовательно, дополнительное количество газа появилось в результате крекинга жидких продуктов разложения угля.

Еще больший эффект дает увеличение времени пребывания летучих продуктов коксования в горячем подсводном пространстве. В этом случае увеличение глубины крекинга жидких продуктов резко увеличи-

вает выход газа. Выход газа при  $800^{\circ}$  с перегревом подсводового пространства и с увеличением его объема такой же, как при высокотемпературном коксовании (17—18%).

Что касается состава газа, то с повышением температуры коксования содержание метана в газе падает, а водорода — возрастает, возрастает также содержание окиси углерода и тяжелых углеводородов. При  $700^{\circ}$  содержание метана составляет около 50%, что увеличивает ценность газа среднетемпературного коксования, по сравнению с коксовым газом.

### Выводы

1. Впервые проведено исследование среднетемпературного коксования газовых углей Кузбасса и определение оптимальных условий проведения этого процесса (состав шихты, температура).

2. Предложена для коксования при  $700^{\circ}$  шихта, имеющая в качестве основного компонента второсортный газовый уголь Г2 (70%) и в качестве добавки — малодефицитный уголь ТС (30%), причем оба компонента используются в обычном производственном помоле (90—93% под сито 3 мм). Эта шихта при  $700^{\circ}$  дает кокс, который по ряду показателей (кажущийся удельный вес, пористость, прочность пористого материала) аналогичен высокотемпературному коксу среднего качества, а по реакционной способности значительно его превышает. Температура коксования  $700^{\circ}$  обеспечивает максимальные выходы жидких продуктов.

3. Показана возможность некоторого изменения условий коксования (состава шихты, температуры) в зависимости от требований народного хозяйства. Повышая температуру, можно повысить прочность кокса при некотором увеличении его трещиноватости и частичном снижении выхода жидких продуктов. Возможны вариации и состава шихты — примерно от 10 до 50% содержания в ней угля ТС. В этом случае при повышении содержания угля ТС в шихте повышается прочность кокса и снижается трещиноватость, но одновременно уменьшается выход жидких продуктов.

4. Показано возможное изменение выходов жидких продуктов коксования с изменением условий коксования (температура коксования, температура подсводового пространства и время пребывания летучих продуктов в нем), на основании чего можно судить о вероятных выходах этих продуктов в производственных условиях.

Томский политехнический институт  
им. С. М. Кирова.

Поступила в редакцию  
20/V 1958

### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. Дешалит, Л. Н. Берман, О коксовании углей при средних температурах с целью получения плотного полуккокса (карболюкса). Химия твердого топлива, т. VIII, вып. 8, стр. 683—692, Л., 1937.
2. С. Г. Аронов, Использование газовых углей для коксования. Металлургиздат, 1949.
3. Н. А. Никольский, М. А. Степаненко, Переработка угля при средних температурах. Кокс и химия, № 12, стр. 11—12, Харьков, 1938.
4. Д. Робертс, М. Иенкнер, Коксование и полуккоксование углей. Под ред. М. В. Гофтмана. ОНТИ НКТП, Харьков, 1938.
5. Н. С. Грязнов, Коксование газовых углей Кузбасса. Металлургиздат, 1948.
6. Б. А. Онусайтис, Н. П. Юрьевская, Исследование процесса образования структуры кокса. Сообщ. 1. Изв. АН СССР, ОТН, № 7, стр. 989, 1946. Сообщ. 2. Изв. АН СССР, ОТН, № 11, стр. 519, 1946.
7. Б. А. Онусайтис, Н. П. Юрьевская, Образование тонкой структуры кокса. Изв. АН СССР, ОТН, № 7, стр. 881, 1947.

8. И. В. Геблер, Н. М. Смольянинова, Влияние температуры нагрева на спекающие свойства некоторых углей Кузнецкого бассейна. Кокс и химия, № 3, стр. 21—24, Metallurgizdat, 1957.
9. Н. М. Смольянинова, Исследование среднетемпературного коксования газовых углей Кузнецкого бассейна. Дисс., ТПИ им. С. М. Кирова, Томск, 1954.
10. К. И. Сысков, Аналитическое выражение и определение прочности кусковых материалов. Изв. АН СССР, ОТН, № 2, стр. 46—48, 1940.
11. Е. М. Тайц, В. К. Летова, Оценка прочности кокса по лабораторным образцам. Заводская лаборатория, № 10, стр. 1197—1201, 1947.

К. К. СТРАМКОВСКАЯ

### К ВОПРОСУ О СПЕКАЕМОСТИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

В последние годы доказывается, что в образовании ископаемых углей принимали участие все составные части растения. Все части растения, претерпевая те или иные изменения, проходили стадию гуминовых кислот, которые подвергались дальнейшим превращениям, образуя еще более сложные высокомолекулярные вещества углей [1].

Согласно работам Н. Г. Титова и А. И. Хрисаифовой [2—4], гуминовые кислоты, находясь в растворимом состоянии в виде гуматов аммония (верховые торфы), взаимодействуют с сахарами, альдегидами, глицерином и другими продуктами растительных остатков с образованием веществ, отличных по свойствам от гуминовых кислот. Эти вновь образованные продукты представляют собой материнское вещество спекающихся углей. Если гуминовые кислоты находятся в торфянике в виде нерастворимых солей (низинные торфы), то они вследствие своей малой реакционной способности таких продуктов синтеза не образуют. Таким образом, в вопросе о происхождении различных видов торфов и углей в настоящее время исключительно большое значение придается образованию промежуточных продуктов разложения и реакциям синтеза [3]. Однако авторами указанных работ эти продукты синтеза не были выделены и исследованы, поэтому экспериментальное доказательство их существования недостаточно убедительно. В доказательство появления столь важных продуктов конденсации А. И. Хрисаифова приводит факт образования спекшегося тигельного кокса из вещества, получаемого после нагревания гуминовых кислот, растворенных в слабом аммиаке с сахарами, альдегидами, глицерином и другими продуктами [2].

Поставив целью выделение продукта конденсации гуминовых кислот с глицерином и изучение его свойств, мы обнаружили, что гуминовые кислоты, выдержанные в эксикаторе над раствором аммиака, превратились в липкую пластичную массу и при коксовании дали спекшийся, сильно вспученный кокс (рис. 1, *г*). Сухие гуминовые кислоты, которые, как известно, не дают спекшегося кокса, дали в наших опытах спекшийся, сильно вспученный кокс (рис. 1, *в*) после смачивания их слабым раствором аммиака. Таким образом, аммиачные соли гуминовых кислот способны спекаться без какой-либо конденсации с другими веществами. Гуминовые кислоты, бывшие в сухом состоянии и смоченные водой, спекшегося кокса не дают, в то время как гуминовые кислоты, осажденные из щелочного раствора (пока они еще находятся в виде геля), дают при коксовании спекшийся, плотный тигельный остаток (рис. 1, *а*). Спекшийся вспученный кокс дают также натриевые соли гуминовых кислот, когда они находятся во влажном состоянии (рис. 1, *б*). Нерастворимые в воде гуматы кальция совершенно не спекаются.

Эти данные ясно говорят о том, что показатель спекаемости не может служить убедительным доказательством образования спекающихся

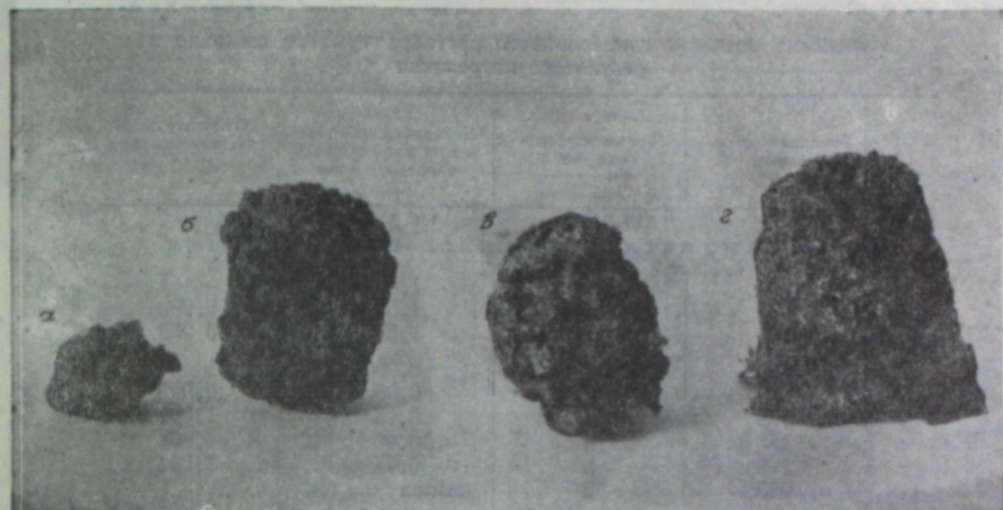


Рис. 1. Кокс из гуминовых кислот и их солей: *а* — из свежесаженных гуминовых кислот; *б* — из натриевых солей гуминовых кислот; *в* — из гуминовых кислот, предварительно высушенных и смоченных раствором аммиака; *г* — из гуматов аммония, полученных при выдерживании гуминовых кислот над раствором аммиака.

продуктов в результате конденсации аммиачных солей гуминовых кислот с продуктами распада растительного материала.

В процессе исследования гуминовых кислот нами было замечено, что их аммиачные соли растворимы в глицерине. Это позволило в основу доказательства возможности конденсации гуминовых кислот с глицерином положить увеличение вязкости их глицеринового раствора, которая должна повышаться с возрастанием молекулярного веса образующегося продукта конденсации. Глицериновый раствор аммиачных солей гуминовых кислот нагревался в течение 3—6 часов при различных температурах в запаянных трубках, после чего определялось изменение вязкости полученных растворов вискозиметром Оствальда при 20°С. За относительную вязкость ( $\eta_{от}$ ) принято отношение времени истечения исходного раствора гуматов аммония в глицерине к времени истечения этих растворов после их нагревания. Результаты опытов приведены в табл. 1.

Опыты показали, что слишком незначительное изменение относительной вязкости глицеринового раствора гуматов аммония при нагревании их до определенной температуры не может подтвердить наличие процесса конденсации гуминовых кислот с глицерином. Конденсация должна проходить с более заметным изменением этого параметра вследствие увеличения молекулярного веса предполагаемого продукта конденсации. При достижении температуры нагрева 200° из глицеринового раствора выпадает осадок. У гуминовых кислот иршинского бурого угля, относящегося к юрским угленосным отложениям, осадок выпадает быстро, в пределах изменения температуры от 216 до 220°. В этой области температур гуминовые кислоты иршинского бурого угля полностью выпадают в осадок. У гуминовых кислот торфа осадок появляется при температурах более высоких, и полное выпадение их в осадок заканчивается только при 270°. Полученный осадок не растворяется в растворе аммиака и других щелочах, что говорит о потере гуминовыми кислотами их кислотных функций. Не растворяется он и в органических растворителях (спирто-бензоле, ацетоне, хлороформе). Если осадок, выпавший при нагревании гуматов аммония с глицерином, прококсо-

Таблица 1

Изменение вязкости глицеринового раствора гуматов аммония в результате нагревания

№ опытов	Температура нагревания, °С	Время нагревания, час	Концентрация гуминовых кислот в растворе, г/100 мл	Относительная вязкость %от. при 20°С
Гуминовые кислоты иршинского бурого угля				
1	20	без нагревания	1,55	1
	70	3	1,55	0,992
	105	7	1,55	0,998
2	20	без нагревания	0,95	1
	70	3	0,95	0,999
	105	7	0,95	1,001
	150	3	0,95	1,001
	192	5	0,95	1,004
	225	2	выпал осадок	
3	20	без нагревания	0,40	1
	105	10	0,40	0,999
	150	3	0,40	1,001
	200	2	0,40	0,999
	225	2	выпал осадок	
Гуминовые кислоты торфа				
1	20	без нагревания	0,95	1
	70	6	0,95	1,000
	150	6	0,95	1,001

вать в платиновом тигле вместе с глицерином, то получается спекшийся кокс. Осадок, промытый водой до отделения избытка глицерина, а затем смешанный с глицерином, тоже дает спекшийся кокс. Осадок, тщательно промытый водой от глицерина, спекшегося кокса не образует. Тигельный кокс, полученный из чистого глицерина, сильно вспученный и рыхлый. Таким образом, примесь глицерина искажает истинную картину спекаемости гуминовых кислот и продуктов их превращения.

Согласно выводам Н. Г. Титова и А. И. Хрисаифовой [2—4], конденсация гуматов аммония с глицерином осуществляется при низких температурах (40—70°). Если это так, то неизбежно при этих температурах должен выделяться аммиак как продукт конденсации. Для выяснения этого вопроса гуминовые кислоты выдерживались нами над аммиачным раствором в эксикаторе до способности их растворяться в воде. Полученные таким путем гуматы аммония промывались абсолютным этиловым спиртом для удаления адсорбированного (несвязанного) аммиака, растворялись в глицерине и нагревались в реакторе. Образующиеся продукты реакции удалялись из реактора током азота и улавливались следующим образом: углекислота — 0,1 н, раствором барита, аммиак — 0,1 н раствором серной кислоты. Серная кислота растворялась в насыщенном растворе сульфата натрия для уменьшения растворимости в ней углекислоты. Улавливание CO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> осуществлялось в поглотителях при условиях, рекомендованных для анализа воздуха на углекислоту. Результаты опытов сведены в табл. 2.

Из полученных данных видно, что углекислота и аммиак начинают выделяться одновременно при температуре не ниже 115°, предполагаемая же при низких температурах (40—70°) конденсация солей гуминовых кислот с глицерином проходила бы с выделением аммиака и, очевидно, первоначально без разрушения карбоксильных групп. У бурого угля

Таблица 2

Поведение аммиачных солей гуминовых кислот при нагревании

Испытываемый продукт	№ опыта	Выделилось CO <sub>2</sub> (верхний ряд цифр) и NH <sub>3</sub> (нижний ряд) в м-экв/г гуминовых кислот										всего
		при температуре, °С										
		от 0 до 15	120	130	150	180	200	220	249	250	270	
Аммиачные соли гуминовых кислот бурого угля	1	0	0,26	0,13	0,75	0,51	0,75	0,50	2,73	—	—	5,63
		0	0,55	0,30	1,45	1,02	0,60	0,12	0	—	—	4,04
	2	0	0,32	0,312	0,32	0,39	0,34	0,72	0,05	0,95	—	3,402
		0	0,63	0,65	0,63	0,82	0,35	0,73	0	0	—	3,81
Аммиачные соли гуминовых кислот торфа	1	0	не определялось	0,325	0,62	0,31	0,48	0,42	0,27	1,10	3,525	
		0	—	0,68	0,775	0,43	0,496	0,287	0,076	0,178	2,92	
	2	0	0,055	—	0,31	0,257	0,515	0,775	0,367	0,386	—	2,665
		0	0,169	—	0,305	0,337	0,618	0,715	0,272	0,0955	—	2,511

юрских угленосных отложений (иршинский) аммиак выделяется в соотношении 2 м-экв на 1 м-экв углекислоты до температуры 200°. В температурном интервале 200—220° это соотношение было равно 1 : 1, при 220° выделение аммиака в основном заканчивалось, причем гуминовые кислоты выпадали в осадок.

Таким образом, при нагревании солей гуминовых кислот с глицерином не замечена их конденсация, а подтверждено декарбоксилирование гуминовых кислот. При этом первоначально они, по-видимому, из многоосновных кислот превращаются в одноосновные, а затем происходит отщепление последних карбоксильных групп с образованием продукта типа кетона. У гуминовых кислот торфа углекислота отщепляется более легко. Начиная уже с температуры 150°, соотношение выделяющихся миллиэквивалентов CO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> почти равно 1 : 1, в то время как у гуминовых кислот бурого угля это соотношение падает на область температуры 200°.

Эквивалентный вес гуминовых кислот по выделенному аммиаку для иршинского бурого угля колеблется в пределах 250—264, а для торфяных гуминовых кислот он составляет около 340.

Низкий эквивалентный вес гуминовых кислот бурого угля, по-видимому, указывает на сильную окисленность этого угля.

### Выводы

1. Показано, что гуминовые кислоты торфа и бурых углей, находясь во влажном состоянии (после их осаждения из щелочного раствора), дают плотный, спекшийся кокс. Растворимые соли гуминовых кислот торфа и бурых углей дают сплавленный и сильно вспученный кокс. Такой же кокс дают гуминовые кислоты при непосредственном коксовании их в смеси с глицерином.

2. Конденсация гуминовых кислот с глицерином не доказана, а подтверждено существующее мнение, что гуминовые кислоты и их соли при нагревании подвергаются декарбоксилированию.

3. Найдено, что эквивалентный вес по аммиаку у гуминовых кислот бурого угля юрских угленосных отложений и у гуминовых кислот торфа различен, у первых он колеблется в пределах 250—260, а у вторых составляет около 340.

Томский политехнический институт  
им. С. М. Кирова

Поступила в редакцию  
8/VII 1958

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Т. А. Кухаренко, Исследование в области гуминовых кислот. Тр. ИГи АН СССР, т. II, стр. 208, 1950.
2. Н. Г. Титов, Особенности превращения гумуса при образовании бурых и каменных углей. Тр. ИГи АН СССР, т. II, стр. 50, 1948.
3. Н. Г. Титов, К вопросу об условиях образования в природе гумусовых углей различных качеств. Тр. Лаб. геологии угля АН СССР, вып. VI, стр. 74, Изд. АН СССР, 1956.
4. А. Н. Хрисаифова, Превращение гуминовых кислот в спекающиеся продукты. Тр. ИГи АН СССР, т. II, стр. 278, 1950.

Н. М. ВОЛКОВА, Г. В. ГАЙДУКОВ

#### ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФТОРОТИТАНАТА КАЛИЯ АЛЮМИНИЕМ

Переработка комплексного сырья, содержащего, кроме титана, также ниобий, тантал и другие редкие металлы, — задача ближайшего будущего. Из многих лабораторных схем переработки концентратов, полученных при обогащении этих руд, очевидно, наиболее рациональной является схема кремнефторидного метода, по которой в качестве побочного продукта получается фторотитанат калия. Использование фторотитаната калия для получения металлического титана металлотермическим или электрохимическим методом с последующим спеканием порошка может обусловить практическую ценность этого способа переработки комплексного сырья.

Первые попытки получения металлического титана заключались в разработке способов восстановления фторотитаната натрия калием [1], фторотитаната калия натрием [2, 3] и алюминием [2]. Однако больше 97,5% титана в продуктах восстановления получено не было.

Сведения о фторотитанатах калия и натрия представлены лишь в нескольких работах [4—7], в которых, однако, не рассмотрены все стороны свойства этих соединений: не показано поведение этих фторотитанатов в вакууме, не приводятся рефракционные показатели трех существующих модификаций  $K_2TiF_6$ , не дана зависимость упругости паров  $K_2TiF_6$  и  $TiF_4$  от температуры, а также зависимость величин теплоемкостей от температуры. О комплексных фторидах трехвалентного титана и калия сообщается [8], что получены соединения  $KTiF_4$  и  $K_2TiF_5$ , но свойства их не описываются, формула приведена по общему химическому составу. В одном из исследований [9] приведены некоторые свойства соединения  $K_3TiF_6$ : указываются рефракционные показатели, тип решетки, но параметры ее не даны.

Цель настоящей работы — изучить процесс восстановления  $K_2TiF_6$  алюминием и состав получающихся продуктов.

#### Материалы и методика исследования

В исследованиях применялся калий титанфтористоводородный марки Ч, содержащий Ti — 19,82—19,95%, K — 32,66—32,70%, F — 46,97—47,67%, Fe — следы, Si, Cu, Cr, Nb и Ta — меньше 0,01%. Размер зерна 140 меш.

В качестве восстановителя бралась алюминиевая крупка (крупностью 100 и 140 меш), содержащая 97,5—97,8% активного алюминия, а из примесей — Fe, Si, Cu, Cr и Mn, каждого примерно 0,001—0,01%.  $K_2TiF_6$  и алюминиевая крупка, взятые в стехиометрическом соотношении по реакции  $3 K_2TiF_6 + 4 Al = 4 AlF_3 + 6 KF + 3 Ti$ , тщательно перемешивались и брикетировались в образцы диаметром 18 мм и высотой 25—30 мм.

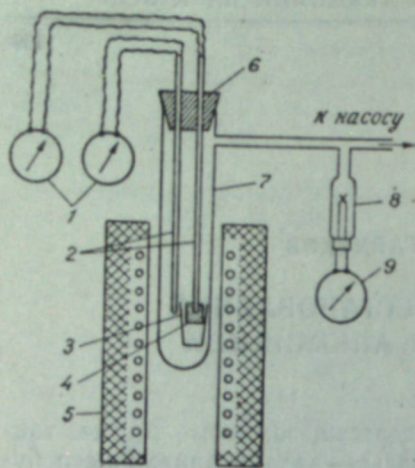


Рис. 1. Схема установки для определения температуры начала реакции. 1 — гальванометр, 2 — термопара, 3 — алундовый тигель, 4 — образец, 5 — печь сопротивления, 6 — резиновое уплотнение, 7 — кварцевая реторта, 8 — манометрическая термопарная лампа ЛТ-2, 9 — вакуумметр ВТ-2.

Схема установки, на которой проводилось изучение процесса восстановления фторотитаната калия алюминием, представлена на рис. 1. Образец в алундовом тигле помещался в кварцевую реторту, где создавался вакуум или давление инертного газа. Реторта нагревалась и выдерживалась при 500, 600, 700, 760, 800° в течение различного времени. Температура печи замерялась хромель-алюмелевой термопарой внутри реторты около стенок тигля. Для замера температуры образца горячий спай второй хромель-алюмелевой термопары помещался в углубление диаметром 8 мм в центре образца. Замер температур производился с точностью  $\pm 5^\circ$ . После охлаждения реторты продукты извлекались. Анализ их проводился химическим, кристаллооптическим и рентгенофазовым методами, определялось также изменение веса образца.

#### Экспериментальные данные

В первой серии опытов процесс восстановления фторотитаната калия алюминием (140 меш) проводился в вакууме. Изменение температуры образца и печи, а также давления в реторте в зависимости от времени нагрева представлено на рис. 2.

Из хода кривых видно, что при 530° происходит равномерное увеличение температуры образца и печи, причем температура печи несколько превышает температуру образца. Давление в реторте при этом сохраняется постоянным. При 530° в результате реакции взаимодействия  $K_2TiF_6$  с алюминием за 25—30 сек. давление увеличивается в 10—15 раз, температура образца — на 150—200° с последующим выравниванием температуры печи и образца без подогрева в течение 15—20 мин. Характер изменения температур во времени получается аналогичным при изменении размера зерна восстановителя и в случае применения давления аргона в системе. Температуру начала реакции относим к моменту, когда начинается температурный скачок и последующее самопроизвольное развитие процесса. Дальнейший нагрев печи приводит к плавному изменению температуры образца до 1000°.

На рис. 3 показано изменение температуры образца в зависимости от температуры печи в различных условиях опыта. Например, ход кривых показывает, что увеличение размера зерна алюминия с 140 меш (кривая 1) до 100 меш (кривая 2) увеличивает температуру начала реакции на 20—30°, а изменение давления в системе с  $10^{-2}$  мм рт. ст. (кривая 1) до 10—15 мм рт. ст. (кривая 3) при прочих равных условиях увеличивает температуру начала реакции на 30—40°.

Химический состав продуктов, полученных при различных конечных температурах опыта, приведен в табл. 1. В образцах, выдержанных при 500°, т. е. до температурного скачка, вес и химический состав остаются неизменными, а после температурного скачка наблюдаются следующие изменения: с увеличением температуры и времени выдержки образца

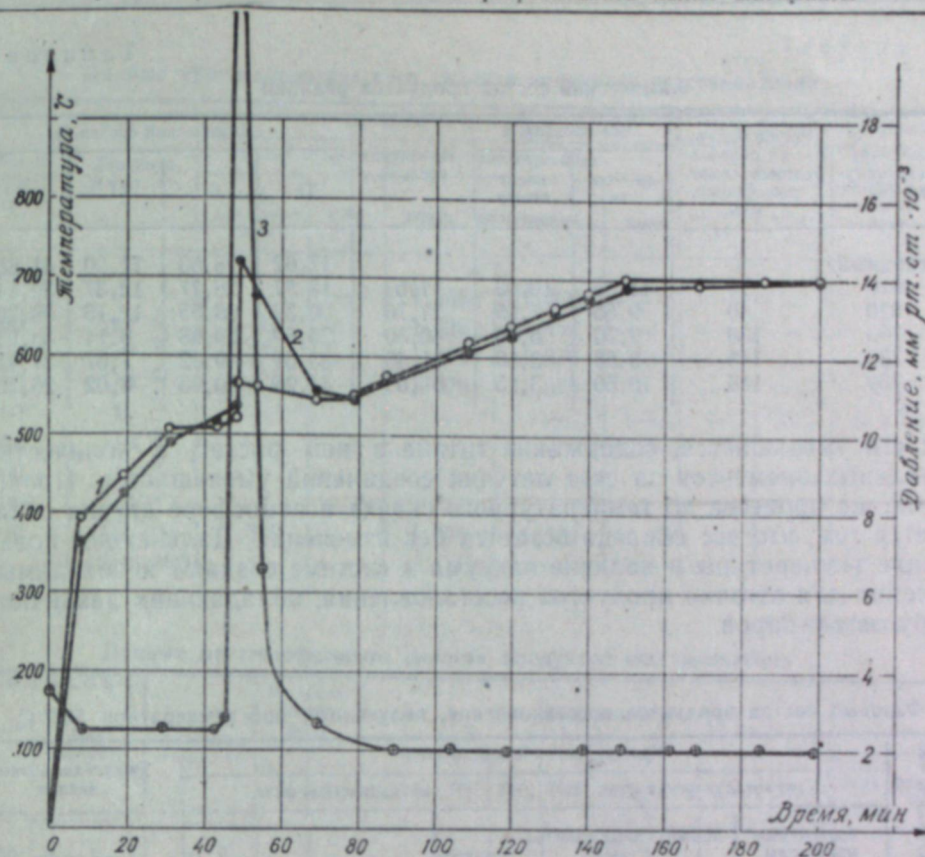


Рис. 2. Изменение температуры образца, печи и давления в реторте при процессе восстановления.

1 — температура печи, 2 — температура образца, 3 — давление в системе.

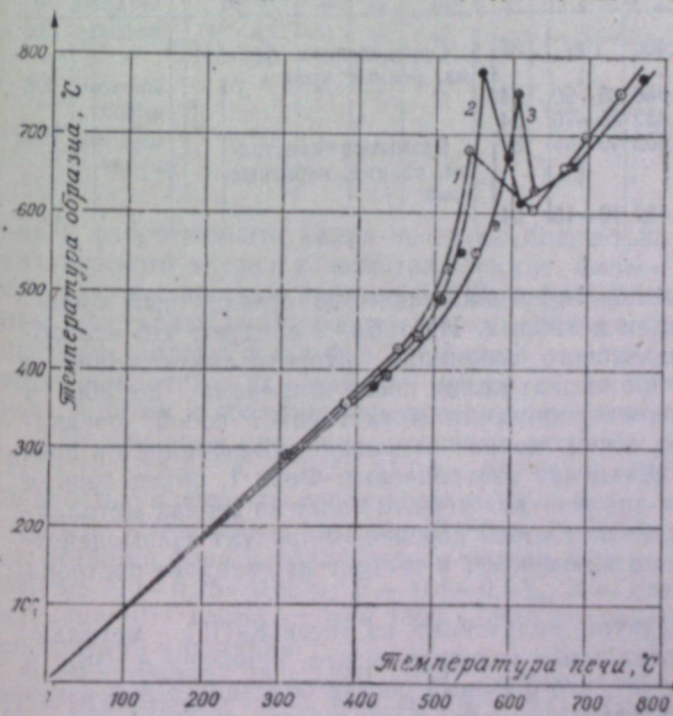


Рис. 3. Изменение температуры образца в зависимости от температуры печи.

1 — Al крупностью 150 меш, давление  $10^{-2}$  мм рт. ст.;  
2 — Al крупностью 100 меш, давление  $10^{-2}$  мм рт. ст.;  
3 — Al крупностью 150 меш, давление 10—15 мм рт. ст.



Таблица 1

## Химический состав продуктов реакции

Конечная температура, °С	Время выдержки образца после температур. скачка, мин.	Вес образца, г		Изменение веса, %	Химический состав, %			
		до опыта	после опыта		Ti	K	Al	F
Исходный								
610	28	11,35	10,03	11,63	17,62	28,63	11,90	41,85
620	40	9,85	7,55	21,76	18,57	28,77	12,37	39,64
700	130	9,70	5,80	40,30	20,32	28,55	12,16	39,20
730	145	9,68	3,68	61,46	25,69	29,08	8,14	36,93
760	146	10,50	3,25	69,05	35,51	19,02	7,67	37,41
					44,26	20,93	8,02	26,70

вес его уменьшается, содержание титана в нем растет, а количество остальных элементов за счет летучих соединений уменьшается. Проведение же процесса до температурного скачка в атмосфере аргона отличается тем, что вес образца остается без изменения. Дальнейшее повышение температуры и наличие вакуума в системе создают необходимые условия для отгонки продуктов восстановления, обладающих различной упругостью паров.

Таблица 2

## Фазовый состав продуктов восстановления, полученных при температуре 500°С

Время выдержки, час	Кристаллооптический анализ						Рентгенофазовый анализ			
	неметаллическая фаза				металлическая фаза		характеристика			
	изотропные кристаллы		анизотропные кристаллы		микро-твердость, кг/мм	Al K <sub>2</sub> TiF <sub>6</sub> фаза I				
	коэфф. преломления	к-во	коэфф. преломления	к-во						
0	—	—	1,466	1,466	100	32	Определенная форма, ровные края	+	+	—
6	1,418	10—15	1,438	1,458	85—90	34		+	+	+
12	1,418	30—35	1,438	1,452	65—70	34		+	+	+
18	1,418	55—60	1,438	1,452	40—45	32		+	+	+
23	1,418	80—90	1,438	1,452	10—15	34		+	+	+
							Размытые кристаллы, ровные, неровные края	+	+	+

Фазовый состав образцов, полученных при 500° с различным временем выдержки, представлен в табл. 2. Из табл. 2 следует, что все образцы состоят из металлического алюминия, фторотитаната калия и появившейся фазы I. Фторотитанат калия после нагревания до 500° в присутствии восстановителя — алюминия представляет собой, очевидно, другую модификацию, о чем говорит изменение коэффициентов преломления кристаллов и появление изотропности. Фаза I, определенная при кристаллооптическом анализе как черный налет на зернах металлического алюминия, представляет собой первичный продукт взаимодействия фторотитаната калия с алюминием и состоит из твердого раствора фторидов K, Al и Ti<sup>3+</sup>.

Фазовый состав продуктов, полученных из смеси K<sub>2</sub>TiF<sub>6</sub> и металлического алюминия при различных условиях опыта, приведен в табл. 3 и 4. Из этих таблиц следует, что фазовый состав образцов резко изменяется в момент температурного скачка: фазы металлического алюми-

Таблица 3

## Данные кристаллооптического анализа продуктов восстановления

Температура нагрева, °С	Давление, мм рт. ст.	Прозрачные кристаллы				Непрозрачные кристаллы			
		изотропные		анизотропные		металлическая фаза		неметаллическая фаза	
		коэф. преломления	к-во	коэф. преломления	к-во	Al	Ti		
0	—	—	—	1,466	1,466	+++	++	—	—
500	10 <sup>-2</sup>	1,418	++	1,438	1,452	++	++	—	+
620	10 <sup>-2</sup>	1,379	++	1,379	1,379	++	—	+	+
700	10 <sup>-2</sup>	1,379	+	1,379	1,379	+	—	++	++
760	10 <sup>-2</sup>	—	—	—	—	—	—	+	+++
800	10 <sup>-2</sup>	—	—	—	—	—	—	++	++
900	10 <sup>-2</sup>	—	—	—	—	—	—	+++	+
1000	10 <sup>-2</sup>	—	—	—	—	—	—	+++	—
620	10—15 (аргона)	1,379	++	1,379	1,379	++	—	+	+

Таблица 4

## Данные рентгенофазового анализа продуктов восстановления

Температура, °С	Вид продукта	Давление, мм рт. ст.	Металлическая фаза		Неметаллическая фаза											
			Ti	Al	K <sub>2</sub> TiF <sub>6</sub>	TiF <sub>4</sub>	TiF <sub>3</sub>	TOF <sub>2</sub>	KF	AlF <sub>3</sub>	KAlF <sub>4</sub>	K <sup>+</sup> AlF <sub>6</sub>	фаза 2	фаза 3		
500	образец	10 <sup>-2</sup>	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
620	образец	10 <sup>-2</sup>	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	+
700	образец	10 <sup>-2</sup>	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	+
760	образец	10 <sup>-2</sup>	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	+
620	образец	10—15 (аргона)	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+
700	возгоны белые	10 <sup>-2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
1000	возгоны черные	10 <sup>-2</sup>	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+

ния и фторотитаната калия исчезают полностью, появляется фаза металлического титана и неметаллические фазы — 2, 3 и K<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>. При кристаллооптическом анализе K<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> и фаза 2 определены как прозрачные кристаллы, анизотропные и изотропные, а фаза 3 — как непрозрачные кристаллы. Состав фаз 2 и 3 нами не определен. Нагрев продуктов восстановления в вакууме 10<sup>-2</sup> мм рт. ст. до 700° приводит к уменьшению, а затем к полному исчезновению прозрачных кристаллов.

Полученные при этих условиях возгоны белого цвета состава Ti — 0,3—0,5%; K — 28,5—31,0%; Al — 18,0—19,5%; F — 49,5—51,0% полностью идентичны соединению KAlF<sub>4</sub>.

При 750—1000° в вакууме 10<sup>-2</sup> мм рт. ст. фаза 3 полностью исчезает, остается фаза металлического титана. Состав этой фазы: Ti — 99,2—99,4%; Al — 0,25—0,35%; F — 0,4—0,5%; K — следы, при спекании ее в вакууме 10<sup>-2</sup> мм рт. ст. при 1400—1500° получается компактный металл со следами алюминия.

Полученные при 750—1000° возгоны черного цвета состава Ti — 16,0—18,0%; K — 39,0—41,0%; Al — 5,0—6,5%; F — 38,0—39,0%

содержат по данным кристаллооптического анализа, около 5% металлического алюминия в виде отдельных точек и цепочек по границам зерен. Если принять, что весь алюминий в черных возгонах находится в свободном состоянии, то по химическому составу черные возгоны близки к соединению  $K_3TiF_6$ .

#### Обсуждение экспериментальных данных

Экспериментальные данные показывают, что процесс получения металлического титана из фторотитаната калия состоит из двух этапов: а) получение порошкообразного титана в виде спекшейся массы с побочными продуктами восстановления в атмосфере аргона или в вакууме при 530—580°; б) отгонка побочных продуктов реакции от металлического титана в вакууме при температурах 700—1000°.

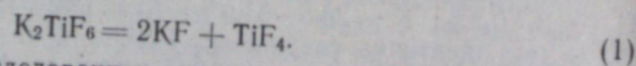
#### Получение порошкообразного титана

Начало взаимодействия  $K_2TiF_6$  с металлическим алюминием — твердофазный процесс, о чем свидетельствуют данные рентгенофазового и кристаллооптического анализов. Однако при температурах ниже 500° взаимодействие не идет до образования металлического титана, а происходит, очевидно, частичное растворение металлического алюминия во фторотитанате калия. В результате этого появляется новая фаза, которая является, по-видимому, сложным соединением фторидов  $Ti^{+3}$ ,  $K$  и  $Al$ . То, что процесс начинается в твердой фазе, подтверждается также таким фактом: изменение давления в системе в 1000 раз незначительно изменяет температуру начала реакции (она увеличивается только на 30—40°).

Установлено, что температурный скачок в процессе восстановления совпадает с моментом выделения титана из фторотитаната калия. Этот температурный скачок смещается в сторону более высоких температур с увеличением размера зерна восстановителя и с увеличением давления в системе.

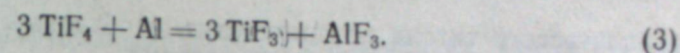
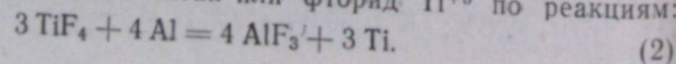
Механизм восстановления фторотитаната калия металлическим алюминием представляется нам следующим образом: процесс восстановления начинается еще в твердой фазе, но до образования металлического титана не идет. При получении металлического титана необходимо подогреть шихты до 530—580°, после чего реакция восстановления идет самопроизвольно. Выделяющееся при этом тепло способствует дополнительному разогреву образца до температуры расплавления алюминия и превращению части  $K_2TiF_6$  в газообразное состояние, т. е. возгонке  $K_2TiF_6$ , а также разложению его на составляющие с образованием газообразного  $TiF_4$ , что еще больше ускоряет реакцию. Восстановление получается автокаталитическое.

Согласно данным Гинсберга [5], диссоциация фторотитаната калия происходит при 600° по реакции:

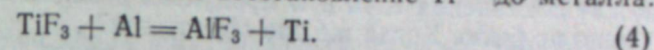


Так как в наших исследованиях процесс восстановления проводится в вакууме  $10^{-2}$  мм рт. ст., а диссоциация  $K_2TiF_6$  происходит с увеличением объема, начало процесса сдвигается в сторону более низких температур до 530—580°.

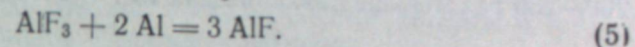
Газообразный  $TiF_4$  в значительной степени взаимодействует с алюминием, образуя металлический титан или фторид  $Ti^{+3}$  по реакциям:



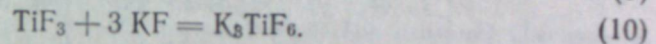
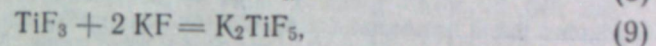
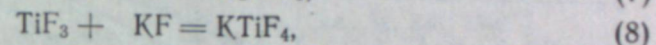
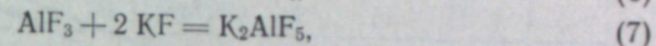
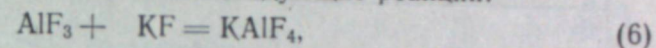
Термодинамические расчеты по приближенным формулам показывают, что возможны реакции (2, 3), а также восстановление  $Ti^{+3}$  до металла:



Если нагревать смесь  $Al + AlF_3$  при температурах выше 700°, то происходит образование субфторида алюминия, который возгоняется при более низкой температуре, чем  $Al$  и  $AlF_3$ :

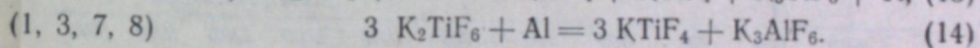
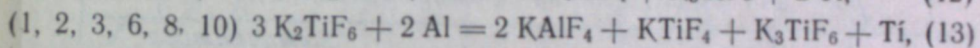
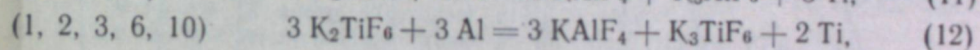
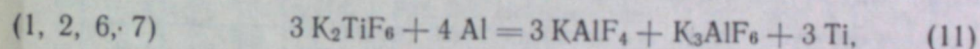


По реакциям (1—4) получаются титан и фториды  $KF$ ,  $TiF_3$  и  $AlF_3$ , но в продуктах восстановления этих фторидов в свободном состоянии не обнаружено. В этой системе возможны следующие реакции:



Следует отметить, что ни для одной из этих реакций, как и для реакции (1), нет термодинамических данных для расчета, поэтому нельзя решить, какие из этих реакций наиболее вероятны. В системе  $KF - AlF_3 - TiF_3$  возможно образование и более сложных комплексов, но данные об этом отсутствуют в литературе и не входят в предмет нашего исследования.

Процесс восстановления фторотитаната калия алюминием с получением в продуктах, кроме металлического титана, комплексных фторидов  $Al$ ,  $K$  и  $Ti^{+3}$  можно также записать следующими суммарными реакциями:



При температурах ниже 500° процесс идет, очевидно, согласно суммарной реакции (14), а при получении металлического титана наиболее вероятной, по нашему мнению, является реакция (12). Более достоверные данные могут быть получены только после изучения диаграммы состояния системы  $KF - AlF_3 - TiF_3$ .

#### Отгонка побочных продуктов реакции

Процесс отгонки побочных продуктов реакции от металлического титана проводится в вакууме  $10^{-2} - 10^{-3}$  мм рт. ст., что обуславливает ведение процесса при более низких температурах. При восстановлении фторотитаната калия алюминием в вакууме за счет выделяющегося тепла происходит возгонка части  $TiF_4$ , не успевшего вступить в реакцию, а также получающихся фторидов  $Al$  и  $K$ . Однако тепла, выделяющегося при реакции, недостаточно для полной отгонки побочных продуктов восстановления, поэтому необходим подогрев до 1000°.

Если процесс восстановления фторотитаната калия алюминием проводится в атмосфере аргона, то отгонка побочных продуктов реакции от

металлического титана не происходит, необходимы более высокие температуры или создание в системе вакуума.

Как отмечалось, возгоны, полученные при температурах до  $700^\circ$ , содержат соединения  $KAlF_4$ . В продуктах реакции этого соединения обнаружено не было. Когда же оно образуется?

Зависимость парциального давления паров  $AlF_3$ ,  $KF$ ,  $AlF$ ,  $Al$  от температуры, по литературным данным [10—12], представлена на рис. 4. Как видно из данных рис. 4, парциальное давление паров  $AlF_3$  при  $700^\circ$  в 200—250 раз меньше давления для  $KF$ . Значит,  $AlF_3$  и  $KF$  должны были

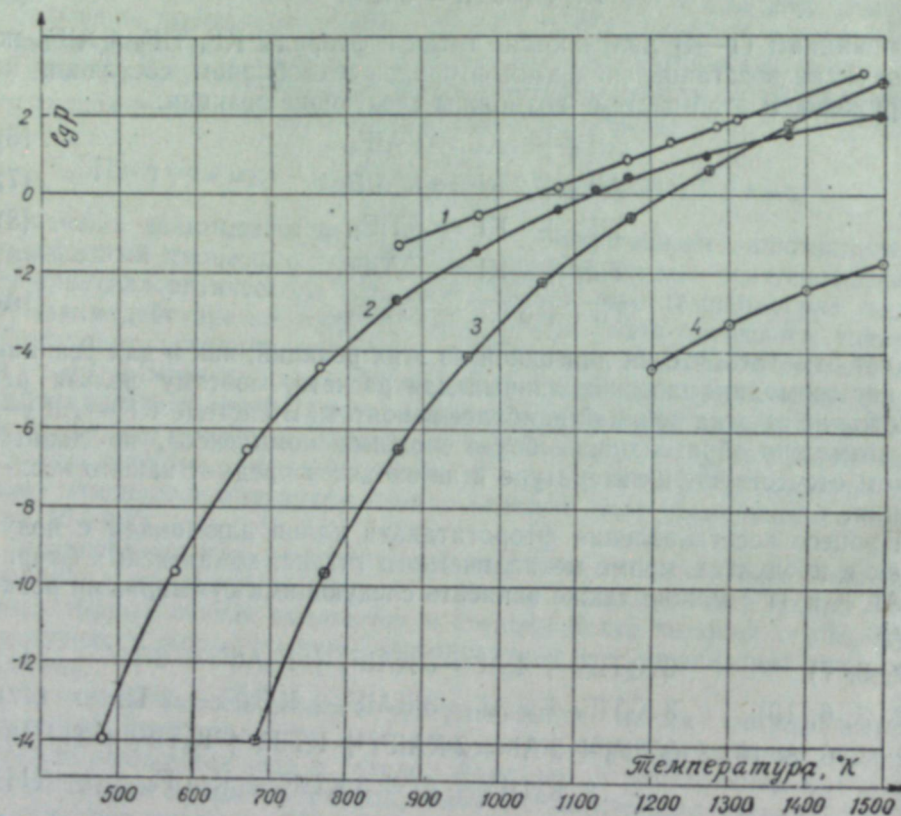


Рис. 4. Изменение  $\lg p$  в зависимости от температуры.  
1 —  $AlF$ , 2 —  $KF$ , 3 —  $AlF_3$ , 4 —  $Al$ .

бы иметь отдельную конденсацию, если бы они возгонялись и конденсировались как простые фториды. Остается второе предположение, что происходит возгонка и конденсация соединения  $KAlF_4$ , получающегося при разложении раствора фторидов  $K$ ,  $Al$  и  $Ti^{+3}$ .

При  $800$ — $1000^\circ$  наблюдается отгонка оставшегося  $Al$ ,  $K$ ,  $F$  и частично  $Ti$  в форме их соединений. Получающиеся возгоны черного цвета состоят из металлического алюминия продукта разложения  $AlF$  и комплексных фторидов  $K$  и  $Ti^{+3}$ .

### Выводы

1. Процесс взаимодействия фторотитаната калия с алюминием начинается в твердой фазе, но до образования металлического титана не идет. Для получения металлического титана необходим подогрев до  $530$ — $580^\circ$ , после чего процесс идет самопроизвольно.

2. Восстановление фторотитаната калия алюминием лучше проводить в атмосфере аргона, так как изменение давления слабо влияет на температуру начала реакции, но способствует более полному восстановлению титана.

3. Увеличение размера зерна восстановителя смещает температурный скачок в сторону более высоких температур.

4. При температурах ниже  $700^\circ$  в вакууме  $10^{-2}$  мм рт. ст. происходит отгонка побочных продуктов реакции в форме  $KAlF_4$ , от металлического титана при  $800$ — $1000^\circ$  отгоняются комплексные фториды  $K$  и  $Ti^{+3}$ , а также оставшийся алюминий в форме субфторида.

Уральский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
7/VII 1958

### ЛИТЕРАТУРА

1. M. A. Hunter, Metallic titanium. J. Amer. Chem. Soc., 32, 330, 1910.
2. L. Weiss, H. Keiser, Über metallischen Titan. Z. anorg. Chem., 65, 345, 1909.
3. J. D. Fast, Über Darstellung der reiner Metalle der Titangruppe durch thermische Zersetzung ihrer iodide. Z. anorg. allg. Chem., 241, 42, 1939.
4. B. Cox, A. G. Sharpe, Complex Fluorides. P. I. The structural Chemistry of Some Complex Fluorides of Potassium, Rubidium, Caesium, Ammonium and Thallium. J. Chem. Soc., 1783, 1953.
5. H. Ginsberg, Zür Kenntnis der Alkalisalz der Titanfluorwasserstoffsäure. Z. anorg. Chem., 204, 225, 1932.
6. Ф. М. Коломицкий, В. Д. Пономарев, Диаграмма плавкости  $K_2TiF_6$ — $NaCl$ . Бюлл. техн. информации Казахской ССР, № 4, 1956.
7. И. Г. Рысс, Химия фтора и его неорганических соединений. Госхимиздат, 665, 1956.
8. P. Ehrlich, G. Pietzka, Über Kalium fluorotitanate (III). Naturwiss., 40, 509, 1953.
9. J. G. Wurm, L. Grawel, J. A. Patvin, The Mechanism of Titanium Production by Electrolysis of Fused Halide Baths Containing Titanium Salts. J. Electrochem. Soc., 104, № 5, 301, 1957.
10. K. Niwa, Vapour pressures of the iodides, chlorides and bromides of alkaly metals and Tl, Rb, Zn, Cd, Te, Hg, J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., 2, 201, 1938; 3, 17, 75, 1940.
11. O. Ruff, L. Le Boucher, Der Dampfdruck von  $ZnF_2$ ,  $CdF_2$ ,  $MgF_2$ ,  $CaF_2$ ,  $SrF_2$ ,  $BaF_2$ ,  $AlF_3$ . Z. anorg. allg. Chem., 219, 376, 1934.
12. A. Eucken, Über Metaldampfdrucke Metallwirtsch., 15, 63, 1936.

А. К. ШАРОВА, А. А. ФОТНЕР

ПОЛУЧЕНИЕ ДВУОКСИ ТИТАНА ИЗ ПРОДУКТА  
ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СУЛЬФАТНО-НАТРИЕВОЙ ПЛАВКИ  
ИЛЬМЕНитОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Непосредственная сернокислотная обработка ильменитового концентрата для получения чистой двуокиси титана связана с большим расходом дефицитной серной кислоты [1].

Одним из возможных более дешевых путей получения двуокиси титана из ильменитового концентрата является применение для вскрытия сульфатно-натриевой восстановительной плавки. Способ этот известен как один из наиболее ранних [2].

Сущность способа заключается в сплавлении концентрата с сульфатом натрия и углем с последующим расслаиванием плава по удельному весу. Титанат натрия, находящийся в верхнем слое, механически отделяется от сульфида железа, который содержится в нижнем слое. Однако из-за недостаточного полного разделения часть титана неизбежно теряется с нижним слоем. Верхний слой, в свою очередь, загрязняется сульфидом железа и другими примесями, отделение которых требует дополнительной обработки.

В 1954—1955 гг. в Институте химии УФАН СССР был разработан гидрометаллургический метод отделения титана от железа непосредственно из продукта сульфатно-натриевой плавки ильменитового концентрата.

Интерес к изучению указанного способа подтверждается литературными данными последних лет.

Так, Такимото и Хаттори [3, 4] смешивают индийский ильменит с сульфатом натрия и углем и прокаливают смесь при 1100° в течение 2—3 часов. Затем примеси отделяются выщелачиванием в воде и слабой кислоте. Кроме этого, рекомендуется экстракция серной кислотой при температуре выше 100° для полного гидролиза титаната натрия. Этот способ был ими применен для мелкой руды, причем был получен продукт, содержащий около 85% TiO<sub>2</sub>.

Наши исследования разложения ильменитового концентрата методом сульфатно-натриевой плавки с последующим водным и кислотным выщелачиванием плава показали значительно лучшие результаты.

Разложение концентрата

Во всех опытах в качестве исходного сырья использовался рядовой ильменитовый концентрат Иршинского месторождения крупностью — 0,056 мм. Химический состав его представлен в табл. 1.

В качестве восстановителя применялись угли различных марок со степенью измельчения — 0,4 мм. Характеристика углей приведена в табл. 2.

Основной реагент — сульфат натрия — является дешевым продуктом, запасы его в нашей стране значительны [5].

Таблица 1

Химический состав иршинского ильменитового концентрата

Состав	TiO <sub>2</sub>	Fe	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO
%	51,48	33,78	1,04	1,56	0,86	следы	0,26	0,42

Таблица 2

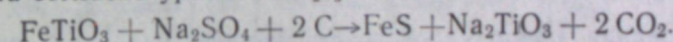
Характеристика восстановителей

Сорт и марка	Состав, %			
	влага	летучие	зола	углерод
Древесный уголь		3,5	2,0	94,5
Каменный уголь ПЖ	1,04	34,66	9,56	54,54
Каменный уголь ПС	0,92	13,39	5,59	80,10
Коке	0,75	0,83	13,57	84,85

В связи с этим метод сульфатно-натриевой плавки ильменитового концентрата для получения двуокиси титана весьма перспективен.

В данном исследовании опыты проводились следующим образом: шихта, составленная из концентрата, сульфата натрия и углеродистого материала, тщательно перемешивалась и сплавлялась в селитровой печи при заданной температуре. Расплав выливался в графитовую изложницу, где охлаждался. Затем плав измельчался до определенной крупности и подвергался водному выщелачиванию. Остаток от водного выщелачивания обрабатывался слабым раствором серной кислоты, прокаливался и анализировался на содержание железа и титана.

Процесс сплавления ильменитового концентрата с сульфатом натрия связан с восстановлением сульфата натрия и образованием сернистого железа согласно уравнению [2]:



В первой серии опытов было изучено влияние количества вводимых в состав шихты сульфата натрия и восстановителя на полноту вскрытия концентрата и извлечение сульфида железа при последующей гидрообработке.

На рис. 1 показана зависимость извлечения железа (в виде сульфида) из плава от содержания сульфата натрия в шихте. В опытах в качестве восстановителя использовался древесный уголь в соотношении 0,6 весовых частей на одну весовую часть концентрата. Сплавление шихты проводилось при 1000°С.

Опыты показали, что достаточно полное извлечение железа из плава достигается при весовом соотношении в шихте концентрата и сульфата натрия, равном 1 : 2.

Влияние различных восстановителей и их количества в составе шихты на извлечение сульфида железа в водный раствор и на содержание железа в конечном продукте представлено в табл. 3.

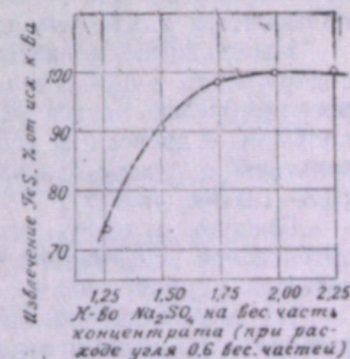


Рис. 1. Влияние количества сульфата натрия в шихте на извлечение сульфида железа при выщелачивании.

Таблица 3

Зависимость содержания железа в титановом продукте от расхода и качества восстановителя при сульфатно-натриевой плавке ильменитового концентрата

№ опытов	Количество угля вес. частей на 1 вес. часть концентрата	Молярное соотношение $\frac{C}{Na_2SO_4}$	Содержание $Fe_2O_3$ в конечном продукте, %	Примечание
Древесный уголь				
1	0,4	2,2	3,04	Сплавление проходит нормально
2	0,5	2,8	1,96	Сильное вспенивание сплава
3	0,6	3,3	0,58	
Каменный уголь ПС				
4	0,3	1,4	4,13	Сплавление проходит нормально
5	0,4	1,9	3,31	Сильное вспенивание сплава
6	0,6	2,8	0,64	
7	0,8	3,8	0,71	
Каменный уголь ПЖ				
8	0,4	1,3	9,17	Сплавление проходит нормально
9	0,6	1,9	2,46	Сильное вспенивание сплава
10	0,8	2,6	0,64	
11	1,0	3,2	0,64	
Кокс				
12	0,6	3,1	1,3	Сплавление проходит нормально

Исследование проводилось в следующих условиях: соотношение концентрата и сульфата натрия бралось 1:2, шихта сплавлялась при  $1000^\circ C$ . Полученный плав измельчался до 3,0 мм и выщелачивался водой с соотношением Ж:Т = 8 при  $80^\circ C$ .

Из данных опытов можно заключить, что в качестве восстановителя при сплавлении ильменитового концентрата с сульфатом натрия могут применяться различные испытанные марки углей.

Необходимое количество восстановителя при плавке определяется содержанием в нем углерода и физико-химическими свойствами. При расходе 0,6 вес. частей на 1 вес. часть концентрата лучшие результаты получены с древесным углем и каменным углем ПС. Аналогичные результаты получены при применении угля ПЖ, но при большем расходе (0,8—1,0 вес. частей).

Следует отметить, что при избытке восстановителя происходит интенсивное вспенивание сплава, кроме того, процесс сплавления значительно удлиняется.

На основании проведенных анализов установлено, что в указанных условиях при водном выщелачивании извлекается 80—86% сернистого железа от содержания его в плаве.

Наиболее высокое извлечение железа достигается в том случае, когда в плаве остается незначительное количество сульфата натрия (не более 3—4% от исходного).

Согласно приведенной выше реакции, теоретическое весовое соотношение ильменита, сульфата натрия и углерода должно быть 1:0,94:0,16. У Башилова [2] приводится соотношение 1:3:0,5, у японских исследователей [3] соотношение равно 1:1,04:0,19, т. е. близко к теоретическому. Однако в последнем случае получен продукт, содержащий не более 85%  $TiO_2$ . В результате же наших исследований при плавке концентрата с сульфатом натрия и углем при соотношении 1:2:0,6 удалось получить двуокись титана с содержанием до 98—99%  $TiO_2$  при высоком выходе (95—97%).

При попытке снижения весовых соотношений сульфата натрия и восстановителя (древесного угля) в составе шихты до 1,5:0,45 и 1:0,3 при прочих равных условиях была получена техническая двуокись титана, содержащая соответственно 87,4 и 73,2%  $TiO_2$ .

Для исследования влияния температуры нагревания опыты проводились с шихтой оптимального состава с выдержкой при заданной температуре в течение 15 минут.

В получаемом продукте проводилось определение воднорастворимых серосодержащих соединений ( по методике  $\frac{OCT}{НКП} - \frac{3012}{934}$  ), а также наличия воднорастворимой формы сульфида железа. Нерастворимый остаток от выщелачивания анализировался на содержание сульфидной и элементарной серы [6].

Данные этих исследований приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты опытов восстановления сульфата натрия в шихте в зависимости от температуры нагревания

№ опытов	Температура, $^\circ C$ при выдержке 15 мин.	Содержание серы в исх. навесе, %	Найдено серы, %/г							Изменение веса к исходному, %	Характер шихты после нагревания	
			в водном растворе в виде					в нерастворимом остатке в виде				всего
			$SO_4^{*}$	$S^{*}$ ( $Na_2S$ )	$SO_3^{*}$	$S_2O_3^{*}$	$S^{*}$ ( $FeS$ )	$S^{*}$	S элем.			
1	500	1,880	99,7 1,874	следы	нет	нет	нет	следы	нет	99,7 1,874	-4,5	Сыпучая, коричневого цвета
2	600	1,880	—	следы	нет	нет	нет	следы	следы	—	-6,0	.
3	750	1,880	76,9 1,445	0,5 0,010	нет	0,7 0,014	0,9 0,016	12,5 0,235	1,0 0,019	92,5 1,739	-10,1	Сыпучая, светло-коричневого цвета
4	800	1,880	15,0 0,282	10,1 0,189	нет	1,9 0,035	7,6 0,142	36,6 0,688	19,4 0,364	90,6 1,700	-30,2	Слегка спекшаяся, черного цвета
5	850	1,880	6,7 0,126	21,2 0,399	0,4 0,007	2,2 0,041	24,2 0,456	24,3 0,456	9,4 0,177	88,4 0,662	-34,4	.
6	900	1,880	6,7 0,126	26,5 0,497	0,3 0,006	1,9 0,036	28,3 0,532	17,7 0,333	6,5 0,123	87,9 1,653	-37,2	Спекшаяся, черного цвета
7	950	1,880	3,7 0,070	25,6 0,482	0,1 0,002	2,0 0,038	36,3 0,682	11,4 0,215	2,0 0,038	81,1 1,527	-39,4	Начало сплавления
8	1000	1,880	3,9 0,074	20,1 0,378	нет	1,8 0,034	34,6 0,651	14,1 0,264	4,4 0,082	78,9 1,483	-39,6	Полное сплавление
9	1000*	2,250	14,4 6,324	14,8 0,333	0,5 0,011	1,0 0,023	37,0 0,833	9,1 0,202	2,0 0,046	78,8 1,772	-36,3	.
10	1000**	2,250	—	10,4 0,234	—	1,3 0,030	17,1 0,385	7,3 0,163	следы	—	-28,9	.

\* Выдержка 30 мин.

\*\* Выдержка 70 мин.

Установлено, что с повышением температуры происходят потери части серы с отходящими газами в виде  $S_2$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$  и др.

Содержание элементарной серы в продуктах реакции имеет заметный максимум при  $800^\circ C$ . Ее появление в твердых и газообразных продуктах реакции при восстановлении сульфата натрия углем отмечено рядом исследователей [7—9] и может быть вызвано побочными реакциями, механизм которых еще не вполне ясен.

Приведенные в табл. 5 результаты характеризуют степень вскрытия ильменитового концентрата в зависимости от температуры нагревания шихты.

Таблица 5

## Влияние температуры нагревания шихты на сульфидизацию железа

№ опытов	Температура, $^\circ C$ при выдержке 15 мин.	Содержание железа в исх. навеске, г	Найдено железа, %/г			
			в водном растворе в виде $Fe^{2+}$ (FeS)	в нерастворимом остатке в виде		
				$Fe^{2+}$ (FeS)	$Fe^{3+}$ ( $Fe_2O_3$ )	$Fe^{2+}$ ( $FeTiO_3$ )
1	400	1,554	нет	нет	16,8 0,261	83,5 1,298
2	500	1,554	нет	следы	19,3 0,300	80,7 1,255
3	600	1,554	нет	следы	21,4 0,332	78,6 1,226
4	750	1,554	1,8 0,028	25,3 0,408	16,8 0,261	55,1 0,857
5	800	1,554	16,0 0,248	76,6 1,191	2,9 0,045	4,3 0,071
6	850	1,554	50,2 0,780	48,0 0,746	следы	2,1 0,051
7	900	1,554	60,1 0,934	38,2 0,594	нет	1,8 0,027
8	950	1,554	76,5 1,189	22,3 0,346	нет	1,6 0,025
9	1000	1,554	76,9 1,195	21,7 0,338	нет	1,4 0,22
10	1000*	1,863	77,9 1,450	18,8 0,349		3,6 0,067
11	1000**	1,863	36,1 0,672	—		12,9 0,240

\* Выдержка 30 мин.

\*\* Выдержка 70 мин.

Взаимодействие компонентов шихты начинается при температуре около  $750^\circ C$ . Максимальное вскрытие концентрата и сульфидизация железа (более 98%) достигается при  $950$ — $1000^\circ C$ .

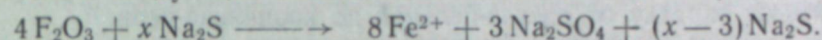
Из результатов опытов видно, что реакция восстановления сульфата натрия и сульфидизации железа в ильменитовом концентрате происходит в основном в твердой фазе при  $800$ — $850^\circ C$ ; шихта начинает плавиться только при  $950^\circ C$ .

Следует отметить, что образование воднорастворимой формы сульфида железа достигает более высокого значения (76,5%) при  $950$ — $1000^\circ C$ .

При  $500$ — $600^\circ C$  наблюдается поверхностное выгорание угля и частичное окисление концентрата.

При более высокой температуре количество трехвалентного железа уменьшается (до полного исчезновения — выше  $850^\circ C$ ).

Восстановителем железа в изучаемом процессе служит не только окись углерода, но также и сульфид натрия, что подтверждают исследования Витта [10], изучавшего взаимодействие сульфида натрия и окиси железа. Им было установлено, что при температурах плавления смеси протекает следующая окислительно-восстановительная реакция:



В нашем случае, в присутствии углерода, равновесие этой реакции должно быть сильно сдвинуто вправо, так как сульфат натрия восстанавливается до сульфида.

С увеличением выдержки при температуре  $1000^\circ C$  в окислительной атмосфере (когда весь углерод уже прореагировал) происходит окисление сульфидов натрия и железа с увеличением при этом веса плава.

Во избежание окисления в процессе сплавления необходимо создавать восстановительную среду.

## Водное выщелачивание плава

Одной из основных операций при получении двуокиси титана из продукта восстановительной сульфатно-натриевой плавки ильменитового концентрата является отделение сульфида железа от двуокиси титана.

Разделение основано на способности сульфида железа в определенных условиях переходить в раствор при водном выщелачивании. Титан в этих условиях находится в плаве в нерастворимой форме.

Возможность перевода сульфида железа в водный раствор в присутствии сульфида натрия отмечена многими исследователями.

Стромейер (см. [11]) еще в 1958 г. объяснил это явление образованием химического соединения — сульфосоли  $Na_2S \cdot 2FeS$ . Наличие химического соединения типа  $Na_2S \cdot FeS$  было обнаружено Стеком, Моррисом, Славиным и Ролстоном [12] при изучении двойной системы сульфидов натрия и железа с содержанием от 55 до 73% FeS. Однако точный состав этого двойного соединения, как считают сами авторы, определен недостаточно обоснованно.

В более поздних работах исследователи переход сульфида железа в водный раствор склонны связать с образованием соединений коллоидного характера.

Витт [13] при изучении взаимодействия сульфида натрия с окисью железа нашел, что продукт их сплавления после удаления избытка сульфида натрия окрашивает водный раствор в зеленый цвет. При длительном стоянии на воздухе раствор изменяет цвет и становится коричневым, аналогично цвету гидроокиси железа. Исследование указанного раствора различными способами (экстракцией спиртом, диализом и др.) показало, что зеленый цвет обусловлен коллоидным соединением двухвалентного железа.

Состав дисперсной фазы также не был определен.

М. Татарский [14] наблюдал переход сульфида железа в раствор при выщелачивании водой сплава сфенового концентрата с сернистокислым натрием и углем. Автор связывает это с образованием коллоидного соединения  $Na_2S \cdot FeS$ .

В данной работе не ставилась задача изучения природы растворимой формы сульфида железа. Это является темой специального исследования, проводимого в Институте химии УФАН СССР. Прежде всего

требовалось установить оптимальные условия, способствующие извлечению сульфида железа в раствор при водном выщелачивании плава.

При водной обработке продукта плавки ильменитового концентрата в раствор извлекаются воднорастворимые соли натрия, образовавшиеся при восстановлении сульфата натрия углем, и ряд примесей ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{NaAlO}_2$  и др.). Сульфид железа в основной массе также переходит в раствор. Получаемые растворы в зависимости от содержания сульфида железа имеют окраску от светло-зеленой до коричнево-черной.

Были изучены следующие факторы, влияющие на извлечение сульфида железа в водный раствор: отношение твердого к жидкому, продолжительность перемешивания, температура выщелачивания и степень измельчения плава.

На рис. 2 и 3 показаны результаты водного выщелачивания плава при различном отношении жидкого к твердому. Навески для опытов по выщелачиванию брались из одного и того же плава, измельченного до 3,0 мм, и имели одинаковый гранулометрический состав. Все опыты проводились при температуре выщелачивания  $80^\circ\text{C}$  и продолжительности перемешивания 15 минут.

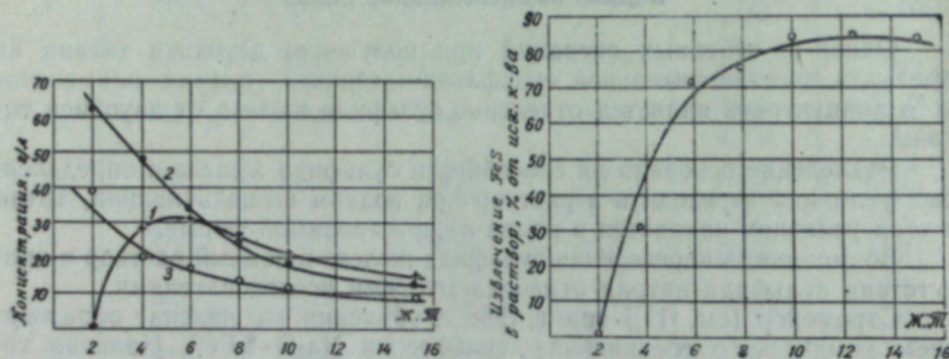


Рис. 2. Влияние отношения жидкого к твердому на выщелачивание плава водой. Концентрация в г/л: 1 — FeS, 2 —  $\text{Na}_2\text{O}$ , 3 —  $\text{Na}_2\text{S}$ .

Рис. 3. Влияние отношения жидкого к твердому на извлечение сульфида железа в водный раствор.

Как видно из рисунков, при отношении Ж : Т = 2 весь сульфид железа остается в нерастворимом остатке. Это вызвано, по-видимому, высокой концентрацией сульфида натрия и щелочи в растворе. При увеличении отношения Ж : Т, т. е. при снижении концентрации указанных солей в растворе, сульфид железа начинает растворяться.

Максимальная концентрация железа в растворе достигается при соотношении Ж : Т = 6 и содержании  $\text{Na}_2\text{O}$  — 34,0 г/л и  $\text{Na}_2\text{S}$  — 15,0 г/л. Однако общее количество сульфида железа, извлеченного из плава, остается еще недостаточно высоким (до 70%). Только при соотношении Ж : Т = 10 извлечение достигает 85% и остается постоянным при дальнейшем увеличении количества растворителя.

Таким образом, при избытке сульфида натрия и щелочи сульфид железа остается в нерастворимом остатке. При удалении этого избытка фильтрованием и последующей повторной обработке остатка водой значительная часть сульфида железа может быть переведена в раствор. Это явление подтверждает мнение о коллоидном характере растворимой формы сульфида железа.

Извлечение сульфида железа в раствор зависит также от продолжительности выщелачивания и степени измельчения плава (табл. 6).

Таблица 6

Время перемешивания, мин.	Извлечение FeS в водный раствор, %.				
	при измельчении материала в мм				
	-12,0+6,0	-3,0+1,6	-0,85+0,42	-0,2+0,1	-0,075
5	—	—	—	—	10,1
15	15,0	68,7	55,6	45,1	5,2
30	44,1	38,2	36,0	33,9	1,5
60	25,3	21,5	12,3	1,6	—
90	—	3,2	—	—	—

Приведенные в табл. 6 опыты проводились при соотношении Ж : Т = 10 и температуре  $25^\circ$ . Лучшие результаты по извлечению сульфида железа в водный раствор при указанном соотношении получены для плава, измельченного до частиц крупностью — 3,0 мм. При измельчении плава менее 0,1 мм извлечение не превышает 10%. Такое низкое извлечение обуславливается легкой окисляемостью и гигроскопичностью развитой поверхности измельченного плава. В последнем случае сульфид железа не растворяется при водном выщелачивании.

Этим можно объяснить и тот факт, что свежий излом плава, имеющий зеленовато-стальной оттенок, постепенно чернеет на воздухе.

Увеличение продолжительности выщелачивания до 60—90 минут приводит к снижению извлечения сульфида железа в фильтрат вследствие перехода последнего из золя в гель.

Пониженное извлечение железа (до 15%) в случае 15-минутного выщелачивания фракции плава крупностью — 12,0 + 6,0 мм объясняется неполнотой растворения этих частиц. Более мелкие фракции (—3,0 мм) за этот промежуток времени растворяются достаточно хорошо.

Таким образом, оптимальным временем перемешивания плава, измельченного до —3,0 мм, следует считать 15—20 мин.

На рис. 4 показано влияние температуры выщелачивания на извлечение сульфида железа в водный раствор. Все опыты проводились с плавом, измельченным до —3,0 мм при соотношении Ж : Т = 10 и перемешивании в течение 15 минут.

Как видно из результатов опытов, максимальное извлечение сульфида железа (до 84—85%), при оптимальных степени измельчения плава и соотношении жидкого к твердому достигается при температурах 60—80°С.

Исследование показало также, что растворенный в воде воздух снижает устойчивость соединения сульфида железа в растворе и вызывает коагуляцию коллоида.

С целью устранения дробления плава была изучена возможность «грануляции» плава водой. Опыты проводились следующим образом. Шихта оптимального состава сплавлялась при  $1000^\circ$ , затем тигель извлекался из печи и расплав выливался в воду. В результате «грануляции» получался мелкодисперсный осадок. После фильтрации пульпы остаток повторно обрабатывался водой при  $70$ — $80^\circ$  в течение 10—15 минут.

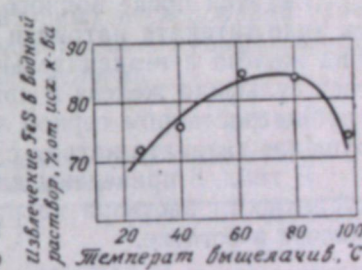


Рис. 4. Влияние температуры выщелачивания на извлечение сульфида железа в водный раствор.

Результаты опытов приведены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты опытов по извлечению сульфида железа из плава при «грануляции» и последующем водном выщелачивании

№ опытов	Отношение Ж:Т при «грануляции» плава	К-во извлеч. FeS в % от исходного	Отношение л-ва воды, взятой для повторного выщелачивания, к к-ву воды при «грануляции»	К-во повторно извлеч. FeS в % от исходного	Суммарное извлечение FeS в % от иск. к-ва
1	2	3,7	1	7,4	11,1
2	2	2,4	2	9,0	11,4
3	4	4,7	1/2	16,7	21,4
4	4	2,8	1	26,5	29,3
5	6	23,0	1/2	34,8	57,8
6	8	29,9	1/2	48,0	77,9

Из данных табл. 7 можно заключить, что достаточно полное извлечение сульфида железа в раствор обеспечивается в основном благодаря воде, используемой для «грануляции». Указанное условие приближается к практическому осуществлению процесса, когда расплав выливается в непрерывный поток воды, расход которой может быть отрегулирован в соответствии с оптимальными условиями извлечения сульфида железа в раствор.

#### Кислотное выщелачивание остатка

Остаток после водного выщелачивания плава содержит весь титан (в виде титаната натрия и свободной двуокиси титана), частично сульфид железа и незначительное количество примесей. Удаление оставшегося сульфида железа и примесей достигается путем обработки остатка слабым раствором серной кислоты (5—6%). При этом происходит разрушение титаната натрия с образованием метатитановой кислоты.

В табл. 8 приведены данные опытов по изучению влияния конечной кислотности раствора на растворение двуокиси титана и содержание железа в остатке.

Таблица 8

Содержание двуокиси титана в растворе выщелачивания в зависимости от кислотности

№ опытов	Величина pH	К-во растворенной $\text{TiO}_2$ в фильтрате, в % от исходного	К-во железа в продукте, %
1	1,0	—	0,97
2	1,5	5,28	1,02
3	1,6	4,41	1,03
4	2,0	0,82	1,28
5	2,5	0,10	1,67
6	2,8	0,04	1,90
7	3,0	0,04	2,50
8	3,5	0,04	2,39
9	3,7	0,03	2,68

Для опытов был взят плав, полученный в оптимальных условиях, содержащий 15,5% Fe и 21,8%  $\text{TiO}_2$ . Плав последовательно измельчался до —3,0 мм и выщелачивался водой при отношении Ж:Т=10 и

температуре 60° в течение 15 минут. При этом в водный раствор было извлечено 80,6% FeS. Остаток обрабатывался, при перемешивании 5%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , и после определенной выдержки в пульпе определялся pH с помощью потенциометра типа ЛЛПУ-1 со стеклянным электродом. После фильтрования и промывки в фильтрате колориметрически определялось количество двуокиси титана.

Как видно из приведенных в табл. 8 опытных данных, потери двуокиси титана с фильтратом увеличиваются при повышении кислотности ( $\text{pH} < 2,0—2,5$ ). При уменьшении кислотности (до  $\text{pH}=3—4$ ) потери двуокиси титана с фильтратом составляют не более 0,04% от исходного содержания ее в плаве.

Наоборот, количество железа в остатке с уменьшением кислотности раствора увеличивается. Поэтому при однократной обработке остатка слабой серной кислотой не удается получить чистого продукта без некоторых потерь двуокиси титана с фильтратом. Эти потери устраняются при применении двукратной кислотной обработки остатка.

Первое выщелачивание слабой, 5—6%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , проводится при комнатной температуре с соответствующим контролем. Кислотность раствора поддерживается в пределах  $\text{pH}=2,5—3,5$ .

Второе выщелачивание проводится 10—15%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при нагревании. Фильтрат второго выщелачивания содержит некоторое количество растворенной двуокиси титана. После соответственного разбавления этот фильтрат передается на первое выщелачивание. Растворенная двуокись титана при этом вновь выпадает в осадок.

Таким образом, кислотное выщелачивание в две стадии позволяет получить более чистую двуокись титана, улучшает использование кислоты и повышает извлечение двуокиси титана.

В табл. 9 приводятся результаты лабораторных исследований переработки ильменитового концентрата восстановительной сульфатно-натриевой плавкой в установленных оптимальных условиях.

Таблица 9

Результаты опытов по извлечению железа из продукта плавки ильменитового концентрата с сульфатом натрия и углем

№ опытов	Состав шихты (вес. частей на 1 вес. часть концентрата)		Температура сплавления шихты, °C	Класс измельчения сплава, мм	Отношение Ж:Т	Время выщелачивания, мин.	Температура выщелачивания, °C	К-во железа, перешедшего в фильтрат, в % от исходного	
	сульфата натрия	древесного угля						при водном выщелачивании	при двукратном кислотном выщелачивании
1	2,0	0,6	1000	—3,0	10	15	80	88,3	9,1
2	2,0	0,6	1000	—3,0	8	15	60	85,6	12,1
3	2,0	0,6	1050	—3,2	10	15	80	80,1	18,2

Содержание двуокиси титана в конечных продуктах после кислотной обработки и прокаливания составляет 97,9—98,8%.

Примесей мало; по данным спектрального анализа, количество их следующее (в %): Fe = 0,18 — 0,45; Si = 0,09 — 0,12; Mg = 0,28 — 0,40; Al = 0,07—0,11; V = 0,03—0,09.

На 1 весовую единицу полученной двуокиси титана расходуется  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  — 4 весовые единицы, древесного угля 1,2 и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (100%) — 0,5—0,6.

Из соединенных фильтратов после водного и первого кислотного выщелачивания можно извлечь сульфид железа. После прокаливания при



500—600° получается окись железа, пригодная для красочной и металлургической промышленности.

Выделяющийся в процессе переработки сероводород и сернистый газ могут быть использованы для получения элементарной серы и серной кислоты. В данное время исследуется возможность устранить выделение сероводорода при кислотном выщелачивании путем предварительного окисления сульфида железа в остатке после водного выщелачивания.

Проведенные в марте 1958 г. укрупненные опыты в заводских условиях полностью подтвердили результаты лабораторных исследований.

### Выводы

1. Вскрытие ильменитового концентрата путем сплавления его с сульфатом натрия и углем легче осуществимо и экономичнее по сравнению с сернокислотным разложением.

2. В результате сплавления ильменитового концентрата при 1000°С с сульфатом натрия и углем в соотношении 1:2:0,6 происходит образование воднорастворимой формы сульфида железа. Это позволяет производить отделение основной массы железа от титана при водном выщелачивании плава. Последующая сернокислотная обработка до кондиции требует уже значительно меньшего расхода кислоты.

3. Изученные условия выщелачивания плава водой обеспечивают извлечение сульфида железа в раствор до 80—85% от исходного содержания его в плаве.

4. При последующей двукратной обработке остатка раствором слабой серной кислоты получается двуокись титана (97,9—98,8%  $TiO_2$ ) с незначительным количеством примесей, вполне пригодная для металлургических целей.

5. Переработка ильменитового концентрата методом сульфатно-натриевой плавки представляет практический интерес из-за снижения расхода серной кислоты. Метод связан с меньшим числом технологических операций, чем при переработке ильменитового концентрата по твердофазному сернокислотному способу. Преимуществом метода является также отсутствие отходящих кислых растворов.

Уральский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
17/VII 1958

### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Меерсон, А. Н. Зеликман, Металлургия редких металлов. Металлургиздат, М., 1955.
2. И. Я. Башилов, Введение в технологию редких элементов. ГОНТИ, М., 1932.
3. Jozo Takimoto, Hiroshi Hattori, Method of treating ilmenite with sodium sulfate. J. Chem. Soc. Japan. Ind. Chem. Sect., vol. 58, № 9, p. 654, 1955.
4. Jozo Takimoto, Methods of treating iron ores containing titanium with alkali earth sulfate and chlorination of their products. J. Chem. Soc., Japan, Ind. Chem. Sect., vol. 43, № 4, p. 734, 1955.
5. А. И. Горбанев, В. Я. Николина, Сульфат натрия. Госхимиздат, М., 1954.
6. Анализ минерального сырья. Под общ. ред. Ю. Н. Книпович, Ю. В. Морачевского. Госхимиздат, Л., 1956.
7. П. П. Будников, К реакции восстановления сульфата натрия до сернистого натрия. ДАН СССР, т. 1, № 6, 1934.
8. F. M. White, A. H. White, Reduction of Sodium Sulfate to Sodium Sulfide. Ind. Eng. Chem., vol. 28, № 2, 1936.

9. П. К. Мхитарьян, В. А. Пазухин, Восстановительный обжиг смеси сульфатов алюминия и натрия с получением растворимого в воде алюмината. Цветные металлы, № 11, 1957.
10. I. C. Witt, The action of sodium sulfide on ferric oxide. J. Amer. Chem. Soc., vol. 43, № 4, 1921.
11. Iacobson, Encyclopedia of chemical reactions, vol. VI, 1600 (b), p. 362, New-York, 1956.
12. L. V. Steck, Morris, Slavin, O. C. Ralston, The system sodium sulfide—ferrous sulfide. J. Amer. Chem. Soc., vol. 51, № 11, 1929.
13. I. C. Witt, The action of sodium sulfide on ferric oxide. J. Amer. Chem. Soc., vol. 43, № 4, 1921.
14. М. Татарский, Технический способ получения  $TiO_2$  из апатитосфеновой породы без помощи серной кислоты. ЖПХ, т. VII, вып. 8, 1934.

И. Л. КОТЛЯРЕВСКИЙ, А. Н. ВОЛКОВ, Л. Б. ФИШЕР

## АЛКИЛИРОВАНИЕ БУТАНА И ИЗОБУТАНА ЭТИЛЕНОМ

При разработке методов синтеза 2,3-диметилбутадиена-1,3 и 2,2-диметилбутена-3 из газов — отходов органических производств очень важно найти методы алкилирования алканов олефинами, а именно изобутана этиленом. Исследование такого алкилирования и явилось предметом настоящей работы.

В предыдущей статье [1] нами описана лабораторная методика алкилирования изобутана этиленом, там же приведен краткий литературный обзор.

В связи с тем, что получение большого количества изобутана по разработанной нами ранее методике [2] представляет весьма трудоемкий процесс, а также в целях приближения наших опытов к реальным условиям производства, мы в своих экспериментах использовали заводскую бутановую фракцию, выпускаемую одним из сибирских предприятий. Она содержит 86% бутана, 8% пропана и 6% пентанов. Для очистки бутана от примесей нами была построена лабораторная ректификационная колонка, работающая под давлением. Она же служила для дебутанизации алкилата и для разгонки изомеризата. После очистки бутан подвергался изомеризации в изобутан над хлористым алюминием в присутствии хлористого водорода. Работа велась по хорошо известному методу [3] с той только разницей, что в наших опытах одна и та же порция катализатора ( $AlCl_3$ ) использовалась многократно.

Из-за отсутствия инфракрасного спектрофотометра и колонки Подбильняка о содержании изобутана в изомеризате приходилось судить лишь по тому, как протекало алкилирование изомеризата этиленом (см. экспериментальную часть). После пяти изомеризаций катализатор обычно терял активность. Полученную в изомеризации смесь бутана и изобутана мы алкилировали этиленом. Выход алкилата в расчете на этилен поднимался до 270%. Алкилат содержал 15% 2,3-диметилбутана и около 3% 2,2-диметилбутана. Кроме алкилирования, на катализаторе происходит значительный крекинг и связанные с этим вторичные процессы. Это видно из того, что алкилат на 25% состоит из изопентана, выделяемого при разгонке алкилата на колонке. Остальная часть алкилата состоит из высококипящих углеводородов, состав которых не исследовался. Строение 2,2- и 2,3-диметилбутана подтверждено снятием спектров комбинационного рассеяния света.

Установки для непрерывного алкилирования при высоких температурах и давлениях являются сложными и громоздкими механизмами. Главную трудность представляет точная дозировка с определенной скоростью и определенным соотношением сильно сжатых газов [4]. Эту трудность мы преодолели, применив вытеснение ожиженных газов из простого по устройству дозатора в реакционное пространство глицерином, с которым углеводородные газы не смешиваются. Сконструированная нами на этом принципе установка очень проста и занимает мало

места. Она позволяет в течение рабочего дня провести алкилирование около 1 кг газовой смеси.

Для испытания установки проведено алкилирование бутана этиленом. При этом отработаны условия ( $450^\circ$ , 200 атм), при которых получается алкилат с выходом несколько больше 200% (на этилен). Алкилат содержит около 25% 3-метилпентана, чисто выделяемого при разгонке алкилата на колонке.

При более низкой температуре выход алкилата значительно снижается, а при более высокой ( $500^\circ$ ) повышается, но алкилат в последнем случае состоит главным образом из высококипящих продуктов.

### Экспериментальная часть

Очистку заводского бутана и дебутанизацию алкилата производили в колонке. Она представляет собой стальную трубу с внутренним диаметром 22 мм и наружным 28 мм, длиной 2 м, набитую насадкой из нихромовых трехгранных спиралей. Труба снабжена кубом, манометром, термопарой, приемным баллоном, холодильником и вентилями для загрузки и отбора вещества, а также фонарем для счета под давлением капель отгона.

### Очистка бутана

Для очистки заводского бутана от пропана и пентана в куб колонки загружали 1,2 кг технического бутана, баню нагревали до  $60^\circ$  и в змеевик холодильника пускали воду; давление при этом повышалось до 10 атм избыточных. При таком режиме колонку выдерживали 1 час, после чего медленно, не снижая давления, стравливали основную часть пропана. Затем, когда при неизменном медленном отборе давление быстро падало до 2 атм (что, как правило, связано в этих условиях с бутаном), присоединяли приемный баллон и начинали отбирать бутан со скоростью 30—50 капель в минуту. Отбор продолжался 4 часа при давлении 2 атм и температуре  $20^\circ$ . Когда давление падало до 1 атм, отбор прекращали. В кубовом остатке собирались примешанные к бутану пентаны, количество которых, в зависимости от чистоты отгонки, колеблется от 35 до 70 г.

### Изомеризация бутана

Чистый бутан, отогнанный на колонке, подвергали изомеризации в присутствии хлористого алюминия и хлористого водорода.

Изомеризацию проводили в стальном пятилитровом баллоне, испытанном на 225 атм. Баллон помещали на качалку и нагревали до  $100^\circ$  с помощью обернутой вокруг него медной спирали, через которую с большой скоростью пропускали пар из паровика. Для сохранения температуры баллон со спиралью обертывали теплоизоляционным материалом. Качалка делала 120—150 качаний в минуту. Для перемешивания в баллон помещали несколько стальных гаек.

Хлористый водород для этой реакции необходим под давлением 10—15 атм. Для его получения в сжатом виде использовали стальную бомбу с навертывающейся на нее крышкой, имеющей канавку со свинцовым обтюратором и вентилем Гоффера. В стакан бомбы наливали 0,5 л концентрированной серной кислоты, на проволочную подставку укладывали бумажную прокладку и сверху насыпали 600 г поваренной соли. Когда крышка была завернута, бомбу встряхивали и нагревали до

60—80°; образовавшийся в бомбе хлористый водород через вентиль подавался в баллон для изомеризации. Количество хлористого водорода измеряли по весу.

Для изомеризации в баллон, как правило, загружали 200 г хлористого алюминия (пробная перегонка показала его высокую чистоту), 2 кг бутана и 50 г хлористого водорода. Содержание баллона перемешивалось на качалке при 90—100° 4 часа, баллон охлаждался до —20°, хлористый водород стравливался, а изомеризат передавливался в баллон для алкилирования. Изомеризация на одной и той же порции хлористого алюминия проводилась, как правило, 4—5 раз, после чего активность катализатора снижалась, что видно было по резкому уменьшению выхода алкилата при последующем алкилировании.

Судя по данным алкилирования этиленом, изомеризат содержит 40—50% изобутана, что соответствует литературным данным [3].

### Алкилирование изомеризата этиленом с комплексным катализатором

Алкилирование проводилось в стальном пятилитровом баллоне, куда загружался хлористый алюминий, хлористый этил, изомеризат и этилен. Баллон встряхивался 3 часа при 40°, охлаждался до —20°, и этилен сбрасывался, причем количество непрореагировавшего этилена измерялось газометром. Продукты алкилирования передавливались в колонку, на которой проводилась дебутанизация алкилата. Кубовый остаток после дебутанизации разгонялся на колонке в 40 т. т. Получившийся в реакционном баллоне жидкий комплексный катализатор использовался для повторного алкилирования 3—4 раза, после чего он, как правило, терял активность.

Так, в опыте 5 было загружено 120 г хлористого алюминия, 2 кг изомеризата, 50 г хлористого этила и 150 г этилена. Перемешивание продолжалось 3 часа при 40°. Выделено 10 г этилена и получено 430 г алкилата. Из 247,7 г алкилата при разгонке получено 51,5 г вещества, кипящего при 19—45°, 7,6 г с т. кип. 46—55°, 40,8 г с т. кип. 55—60°, кубовый остаток 147,8 г. С полученным здесь катализатором проведены опыты 6—9 алкилирования изобутана этиленом (табл. 1).

Таблица 1

№ опытов	Хлористый этил, г	Смесь бутана и изобутана, г	Этилен (дано, возвратилось), г	Алкилат, г	2,3-диметилбутан, г	2,2-диметилбутан, г
6	50	2170	160/20	395	65,6	10,5
7	50	2130	160/30	390	38,2	9,8
8	50	2020	190/110	220	14,1	8,1
9*	50	1980	150/90	158	16	5

\* К катализатору добавлялось 12 г  $AlCl_3$ .

Как видно из табл. 1, одна и та же порция катализатора может использоваться без существенного снижения активности по меньшей мере в трех последовательных алкилированиях, после чего активность катализатора снижается.

При работе на бутане, выделенном из бутан-бутиленовой фракции и очищенном от бутилена, по обычной схеме изомеризация — алкилирование получены аналогичные результаты.

Оказалось, что, кроме алкилирования, комплексный катализатор вызывает значительный крекинг и связанные с этим вторичные процессы, например образование значительного количества изопентана.

Так, в опыте 17, проведенном на свежем катализаторе из 2 кг изомеризата (изомеризация велась на катализаторе 4-й раз), 50 г хлористого этила и 200 г этилена получено 405 г алкилата (50 г этилена вернулось), при разгонке которого получены следующие фракции:

фр. I:	т. кип.	25 —26°	давление	737 мм — 60,5 г;
фр. II:		26,5—27°		737 мм — 38,3 г;
фр. III:		29 —44°		730 мм — 12,9 г;
фр. IV:		47 —48°		730 мм — 17,3 г;
фр. V:		55 —58,0°		721 мм — 39,2 г;
фр. V:		58 —58,3°		716 мм, $n_D^{21,5} = 1,3730$ — 8,6 г;
фр. VI:		59 —60°		735 мм, $n_D^{21,5} = 1,3747$ — 5,5 г;

Кубовый остаток — 160 г.

Гексановые фракции для их полной характеристики были разогнаны на колонке в 40 т. т. При этом из объединенных фракций нескольких опытов алкилирования с т. кип. 50—60°, соответствующих 2,3-диметилбутану, получено следующее (в разгонку взято 256 г фракции 50—60°):

фр. I:	т. кип.	35 —48°	давление	735 мм, $n_D^{15,5} = 1,3724$ — 12 г;
фр. II:		48 —55°		732 мм, $n_D^{16,2} = 1,3768$ — 8 г;
фр. III:		55 —56°		744,5 мм, $n_D^{16} = 1,3780$ — 9 г;
фр. IV:		56 —56,5°		739 мм, $n_D^{20,2} = 1,3765$ — 20 г;
фр. V:		56,5—57°		740 мм, $n_D^{20} = 1,3765$ — 23 г;
фр. VI:		56,8—57°		737 мм, $n_D^{20,5} = 1,3757$ — 20,5 г;
фр. VII:		57 —57,5°		740 мм, $n_D^{19} = 1,3755$ — 17 г.

Кубовый остаток — 80 г, потери — 66,5 г.

Фракции III—VII представляют собой 2,3-диметилбутан.

Фракции IV—VI дали отрицательную пробу Бильштейна на хлор, и количество непредельных в них равно нулю.

Снят спектр комбинационного рассеяния света полученного нами 2,3-диметилбутана с  $n_D^{20} = 1,3759$ , т. кип. 57—57,3° (табл. 2,  $\Delta\nu$  в  $cm^{-1}$ , в скобках указаны интенсивности по десятибалльной шкале).

Таблица 2

№ линий	$\Delta\nu$ найд.	$\Delta\nu$ таблич.	№ линии	$\Delta\nu$ найт.	$\Delta\nu$ таблич.	№ линии	$\Delta\nu$ найд.	$\Delta\nu$ таблич.
1	725 (10)	728 (35)	6	1157 (4)	1151 (7)	11	478 (2)	479 (6)
2	1440 (8)	1445 (19)			1163 (10)	12	865 (2)	869 (6)
3	1493 (8)	1467 (19)	7	504 (4)	505 (8)	13	1200 (2)	1195 (6)
4	939 (7)	932 (15)	8	1351 (4)	1344 (8)	14	813 (1)	812 (2)
		957 (11)	9	1304 (4)	1301 (8)	15	1389 (1)	1383 (1)
5	755 (7)	758 (12)	10	1041 (4)	1034 (7)	16	605 (0)	609 (0)
						17	670 (0)	657 (0)

2-метилпентан и 3-метилпентан, близкие по температурам кипения, отсутствуют, т. к. их главные линии (соответственно 815 и 445) не найдены.

При разгонке 345 г фракции 44—50°, соответствующей 2,2-диметилбутану, получено следующее:

Фр.	Т. кип.	Темп.	Давление	Длина	Скорость
фр. I:	25	-33°	739 мм.	— 13 г;	
фр. II:	33	-42°	739 мм.	— 6,5 г;	
фр. III:	42	-44°	739 мм.	$n_D^{22,5} = 1,3732$ —16 г;	
фр. IV:	44	-46°	726 мм.	$n_D^{21} = 1,3705$ —19 г;	
фр. V:	46	-47°	740 мм.	$n_D^{21,25} = 1,3700$ —11 г;	
фр. VI:	47	-47,5°	740 мм.	$n_D^{20,75} = 1,3700$ —5 г;	
фр. VII:	47,5—48,1°		743 мм.	$n_D^{21,5} = 1,3695$ —37 г;	
фр. VIII:	48°		739 мм.	$n_D^{21} = 1,3695$ —21 г;	
фр. IX:	47,8—48°		736,5 мм.	$n_D^{21} = 1,3700$ —50 г;	
фр. X:	48—48,5°		744 мм.	$n_D^{19,5} = 1,3700$ —17 г;	
фр. XI:	48,5—55,5°		744 мм.	$n_D^{23,5} = 1,3750$ —7,5 г;	
фр. XII:	55,5—57°		744,5 мм.	$n_D^{23,5} = 1,3750$ —24 г.	

Снят спектр комбинационного рассеяния света фракции с т. кип. 48° (табл. 3).

Таблица 3

$\Delta\nu$ найд.	$\Delta\nu$ таблич.	$\Delta\nu$ найд.	$\Delta\nu$ таблич.	$\Delta\nu$ найд.	$\Delta\nu$ таблич.	$\Delta\nu$ найд.	$\Delta\nu$ таблич.
1467 (7,5)	1469 (16)	1218 (5)	1218 (12)	924 (6,5)	929 (17)	362 (4)	362 (11)
1449 (7,5)	1449 (25)	1109 (0)	1105 (0)	862 (5)	870 (11)	335 (3)	340 (8)
1332 (0)	1339 (1)	1075 (3)	1076 (5)	709 (10)	712 (90)	280 (1)	276 (0)
1305 (2)	1304 (6)	1019 (4)	1028 (8)	484 (2,5)	485 (6)	252 (1,5)	261 (3)
1253 (4)	1254 (10)	993 (1)	993 (0)	417 (1,5 дв.)	411 (3 дв.)		

Все линии 2,2-диметилбутана расшифровались, какие-либо другие отсутствуют.

Изопентановые фракции были вновь разогнаны и выкипали в основном при 27°/730 мм. В этой фракции при снятии спектров комбинационного рассеяния света обнаружены следующие линии ( $\Delta\nu$  в  $\text{см}^{-1}$ , в скобках даны интенсивности по десятибалльной шкале): 462(3), 766(6), 794(6), 910(2 ш), 956(1), 1012(1), 1038(2), 1140(2), 1178(2), 1300(1), 1342(1), 1442(10 М), 1462(10 м). Таким образом, спектр соответствует изопентану, характерные линии которого 462(3), 766(6), 794(6), 1038(2)\*.

#### Установка для высокотемпературного алкилирования

Высокотемпературное алкилирование бутана этиленом проводилось в проточной системе (рис. 1). Она состоит из стальной нержавеющей трубки с наружным диаметром 35 мм и внутренним 15 мм, длиной 1100 мм. К верхней части трубки на ножках и медной прокладке привернута крестовина. В один ниппель крестовины вставлен карман для термопары, другой соединен с манометром, третий — с дозирующим устройством. К нижнему концу трубки привернут ниппель, который с помощью медной спирали соединен с регулирующим вентилем и через него с приемным баллоном.

\* Спектры комбинационного рассеяния света снимали Н. Перевалова и В. Кузнецова.

Дозирующее устройство представляет трубу высокого давления (испытана на 700 атм), имеющую на концах два прямопроточных вентиля (объем трубы 850 мл). Труба с вентилями одета на выхлопной клапан жидкостного насоса. Всасывающий клапан жидкостного насоса соединен с градуированной стеклянной трубкой, в которой находится глицерин.

Температура внутри реакционной трубы измеряется железо-константановой термопарой с милливольтметром и поддерживается с помощью трубчатой печи, нагрев которой регулируется электронным терморегулятором, связанным с хромель-копелевой термопарой.

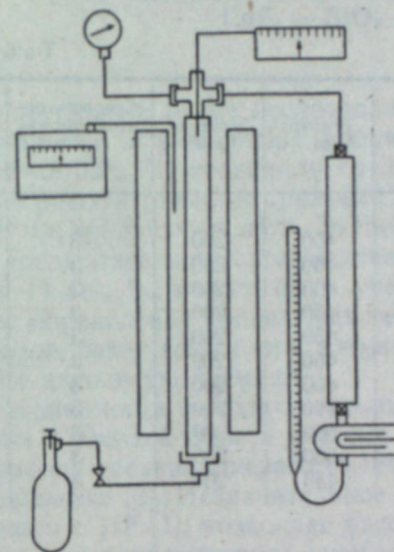


Рис. 1.

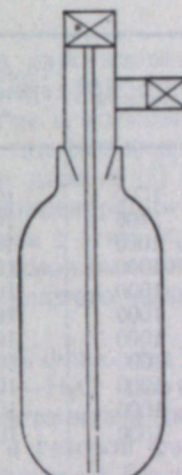


Рис. 2.

Другое дозировочное устройство представляет собой баллончик с тройником и двумя вентилями (рис. 2). Реагирующая смесь газов готовится в баллончике по весу и затем передвигается в заранее эвакуированный дозатор, который затем присоединяется к жидкостному насосу. Ожиженная смесь газов с определенной скоростью, задаваемой ходом поршня насоса, глицерином выдавливается в реакционную трубку.

Регулирующим вентилем, стоящим на выходе из реакционной трубы, в реакционной зоне поддерживается заданное давление. Продолжительность реакции зависит от скорости подачи газовой смеси. Реактор и все приборы опрессованы на давление 400 атм.

#### Алкилирование бутана этиленом

Смесь 2 кг бутана, 200 г этилена и 80 г хлористого этила подавалась в реакционную трубу установки со скоростью 3 мл в минуту при 450° и 200 атм. После дебутанизации получено 460 г алкилата. При разгонке 425 г алкилата получены следующие фракции:

фр. I, до 45°—70 г;	фр. IV; 59—60,5°—102 г;
фр. II, 45—50°—11 г;	фр. V, 64—68°—28 г;
фр. III, 55—59°—10 г;	фр. VI, 73—85°—23,5 г;

Остаток — 105 г, потери — 76 г.

Фракция 59—60,5° была разогнана повторно и выкипала в основном

при 60,3°/730 мм. При снятии спектров комбинационного рассеяния света обнаружены следующие линии ( $\Delta\nu$  в  $\text{см}^{-1}$ , в скобках — интенсивности по десятибалльной шкале): 443(3), 750(4), 817(2), 877(0), 954(0,5), 965(1), 988(0), 1020(1), 1040(3), 1050(3), 1156(2), 1273(1), 1355(1), 1445(10). Таким образом, спектр соответствует 3-метилпентану, характерные линии которого 443(3), 750(4), 817(2), 1040(3).

По той же методике проведены опыты высокотемпературного алкилирования бутана этиленом в других условиях (табл. 4).

Из табл. 4 видно, что оптимальными условиями алкилирования являются условия опытов 4—6. При 500° выход алкилата выше, но содержание в нем 3-метилпентана резко снижается — до 6%.

Таблица 4

№ опытов	Смесь бутана с этиленом, г	Соотношение бутана и этилена	$\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$ , г	Температура, °С	Давление, атм	Скорость подачи газовой смеси, мл/мин.	Получено алкилата, г
1	1000	10:1	80	400	200	3	150
2	1100	10:1	80	400	200	3	142
3	1000	10:1	80	400	200	3	142
4	1000	10:1	80	450	200	3	200
5	1000	10:1	80	450	200	3	200
6	1000	10:1	80	450	200	3	210
9	1000	10:1	40	400	200	3	100
10	1000	10:1	40	400	200	3	100
11	1000	10:1	40	500	200	3	258
12	1000	10:1	40	500	200	3	250
13	1000	10:1	40	450	200	3	182

## Выводы

1. Показана возможность получения 2,2- и 2,3-диметилбутана и изопентана из заводской бутановой фракции по схеме изомеризация — алкилирование этиленом.
2. Сконструирована и освоена аппаратура для периодического и непрерывного алкилирования.
3. При непрерывном высокотемпературном алкилировании бутана этиленом получен 3-метилпентан.

Восточно-Сибирский филиал  
Сибирского отделения  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
15/X 1958

## ЛИТЕРАТУРА

1. И. Л. Котляревский, А. Н. Волков, Л. Б. Фишер, Лабораторный метод получения 2,3-диметилбутана алкилированием изобутана этиленом. Изв. СО АН СССР, № 3, 1959.
2. И. Л. Котляревский, Л. Б. Фишер, Гидрирование газообразных олефинов под давлением. ЖПХ, № 11, 1956.
3. Р. Д. Оболенцев, Кинетика изомеризации н-бутана в жидкой фазе над хлористым алюминием. ЖОХ, № 31, стр. 73, 1951.
4. Л. Фрейдлин, А. Баладин, Н. Назарова, Алкилирование н-бутана пропиленом в присутствии окиси алюминия. ДАН СССР, т. 96, № 5, стр. 1011, 1954.

М. А. МИХАЙЛОВ

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ  
 $\text{CaF}_2 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$  (ПАР)

Проведенные ранее исследования процессов пирогидролитического фтористого кальция и флюорита с добавкой к каждому двуокиси кремния в количестве 30%. [1] позволили сделать заключение о возможности применения рассматриваемых реакций для переработки флюорита на техническую плавиковую кислоту. Экспериментальные данные [1] дают основание предполагать, что полученная в растворе концентрация фтор-иона, равная 11 вес. %, может быть увеличена. В связи с этим представляет интерес определение предельных теоретически возможных концентраций растворов, получаемых при пирогидролитическом фтористого кальция и его смесей с двуокисью кремния.

В зависимости от количественных соотношений флюорита и двуокиси кремния в твердой фазе в системе  $\text{CaF}_2 - (\text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O})$  (пар) возможно образование трехкальциевого силиката [2], воластонита и двухкальциевого силиката [3]. Незначительное содержание в газовой фазе  $\text{SiF}_4$ , по сравнению с  $\text{HF}$  [1], позволяет рассматривать процессы без учета образования четырехфтористого кремния. Поэтому пирогидролитический флюорита может осуществляться по следующим четырем реакциям:

1.  $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (пар) =  $\text{CaO} + 2 \text{HF}$  (газ);
2.  $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (пар) +  $\text{SiO}_2$  =  $\text{CaSiO}_3 + 2 \text{HF}$  (газ);
3.  $2 \text{CaF}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$  (пар) +  $\text{SiO}_2$  =  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4 + 4 \text{HF}$  (газ);
4.  $3 \text{CaF}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$  (пар) +  $\text{SiO}_2$  =  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5 + 6 \text{HF}$  (газ).

Мы провели термодинамическое исследование этих реакций, исходя из общеизвестной зависимости изменения свободной энергии от температуры:

$$\Delta F_T = \Delta H_0 + \int_0^T \Delta C_p dT - T \Delta S_0 - T \int_0^T \frac{\Delta C_p}{T} dT. \quad (1)$$

В основу расчета положены следующие исходные данные [4—6].  
Для  $\text{CaF}_2$ :  $\Delta H_{298} = -290,2$  ккал/моль,  $\Delta S_{298} = 16,4$  кал/мольград,  
 $\text{CaF}_2(\alpha) = \text{CaF}_2(\beta)$ ,  $T = 1424^\circ \text{K}$ ,  $\Delta H_T = 1140$  кал/моль ( $\alpha \rightarrow \beta$ ),  
 $C_p(\alpha) = 13,80 + 7,8 \cdot 10^{-3} T$  (1,5%, 298 — 1424°K),  $C_p(\beta) = 25,81 +$   
 $+ 2,50 \cdot 10^{-3} T$ .  
(1%, 1424—1691°K).

Для  $\text{H}_2\text{O}$  (газ):  $\Delta H_{298} = -57,8$  ккал/моль,  
 $\Delta S_{298} = 45,13$  кал/мольград,  $C_p = 7,20 - 2,70 \cdot 10^{-3} T$ .  
(1%, 273 — 2000°K).

Для CaO:  $\Delta H_{298} = -151,7$  ккал/моль,  $\Delta S_{298} = 9,5$  кал/мольград,  
 $C_p = 11,87 + 0,767 \cdot 10^{-3} T - 1,646 \cdot 10^5 T^{-2}$ .  
 (2%, 273—1773° K).

Для HF (газ):  $\Delta H_{298} = -64,0$  ккал/моль,  
 $\Delta S_{298} = 41,52$  кал/моль град,  $C = 6,62 + 0,70 \cdot 10^{-3} T$ .  
 (2%, 273—2000° K).

Для SiO<sub>2(к-кварц)</sub>:  $\Delta H_{298} = -208,3$  ккал/моль,  
 $\Delta S_{298} = 10,1$  кал/мольград,  
 SiO<sub>2(к)}</sub> = SiO<sub>2(к-кварц)}</sub>,  $T = 848^\circ$  K,  $\Delta H_T = 201$  кал/моль ( $\alpha \rightarrow \beta$ );  
 $C_p = 10,87 + 8,712 \cdot 10^{-3} T - 2,412 \cdot 10^5 T^{-2}$ .  
 (1%, 273—848° K).

Для SiO<sub>2(б)}</sub>:  $C_p = 13,50 + 3,00 \cdot 10^{-3} T$ .  
 (3,5%, 848—1873° K).

Для CaSiO<sub>3</sub> (волластонит):  $\Delta H_{298} = -377,9$  ккал/моль,  $\Delta S_{298} =$   
 $= 19,6$  кал/мольград,  $C_p = 27,95 + 2,056 \cdot 10^{-3} T - 7,456 \cdot 10^5 T^{-2}$ .  
 (1%, 273—1573° K).

Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4(б)}</sub>:  $\Delta H_{298} = -538,0$  ккал/моль,  $\Delta S_{298} = 29,1$  кал/мольград,  
 Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4(к)}</sub> = Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4(б)}</sub>,  $T = 948^\circ$  K,  $\Delta H_T = 406$  кал/моль ( $\alpha \rightarrow \beta$ ),  
 $C_p = 27,76 + 18,34 \cdot 10^{-3} T$ .  
 (1%, 273—948° K).

Для Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4(б)}</sub>:  $C_p = 40,45 + 6,00 \cdot 10^{-3} T$ .  
 (3%, 948—1573° K).

Для Ca<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub>:  $\Delta H_{298} = -688,4$  ккал/моль,  
 $\Delta S_{298} = 38,7$  кал/мольград,  $C_p = 51,18 + 7,24 \cdot 10^{-3} T - 12,27 \cdot 10^5 T^{-2}$ .  
 (1%, 273—1773° K).

Используя уравнение (1) и приведенные выше данные, мы вывели уравнения зависимости  $\Delta F$  от температуры для реакций 1—4.

#### Реакция 1

$$\Delta F = 66653 - 9,45 T \lg T + 1,467 \cdot 10^{-3} T^2 + 0,823 \cdot 10^5 T^{-1} - 3,46 T$$

(до 1424° K),

$$\Delta F = 77240 + 18,17 T \lg T - 1,183 \cdot 10^{-3} T^2 + 0,823 \cdot 10^5 T^{-1} - 94,22 T$$

(до 1691° K).

#### Реакция 2

$$\Delta F = 46389 - 21,43 T \lg T + 5,178 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,522 \cdot 10^5 T^{-1} + 31,06 T$$

(до 848° K),

$$\Delta F = 46081 - 15,38 T \lg T + 2,322 \cdot 10^{-3} T^2 + 3,728 \cdot 10^5 T^{-1} + 15,96 T$$

(до 1424° K),

$$\Delta F = 56668 + 12,24 T \lg T - 0,328 \cdot 10^{-3} T^2 + 3,728 \cdot 10^5 T^{-1} - 74,80 T$$

(до 1573° K).

#### Реакция 3

$$\Delta F = 108983 - 3,15 T \lg T - 1,114 \cdot 10^{-3} T^2 + 1,206 \cdot 10^5 T^{-1} - 50,87 T$$

(до 848° K),

$$\Delta F = 108675 + 2,90 T \lg T - 3,970 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,412 \cdot 10^5 T^{-1} - 65,97 T$$

(до 948° K),

$$\Delta F = 114753 + 32,08 T \lg T - 10,14 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,412 \cdot 10^5 T^{-1} - 153,42 T$$

(до 1424° K),

$$\Delta F = 125340 + 59,70 T \lg T - 12,79 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,412 \cdot 10^5 T^{-1} - 244,18 T$$

(до 1573° K).

#### Реакция 4

$$\Delta F = 172806 - 39,16 T \lg T + 14,386 \cdot 10^{-3} T^2 + 4,929 \cdot 10^5 T^{-1} + 17,72 T$$

(до 848° K),

$$\Delta F = 172498 - 33,11 T \lg T + 11,53 \cdot 10^{-3} T^2 + 6,135 \cdot 10^5 T^{-1} + 2,62 T$$

(до 1424° K),

$$\Delta F = 183081 - 5,49 T \lg T + 8,88 \cdot 10^{-3} T^2 + 6,135 \cdot 10^5 T^{-1} - 88,14 T$$

(до 1691° K).

Выведенные уравнения были применены для расчета свободной энергии реакций 1—4, а по величине последней определяли  $\lg K_p$  и константу равновесия, исходя из уравнения изотермы Вант-Гоффа:

$$\Delta F = -RT \ln K_p. \quad (2)$$

Обозначим индексом номер соответственной реакции. Константы равновесия ( $K_p$ ) исследуемых процессов будут иметь вид:

$$K_{1,2} = \frac{P_{\text{HF}}^2}{P_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{k^2}{k+1}, \quad (3)$$

$$K_3 = \frac{P_{\text{HF}}^4}{P_{\text{H}_2\text{O}}^2} \text{ или } \sqrt{K_3} = \frac{P_{\text{HF}}^2}{P_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{k^2}{k+1}, \quad (4)$$

$$K_4 = \frac{P_{\text{HF}}^6}{P_{\text{H}_2\text{O}}^3} \text{ или } \sqrt[3]{K_4} = \frac{P_{\text{HF}}^2}{P_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{k^2}{k+1}, \quad (5)$$

где  $k = \frac{P_{\text{HF}}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$ .

В знаменателе уравнений (3—5) без существенной погрешности величиной  $k$  можно пренебречь, тогда

$$K_{1,2} = k^2 \text{ и } k = \sqrt{K_{1,2}}, \quad (7)$$

$$\sqrt{K_3} = k^2 \text{ и } k = \sqrt[4]{K_3}, \quad (8)$$

$$\sqrt[3]{K_4} = k^2 \text{ и } k = \sqrt[6]{K_4}. \quad (9)$$

Определяемая по уравнениям (7—9) величина  $k$  является концентрацией получаемой плавиковой кислоты, выраженной через парциальные упругости паров HF и H<sub>2</sub>O. Для перехода от последней к весовым соотношениям применим к газовой смеси закон Дальтона и уравнение Клапейрона — Менделеева:

$$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot RT,$$

где  $m$  — весовое количество газа,  
 $M$  — его молекулярный вес.

Тогда

$$P_{\text{HF}} \cdot V = \frac{m_{\text{HF}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot RT, \quad (10)$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot RT. \quad (11)$$

Подставив в (10) и (11) значения молекулярных весов и разделив первое на второе, после сокращения получим:

$$\frac{P_{\text{HF}}}{P_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{m_{\text{HF}}}{20} : \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{18} = 0,9 \frac{m_{\text{HF}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = 0,9 B. \quad (12)$$

Так как

$$\frac{m_{\text{HF}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = B, \text{ то } \frac{m_{\text{HF}}}{m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{HF}}} = \frac{B}{B+1}. \quad (13)$$

Нетрудно заметить, что левая часть в (13) является концентрацией раствора HF, выраженной в весовых отношениях. Обозначая последнюю через  $C$ , имеем:

$$C = \frac{B}{B+1}. \quad (14)$$

Уравнения (6—9), (12) и (14) приводят к окончательному выводу:

$$C_{1,2} = \frac{\sqrt{K_{1,2}}}{0,9 + \sqrt{K_{1,2}}}, C_3 = \frac{\sqrt[4]{K_3}}{0,9 + \sqrt[4]{K_3}} \text{ и } C_4 = \frac{\sqrt[6]{K_4}}{0,9 + \sqrt[6]{K_4}}. \quad (15)$$

Расчитанные величины свободной энергии,  $\lg K_p$ , константы равновесия и концентраций растворов для реакций 1—4 приведены в табл. 1. Следует заметить, что найденные значения  $C$  несколько отличаются от равновесных концентраций благодаря приближенности вычисления (уравнения 12—14) и отсутствию учета образования  $\text{SiF}_4$ . Однако они вполне пригодны для сравнения рассматриваемых реакций и оценки перспективности практического использования их для переработки флюорита на плавиковую кислоту.

Таблица 1

Значения свободной энергии,  $\lg K_p$ , константы равновесия и концентрации растворов ( $C$ ) для реакций 1—4

№ реакции	Температура, °К	$\Delta F$	$\lg K_p$	$K_p$	$C$ , вес. %
1	1323	25673	5,76	$0,58 \cdot 10^{-4}$	0,85
	1423	22366	4,57	$3,67 \cdot 10^{-4}$	1,99
	1523	19109	3,26	$18,11 \cdot 10^{-4}$	4,52
2	1323	8018	2,68	$4,74 \cdot 10^{-2}$	19,50
	1423	4864	1,25	$17,91 \cdot 10^{-2}$	32,00
	1523	1418	1,79	$61,30 \cdot 10^{-2}$	46,45
3	1323	26685	5,59	$0,04 \cdot 10^{-3}$	8,08
	1423	19993	4,93	$0,85 \cdot 10^{-3}$	15,92
	1523	13483	2,06	$11,61 \cdot 10^{-3}$	26,73
4	1323	59808	10,12	$1,32 \cdot 10^{-10}$	2,45
	1423	51397	8,13	$1,33 \cdot 10^{-8}$	5,30
	1523	43164	7,81	$6,41 \cdot 10^{-7}$	9,37

Данные табл. 1 показывают, что при пиролизе флюорита с добавкой  $\text{SiO}_2$  могут быть получены растворы с высокой концентрацией фтор-иона. В этом отношении наиболее благоприятен такой состав шихты, при котором в твердой фазе будет образовываться  $\text{CaSiO}_3$  (реакция 2).

Сравнительно высокие концентрации растворов должны получаться при проведении процессов по реакции 3 и значительно меньше — по реакции 4. Данные табл. 1 представляют предельные значения, так как при их расчете предполагается в системе состояние равновесия. Зависимость же скорости реакции твердофазных процессов от условий осуществления опыта приводит к необходимости большего или меньшего удаления системы от равновесного состояния, а следовательно, и к снижению концентрации полученных растворов.

В рассматриваемых процессах, как отмечалось ранее [1], концентрация растворов (степень приближения к состоянию равновесия) в значительной мере зависит от расхода водяного пара. Влияние этого фактора видно из табл. 2. В таблице сопоставлены рассчитанная ( $C_r$ ) и экспериментально найденная ( $C_e$ ) [1] концентрация растворов HF, полученных за первые 15 минут при проведении процесса по реакции 3 при  $1250^\circ\text{C}$ . Аналогичная зависимость наблюдается также между расходом водяного пара и средней концентрацией растворов при выходе фтора около 85% [1].

Данные табл. 2 подтверждают правильность сделанного нами вывода [1] о возможности дальнейшего повышения концентрации растворов HF путем снижения расхода водяного пара и доведения ее до концентрации технической плавиковой кислоты, получаемой в башнях. Последнее, в сочетании с высокой скоростью процесса по реакции 3, показывает перспективность дальнейшей разработки наиболее благоприятных условий для одновременной переработки флюорита на плавиковую кислоту и вяжущие строительные материалы типа цемента.

## Выводы

1. Проведено термодинамическое исследование системы  $\text{CaF}_2 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$  (пар), и выведены уравнения зависимости свободной энергии реакции пиролизе  $\text{CaF}_2$  в присутствии  $\text{SiO}_2$  от температуры.

2. Показано, что наибольшая концентрация плавиковой кислоты получается, когда добавки  $\text{SiO}_2$  применяются в количестве, необходимом для образования  $\text{CaSiO}_3$ .

3. Подтверждена возможность дальнейшего значительного увеличения концентрации растворов HF при пиролизе  $\text{CaF}_2$  с добавкой  $\text{SiO}_2$  в количестве 30%. Последнее в сочетании с высокой скоростью процесса делает возможным разработку новой технологической схемы для переработки флюорита на техническую плавиковую кислоту.

Дальневосточный филиал  
Сибирского отделения  
АН СССР

Поступила в редакцию  
9/V 1958

## ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Михайлов, Т. И. Ведерникова, Пирогидролиз фтористого кальция и флюорита в динамических условиях с добавкой двуокиси кремния. Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 3, 1959.
2. М. А. Михайлов, Взаимодействие фторидов металлов второй группы периодической системы Д. И. Менделеева с перегретым водяным паром. Дисс., Владивосток, 1955 (хранится в библиотеке Томск. гос. ун-та).
3. М. М. Сычев, З. Д. Алексеева, Исследование процессов, происходящих при нагревании смесей  $\text{CaF}_2$  с  $\text{SiO}_2$ . Сб. научных работ по химии и технологии силикатов, 38, М., Промстройиздат, 1956.
4. О. Кубашевский, Э. Эванс, Термохимия в металлургии. М., ИЛ, 1954.
5. Э. В. Брицке и др., Термические константы неорганических веществ. М.—Л., Изд. АН СССР, 1949.
6. Selected Values of Chemical Thermo-dynamic Properties. Nat. Bur. of Standarts, Washington, 1952.

А. Т. ЛОГВИНЕНКО,  
Г. Д. УРЫВАЕВА, А. С. ТРЕТЬЯКОВА

## О ТВЕРДЕНИИ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ЦЕМЕНТА

Проблема твердения вяжущих веществ по ряду разделов еще не имеет окончательных исходных теоретических положений. Так, по химизму твердения магнезиального цемента определилось два исходных положения. Первое — в основе твердения магнезиального цемента лежит реакция образования гидрата окиси магния — разработано А. А. Байковым [1] и поддерживалось В. Ф. Журавлевым [2]. Второе — твердение магнезиального цемента объясняется образованием оксихлоридов магния — высказано впервые Сорелем [3], развивается в работах Л. Г. Берга и С. Г. Ганелиной [4]. Примиряющими несколько эти два направления являются исследования Вольфа и Вальтера-Леви [5], показавших влияние концентрации хлористого магния в воде, взятой для затворения цемента, на образование оксихлоридов и гидратацию окиси магния. В. В. Шелягин [6] также считает, что затвердевший магнезиальный цемент есть продукт реакций образования оксихлоридов и гидрата окиси магния.

В целях некоторой систематизации исследований и дальнейшего изучения химической основы твердения магнезиального цемента нами в лаборатории силикатов Химико-металлургического института Западно-Сибирского филиала АН СССР была проведена серия опытов. Часть результатов исследования изложена ниже.

## Методика исследования

В качестве исходного сырья использованы магнезит, синтезированный химически чистый углекислый магний и хлористый магний. Магнезит и углекислый магний предварительно подвергнуты термической обработке при  $700^\circ$  до полного удаления углекислоты из твердой фазы. Из полученной окиси магния и шестиводного хлористого магния подготовлены смеси при различном молекулярном соотношении  $\text{MgO}$  и  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ : 1 : 1, 2 : 1, 3 : 1, 4 : 1, 10 : 1, 15 : 1 и 20 : 1; приближающемся к практическому соотношению при затворении магнезиального цемента раствором хлористого магния уд. веса 1,2 в производственных условиях. Затворение смесей проведено водой, взятой в количестве, необходимом для получения теста нормальной густоты. После схватывания и твердения в течение 24 часов образец каждой смеси подвергался термическому и кристалло-оптическому анализам. Несколько позже было проведено рентгенографическое исследование.

Термический анализ выполнен на фоторегистрирующей термоустановке системы Н. С. Курнакова. Чувствительность гальванометра дифференциальной термопары  $6,82 \cdot 10^{-10}$  а/мм, простой термопары —  $1,15 \cdot 10^{-9}$  а/мм. Сопротивление в цепи дифференциальной термопары



8000 ом, постоянное в цепи простой термопары 30000 ом. Навеска и эталон помещались в два разных тигля, устанавливаемых в гнездах металлического блока печи. Кристаллооптический анализ выполнен при увеличении 600 на микроскопе МП-3\*. Рентгенографический анализ выполнен\*\* при следующем режиме: излучение С и  $K_{\alpha}$   $\lambda = 1,537$  КХ,  $V = 32$  кв,  $I = 14$  мА, при экспозиции 380 мин, камера диаметром 66 мм, образец диаметром 0,5 мм.

### Экспериментальные данные

1. Окись магния получена путем декарбонизации магнезита Красноярского края. Химический состав магнезита следующий:  $MgO = 46,2\%$ ,  $CaO = 1,21\%$ , п. п. п. =  $50,20\%$ ,  $SiO_2 = 0,60\%$ ,  $R_2O_3 = 0,95\%$ . Результаты термического анализа приведены на рис. 1.

На кривой нагреваний твердевшей смеси  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O = 1 : 1$  отсутствует термический эффект, соответствующий обезвоживанию гидрата окиси магния. Эндотермические эффекты при  $590^\circ$  и  $730^\circ$  соответствуют оксихлоридам. На кривой нагревания твердевшей смеси  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O = 2 : 1$  наряду с эндотермическими эффектами оксихлоридов при  $480$ ,  $570$  и  $725^\circ$  появляется едва заметный эффект при  $420^\circ$ . По мере увеличения содержания окиси магния в твердевшей смеси от  $3 : 1$  до  $15 : 1$  наблюдается постепенное увеличение эндотермического эффекта при  $420-410^\circ$ , указывающее на повышение относительного содержания гидрата окиси магния в образце. Одновременно уменьшаются температурные эффекты, свидетельствующие о присутствии оксихлоридов. Последние совершенно отсутствуют на кривой нагревания смеси с соотношением  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O = 20 : 1$ .

2. Окись магния получена путем декарбонизации химически чистого углекислого магния. Результаты термического анализа приведены на рис. 2. На кривой нагревания твердевшей смеси  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O = 1 : 1$  ярко выражены эндотермические пики, соответствующие присутствию оксихлоридов. То же наблюдается в случае смеси с соотношением компонентов  $2 : 1$ . При увеличении содержания окиси магния до трех молекул на одну молекулу хлористого магния в твердевшей смеси обнаруживается наличие гидрата окиси магния наряду с основной массой оксихлоридов. При дальнейшем увеличении содержания окиси магния в смеси после твердения наблюдается несколько большее количество гидрата окиси магния при соответствующем уменьшении оксихлоридов. Однако в смеси  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O = 20 : 1$  термическим анализом еще обнаруживаются оксихлориды.

3. Кристаллооптический анализ, выполненный для всех смесей последовательно с использованием исходных материалов в качестве эталонных проб, подтверждает полностью приведенные выше результаты (табл. 1).

4. Рентгенографический анализ подтверждает преобладание окиси хлоридов в твердевших смесях с соотношением окиси магния и хлористого магния  $1 : 1$ ,  $2 : 1$ ,  $3 : 1$ ,  $4 : 1$ , преобладание гидрата окиси магния по сравнению с наличием оксихлоридов в смеси  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O = 10 : 1$  и почти полное отсутствие окиси хлоридов в смесях  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O = 15 : 1$  и  $20 : 1$ . Наряду с этим обнаружено присутствие окиси магния, зафиксированное также и кристаллооптическим анализом.

\* Литологом Н. И. Парвицкой.  
\*\* Д. К. Архипенко.

Таблица 1

Состав смеси	Внешний вид	Показатель преломления	Название
	<b>MgO получена обжигом <math>MgCO_3 \cdot 3H_2O</math> при <math>700^\circ</math></b>		
1:1	Крупные зерна пластинчатой формы, агрегативной или волокнистой и чешуйчатой структуры. При скрещенных николях цвета интерференции первого порядка от серого до зеленого	1,504—1,520	Оксихлориды различного состава
2:1	Аналогичен предыдущей пробе. Несколько интенсивнее переход в чешуйчатые агрегаты. Появились изотропные листочки	.	»
3:1	Аналогичен предыдущей пробе. Интенсивнее переход в тонкочешуйчатые агрегаты и появление изотропных участков	1,513—1,522	»
4:1	Аналогичен предыдущей пробе. Еще интенсивнее переход в чешуйчатые агрегаты и появление изотропных листочков	.	»
10:1	Зерна пластинчатой, иногда волокнистой структуры, изотропные, представляют в общей массе изоморфную сцементированную массу. Хорошо выделяются зерна пластинчатой формы листоватого сложения. Количество 60—65%	1,552—1,559 и 1,538—1,540	Гидрат окиси магния
	Встречаются чешуйчатые зерна с дву-преломлением	1,564—1,570 иногда 1,588	.
15:1	Аналогичен предыдущей пробе. Иногда зерна, мелкие чешуйки	1,552—1,559 1,564—1,580	Гидрат окиси магния
20:1	Тот же	1,552—1,559 иногда 1,561—1,564	Гидрат окиси магния и редко MgO
	Одиночные зерна овальной формы	1,580—1,588	.
	Чешуйчатой структуры зерна в рассеянном виде и агрегатах	1,564—1,575	.
	<b>MgO получена обжигом магнезита при <math>700^\circ</math></b>		
1:1	Крупные прозрачные зерна с различной степенью изменения. При скрещенных николях спектр первого порядка. Наблюдается расщепление зерен по спайности с образованием волокнистой или агрегативной структуры. Очень редки листочки и призматические зерна	1,508—1,513 1,560—1,570	Оксихлориды Возможно, гидрат окиси магния
2:1	Аналогичен предыдущей пробе. Процесс перехода в чешуйчатую агрегативную структуру несколько интенсивнее	.	Оксихлориды и редко гидрат окиси магния
3:1	Процесс перехода в агрегативные формы интенсивнее. Наблюдается образование изотропных листоватых зерен с наличием включений в изотропных сечениях и сечениях с цветами интерференции первого порядка	1,528—1,534 1,560	Оксихлориды переменного состава. Содержание гидрата окиси магния немного заметнее
4:1	Крупные зерна, бесцветные, цементируются изотропной массой, в которой просвечивают мелкие чешуйки с низким дву-преломлением и агрегативные зерна с яркой интерференционной окраской	1,508—1,513 1,528—1,534 1,560—1,564	То же

Продолжение табл. 1.

Состав смеси	Внешний вид	Показатель преломления	Название
10:1	Смешанная масса зерен пластинчатой, иногда волокнистой формы общим количеством 60—65% Встречаются изоморфная цементированная масса и чешуйчатые формы	1,552—1,559 реже 1,561—1,564 1,538—1,540 1,564—1,570 1,580—1,588	Гидрат окиси магния
15:1	Аналогичен предыдущей пробе Изотропные пластинки и мелкие чешуйки	1,552—1,559 иногда 1,564 1,570—1,580 редко 1,588	Гидрат окиси магния, редко MgO
20:1	Тот же. Изотропные зерна, иногда листоватой структуры и чешуйчатой в виде агрегатов и рассеянные	1,552—1,559 и 1,561—1,564 1,570—1,575	

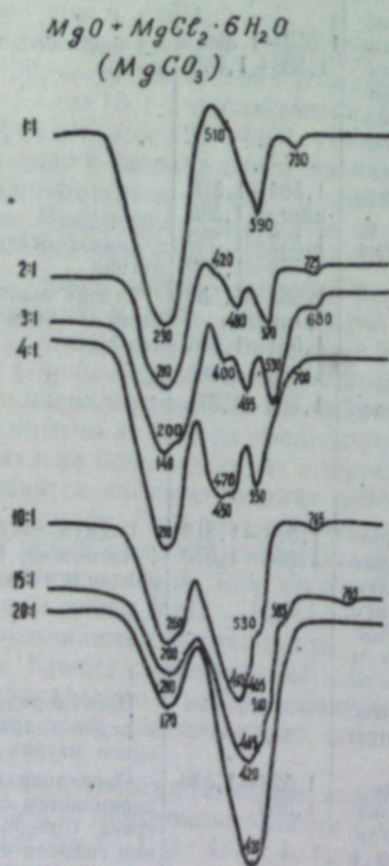


Рис. 1.

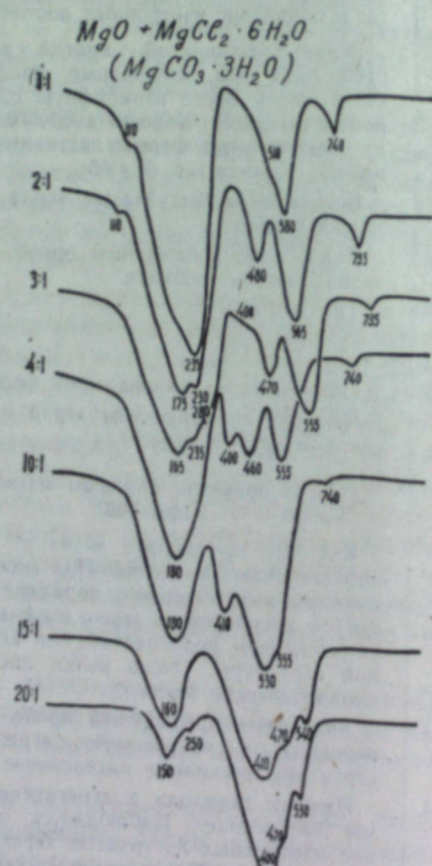


Рис. 2.

Результаты рентгенографического анализа для смесей окиси магния, полученной обжигом природного магнезита с хлористым магнием, иллюстрируют сказанное (табл. 2).

Таблица 2

№ п.п.	2:1		4:1		15:1	
	<i>I</i>	<i>dA</i> °	<i>I</i>	<i>dA</i> °	<i>I</i>	<i>dA</i> °
1	4*	5,79	—	—	—	—
2	10	4,08	10	4,07	3	4,72
3	3	3,55	1	3,29	2	4,11
4	3	3,03	3	2,97	1	2,68
5	8	2,89	3	2,81	10	2,38
6	9**	2,75—2,60	6	2,69	4	2,10
7	10	2,43	6	2,61	8	1,80
8	1	2,22	10	2,39	10	1,58
9	4*	1,97	6	2,08	10	1,49
10	4*	1,85	5	1,94	2*	1,37
11	2	1,79	2	1,82	3*	1,31
12	2*	1,72	1	1,75	1	1,27
13	2	1,63	2	1,69	2*	1,21
14	4	1,56	4	1,56	2*	1,18
15	4	1,48	6	1,47	3*	1,00
16	2*	1,42	1	1,26		
17	—	—	3	1,21		
			1	0,963		
			5	0,938		
			5	0,858		

ПРИМЕЧАНИЕ: Для расшифровки использованы эталонные образцы окиси магния, гидрата окиси магния и хлористого магния.

\* Размытая.  
\*\* Очень слабая, двойная

### Обсуждение результатов

Изложенные результаты термического, кристаллооптического и рентгенографического анализов подтверждают соображения о влиянии соотношения окиси магния и хлористого магния, при достаточном количестве воды, на образование оксихлоридов и гидроксидов магния. При соотношении 1:1 до 4:1 при твердении образуются преимущественно оксихлориды переменного состава.

Переменный состав оксихлоридов, получающихся при твердении смесей  $MgO + MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , объясняется различным соотношением исходных компонентов в смеси и характеризуется в данном случае изменением показателей преломления.

Все оксихлориды, синтезированные из смесей  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O$  от 1:1 до 4:1, чрезвычайно неустойчивы не только по отношению к прямому воздействию воды, но и паров воды, находящихся в окружающем воздухе, а также и по отношению к спирту. Поэтому они не могут служить основой для получения материала со значительной механической прочностью в естественных атмосферных условиях службы затвердевшего магнезиального цемента.

Исследования Л. Г. Берга и С. Г. Ганелиной [4] также свидетельствуют о малой прочности оксихлоридов и легком разложении их с выделением гидрата окиси магния и почти не меняющейся механической прочности образцов при гидролизе оксихлоридов с образованием  $Mg(OH)_2$ . Это косвенно подтверждает большую вероятность образования гидрата окиси магния в условиях твердения магнезиального цемента.

Нашими исследованиями показано, что при соотношении  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O$  от 10:1 до 20:1 в смеси после твердения преобладает гидрат окиси магния. Оксихлориды содержатся в этих смесях в весьма небольшом количестве или почти отсутствуют. Практически, в условиях

затворения магнезиального цемента раствором хлористого магния уд. веса 1,2, молекулярное отношение окиси магния к хлористому магнию  $> 20$ . Таким образом, условия образования оксихлоридов неблагоприятнее, чем в проверенных нами случаях. Следует считать более обоснованным мнение о твердении магнезиального цемента на основе образования гидрата окиси магния. Влияние хлористого магния и других примесей, снижающих растворимость гидрата окиси магния, может быть объяснено их диспергирующим действием, ускоряющим образование коллоидно-дисперсной фазы, развитие коагуляционной структуры, кристаллизацию и образование цементного камня.

#### Заключение

Основными продуктами твердения смесей  $MgO + MgCl_2 \cdot 6H_2O$  с молекулярным соотношением компонентов от 1:1 до 4:1 являются оксихлориды переменного состава. При твердении смесей с соотношением от 10:1 до 20:1 преимущественно образуется гидрат окиси магния. В смеси  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O = 20 : 1$  оксихлориды почти не образуются. Это в особенности справедливо в случае использования окиси магния, полученной путем обжига при  $700^\circ$  природного магнезита. При практическом использовании магнезиального цемента отношение  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O$  (молекулярное) более 20:1. Следовательно, основой твердения магнезиального цемента является образование гидрата окиси магния, что подтверждает теоретические соображения А. А. Байкова. Экспериментальные данные других исследователей с полученными результатами и выводами увязываются в полной мере, так как охватывают несколько меньший интервал соотношений  $MgO : MgCl_2 \cdot 6H_2O$ .

Влияние хлористого магния и других солей, вызывающих ускорение твердения магнезиального цемента, следует объяснить их диспергирующим действием.

Западно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
21/VII 1958

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Байков, Каустический магнезит, его свойства и отвердевание. Собр. трудов, т. 5. Изд. АН СССР, Л.—М., 1948.
2. В. Ф. Журавлев, Химия вяжущих веществ. Госхимиздат, Л.—М., 1951.
3. С. Р. Sorel, Sur un nouveau ciment magnésien. Paris, Acad. Sci., vol. LXV, 1867.
4. Л. Г. Берг, С. Г. Ганелина, К вопросу о физико-химической сущности твердения магнезиального цемента. Изв. Казанского филиала АН СССР, № 2, 1955.
5. P. M. de Wolff and Z. Walter-Levy, The study of sorcecement. Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, vol. 229, 1949.
6. В. В. Шелягин, Магнезиальный цемент. Госстройиздат, М.—Л., 1933.

В. В. ВЕСЕЛОВ

#### — ПРИБОР ДЛЯ УСКОРЕННОГО ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА УГЛЕВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ\*

Среди многочисленных методов хроматографического анализа углеводородных смесей особое место занимают методы вытеснительного анализа, использующие небольшие образцы адсорбента. Именно эти методы сочетают преимущества хроматографии с необходимой быстротой анализа. Небольшая навеска, часто менее  $1 \text{ см}^3$ , малый расход адсорбента являются дополнительными и очень ценными преимуществами таких методов.

Однако осуществление их связано со специфическими трудностями, вызванными необходимостью работать с очень небольшими количествами анализируемого продукта.

Одним из приемов, предназначенных для решения этой проблемы, является применение специальных индикаторов, позволяющих в ультрафиолетовом свете наблюдать зоны компонентов смеси, что дает возможность определять их соотношение по длине зон [1]. Такое определение возможно при условии, что продукт после полного разделения поступает в особую, очень узкую секцию колонки, которая имеет достаточную длину и постоянный диаметр.

Для анализа  $1 \text{ см}^3$  продукта применяется колонка с общей длиной до 1,5 м и диаметром до 5 мм. Необходимость применять специальные индикаторы, работать с источником ультрафиолетового света, использовать довольно громоздкую аппаратуру является отрицательной стороной этого метода.

Другое направление, решающее проблему хроматографического анализа небольших (до  $0,5 \text{ см}^3$ ) количеств продукта, заключается в применении сравнительно коротких (15—20 см) конусообразных колонок. Для контроля за ходом разделения по этому методу может применяться доступный индикатор на ароматические углеводороды (формальдегид + серная кислота), окрашивающий суженный носик колонки в момент появления ароматического продукта [2], или показатель преломления, определяемый для капель фильтрата, каждая из которых собирается в отдельный капиллярный приемник [3]. Применение конусообразных колонок способствует сокращению времени анализа и улучшению четкости разделения [4].

Продолжая работу в этом направлении, мы задались целью разработать такой прибор, который мог бы обеспечить практически непрерывный контроль за составом потока фильтрата. При этом нам представлялось важным решить эту задачу самыми простыми средствами, так как, по нашему убеждению, применение сложной аппаратуры для контроля за ходом процесса хроматографического разделения идет в разрез с замечательной простотой метода М. С. Цвета.

\* В экспериментальной части работы принимала участие Н. В. Михайлова.

С этой целью необходимо было подобрать для контроля за процессом такую константу, определение которой в потоке жидкости не было бы связано с применением сложной аппаратуры. Поскольку метод предполагалось применить для определения содержания ароматических углеводородов в нефтепродуктах, то необходимо было, чтобы такая константа имела достаточно различающееся значение для ароматических и насыщенных углеводородов, а также для спиртов. Константой, в значительной мере удовлетворяющей этим требованиям, является поверхностное натяжение.

Насколько нам известно, эта константа ранее не применялась для контроля за ходом хроматографического процесса. Нужно было ожидать, что она, как и многие другие, не является аддитивной. Все это заставило нас прежде всего выяснить принципиальную возможность использования такой константы, а это

невозможно было сделать, не оценив, в какой мере она отклоняется от аддитивности. С этой целью определялось поверхностное натяжение следующих смесей индивидуальных веществ: гептан + изооктан, гептан + бензол, гептан + толуол, спирт + бензол, спирт + толуол. Измерения проводились методом наибольшего давления пузырьков. Результаты их показаны на рис. 1. Из графиков следует, что наблюдаемое отклонение от аддитивности для поверхностного натяжения не настолько велико, чтобы можно было считать невозможным применение этой константы для контроля за ходом хроматографического разделения.

Имеется несколько методов определения поверхностно-

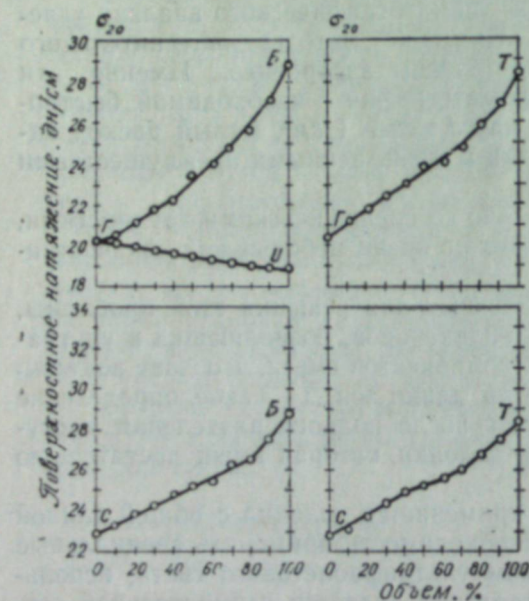


Рис. 1. Зависимость поверхностного натяжения от состава смесей.

Буквы на графике соответствуют чистым компонентам: Г — гептан, И — изооктан, Б — бензол, Т — толуол, С — спирт этиловый.

го натяжения, но наиболее удобным для измерения этой константы в потоке является, по-видимому, метод наибольшего давления пузырьков [5]. Он заключается в определении максимального давления, возникающего при образовании пузырьков воздуха на кончике капилляра, слегка погруженного в жидкость. Поверхностное натяжение прямо пропорционально этому давлению.

Когда давление замеряется с помощью наклонного манометра, поверхностное натяжение пропорционально показаниям такого манометра:

$$\sigma = KN,$$

где  $\sigma$  — поверхностное натяжение,

$K$  — коэффициент пропорциональности,

$N$  — показание наклонного манометра.

По этому уравнению, если известно  $K$ , можно производить определение поверхностного натяжения. Коэффициент  $K$  определяется по эталонной жидкости с известным поверхностным натяжением с применением данного уравнения.

Как оказалось, можно избежать определения  $K$  и последующих пересчетов по приведенной формуле, если применить следующий очень простой прием.

Используя эталонную жидкость с известным поверхностным натяжением, необходимо подобрать такое положение наклонного манометра, при котором коэффициент  $K = 1$ . Этого можно достигнуть, если при проведении определения поверхностного натяжения эталонной жидкости постепенно изменять угол наклона манометра до тех пор, пока уровень в трубке манометра не будет совмещен с тем показанием шкалы, которое численно равно поверхностному натяжению эталонной жидкости. При этом  $K = 1$  и показания установленного таким образом манометра с равномерной шкалой будут соответствовать значениям поверхностного натяжения.

Такое преимущество прибора для определения поверхностного натяжения имеет особое значение, когда прибор применяется для контроля за ходом хроматографического процесса, так как оно позволяет быстро, без применения пересчетов, определить константу, с помощью которой осуществляется контроль за ходом разделения.

Для определения поверхностного натяжения методом наибольшего давления пузырьков в потоке жидкости нужно иметь проточную кювету, в которую можно было бы погрузить капилляр. Эта кювета должна быть небольшой, так как для хроматографического анализа на малых конусообразных хроматографических колонках применяется менее 1 мл продукта. Из нескольких проверенных типов кювет удовлетворительные результаты показала кювета, представляющая собой небольшую вмятину на относительно широкой наклонной трубке (рис. 2). Применение такой кюветы исключает задержку продукта, поскольку после прохождения каждого пузырька она в значительной мере опорожняется. При этом капилляр находится в непогруженном состоянии очень короткое время, так как натекающая жидкость немедленно заполняет кювету. Хорошее стекание продукта из кюветы обеспечивает постоянство погруженного капилляра. Лучшие результаты, как показала практика, получаются в том случае, когда капилляр помещен не посередине кюветы, а несколько сбоку, так, как изображено на рис. 2. Продукт подается по наклонной трубке от колонки, помещенной в специальный отвод коллектора, к которому колонка крепится с помощью резиновой трубки. Конструкция нижней части хроматографической колонки показана на том же рисунке. Длина конусообразной части у такой колонки составляет 90 мм. Конусообразная часть колонки переходит в цилиндрическую, диаметром 10 мм и длиной 100—120 мм. У коллектора также имеется отвод для капилляра. Форма капилляра показана на рис. 2, диаметр отверстия капилляра составляет 0,03 мм. После кюветы продукт поступает в приемник объемом 1 см<sup>3</sup>, наименьшее давление которого

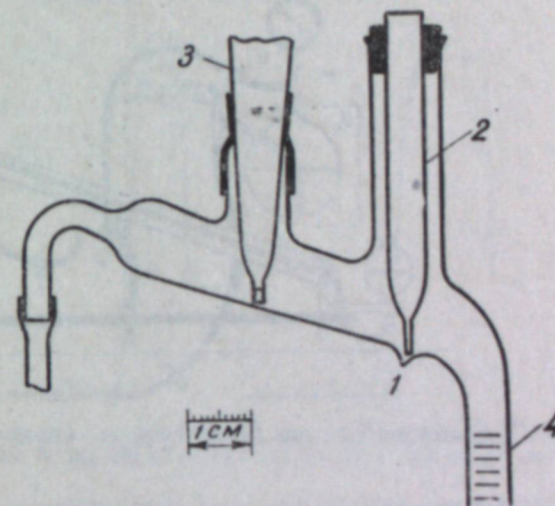


Рис. 2.

Коллектор с кюветой — 1, капилляром — 2, колонкой — 3 и приемником — 4.

0,01 см<sup>3</sup>. В качестве такого приемника можно использовать градуированную часть от микробюретки, запаяв ее снизу по уровню нижнего сечения.

Конструкция коллектора, показанная на рис. 2, обеспечивает минимальную задержку протекающего продукта; коллектор прост в изготовлении.

Общая схема прибора (окончательный вариант) показана на рис. 3. Основными частями прибора являются хроматографическая колонка 1 с коллектором 2 и приемником; наклонный манометр 3 с приспособлением для плавного изменения угла наклона; прибор 4 для создания очень небольшого вакуума, необходимого, для образования пузырьков; склянка 5 для создания давления над жидкостью в хроматографической колонке.

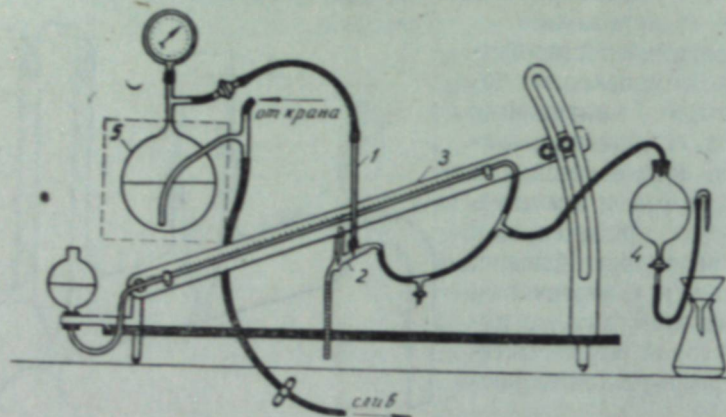


Рис. 3. Схема прибора для ускоренного хроматографического анализа углеводородных смесей.

Работа на данном приборе начинается с загрузки хроматографической колонки необходимым количеством адсорбента (силикагель КСМ, —200 + 270 или —270 меш), который тщательно уплотняется. Затем носик колонки подсоединяется к водоструйному насосу, и только тогда в колонку заливается анализируемый продукт (0,7 мл). После впитывания продукта заливается вытеснитель (спирт), и колонка с коллектором подсоединяется к прибору так, как показано на рис. 3. При закрытом зажиме на отводящей линии в огражденную для безопасности колбу 5 подается вода для создания в ней необходимого давления (0,4—0,8 атм). Колба и колонка соединяются с помощью крана, и над жидкостью в хроматографической колонке создается давление.

К этому времени вся аппаратура, необходимая для определения поверхностного натяжения, должна находиться в рабочем состоянии. Манометр устанавливается на нуль (удобно, если это положение совпадает с центром оси шарнира наклонного манометра), наклон манометра выбирается так, как было описано выше. Склянка для создания вакуума с капилляром должна быть заполнена водой. Примерное положение капилляра по отношению к уровню воды в колбе находится следующим образом. Колба для создания вакуума соединяется только с манометром, и из нее начинают сливать жидкость при различных положениях капилляра. При этом подбирается такое его положение, которое обеспечивает медленный, но хорошо заметный на глаз подъем жидкости в манометре.

До тех пор, пока жидкость под действием давления не начнет вытекать из колонки и не заполнит кювету, в которую погружен кончик капилляра, вся система соединена через кран с атмосферой.

После заполнения кюветы упомянутый кран перекрывается и открывается у колбы для создания вакуума, что приводит к образованию разрежения и появлению пузырька. Чтобы ускорить образование вакуума, имеет смысл опустить капилляр на штативе ниже выбранного ранее положения. Но сразу же после образования первого пузырька кран на стоке воды перекрывается и капилляр возвращается в прежнее положение. Теперь при открывании крана на стоке жидкости увеличение вакуума в системе будет проходить медленно, что будет способствовать медленному образованию пузырьков и, следовательно, более точному определению поверхностного натяжения. Желательно, чтобы при открывании крана (на колбе для образования вакуума) через капилляр проскакивал один пузырек. Время от момента открывания крана до образования пузырька должно равняться 1—2 сек.

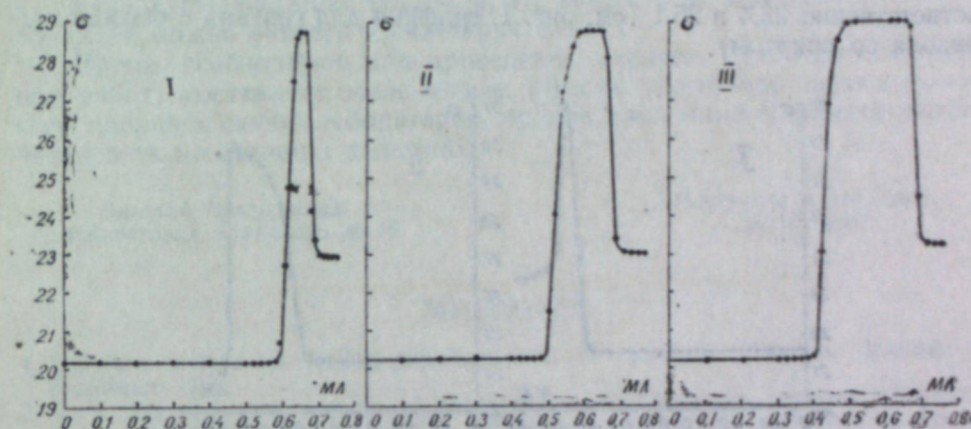


Рис. 4. Хроматограммы искусственных смесей бензола и гептана. Содержание бензола в смесях, объем. %:  
I — 9,3%; II — 24,2%; III — 38,3%.

В момент проскакивания пузырька фиксируется максимальное показание манометра (величина поверхностного натяжения) и одновременно записывается количество фильтрата в приемнике. Так как кончик капилляра заполнен небольшим количеством жидкости, оставшейся после предыдущего определения, то для улучшения результатов рекомендуется непосредственно перед каждым определением поверхностного натяжения пропускать через капилляр пузырек воздуха для очистки капилляра. Таким образом в течение опыта можно проводить много определений. Однако число их следует ограничить, так как при пропуске над жидкостью значительного количества пузырьков станут заметными потери продукта, который может уходить в виде паров с потоком воздуха. При определении ароматических углеводородов в углеводородных смесях до момента ожидаемого появления ароматических углеводородов не следует определять поверхностное натяжение чаще, чем через 0,1 мл. Появление первых порций ароматических соединений можно, в частности, заметить по диффузионным струйкам, и только тогда определения нужно производить с большой частотой, например через каждые 0,02 мл. Такая частота необходима до тех пор, пока падение величины поверхностного натяжения не покажет, что в фильтрате появился спирт; появление спирта будет свидетельствовать о том, что анализ закончен.

Результаты определений поверхностного натяжения фильтрата на-

носятся на график, в зависимости от объема фильтрата получается хроматограмма.

На рис. 4 в качестве примера приведены хроматограммы, полученные на описанном приборе при анализе трех искусственных смесей бензола с гептаном.

Несмотря на то, что на хроматограммах переходы от гептана к бензолу и от бензола к спирту достаточно резкие, возникают известные затруднения при выборе на хроматограмме истинной границы между этими продуктами.

Мы принимали, что такой границей является та точка на хроматограмме, которая соответствует фильтрату, состоящему из равных количеств продуктов, составляющих промежуточную фракцию. Для промежуточной фракции гептан — бензола и бензол — спирт на хроматограмме такой точке соответствуют точки с поверхностным натяжением соответственно 23,4 и 25,1 (см. рис. 1, графики для гептана с бензолом и бензола со спиртом).

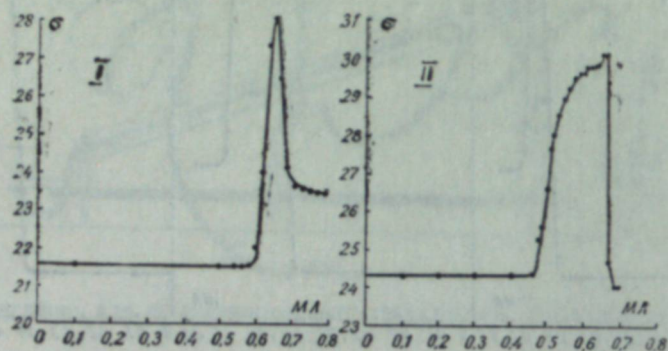


Рис. 5. Хроматограммы бензина до 112° (I) и фракции 109—236° гидрогенизата (II).

На рис. 5 также приведены хроматограммы продуктов гидрирования. Для подобных сложных смесей мы принимали за границу между насыщенными и ароматическими углеводородами точку на хроматограмме, которой соответствует поверхностное натяжение, среднее между поверхностным натяжением ароматических и насыщенных соединений. Подобным же образом находилась и граница между ароматическими углеводородами и спиртом.

Результаты параллельных анализов смесей бензола и гептана известного состава с применением описанной методики приведены в табл. 1. Сравнение результатов, полученных объемным сернокислотным [6] и хроматографическим методами при исследовании продуктов гидрирования, дано в табл. 2.

Таблица 1

Состав искусствен. смеси, объем. %		Разница	Состав искусствен. смеси, объем. %		Разница
задано	получено		задано	получено	
9,3	9,9	-0,6	24,2	23,5	+0,7
9,3	9,2	+0,1	38,3	38,6	-0,3
9,3	10,0	-0,7	38,3	39,2	-0,9
9,3	10,0	-0,7	38,3	39,5	-1,2
9,3	9,7	-0,4	38,3	38,2	+0,1
24,2	24,6	-0,4	38,3	38,8	-0,5

Таблица 2

Наименование продуктов	Содержание ароматических углеводородов, объем. %			
	сернокислотный метод		хроматографический метод	
	I	II	I	II
Бензин до 130° из гидрогенизата I	9,4	8,5	8,7	8,8
Бензин до 130° из гидрогенизата II	6,3	7,0	7,4	6,8
Фракция гидрогенизата II 109—236°	25,1	24,5	24,6	22,7

Результаты проверки показали, что точность метода анализа малых образцов можно считать удовлетворительной.

Время, необходимое для проведения анализа (без подготовительных работ), составляет около 30 мин. Прибор достаточно прост и может быть собран в любой лаборатории, причем наклонный манометр можно установить на обычных штативах.

Ангарск, Центральная лаборатория Комбината № 16

Поступила в редакцию 21/VII 1958

#### ЛИТЕРАТУРА

- Standarts method for testing petroleum and its products. London, Institute of Petroleum, 1956.
- В. В. Веселов, К вопросу об определении адсорбционным методом группового состава углеводородных смесей. Сб. исследования черемховских углей и продуктов их химической переработки, стр. 55, Изд. АН СССР, М., 1955.
- В. В. Веселов, Некоторые пути ускорения и повышения эффективности адсорбционного метода анализа углеводородных смесей. Сб. Состав и свойства нефтей и бензино-керосиновых фракций, стр. 347, Изд. АН СССР, М., 1957.
- В. В. Веселов, Конусообразные хроматографические колонки. Химия и технология топлив и масел, № 7, стр. 66, 1958.
- Н. К. Адам, Физика и химия поверхностей. Гостоптехиздат, 1947.
- Методы испытания нефтепродуктов. Гостоптехиздат, М.—Л., 1953.

В. Г. ЗОЛЬНИКОВ

НЕКОТОРЫЕ КРИТИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ  
НА СТАТЬЮ С. А. КОЛЯГО «О СИСТЕМАТИКЕ И ПОСТРОЕНИИ  
ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЯДОВ ПОЧВ»\*

В упомянутой статье С. А. Коляго развивает взгляды, изложенные им ранее [1, 2]. Суть этих взглядов заключается в следующем. Развивая идеи акад. И. П. Герасимова [3—5] о едином почвообразовательном процессе, автор считает, что познание этого процесса является «...одной из важнейших теоретических задач современного почвоведения» (стр. 124).

Под единым почвообразовательным процессом автор понимает неразрывную связь и единство современного почвообразования земного шара с почвообразованием прошлых геологических времен и, в частности, с первобытным почвообразованием, протекавшим в период зарождения жизни на Земле. Задача изучения единого почвообразовательного процесса сводится к восстановлению исторического развития почвенного покрова Земли от первобытных почв до современных.

В связи с этим, по мнению С. А. Коляго, приобретает огромное значение изучение факторов времени и пространства в почвообразовании.

В последнем сообщении автор пишет, что на первом этапе познания единого почвообразовательного процесса представляется целесообразным, во-первых, выявить различные в почвенно-геологическом отношении участки континентов, во-вторых, установить число палеогеографических почвенных покровов в пределах каждого такого участка и, в-третьих, воссоздать историю развития как современных, так и палеогеографических (исчезнувших — В. З.) почвенных покровов. «При разрешении указанных ближайших задач, — пишет автор, — необходимо опираться на условия почвообразования, изучая не только их современные комплексы, но и палеогеографические» (стр. 124).

Признавая задачу эту весьма сложной, С. А. Коляго предлагает разрабатывать соответствующие методы, в основу которых должен быть положен актуалистический принцип в диалектико-материалистическом его понимании.

Для познания единого почвообразовательного процесса автор предлагает использовать метод генетических рядов почв. Он различает генетические ряды почв пространственные и повременные, или историко-генетические.

Учитывая цикличность процессов развития природы, автор заключает, что историко-генетические ряды почв не могли и не могут повторять ряды пространственные. Вместе с тем автор утверждает, что пространственные и историко-генетические ряды почв формировались и формируются в результате единого процесса развития почв и условий

\* С. А. Коляго, О систематике и построении генетических рядов почв (к основам палеопочвоведения). Сообщ. III, Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 3, 1959.

почвообразования. Поэтому, «...опираясь на изучение пространственных рядов... можно подойти и к выявлению историко-генетических рядов» (стр. 126) (к выявлению истории развития почв современных и палеогеографических — исчезнувших). «Современные пространственные ряды почв, — пишет С. А. Коляго, — легко выявляются на основе почвенно-географического изучения того или иного современного почвенного покрова. Более древние пространственные генетические ряды в пределах той же территории могут быть определены только на основе восстановленной географии почв в соответственный отрезок геологического или исторического времени. Разумеется, степень детальности и достоверности восстановления былой географии почв и, следовательно, былых пространственных генетических рядов почв зависит от уровня развития палеопочвоведения и других сопредельных наук (стр. 126) (разрядка наша — В. З.)»

Приведенные выдержки характеризуют основные мысли автора по вопросу об едином почвообразовательном процессе. Они показывают, что автор не всегда последователен в мышлении. Например, в одном месте он утверждает, что историко-генетические ряды почв возможно установить при изучении современных пространственных рядов почв; в другом месте он говорит, что историко-генетические ряды почв возможно выявить только при восстановлении географии почв в соответственный отрезок времени, при помощи палеопочвоведения и других смежных наук.

Нельзя согласиться с автором, что изучение единого почвообразовательного процесса является первостепенной задачей современного почвоведения. С. А. Коляго ставит перед наукой непосильную задачу — восстановить историю развития почвенного покрова земного шара или части территории его от начала зарождения жизни и до нашего времени. Задача эта невыполнима потому, что почвенные покровы значительной части этого огромного отрезка времени бесследно исчезли с лица земли. Весьма сомнительно, что, пользуясь актуалистическим принципом, данными палеопочвоведения и сопредельных с ним наук, можно восстановить историю развития почвенного покрова, например, юрского или другого геологического времени.

Актуалистический принцип имеет силу в палеонтологии потому, что мы знаем законы наследственной изменчивости организмов и находим бесчисленное количество форм ископаемых организмов.

Известно, что почвенные образования наследственностью не обладают и не могут сохранять свои формы в неизменном состоянии сколь угодно длительный промежуток геологического времени.

Весьма сомнительно также, что по данным сопредельных наук, например, палеонтологии и палеоботаники, возможно изучить характер почв того или иного геологического времени. Мы знаем, что между современными почвами и растительностью не везде существует прямая связь и что современные почвенный и растительный покровы той или иной зоны часто характеризуются значительной пестротой.

Непонятно, каким образом мы используем жалкие крохи познаний о почвах прошлых геологических времен для решения актуальных проблем современного почвоведения и практики.

Мы полностью согласны с С. А. Коляго в том, что необходимо развивать исторический подход к изучению почв, уделять больше внимания времени и пространству, как факторам почвообразования. Однако нам непонятно стремление автора познать историю и развитие давно исчезнувших почв и не видеть развития почв современных. Изучение почв, как никаких других тел природы, убедительно показывает правильность

взглядов марксистской философии на пространство и время. Пространство и время являются объективно-реальными формами существования материи. Почвы, как и любая другая материя, не могут существовать вне пространства и времени. Они сами формируют свое пространство, сами представляют собой специфическое почвенное пространство, находящееся в непрерывном движении — развитии.

Как отмечалось нами ранее [6], развитие почв существенно отличается от развития и эволюции живых организмов. В отличие от последних почвы при уничтожении их эрозией или при появлении новой суши могут неоднократно возникать заново одновременно в нескольких местах, без какой-либо связи с ранее существовавшими на этих местах почвами.

Живые организмы проходят ряд стадий в своем онтогенетическом развитии и умирают. Почвы также не появляются сразу зрелыми, вполне развитыми, а проходят ряд стадий развития от примитивных, зачаточных, до полноразвитых, зрелых почв — генетических типов [6].

Эти зрелые почвы (генетические типы почв), если не уничтожены эрозией или не опустились под воды моря, в отличие от живых организмов, не стареют и не умирают, а вечно «стремятся» остаться зрелыми, если биоклиматические условия их существования не испытывают резких изменений. При резком изменении последних они эволюционируют, «перерождаются» в другие, соответствующие этим новым биоклиматическим условиям. В зависимости от материального состава и строения зрелой почвы ее «перерождение» в новую, зрелую почву может проходить или относительно быстро, или весьма медленно. При этом возникают почвы, находящиеся на различных стадиях своего «перерождения» — перехода из старых зрелых почв в новые, несущие в себе реликтовые черты строения и свойств, оказывающие существенное влияние на их плодородие. Такие почвы занимают обширные территории в Якутии и описаны нами ранее [7].

Изложенная точка зрения на развитие почв находится в противоречии с принципом циклического развития процессов земной коры, по которому эти процессы на земном шаре везде со временем доходят до одного и того же конца (циклы развития горных пород, циклы выветривания первичных минералов и т. д.). Но в том-то и дело, что почва — это не просто земная кора, видоизмененная выветриванием горная порода, а самостоятельное природное тело, в котором циклические процессы земной коры протекают под активным воздействием на горные породы живых организмов. Под их воздействием в разрыхленной горной породе появляется новое качество — плодородие (накапливается перегной, образуются органо-минеральные соединения, возникают вторичные почвенные минералы). Это новое качество горной породы — плодородие — уже не подчиняется циклам развития земной коры, а имеет свои почвенные законы развития и существования. Более подробно о развитии почвенных образований, о возникающих при этом бесчисленных их формах написано нами ранее [6, 7]. Отметим, что в развитии зрелых, зональных почв из горных пород, являющихся азональными образованиями по отношению к биоклиматическим условиям их современного существования, заключается процесс формирования почвенных и, в конечном итоге, ландшафтных зон природы. Сами почвенные и природные зоны не сваливаются на землю с небес готовыми, а возникают, развиваются и непрерывно эволюционируют, переходят в другие.

Процесс формирования почвенных зон заключается в переходе азональных образований — горных пород — сначала в интразональные

(молодые, неполностью зональные), а затем в зональные зрелые почвы. Так же и процесс формирования природных зон заключается в превращении азональных элементарных ландшафтов в интразональные и, наконец, в типичные полностью зональные.

Но так как энергетический баланс земного шара не остается постоянным и эндогенные силы Земли непрерывно изменяют формы ее рельефа, то климат земного шара не остается постоянным. Поэтому процесс формирования почвенных природных зон никогда не приостанавливается, а вечно продолжается. К сожалению, многие наши исследователи-естествоиспытатели, в том числе и автор рассматриваемых статей, развитие природы (почв, ландшафтов) признают лишь формально, а не по существу. Они признают движение (развитие) природы в далеком прошлом, не отрицают продолжение его в будущем, но не видят в настоящем, на той «грешной» земле, по которой они сейчас ходят и которую они сейчас изучают. Некоторые из них считают, что в гносеологическом отношении это вполне правомерно: развитие природы протекает настолько медленно, что его непосредственно наблюдать нельзя и при изучении современных природных образований их развитием можно пренебречь. Но ведь речь идет не о том, чтобы непосредственно наблюдать развитие природы (почв, ландшафтов и т. д.), а о том, чтобы по существу признавать его. Признавать по существу развитие природы — значит уметь видеть природу во всем ее сложном многообразии. Это значит, что в каждой почвенной и природной зоне наблюдаемые нами образования не являются стадийно разновозрастными, следовательно, и качественно однородными, а представляют собой бесконечные переходы и переливы одних форм в другие, находящиеся на различных стадиях своего развития из азональных образований в типичные зональные. И среди этих развивающихся, бесконечно разнообразных форм природы существуют такие, которые соответствуют узловым моментам развития природы, когда резко изменяются качества ее форм.

В этом отношении почвенные образования каждой природной зоны являются яркой иллюстрацией относительности пространства и времени. Нет абстрактных — пустых и бессодержательных — пространства и времени, а есть пространство разнокачественной материи, в частности разнокачественных почв, каждая из которых обладает своей спецификой и находится на определенной стадии развития. Например, типичный чернозем черноземной зоны представляет собой свое специфически качественное пространство, находящееся на стадии развития зонального типа почвы, а солонец черноземной зоны — свое специфически качественное пространство, находящееся на другой стадии своего развития (интразональная почва черноземной зоны) и имеющее другую скорость развития.

Вот почему мы не согласны с С. А. Коляго, отрицающим целесообразность выделения интразональных почв на том основании, что они в своем роде тоже вполне закономерные образования. Задача науки как раз и заключается в том, чтобы уметь вскрывать различного рода закономерности развития природы, чтобы в частном, конкретном видеть общее, абстрактное и в общем, абстрактном — специфическое, конкретное. Такой подход к изучению природы необходим для практики, требующей дифференцированного подхода к использованию природных ресурсов в сельском хозяйстве.

Якутский филиал Сибирского  
отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
3/XI 1958



## ЛИТЕРАТУРА

1. С. А. Коляго, Условия почвообразования и единый почвообразовательный процесс. Сообщ. I, Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 2, 1958.
2. С. А. Коляго, Условия почвообразования и единый почвообразовательный процесс. Сообщ. II, Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 5, 1958.
3. И. П. Герасимов, Научные основы систематики и классификации почв. Почвоведение, № 8, 1954.
4. И. П. Герасимов, Происхождение природы современных географических зон на территории СССР. Изв. АН СССР, сер. геогр., № 2, 1951.
5. И. П. Герасимов, Палеогеографическое значение учения В. Р. Вильямса о едином почвообразовательном процессе. Проблемы физ. географии, т. XVI, 1951.
6. В. Г. Зольников, Об основных методологических принципах генетической классификации почв. Почвоведение, № 11, 1955.
7. В. Г. Зольников, Почвы Ленского и Олекминского районов Якутии и перспективы их сельскохозяйственного использования. Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве юго-запада Якутской АССР. АН СССР, Якутский филиал, М., 1957.

В. Б. ИЛЬИН

ФОРМЫ ФОСФОРА В КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ КУЛУНДЫ

В настоящее время все большее распространение получает изучение группового состава фосфора в различных почвенных типах СССР.

С одной стороны, подобные исследования помогают вскрыть сущность почвообразовательных процессов и необходимы для генетической характеристики почв, с другой — разделение валового фосфора на группы, разные по степени подвижности, а следовательно, и по доступности для растений, имеет практическое значение, поскольку является ценным дополнением при изучении фосфорного режима. П. А. Костычев говорил, что «...во многих случаях нам не столь важно знать количество фосфорной кислоты в почвах, как состояние, в котором она находится» [1, стр. 56].

Литература, посвященная рассматриваемому вопросу, в основном касается почв Европейской части СССР. Формы фосфатов в сибирских почвах стали изучаться только в последнее время.

Наиболее обстоятельная работа в этом направлении проделана Н. И. Богдановым [2, 3]. Он показал, что групповой состав фосфора в сибирских черноземах тесно связан с особенностями геоморфологических районов Сибири. Проявление провинциальности, определяющей различный относительный возраст черноземов Сибири, особенно сильно сказывается на содержании органического фосфора. Установлено, что для сибирских черноземов характерно более высокое содержание фосфора в гумусе, чем для европейских аналогов.

Т. П. Славнина [4] обнаружила, что основная доля фосфора в серых лесных почвах Томской области в верхнем, перегнойном горизонте представлена фосфором, связанным с органическим веществом. Вниз по профилю содержание органического фосфора резко падает, и в иллювиальном горизонте преобладает минеральная фосфорная кислота.

В. И. Котельниковым [5] был проведен количественный учет форм фосфатов в основных пахотнопригодных почвах Алтайского края, начиная с черноземов предгорий Алтая и кончая каштановыми почвами Кулундинской степи. На основании полученных данных автор делает вывод о недостаточной обеспеченности алтайских почв подвижными формами фосфатов.

П. С. Денисов [6], давая характеристику фосфорного режима почв Кулундинской степи, напротив, указывает на высокую подвижность фосфора в этих почвах и предположительно объясняет это высоким содержанием в них фосфатов 2-й группы.

Как видим, работ, посвященных изучению форм фосфатов в сибирских почвах, весьма немного. Особенно слабо в этом отношении изучены почвы Кулундинской степи.

Учитывая все это и сознавая, что данные группового состава фосфора могут иметь определенную ценность при изучении генезиса почв

и их характеристики по фосфорному режиму, мы провели в 1957—1958 гг. исследование форм фосфатов в каштановых почвах центральной части Кулундинской степи.

Объектами исследований послужили почвенные образцы, взятые на целине и старопашке в колхозе им. Сталина Ключевского района Алтайского края и на территории Славгородской опытной станции и смежного с ней колхоза. Как в Ключах, так и в Славгороде подбирались участки целины и пашни, расположенные близко друг от друга, на одинаковых почвенных разностях. Старопашотные участки были примерно в одинаковом культурном состоянии и вполне сравнимы между собой. Образцы почв для анализа брались по слоям 0—20, 20—40, 40—60, 60—80, 80—100, 130—150 и 190—210 см.

Схема исследований, имевших конечной целью характеристику группового состава фосфора каштановых почв центральной части Кулунды, позволяла, кроме того, проследить за влиянием распашки на соотношение форм почвенных фосфатов и их распределение по профилю.

Изучение группового состава фосфора, на наш взгляд, нельзя ограничивать одним лишь пахотным слоем, который, хотя и наиболее активный, но далеко не единственный горизонт, в котором происходят почвенные процессы и откуда растения берут пищу. Исходя из этого, мы брали и анализировали образцы со значительной глубины, вплоть до материнской породы.

Для определения почвенных фосфатов использовался основной вариант метода Ф. В. Чирикова [7]. Этот метод позволял разделить весь фосфор почвы на пять групп. Фосфаты каждой из групп различаются по составу, а также по степени доступности растениям. Почва последовательно обрабатывалась 0,05—0,06 н раствором  $H_2O + CO_2$ , 0,5 н раствором  $CH_3COOH$ , 0,5 н раствором  $HCl$  и 3,0 н раствором аммиака. Определение валового фосфора проводилось по методу Лебеядцева. Фосфорная кислота определялась по методу Дениже в модификации Труога. В карбонатных горизонтах учитывалось содержание  $CaCO_3$ , и при обработке образцов из этих горизонтов карбонаты нейтрализовались эквивалентным количеством соответственной кислоты.

Валовое содержание фосфора в каштановых почвах Кулундинской степи сравнительно невелико. Как показывают результаты исследований (табл. 1), в верхнем слое почвы (0—20 см) оно колеблется в пределах 680—890 мг  $P_2O_5$  на 1 кг почвы, что при округлении равно 0,07—0,09%. Вниз по профилю количество валового фосфора быстро уменьшается, достигая минимума в материнской породе. В данном случае хорошо заметна аккумуляция фосфора в верхних слоях почвы, что является одним из существенных признаков процесса почвообразования, позволяющим ярко подчеркнуть различие между почвой и породой. Указывая на различие между почвой и породой, В. Р. Вильямс писал, что «...единственным существенным и общим признаком всех почвенных образований, отличающих их от материнских пород, будет концентрация в почвенных образованиях, под влиянием воздействия на материнскую породу биологических элементов почвообразования, тех веществ, которые являются необходимыми элементами зольной и азотной пищи растений, и в наиболее яркой и общевыраженной форме — фосфора» [8, стр. 97]. Обогащение фосфором верхних слоев наиболее энергично протекает в черноземах, где биологическая аккумуляция преобладает над процессами вымывания. Подобное положение, как можно видеть из приведенных данных, в значительной мере присуще и почвам каштановой зоны.

Таблица 1  
Групповой состав фосфора, по Чирикову, в каштановых почвах Кулундинской степи

Место, угодье	Глубина взятия образца, см	Гигроскоп. влага, %	$CaCO_3$ , %	Валовой фосфор по Лебеядцеву, мг/кг	Фосфор по группам						
					1-я гр.	2-я гр.	3-я гр.	минеральный фосфор	4-я гр.	органич. фосфор (в % от валового)	5-я гр. (по разности) мг/кг
Ключи, целина	0—20	1,43	—	730	10	242	139	381	284	38,9	65
	20—40	1,31	—	620	6	232	123	361	218	35,1	41
	40—60	1,27	—	610	5	229	161	390	181	29,7	39
	60—80	1,22	0,62	585	4	252	169	421	154	26,4	10
	80—100	1,09	10,00	530	5	248	170	418	112	21,1	—
	130—150	0,58	3,56	440	5	236	157	393	25	6,4	25
190—210	0,61	3,50	450	4	271	176	451	нет	—	—	
Ключи, старопашка	0—20	1,58	—	680	12	217	144	373	250	36,8	57
	20—40	1,39	—	600	13	160	195	368	189	31,5	43
	40—60	1,43	—	650	5	245	210	400	160	24,7	30
	60—80	1,42	4,05	640	8	293	206	507	132	20,6	1
	80—100	1,43	3,95	500	8	304	115	427	88	17,6	—
	130—150	0,60	3,06	430	4	272	150	426	20	4,7	—
190—210	0,50	1,38	385	4	281	92	357	7	1,7	28	
Славгород, целина	0—20	1,70	—	890	10	297	171	468	345	38,7	67
	20—40	1,89	—	730	8	303	155	466	229	31,4	35
	40—60	1,41	2,46	640	3	337	10	440	182	28,5	18
	60—80	1,13	7,02	680	3	390	151	544	161	20,7	—
	80—100	0,83	6,21	510	3	279	147	429	89	17,4	—
	130—150	1,07	6,03	450	3	216	200	419	23	5,1	8
190—210	1,96	8,55	640	4	266	361	631	нет	—	9	
Славгород, старопашка	0—20	1,83	—	800	11	315	141	467	293	36,6	40
	20—40	1,80	—	760	12	335	149	496	212	27,9	52
	40—60	1,35	1,53	730	7	365	161	531	176	24,1	21
	60—80	1,03	6,42	620	6	402	157	463	138	20,0	19
	80—100	0,96	6,42	585	5	382	104	491	98	16,7	—
	130—150	0,82	4,74	500	5	347	135	482	17	3,4	—
190—210	0,67	1,27	430	4	275	153	432	нет	—	—	

Накопление гумуса в почве обуславливает и накопление фосфора. Так, по данным П. А. Дмитренко [9] и Д. М. Хейфец [10], в гумусе в 10 раз больше фосфора, чем в почве (примерно 1%, по сравнению с 0,1%, в пересчете на  $P_2O_5$ ).

Содержание валового фосфора в почвах Славгорода выше, чем в почвах Ключевского района. Это можно объяснить, во-первых, различием механического состава исследуемых почв (известно, что фосфор больше сосредоточен в мелких фракциях, нежели в крупных), во-вторых, неодинаковым содержанием гумуса. Северные представители каштановых почв Кулунды (Славгород) имеют суглинистый механический состав и содержат на целине около 2,5% гумуса, а южные (Ключи) представлены супесчаными разностями, содержащими 2% гумуса.

Колебания в содержании валового фосфора, наблюдаемые в материнской породе, объясняются некоторой неоднородностью ее механического состава.

Содержание фосфора на пашне, где не вносятся удобрения, всегда меньше, чем на соседних целинных и залежных участках. В основном уменьшение содержания фосфора при распашке целины и залежи наблюдается в самом верхнем, наиболее гумусированном горизонте почвы и связано как с выносом фосфора культурными растениями, так и с

широко развитыми в Кулунде процессами ветровой эрозии, приводящими к выдуванию из почвы ее наиболее плодородной, мелкоземной части. Кроме того, при распашке каштановых почв легкого механического состава, по-видимому, возможно перемещение легкоподвижных соединений фосфора из пахотного слоя в подпахотные горизонты.

Анализ данных группового состава фосфора показал, что в каштановых почвах Кулундинской степи преобладают минеральные фосфаты. На долю минерального фосфора в слое 0—20 см приходится в Славгороде 61,3—63,4%, в Ключах — 61,1—63,2%, в то время, как содержание органического фосфора соответственно равно 36,6—38,7% и 36,8—38,9%. Относительное содержание минерального фосфора резко увеличивается с глубиной, и в материнской породе он является единственной формой, в какой встречаются здесь фосфаты.

Содержание минерального фосфора в славгородских образцах выше, чем в ключевских, и эта разница, по-видимому, вызвана различием механического состава почв. Можно также предположить, что почвы из этих пунктов неодинаковы и по минералогическому составу.

При количественном сравнении, а также при рассмотрении характера распределения минеральных фосфатов по профилю существенной разницы в этом отношении между целинным и старопахотным участками как в Ключах, так и в Славгороде не обнаруживается.

В характере распределения минеральных фосфатов по профилю всех исследованных разрезов имеется определенная закономерность. Она выражается в том, что количество минерального фосфора при переходе из пахотного горизонта вниз по профилю постепенно возрастает, достигая максимума на глубине 40—80 см. Далее с глубиной количество фосфора быстро уменьшается. При просмотре данных табл. 1 нетрудно заметить, что максимум минеральных фосфатов обнаруживается в тех же горизонтах, где отмечается и наибольшее скопление карбонатов.

Разделение фосфора на группы показало, что в каштановых почвах Кулунды очень невелико содержание фосфатов 1-й группы, которая включает фосфаты щелочей, а также кислые, средние и свежесформированные основные щелочноземельные фосфаты. На долю фосфатов этой группы в верхних горизонтах приходится не более 1,5%, а в нижних около 0,5%, от валового фосфора. Фосфаты 1-й группы хорошо растворимы и легко доступны для растений, отчего их содержание в почве подвержено значительным колебаниям. Одноразовое определение фосфатов 1-ой дает представление об их количестве лишь в небольшой отрезок времени.

Наши данные согласуются с данными работ, проведенных разными исследователями в разных почвенных зонах, и можно с уверенностью утверждать, что содержание фосфатов 1-й группы в большинстве случаев не бывает большим. Хотелось отметить, что на (распаханных землях заметно некоторое обогащение верхних слоев почвы фосфатами этой группы.

Большую часть минерального фосфора составляют фосфаты 2-й группы, куда входят, главным образом, основные фосфаты кальция. Последние менее растворимы, чем фосфаты 1-й группы, однако и они, безусловно, доступны для растений. Содержание их в исследуемых почвах колеблется в следующих пределах: в Ключах на целине оно равно 33,2% от валового фосфора и 63,5% от минерального для слоя 0—20 см и 56,9% от валового и 60,0% от минерального для материнской породы; на старопашке — 32,0% от валового фосфора и 58,2% от минерального для слоя 0—20 см, 68,1% от валового и 70,9% от мине-

рального для материнской породы. Для каштановых почв из Славгорода получены примерно такие же показатели: на целине содержание фосфатов 2-й группы равно 33,4% от валового фосфора и 62,1% от минерального для слоя 0—20 см, 44,2% от валового и 45,9% от минерального для материнской породы; на старопашке — соответственно 39,4% и 67,5% для слоя 0—20 см и 67,0% и 68,3% для материнской породы. Обобщая полученные данные, можно сделать заключение, что в целом в каштановых почвах центральной части Кулунды содержание фосфатов 2-й группы для слоя 0—20 см колеблется в пределах 30—40% от валового фосфора и 60—70% от минерального.

Доля фосфатов 2-й группы в общем содержании фосфора в исследуемых почвах в большинстве своем выше, чем по данным Н. И. Богданова [2, 3] для сибирских черноземов, и примерно в 2 раза выше, чем для каштановых почв Минусинской котловины, которые были проанализированы Н. И. Богдановым для сопоставления с черноземами.

В материнской породе процентное содержание фосфатов 2-й группы менее постоянно, что, по-видимому, связано с неоднородностью механического состава, столь характерной для сложенных аллювиально-делювиальными наносами территорий, к числу которых принадлежит и Кулунда.

Преобладание фосфатов 2-й группы обуславливает высокое содержание подвижного фосфора, доступного для растений, что является важной и характерной особенностью каштановых почв Кулунды, отмеченной К. П. Горшениным [11].

Максимальное содержание фосфатов 2-й группы приурочено к карбонатному горизонту, где отмечается наибольшее скопление солей кальция. Таким образом, становится объяснимым и отмеченный ранее факт наибольшего скопления минерального фосфора в карбонатном горизонте.

Каштановые почвы Кулундинской степи, особенно их супесчаные разновидности, характеризуются некоторой выщелоченностью, на что указывает глубина залегания в них карбонатного горизонта. Существование процесса выщелачивания, более заметного, кстати, на пахотных угодьях, заставляет предположить, что скопление минерального фосфора на глубине 40—80 см, возможно, является следствием общего (пусть небольшого) опускания солей, наблюдаемого в этих почвах.

В каштановых почвах Кулунды значительно содержание фосфатов 3-й группы, основную часть которой составляют фосфаты железа и алюминия. Соединения этой группы труднорастворимы и по существу недоступны для растений. На долю фосфатов 3-й группы в верхнем, перегнойном горизонте приходится примерно пятая часть валового фосфора и третья часть минерального. В материнской породе, где валовой фосфор представлен только минеральными соединениями, на долю фосфатов железа и алюминия приходится в среднем 30%. Однако следует отметить, что в профильном распределении фосфатов 3-й группы нет хорошо выраженной закономерности, результатом чего являются значительные отклонения от приведенных средних цифр.

Профильное распределение фосфатов этой группы не обнаруживает строгой закономерности, хотя в каштановых почвах из Ключей и заметно в обоих разрезах постепенное повышение их содержания с глубиной, с максимальным количеством в слое 40—100 см на целине и 20—80 см на старопашке.

Нами были изучены каштановые почвы со слабыми признаками солонцеватости. В Кулундинской степи, особенно в северной ее части,

наряду с несолонцеватыми или слабосолонцеватыми разновидностями, встречаются каштановые сильносолонцеватые почвы и солонцы. В них вследствие того, что сильная солонцеватость повышает подвижность полуторных окислов, можно ожидать увеличения содержания фосфатов 3-й группы в солонцовом горизонте  $B_1$ . На связь значительной части фосфатов с  $R_2O_3$  в солонцовом горизонте солонцов и солонцеватых почв указывают Н. И. Богданов [3], П. А. Дмитренко [12], Н. В. Орловский [13].

Содержание фосфатов 5-й группы, куда входят фосфаты титана и фосфор невыветрившихся минералов материнской породы, обычно невелико. Соединения этой группы практически нерастворимы и недоступны для растений. Содержание фосфатов 5-й группы в почве колеблется в пределах нескольких процентов от общего содержания фосфора. Так, в большинстве исследованных сибирских черноземов фосфаты этой группы или не обнаружены совсем или содержатся в количествах менее 5% от валового фосфора.

Данные, полученные нами, позволяют считать, что содержание фосфатов 5-й группы в каштановых почвах Центральной Кулунды очень незначительно, примерно такое же, что и в черноземах Сибири.

Косвенное определение фосфатов 5-й группы по методике Ф. В. Чирикова — по разности между валовым фосфором и суммой органического и минерального фосфора — не всегда дает точные результаты. Например, характер распределения фосфатов 5-й группы по профилю исследуемых почв заставляет осторожно подходить к полученным данным, так как они, по-видимому, не отображают реальной картины и являются следствием аналитических погрешностей, особенно возможных при определении органического фосфора.

Наряду с минеральными фосфатами, значительное место в почве занимают соединения фосфора с органическим веществом. Основными представителями фосфорсодержащих органических веществ являются нуклеины, нуклеопротеиды и комплексные соединения фосфатов и гуминовых кислот. В методике Ф. В. Чирикова они выделяются из почвы с помощью 3 н раствора аммиака и объединяются в 4-ю группу. Фосфор этой группы не усваивается растениями.

Органическое вещество почвы все время подвержено процессам распада и синтеза, оно постоянно обновляется, и освобождающиеся при распаде вещества, в том числе и фосфор, пополняют запасы пищи для растений.

Содержание в почве фосфора 4-й группы находится в тесной связи с содержанием в ней гумуса: увеличение содержания гумуса обуславливает повышение количества органического фосфора и, наоборот, при обеднении почвы гумусом в ней уменьшается содержание органического фосфора.

Естественно, что основные запасы фосфорных соединений 4-й группы сосредоточены в наиболее гумусированной части почвенного профиля. По литературным данным, в верхнем слое черноземов Европейской части СССР количество органического фосфора чаще всего колеблется в пределах 45—55% от валового. В черноземах Сибири содержание фосфора 4-й группы гораздо выше, в большинстве случаев 47—75% от валового фосфора для пахотного слоя и 37—83% для слоя 20—40 см.

Как показали выше исследования (табл. 1), содержание органического фосфора в каштановых почвах Центральной Кулунды значительно выше, чем в сибирских черноземах, и равно 36,6—38,9% от валового

Таблица 2  
Содержание гумуса в каштановых почвах  
Центральной Кулунды

Глубина взятия образ- ца, см	Гумус, по Тюрину, %			
	Славгород		Ключи	
	целина	старопашка	целина	старопашка
0—20	2,36	2,06	2,04	1,76
20—40	1,28	1,05	1,02	1,00
40—60	0,82	0,77	0,65	0,72
60—80	0,51	0,45	0,38	0,47
80—100	0,25	0,40	0,27	0,37
130—150	0,16	0,18	0,14	0,17
190—210	0,12	0,16	0,13	0,15

фосфора в слое 0—20 см и 27,9—35,1% в слое 20—40 см. Такие низкие величины являются следствием слабой гумусированности исследуемых почв, о чем можно судить по приведенным ниже данным (табл. 2).

Распределение органического фосфора по профилю каштановых почв зависит от распределения в них гумуса. Однако необходимо отметить, что в данном случае мы не обнаруживаем прямой пропорциональной зависимости — с глубиной содержания гумуса падает быстрее, чем содержание органического фосфора.

Расчет, сделанный нами, показал, что в верхних горизонтах по содержанию фосфора в гумусе и соотношению в нем  $C : P$  (в пересчете на  $P_2O_5$ ) каштановые почвы Центральной Кулунды почти не отличаются от черноземов Сибири и более насыщены фосфором, по сравнению с каштановыми почвами Украины (табл. 3, 4).

Таблица 3  
Содержание фосфора и величина  $C : P$  в гумусе почв Украины и Сибири

Район, почва	Число наблюдений	Содержание фосфора, %			$C : P$			Источник
		минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное	среднее	
Украина: черноземы каштановые	12	0,95	1,43	1,19	41	61	50	П. А. Дмитренко [9]
	1	—	—	1,30	—	—	44	
Сибирь: черноземы каштановые	15	0,95	1,61	1,42	36	61	41	Н. И. Богданов [2] В. Б. Ильин
	4	1,39	1,46	1,42	40	42	41	

Таблица 4  
Содержание фосфора и величина  $C : P$  в гумусе по профилю каштановых почв  
Кулунды (Славгород)

Вычисленные показатели	Угодье	Горизонты, см				
		0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
Содержание фосфора, %	Целина	1,46	1,78	2,22	3,16	3,56
	Старопашка	1,42	2,02	2,29	3,07	2,45
$C : P$	Целина	40	33	26	19	17
	Старопашка	40	29	26	19	24

С глубиной содержания фосфора в гумусе (табл. 4) увеличивается и соотношение С : Р становится более узким. Это любопытное явление прослеживается во всех разрезах и объясняется, вероятнее всего, качественным различием гумусовых веществ из разных почвенных горизонтов. Подобный факт для сибирских черноземов был отмечен Н. И. Богдановым [2], однако ограниченная глубина взятия образцов (до 40 см) не позволила ему проследить за характером изменений в нижних горизонтах.

Целинные земли, как более гумусированные по сравнению со старопахотными, содержат большее количество органического фосфора.

Используя данные Б. М. Подолич [14], П. Р. Слезкина [15], К. С. Божко [16], Д. Ф. Соколова [17], а также свои собственные, П. А. Дмитренко [18] нашел, что гумус старопахотных земель более насыщен фосфором, чем гумус целины. Отмеченные различия П. А. Дмитренко объясняет неодинаковой степенью разложения органического вещества, разницей в качественном составе растительных остатков и составе микроорганизмов, населяющих почву.

Аналогичные вычисления, проведенные нами, показали, что в каштановых почвах Центральной Кулунды отмеченная выше закономерность не обнаруживается. В пахотном слое на целине и старопашке насыщенность гумуса фосфором оказалась примерно одинаковой: 1,40% на старопашке и 1,44% на целине.

#### Выводы

1. В каштановых почвах Центральной Кулунды преобладает фосфор в форме минеральных соединений. На долю минерального фосфора в слое 0—20 см приходится 61,1—63,4%. В нижних слоях почвы и в материнской породе весь фосфор находится в минеральной форме.

2. Минеральный фосфор в основном представлен фосфатами кальция (2-я группа) и фосфатами железа и алюминия (3-я группа). Содержание фосфатов 1 и 5-й групп очень невелико.

3. Максимум фосфатов 2-й группы отмечается на глубине 40—80 см и в условиях Центральной Кулунды совпадает с горизонтом максимального скопления карбонатов. В распределении по профилю фосфатов 3-й группы четкой закономерности не установлено.

4. Благодаря высокому содержанию фосфатов 2-й группы (в среднем 60% от минерального фосфора и 30% от валового), каштановые почвы Центральной Кулунды богаты подвижным фосфором.

5. Каштановые почвы Кулунды, по сравнению с сибирскими черноземами, бедны органическим фосфором (36,6—38,9% от валового фосфора в слое 0—20 см). Распределение в них органического фосфора по слоям зависит от содержания гумуса.

6. По содержанию фосфора в гумусе исследованные почвы почти одинаковы с черноземами Сибири и превосходят каштановые почвы УССР.

7. С глубиной степень насыщенности гумуса фосфором увеличивается.

8. Распашка целинных земель снижает содержание органического фосфора в почве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Костычев, Почвоведение. Огиз—Сельхозгиз, М.—Л., 1940.
2. Н. И. Богданов, Валовой и органический фосфор в сибирских черноземах. Почвоведение, № 5, 1954.
3. Н. И. Богданов, Неорганические фосфаты в сибирских черноземах. Почвоведение, № 12, 1955.
4. Т. П. Славина, Азот, фосфор и калий в лесостепных оподзоленных почвах Томской области. Томск, 1949.
5. В. И. Котельников, Формы органического вещества, азота и фосфора в основных пахотнопригодных почвах Алтайского края. Докл. науч. конф. ТГУ, посвящ. 40-летию Великой Октябрьской социалистической революции, вып. 3, Томск, 1957.
6. П. С. Денисов, Формы фосфора в почвах Кулундинской степи. Тез. докл. на науч. конф. СибНИИХоза, посвящ. 40-летию Великой Октябрьской социалистической революции, Омск, 1958.
7. Ф. В. Чириков, К методике учета форм фосфатов в почвах. Химизация соц. земледелия, № 10—11, 1939.
8. В. Р. Вильямс, Почвоведение, ч. 1. Госиздат, М.—Л., 1926.
9. П. А. Дмитренко, О содержании фосфора в органической части почв. Почвоведение, № 8, 1948.
10. Д. М. Хейфец, Запасы фосфора в различных почвах Советского Союза. Тр. Почв. ин-та им. Докучаева, т. XXXIII, 1950.
11. К. П. Горшенин, Почвы южной части Сибири. Изд. АН СССР, М., 1955.
12. П. А. Дмитренко, В. С. Штурмова, Особенности распределения фосфора по горизонтам солонцов юга УССР. Почвоведение, № 2, 1953.
13. Н. В. Орловский, А. М. Купцова, Л. Е. Гирсанова, Основные принципы размещения минеральных удобрений на почвах черноземно-солонцового комплекса. Тр. Комиссии по изуч. производит. сил Сибири, т. 7, Томск, 1946.
14. Б. М. Подолич, Формы фосфорных сполук у деяких грунтах УРСР. Праці Київськ. с.-г. ін-ту, т. IV, 1947.
15. П. Р. Слезкин, Этюды о гумусе. Киев, 1900.
16. К. С. Божко, Классифікація черноземів УРСР. Праці Укр. н.-д. ін-ту соц. землеробства, т. IV, 1939.
17. Д. Ф. Соколов, О наличии некоторых органических соединений фосфора в почвах. Почвоведение, № 8, 1940.
18. П. А. Дмитренко, Фосфатный режим почв УССР и его улучшение. Тр. Почв. ин-та им. Докучаева, Агрхим. работы, т. L, 1957.

Л. Г. ЕЛОВСКАЯ

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ПОЧВ БАСЕЙНА РЕКИ ИРЭЛЭХ  
И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ

В полевой период 1957 г. нами проводилось обследование почв бассейна р. Ирэлэх по плану Якутского филиала АН СССР с целью выяснить возможности освоения отдельных участков для развития огородничества и кормовой базы вблизи пос. Мирный. Эти исследования\* вызваны необходимостью сельскохозяйственного освоения данной территории для обеспечения овощами и продуктами животноводства быстро растущего населения вновь создаваемого Ботобинско-Ирэлэхского промышленного узла алмазодобывающей промышленности.

Река Ирэлэх, являющаяся левым притоком р. М. Ботуобия (правого притока р. Вилюй), протекает в области Средне-Сибирской плоской возвышенности, где подстилающими породами являются кембрийские и нижнесилурийские отложения, элювий которых на водоразделах состоит из карбонатного суглинка. На склонах элювий часто смыт. Местами на междуречьях отмечаются песчано-галечные отложения нижней юры. В геоморфологическом отношении исследуемая территория находится в пределах Вилюйского плато, расположенного на борту Тунгусской синеклизы на стыке ее с Вилюйской впадиной\*\*.

Долина р. Ирэлэх глубоко врезана в плато с V-образным поперечным профилем. Особенно глубоко она врезана в нижнем и среднем течении, где образует ряд террасовых уступов и вскрывает коренные породы.

Выше по течению (в верховьях) террасированность долины почти исчезает, она образует единую слабо вогнутую к руслу ложбину, заросшую кустарниками. По рельефу исследуемая территория представляет собой полого-холмистую равнину, расчлененную современной сетью притоков р. Ирэлэх.

Обследуемая территория по административному делению относится к Ленскому району. Она характеризуется резко континентальным климатом с коротким жарким летом и продолжительной суровой зимой. Конкретных данных о климате долины р. Ирэлэх нет, так как метеорологическая станция там открыта только в 1957 г. О климате исследуемой территории можно судить по данным метеорологических станций, расположенных в пунктах, близких по природным условиям (в Ленском и Сунтарском районах — станции Быйытах, Сюльдюкар, Мухтуя, Сунтар, Туой-Хая).

По данным этих станций зима здесь продолжается 7 месяцев. Среднегодовая температура близка к  $-8^{\circ}$ . Абсолютный минимум достигает  $-61^{\circ}$ , а максимум  $+33,4^{\circ}$ . Весна и осень очень кратковременны. Часто наблюдаются раннеосенние и поздневесенние заморозки. Длина безмо-

розного периода сильно колеблется по годам. Бывают годы с очень коротким безморозным периодом — в 45—50 дней, и с более продолжительным — до 86—90 дней. Длина безморозного периода зависит и от высоты расположения участков. Так, по данным В. Г. Зольникова [2], участки, расположенные в низинах открытых мест, имеют безморозный период на 10—20 дней короче по сравнению с участками, расположенными на водоразделах, среди тайги.

Количество осадков варьирует в разные годы в пределах от 360 до 200 мм в год, причем около 80% их выпадает в теплый период года, преимущественно во второй половине лета. Снеговой покров сходит в конце мая—начале июня. Исследуемый район расположен в области сплошной вечной мерзлоты. Летом почва оттаивает на незначительную глубину. Максимальная глубина оттаивания, по нашим наблюдениям, редко превышает 2—2,5 м. Большей же частью, особенно в загущенных замшелых лесах, мерзлота начинается почти непосредственно под моховым покровом, на глубине 0,3—0,4 м. На заболоченных лугах глубина оттаивания достигает 80—90 см. Наличие вечной мерзлоты способствует созданию своеобразной надмерзлотной воды, часто наблюдающейся в бассейне р. Ирэлэх на плоских слаборасчлененных и недренированных участках некоторых водоразделов. Вследствие того, что большинство осадков выпадает в виде дождей во второй половине лета, в надмерзлотном слое к осени обычно наблюдается переувлажнение и часто обнаруживается капельно-жидкая вода, создающая своеобразную надмерзлотную верховодку. Чаще всего надмерзлотная вода наблюдается на глубине 60—100 см, где она за время описания почвенного разреза наполняла дно ямки на высоту 10—15 см. Иногда она просачивается по уклону на поверхность и стекает в виде ручьев. (Нами отмечена такая верховодка в августе 1957 г. на Ирэлэхско-Юлегирском водоразделе.)

Междуречные участки (р. Ирэлэх и ее притоков) заняты лесной растительностью, среди которой преобладает лиственнично-голубичная и лиственнично-брусничная тайга. Реже встречаются лиственнично-сосновые и чисто сосновые боры с толокнянковым или мохово-лишайниковым покровом. Большие массивы лесов вокруг пос. Мирный представлены гарями.

Долины р. Ирэлэх и ее притоков покрыты кустарниковой растительностью с очень редко встречающимися небольшими площадями луговых массивов, представленных заболоченной осоково-вейниковой растительностью. Естественных сенокосных угодий, достаточных для организации здесь животноводческого совхоза, непосредственно вблизи пос. Мирный нет. Основные луговые массивы, имеющие площадь свыше 5 тыс. га, сосредоточены по долине р. М. Ботуобия в среднем и верхнем ее течении, выше впадения р. Ирэлэх. Они вытянуты узкой полосой (80—100 км) вдоль поймы и надпоймы р. М. Ботуобия. Самый близкий их участок находится в 35—40 км от пос. Мирный. Урожайность этих лугов довольно устойчива, до 2—3 т/га, но кормовые качества низкие, так как травостой в основном состоит из осок и вейника Лангсдорфа. Вследствие сильной заочкаренности и заболоченности они неудобны для машинной сеноуборки. При освоении их потребуются большие капиталовложения на мелиорацию. Для организации отделения животноводческого совхоза целесообразно вблизи пос. Мирный создавать искусственные луга, а также организовать посев корнеплодов и зерновых на зеленку. Удобные участки плодородных почв вблизи пос. Мирный имеются. Почвенный покров бассейна р. Ирэлэх оригинальный и сравнительно однообразный. Он отличается от почвенного покрова Центральной Якутии, описанного в работах Р. И. Аболина [3], А. А. Красюка [4],

\* Научное руководство осуществлялось В. Г. Зольниковым.

\*\* Сведения по геологии заимствованы из книги «Алмазы Сибири» [1].

К. Д. Глинки [5] и др. Особенно тщательное исследование и классификацию почв Центральной Якутии провел В. Г. Зольников [1, 6], который подробно описал генезис и характеристику каждого типа почв.

В отличие от Центральной Якутии в районе наших исследований не встречаются осолоделые почвы, лесные солоды и солончаки. Преобладающими почвами здесь являются дерново-лесные палевые в сочетании с перегнойно-карбонатными, кроме них встречаются дерново-лесные остаточные-подзолистые, борозные песчаные, переходные от дерново-луговых к дерново-лесным, дерново-луговые перегнойные и лугово-болотные. Большинство почв бассейна р. Ирэлэх формируется на карбонатных отложениях нижнего силура и, ближе к устью р. Ирэлэх, среди кембрийских отложений. Они имеют повышенное вскипание (вскипают от HCl с 23—25 см). Верхние части склонов долины и отчасти прилегающие междуречья сложены песчано-галечниковыми отложениями нижней юры. На элювии юры здесь обычно развиты дерново-лесные остаточные-подзолистые почвы (не вскипающие от HCl). Доминируют почвы тяжелого механического состава. Ниже приводим характеристику наиболее распространенных типов почв, а также необходимые замечания о возможности их сельскохозяйственного освоения.

#### Дерново-лесные палевые почвы

Эти почвы широко представлены на высоких надпойменных террасах р. Ирэлэх и междуречных пространствах под пологом лиственнично-брусничной травянистой тайги и лиственнично-кустарниково-моховой тайги. Для них здесь характерны следующие морфологические признаки:

- 1) полигонально-трещиноватый микрорельеф;
- 2) однородная палево-коричневая окраска по всему профилю, слабая выраженность генетических горизонтов;
- 3) вскипание от соляной кислоты; верхняя граница вскипания почвенного профиля колеблется в широких пределах — от 23 до 63 см;
- 4) развитие на карбонатных породах: глинах, мергелях, известняках и т. д.;
- 5) тяжелый механический состав, почвы преимущественно легко-средне- и тяжелосуглинистые;
- 6) распространение корней растений на значительную глубину: они достигают мерзлоты или подстилающих плитняков (66—90 см).

Приводим морфологическое описание и агрохимическую характеристику дерново-лесных палевых почв на примере разреза 380, заложенного в 20 км от пос. Мирный в северо-восточном направлении. Рельеф — слабоволнистая равнина. Абс. высота 247 м. Высота над меженим уровнем реки 49 м. Мезорельеф — плоская равнина. Микрорельеф полигонально-трещиноватый. Растительность — лиственный бруснично-толокнянково-голубичный, с редкой примесью березы и сосны и подростом из ерника. Лес двухъярусный. Высота деревьев первого яруса, образованного лиственницей, достигает 18 м. Диаметр ствола на высоте груди равен 19 см. Господствующая высота деревьев 16—17 м, диаметр 13—15 см. Второй ярус образован лиственницей с участием сосны. Высота деревьев 12—14 м, диаметр 10—12 см. Состав: лиственница 8, сосна 1, береза 1. Общая сомкнутость 0,4; кустарники: береза кустарниковая, голубика, лапчатка кустарниковая, жимолость, толокнянка. Травянистые представлены незначительно. Единично отмечаются осока лесная, лимнас, горец, кровохлебка, колокольчики. Встречаются лишайники и мхи отдельными куртинами.

#### Описание разреза 380

Верхняя граница мерзлоты в конце июня была на глубине 108 см. Почва бурно вскипает от соляной кислоты с глубины 63 см и до дна.

- А<sub>0</sub>, 0—3 см — лесная подстилка из хвои, мха и листьев толокнянки и брусники, сухая, рыхлая, почти не перепревшая.
- А, 3—7 см — свежий, коричнево-темно-серый, суглинистый, пронизан корнями растений, бесструктурный. Встречаются древесные угли, много органических веществ. Переходит в следующий горизонт постепенно.
- АВ, 7—33 см — влажный, коричнево-серый, легкосуглинистый, пороховидной структуры, с примесью мелкой гальки, диаметром от 0,5 до 1 см, пронизан корнями растений. Переходит в следующий горизонт постепенно.
- В<sub>1</sub>, 33—63 см — влажный, буровато-серый, мелкосуглинистый, зернисто-комковатой структуры. Встречаются мелкая галька и отдельные корни растений. Граница перехода ровная.
- С, 63—108 см — влажный, палево-окраски, среднесуглинистый, бурно вскипает от HCl, плитчатого сложения, комковатой структуры, пористый. Единично встречается мелкая галька.

Почва дерново-лесная палевая, легкосуглинистая, на карбонатных суглинках.

Данные химических анализов описываемой почвы представлены в табл. 1, 2, 2А.

Таблица 1

Агрохимические показатели дерново-лесной палевой почвы разреза 380\*

Глубина взятия образца, см	рН (электрометрически)		Гумус валовой, по Тюрину, %	Азот валовой, по Кьельдалю, %	Содержание С в орг. веществе, %	C/N	Содержание азота в гумусе, %	Фосфор подвижный, по Труогу, мг на 100 г почвы
	солевой вытяжки	водной вытяжки						
0—3	5,70	6,14	—	0,955	20,91	21,89	2,7	21,2
3—7	5,93	6,62	36,06	0,087	1,34	15,4	3,3	6,0
20—30	6,95	7,49	2,31	0,064	0,48	7,5	7,5	следы
45—55	7,09	7,28	0,85	0,063	0,43	6,8	8,5	0,8
80—90	7,23	7,84	0,74	—	—	—	—	следы

\* Аналитики Гомзякова, Еловская, Тихоньких, Антипина.

Таблица 2

Результаты валового анализа почвы разреза 380 (в % на абс.-сухую почву)\*

Глубина взятия образца, см	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	SO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	н.п.п.	H <sub>2</sub> O	Сумма
хвоя	1,37	—	0,12	0,78	0,37	0,04	0,14	0,53	0,001	95,95	8,46	99,30
0—3	14,30	1,51	0,98	2,53	0,59	0,08	0,18	0,18	0,14	78,20	11,05	98,69
3—7	38,12	8,21	2,79	2,78	1,02	0,14	0,11	0,17	0,50	43,43	12,04	98,27
20—30	75,81	11,24	3,99	0,98	0,81	0,12	0,10	0,10	0,71	3,67	3,30	97,53
35—45	74,78	12,03	4,59	0,80	1,32	0,08	0,14	0,08	0,77	3,36	2,93	97,95
80—90	72,55	12,00	4,49	2,00	1,77	0,14	0,11	0,11	0,72	4,77	2,75	98,66

\* Аналитик Тетерина.

Данные табл. 1 показывают очень высокое содержание перегноя в дерновом горизонте и очень низкое — азота, последнее связано со слабой степенью гумификации органических веществ. С глубиной количество

Таблица 2А

Результаты валового анализа почвы разреза 380 в пересчете на бескарбонатную и безгумусовую массу

Глубина взятия об- разца, см	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	хвое	33,95	—	2,99	19,31	9,30	1,22	3,62	12,64	0,27	45,26	—
0—3	65,02	6,87	4,49	11,50	2,71	0,35	0,79	0,83	0,66	38,50	16,10	12,69
3—7	66,88	14,43	4,89	4,88	1,81	0,24	0,20	0,30	0,88	36,42	7,88	6,47
20—30	78,69	11,67	4,14	1,02	0,84	0,12	0,10	0,10	0,72	50,64	11,45	9,35
35—45	77,40	12,45	4,75	0,83	1,37	0,08	0,15	0,08	0,78	43,43	10,55	8,49
80—90	77,64	12,84	4,81	0,52	1,18	0,15	0,11	0,11	0,77	43,13	10,27	8,30

гумуса резко падает, но увеличивается относительное содержание в нем азота. Значительное содержание подвижного фосфора отмечается только в лесной подстилке и верхнем дерновом горизонте, вниз по профилю обнаружены его следы.

Данные валового анализа в пересчете на безгумусовую и бескарбонатную массу (табл. 2А) показывают, что в составе почвы с глубиной увеличивается содержание окислов кремния, алюминия, железа и титана, но уменьшается количество фосфора, кальция, марганца, магния и серы. Заметно некоторое повышение содержания полуторных окислов алюминия и железа, а также окислов титана в дерновом горизонте (3—7 см), по сравнению с содержанием их в лесной подстилке и хвое, а также в лежащих ниже горизонтах.

Видна высокая биологическая аккумуляция кальция, магния, марганца, серы и фосфора в подстилке и особенно в хвое лиственницы.

Данные анализа механического состава (табл. 3) показывают, что почва разреза 380 является суглинистой по всему профилю. В дерновом ее горизонте содержится много органического вещества и физической глины.

Таблица 3

Механический состав, по Н. А. Качинскому, дерново-лесной палевой почвы разреза 380 (в % на абс.-сухую минеральную почву)\*

Глубина взятия об- разца, см	Гигроскоп. влага	Потеря от обработки НСI	Органич. остаток	Размеры фракций, мм					
				1—0,25	0,25— 0,05	0,05— 0,01	0,01— 0,005	0,005— 0,001	<0,001
3—7	12,04	6,39	21,41	24,60	7,53	15,98	4,15	9,66	38,08
20—30	3,30	0,71	—	48,34	15,36	7,34	2,97	5,67	20,32
45—55	2,93	0,91	—	37,36	20,84	7,10	4,69	8,82	21,19
80—90	2,75	3,32	—	42,37	11,87	8,82	4,51	7,59	24,94

\* Аналитик Шматкин.

Дерново-лесные палевые почвы отличаются высоким плодородием и вполне пригодны для сельскохозяйственного освоения. Как показали данные химических анализов, эти почвы содержат достаточно высокое количество фосфорной кислоты, азота и гумуса. По своему местоположению они удобны для освоения (абсолютные высоты не превышают 300—400 м). Все это дает нам право широко рекомендовать их к освоению под картофель и зерновые фуражные культуры.

### Перегнойно-карбонатные почвы

В комплексе с дерново-лесными палевыми почвами отдельными пятнами встречаются высокоплодородные перегнойно-карбонатные почвы. В отличие от дерново-лесных палевых они характеризуются наиболее мощным, ясно выраженным гумусовым горизонтом, более тяжелым механическим составом, хорошей структурой и залеганием на карбонатных породах.

Для примера приводим морфологическое описание разреза 389, заложенного на водораздельном плато р. Ирэлэх. Водораздел между р. Ирэлэх и ее левым безымянным притоком в 30 км от устья реки. Абсолютная высота над меженным уровнем реки 46 м. Микрорельеф полигонально-трещиноватый. Высота полигонов 20—25 см, длина 50—80 см, ширина 40 см. Растительность — лиственный-брусничник. Лес двухъярусный. Первый ярус сильно разрежен, высота деревьев 23 м, диаметр ствола на высоте груди достигает 30 см. Высота деревьев второго яруса 10—12 м, диаметр ствола 8—10 см. Общая сомкнутость крон 0,6. Хорошо выражен подрост из лиственницы, единично ели; высота его достигает 3 м. Почти весь подрост засох вследствие прошлогоднего низового пожара. Почва покрыта (на невыгоревших местах) брусничкой, мхами (60%), реже лишайниками. Изредка встречаются толокнянка, альпийская и обыкновенная, и кустики голубики. Из травянистых отмечены кровохлебка, иван-чай, овсяница, льнянка, копеечник, мышиный горошек, пижма (разрез заложен на невыгоревшем месте).

#### Описание разреза 389

Почва вскипает от соляной кислоты с 23 см и до дна (81 см).

A<sub>0</sub> — подстилка рыхлая, из отмершего мха мощностью до 3 см.

A<sub>1</sub>, 0—17 см — дерновый горизонт, рыхлый, свежий, серовато-темно-коричневый, густо переплетен корнями растений. Встречается много древесного угля. Переходит в следующий горизонт постепенно.

B<sub>1</sub>, 17—23 см — влажный, уплотнен, буровато-темно-серый, тяжелосуглинистый, зернисто-комковатой структуры, пронизан корнями растений. Встречаются кусочки древесного угля и ржавые примазки гидроокиси железа. Переходит в следующий горизонт постепенно.

B<sub>2</sub>, 23—66 см — влажный, уплотненный, салатно-светло-серый, с бледно-ржавыми пятнами, глинистый, прочной мелкокомковатой структуры, пронизан корнями растений, с кремневой галькой. Переходит в следующий горизонт постепенно.

C, 66—81 см — сырой, салатно-светло-серый плитняк.

Почва перегнойно-карбонатная на элювии известняков.

Химический состав этих почв виден из данных табл. 4.

Из табл. 4 видно, что перегнойно-карбонатные почвы имеют близ-

Таблица 4

Агрохимические показатели перегнойно-карбонатной почвы разреза 389\*

Глубина взятия образца, см	pH (потенциметрически)		Гумус валовой, по Тюрину, %	Азот валовой, по Кельдалю, %	Фосфор	
	солевой вытяжки	водной вытяжки			валовой, по Воио, %	подвижный, по Труогу, мг на 100 г почвы
0—17	6,78	7,54	25,32	0,713	0,291	8,80
17—23	6,71	7,44	6,64	0,159	0,143	следы
30—40	7,52	7,63	1,38	0,063	0,100	2,00

\* Аналитики Гомзякова, Еловская, Тихоньких, Антипина.



кую к нейтральной среде в верхних горизонтах и слабощелочную в нижнем. Наблюдается высокое содержание азота и гумуса в самом верхнем горизонте, понижающееся вниз по профилю в последующих горизонтах.

Характерно для этих почв наличие мощного гумусового горизонта. Процессы аккумуляции и последующего перемещения органического вещества охватывают значительную толщу почвы. Даже на глубине 30—40 см отмечается относительно высокое содержание гумуса.

Данные табл. 5 показывают чрезвычайно высокую сумму обменных оснований в дерновом горизонте, что связано с большим содержанием органических веществ в нем и увеличением емкости поглощения за счет их. В составе обменных оснований кальций преобладает над магнием и отмечается незначительное содержание обменного натрия, что говорит об отсутствии солонцеватости почвы.

Таблица 5  
Состав обменных оснований перегонно-карбонатной почвы  
разреза 389  
(в м-экв на 100 г абс.-сухой почвы и в % от суммы)\*

Глубина взятия образца, см	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Сумма
0—17	99,00/56,8	71,00/40,7	4,41/2,5	174,41/100,0
17—23	51,00/60,7	31,25/37,0	1,89/2,3	84,14/100,0

\* Аналитики Черняк, Гомзякова.

Перегонно-карбонатные почвы являются высокоплодородными, вполне пригодными для сельскохозяйственного освоения. Небольшие участки этих почв имеются на водораздельном плато вдоль трассы Мирный — Новый и в районе самого пос. Мирный (территория частного сектора застройки).

#### Дерново-лесные остаточно-подзолистые почвы

Распространены эти почвы в верховьях р. Ирэлэх на водоразделах ее притоков (особенно правых). Они развиваются на юрских континентальных и морских отложениях под пологом сосновых, лиственничных, лиственнично-сосновых и березовых лесов с подлеском из ольхи. В кустарниковом ярусе встречаются багульник и голубика, единично — можжевельник. Надпочвенный покров состоит из брусники, толокнянки, лишайников и мхов.

Дерново-лесные остаточно-подзолистые почвы характеризуются отсутствием вскипания от нее по всему профилю, наличием морфологически оподзоленного горизонта А<sub>2</sub>. Механический состав их характеризуют суглинистые и супесчаные разновидности, но те и другие обычно сильно каменистые.

Эти почвы не встречались в Центральной Якутии, впервые отмечены в Ленском и Сунтарском районах. Научный руководитель проблемы В. Г. Зольников по нашим материалам назвал их дерново-лесными остаточно-подзолистыми [7] и обосновал генезис этих почв. Он считает, что на территории Вилюйского плато не происходило оледенения, а потому почвообразование в течение всего четвертичного периода не прерывалось. К моменту наступления вечной мерзлоты здесь успели сформироваться почвы подзолистого ряда. После образования вечной мерзлоты, возникшей в конце плейстоцена, перед началом голоцена, в связи с появлением

лением сухости и континентальности климата и возникновением холодного водонепроницаемого экрана вечно мерзлых грунтов, направление почвообразования сменилось на современное. (Господствовавший ранее промывной режим сменился на мерзлотный, частично промывной.) При этом домерзлотные слабоподзоленные почвы, развитые на карбонатных породах, к настоящему времени успели превратиться в дерново-лесные палевые почвы, а сильнооподзоленные почвы, развитые на бескарбонатных мезозойских породах, находятся на различных стадиях их превращения в дерново-лесные палевые, неся в себе ряд остаточных черт строения и свойств» ([7], стр. 25).

В качестве примера приводим морфологическое описание и физико-химическую характеристику разреза 441, заложенного нами в Ленском районе на водоразделе между р. Ала-Юрех и ручьем Оччугуй Онкучах, в 9 км от зимника Ала в северо-западном направлении. Растительность — сосняк лишайниково-толокнянковый. Сомкнутость крон 0,4. Высота сосен 12 м, диаметр стволов 16 см. Кроме лишайников и толокнянки, встречаются куртинки брусники и шикши.

#### Описание разреза 441

Почва не вскипает от соляной кислоты по всему профилю. На всей глубине (110 см) мерзлота не встречена.

А<sub>0</sub> — подстилка из хвои сосны мощностью 2 см.

А<sub>1</sub>, 0—5 см — (не считая лесной подстилки) дерновый горизонт, влажный, буровато-серой окраски, плотноват, легкосуглинистый, сильно пронизан корнями растений.

А<sub>2</sub>, 5—15 см — влажный, слабо уплотненный, буровато-светло-серой окраски с кремнеземистой присыпкой, супесчаный, с мелкой галькой кристаллических пород.

В<sub>1</sub>, 15—49 см — влажный, уплотненный, бурой окраски, легкосуглинистый, мелкокомковатой структуры с включением более крупной гальки, чем в предыдущем горизонте.

В<sub>2</sub>, 49—71 см — влажный, уплотненный, светло-бурой окраски, легкосуглинистый, непрочной пороховидной структуры, листоватого сложения.

С, 71—110 см — влажный, уплотненный, грязно-бурой окраски, супесчаный с темно-бурыми железисто-марганцевыми конкрециями.

Почва остаточно-подзолистая.

Данные анализов этих почв представлены в табл. 6—8.

Таблица 6

Механический состав, по Н. А. Качинскому, мелкозема почвы разреза 441  
(в % на абс.-сухую почву)\*

Горизонт и глубина взятия образца, см	Гигроскоп. вода	Потеря от обработки Н <sub>2</sub> С	Размер фракций, м						Сумма частиц >0,01	Сумма частиц <0,01
			1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001, ил.		
А <sub>2</sub> , 5—15	1,00	0,60	67,39	11,09	5,09	2,12	6,31	8,00	83,57	16,43
В <sub>1</sub> , 30—40	2,82	1,04	43,60	12,22	6,06	2,62	8,35	27,15	61,88	38,12
В <sub>2</sub> , 50—60	2,10	0,26	56,45	15,83	4,13	4,11	2,96	16,52	76,41	23,59
С, 90—100	1,61	0,72	64,86	13,58	5,61	2,65	3,26	10,04	84,05	15,95

\* Аналитик Шматкин.

В данных табл. 6 ясно проявляется сильно выраженный процесс выноса илстой фракции из горизонта А<sub>2</sub> в В<sub>1</sub> и частично В<sub>2</sub>. Горизонты А<sub>2</sub> и С пылевато-песчано-супесчаные, а горизонты В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> легкосуглинистые.

Таблица 7

Агрoхимические показатели дерново-лесной остаточно-подзолистой почвы разреза 441

Горизонт и глубина взятия образца, см	pH (электрометрически)		Азот валовой, по Кьельдалю, %	Гумус валовой, по Тюрину, %	C/N	Гидролитич. кислот., м-экв на 100 г	Обмен. кислот., м-экв на 100 г	Обмен. А1, м-экв на 100 г
	солевой вытяжки	водной вытяжки						
A <sub>0</sub> , 0-5	4,82	5,20	0,13	5,57	25,5	7,9	—	—
A <sub>2</sub> , 5-15	4,47	5,29	0,05	1,31	15,8	4,0	0,8	0,7
B <sub>1</sub> , 30-40	4,61	5,25	0,05	1,06	13,5	3,7	0,6	0,5
B <sub>2</sub> , 50-60	4,37	5,11	—	—	—	1,9	0,1	0,0
C, 90-100	4,40	5,17	—	—	—	2,5	0,2	0,0

Таблица 8

Состав обменных оснований почвы разреза 441  
(в м-экв на 100 г абс.-сухой почвы и в % от суммы)

Горизонт и глубина взятия образца, см	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	H <sup>+</sup> + A <sup>++</sup>	Сумма
A <sub>0</sub> , 0-5	8,2/64,6	4,5/35,4	не опред.	12,7/100,0
A <sub>2</sub> , 5-15	1,9/54,2	0,8/23,3	0,7/22,5	3,5/100,0
B <sub>1</sub> , 30-40	12,2/59,4	7,7/37,4	0,6/3,2	20,5/100,0
B <sub>2</sub> , 50-60	8,6/74,5	2,8/24,3	0,1/1,2	11,5/100,0
C, 90-100	6,6/80,4	1,4/16,9	0,2/2,7	8,2/100,0

Из данных табл. 7 и 8 видно, что остаточно-подзолистые почвы имеют очень кислую реакцию среды и сравнительно высокую гидролитическую кислотность, что дает право отнести их к почвам подзолистого ряда, но по составу обменных оснований они сильно отличаются от явно подзолистых почв. Эти отличия проявляются в низком содержании обменного водорода и алюминия (определенных методом Соколова) и общем высоком содержании обменных оснований, особенно в дерновом горизонте и горизонте B<sub>1</sub>. В горизонте A<sub>2</sub> сумма обменных оснований резко уменьшается, что ясно показывает подзолистость его. Во всех горизонтах кальций преобладает над магнием. По мнению В. Г. Зольникова [7], эти почвы в прошлом были сильно подзолистыми, в настоящее время они в результате биологической аккумуляции веществ и выветривания кристаллических конгломератов, в условиях надмерзлотного круговорота веществ изменяются, обогащаются коллоидами и катионами, усредняются и постепенно переходят в нейтральные.

Дерново-лесные остаточно-подзолистые почвы из-за каменистости и сильной кислотности среды мало пригодны для сельскохозяйственного освоения, и их можно использовать лишь выборочно, в тех местах, где более мощный безгалечный горизонт. При освоении этих почв необходимы известкование и внесение органических и минеральных удобрений.

#### Почвы, переходные от дерново-луговых и лугово-черноземных к дерново-лесным

Эти почвы развиты на надпойменных террасах р. Ирэлэх и ее притоков. Некоторые из них в прошлом прошли дерново-луговую стадию почвообразования, развиваясь под луговой травянистой растительностью, а затем, после наступления на луг лесной растительности, под ее воздействием стали превращаться в дерново-лесные. В зависимости от степени сформированности их в предшествующую стадию почвообразования, времени воздействия на них в последующем лесной раститель-

ности и характера последней, они стоят ближе то к дерново-лесным, то к дерново-луговым. Поэтому эти почвы нельзя резко очертить как в морфологическом, так и в физико-химическом отношении, так как для них характерно громадное разнообразие переходов одних форм в другие. На исследуемой территории описываемые почвы обычно развиты под ерниковыми зарослями, реже под разреженными лиственничными лесами или березовыми перелесками. Они занимают сравнительно большую площадь, вытянувшись, с перерывами, полосой на протяжении всей длины р. Ирэлэх, на правой и левой ее террасах, местами расширяясь на несколько десятков метров. Ближе к руслу они переходят в дерново-луговые, а выше, под пологом леса, в дерново-лесные почвы.

Для примера приводим морфологическое описание и физико-химическую характеристику разреза 387, заложенного на правом берегу р. Ирэлэх на второй надпойменной террасе, в 4 км от пос. Мирный по дороге к пос. Новый. Рельеф — равнина, слабо понижающаяся к реке; абсолютная высота 270 м, над меженным уровнем реки — 10 м. Растительность — ерnikово-голубично-толокнянковая заросль с присутствием зеленого мха. Кроме ерника и голубики, встречаются осока лесная, овсяница якутская, подмаренник настоящий.

#### Описание разреза 387

Мерзлота 24 июля наблюдалась на глубине 85 см. Почва от соляной кислоты не вскипает.

A<sub>0</sub> — лесная подстилка мощностью 2 см.

Ag, 0-6 см — дерновый горизонт, влажный, слегка уплотнен, темно-коричневого цвета, сильно переплетен корнями растений, суглинистый, с включениями угля. Переходит в следующий горизонт постепенно.

A<sub>1</sub>, 6-31 см — влажный, уплотнен, коричневато-серый, среднесуглинистый, зернистой структуры, пронизан корнями. Переходит в следующий горизонт постепенно.

B<sub>1</sub>, 31-57 см — влажный, уплотнен, серо-коричневой окраски (светлее предыдущего), среднесуглинистый, зернистой структуры, с редкими корнями растений. Переходит в следующий горизонт постепенно.

B<sub>2</sub>, 57-85 см — влажный, того же цвета, тяжелосуглинистый, листоватого сложения, мелкокомковатой структуры, уплотнен, пористый.

Почва переходная от дерново-луговых к дерново-лесным, среднесуглинистая.

Данные анализов этих почв представлены в табл. 9-11.

Таблица 9

Агрoхимические показатели переходной почвы разреза 387\*

Горизонт и глубина взятия образца, см	pH (потенциометрически)		Гумус валовой, по Тюрину, %	Азот валовой по Кьельдалю, %	C/N	Фосфор	
	солевой вытяжки	водной вытяжки				валовой, %	подвижный, мг на 100 г
A <sub>0</sub> , 0-6	5,41	6,34	27,82	1,223	13,20	0,264	следы
A <sub>1</sub> , 10-20	5,44	6,18	4,37	0,226	11,24	не опред.	"
B <sub>1</sub> , 40-50	6,45	7,09	2,69	0,096	16,30	0,031	"
B <sub>2</sub> , 70-80	6,41	7,19	2,69	0,106	14,70	0,002	6,4

\* Аналитики Тихоньких, Еловская, Гомзякова, Антипина.

Из табл. 9 видно, что переходная почва разреза 387, развитая под ерниково-голубично-толокнянково-моховой растительностью, высокоплодородна. Она содержит много гумуса и азота.

Табл. 10 показывает, что переходная почва насыщена обменными основаниями, в которых кальций сильно преобладает над магнием и

Таблица 10

Состав обменных оснований переходной почвы разреза 387  
(м-экв на 100 г абс.-сухой почвы и в % от суммы)\*

Горизонт и глубина взяты образца, см	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Сумма
A, 0-6	50,73/71,4	17,13/24,1	3,20/4,5	71,06/100,0
A <sub>1</sub> , 10-20	29,05/66,4	12,35/28,2	2,35/5,4	43,76/100,0
B <sub>1</sub> , 40-50	24,71/63,0	12,79/32,6	1,69/4,4	89,19/100,0
B <sub>2</sub> , 70-80	25,92/65,3	11,85/29,8	1,90/4,9	39,67/100,0

\* Аналитики Черняк, Гомзякова.

Таблица 11

Механический состав переходной почвы разреза 387  
(в % на 100 г абс.-сухой минеральной почвы)\*

Глубина взяты образца, см	Гигр-скоп влаги	Потеря от обработки НСI	Органич. вещество	Размер фракций, мм					
				1-0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001, ил
0-6	10,29	1,72	11,21	14,14	7,37	26,20	10,71	11,01	30,57
10-20	6,45	2,44	—	14,88	12,52	14,54	6,69	7,21	44,16
40-50	5,62	1,56	—	16,21	13,36	14,98	5,55	13,81	36,89
70-80	5,63	1,55	—	15,16	13,18	14,01	7,82	10,72	39,11

\* Аналитик Шматкин.

натрием. Данные табл. 11 показывают, что эта почва по механическому составу является легкой иловато-пылевой глиной.

В долине р. Ирэлэх, в области Вилюйского плато, встречаются другие разновидности почв, переходных от лугово-черноземных и черноземно-луговых к дерново-лесным. Они развиты на карбонатных породах и в морфологическом отношении отличаются от предыдущих наличием хорошо выраженного карбонатного горизонта. Примером может служить разрез 390, заложенный в Ленском районе в долине р. Ирэлэх на первой подпойменной террасе, в 12 км от пос. Мирный по дороге к пос. Новый. Долина сухая, заросла кустарниками, среди которых доминируют ерники, лапчатка кустарниковая, жимолость, режа ива, кое-где встречается голубика. Из травянистых встречаются осока лесная, мышиный горошек, кровохлебка, вероника длиннолистная, мытник, вейник Лангсдорфа, подмаренник северный, пушица, шпорец и др.

#### Описание разреза 390

Глубина разреза 75 см. Почва вскипает от соляной кислоты с 15 до 54 см.

- A, 0-15 см — дерновый горизонт, свежий, рыхлый, коричнево-серой окраски, переплетен корнями растений, среднесуглинистый, зернистой структуры. Переходит в следующий горизонт постепенно.
- B, 15-40 см — влажный, слегка уплотнен, пестроцветный, светло-серый с ржавыми и сизыми пятнами, среднесуглинистый, зернистой мелкокомковатой структуры, пронизан корнями растений. Переходит в следующий горизонт постепенно.
- B<sub>2</sub>, 40-45 см — влажный, серо-коричневой окраски (погребенный гумусовый горизонт с остатками полуразложившихся корней растений), пронизан живыми корнями растений. Переходит в следующий горизонт постепенно.

- B<sub>3</sub>, 45-54 см — влажный, слегка уплотнен, серовато-светло-бурой окраски, пористый, легкосуглинистый, зернисто-пороховидной структуры. Переходит в следующий горизонт постепенно.
- C, 54-75 см — влажный, уплотненный, того же цвета, супесчаный.

Почва переходная от черноземно-луговых заболоченных к дерново-лесным.

Данные о ее составе приведены в табл. 12-13.

Таблица 12

Агрохимические показатели переходной почвы разреза 390\*

Глубина взяты образца, см	pH (потенциометри- чески)		Гумус валовой, по Тюрину, %	Азот валовой, по Кьельдаулю, %	Фосфор вало- вой, по Вою, %	Гидрол. кисл. м-экв
	солевой вытяжки	водной вытяжки				
0-15	6,32	7,70	19,03	1,043	0,362	0,70
20-30	6,09	7,87	5,57	0,280	0,081	0,52
40-45	7,12	7,75	16,81	0,466	0,136	0,52
48-54	7,11	7,63	4,57	0,205	не опр.	0,35
60-70	7,56	7,58	4,24	0,193	не опр.	0,52

\* Аналитики Тихоньких, Еловская, Гомзякова, Антипина.

Таблица 13

Механический состав почвы, переходной от черноземно-луговой к дерново-лесной разреза 390  
(в % на абс.-сухую почву)\*

Глубина взяты образца, см	Гигр-скоп, влаги	Потеря от обработки НСI	Органич. остаток	Размер фракций, мм					
				1-0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	0,001, ил
0-15	6,04	14,41	2,63	0,69	9,21	31,54	10,60	15,77	32,19
20-30	3,45	17,34	—	7,03	20,37	23,85	5,92	12,14	30,69
40-45	5,51	21,93	2,03	1,50	12,26	24,66	9,19	14,95	37,44
48-54	2,68	20,70	—	5,24	20,74	23,75	7,76	10,85	31,66
60-70	2,37	19,40	—	9,86	23,44	20,32	4,93	11,64	29,81

\* Аналитик Шматкин.

Из табл. 12 видно, что почвы, переходные от черноземно-луговых к дерново-лесным, имеют слабощелочную реакцию среды по всему профилю, высокое содержание гумуса в верхнем гумусовом горизонте и постепенное снижение его вниз по профилю. Исключением является погребенный гумусовый горизонт (40-45 см), где содержание гумуса повышается. Это указывает на переходный характер данной почвы. Высокое содержание азота и фосфора по всему профилю говорит о большом потенциальном плодородии переходных почв. О механическом составе их дает представление табл. 13, из которой видно, что переходная почва (разрез 390) является легкой песчано-пылевой глиной.

Из всего сказанного ясно, что все разновидности переходных почв высокоплодородны и вполне пригодны для сельскохозяйственного освоения. Близость их к воде, мощность гумусового горизонта, хороший механический состав и структура создают благоприятные условия для развития на них огородничества. Однако, учитывая расположение этих почв в низинах, более подвергаемых позднеосенним и раннеосенним заморозкам, по сравнению с возвышенными участками, следует осторожно подходить к выбору культур для их освоения. Очевидно, такими морозостойкими культурами могут явиться капуста, а также зерновые фуражные культуры, высеваемые на зеленку.

### Дерново-луговые перегнойные почвы

Эти почвы развиты под травянистыми и травянисто-кустарниковыми ассоциациями на первой надпойменной террасе рр. Ирэлэ и М. Ботубия. Они в разной степени заболочены, большинство их прошло стадию лугово-болотных почв и сейчас еще располагается рядом с торфянисто-болотными почвами, занимающими более пониженные положения в рельефе. Дерново-луговые перегнойные почвы исследуемого района не вскипают от соляной кислоты по всему профилю. Обычно они имеют мощную дернину и окрашены в темно-серый цвет. Все эти почвы развиты на песчаном, супесчаном или суглинистом аллювии.

Для примера приводим агрохимические показатели дерново-луговой почвы разреза 434, заложеного в долине р. М. Ботубия в 40 км от пос. Мирный в юго-восточном направлении. Разрез заложен на сильно заочкаренном осоково-вейниковом лугу, где господствует осока вилюйская, образующая свойственные ей кочки. Кроме осоки вилюйской и вегетативных побегов вейника Лангсдорфа, встречаются молочан сибирский, иван-чай, вероника длиннолистная, осока Шмидта и осока водяная.

#### Описание разреза 434

Мерзлота 7 августа была на глубине 70 см. Почва не вскипает от HCl.

- A, 0—7 см — влажный, уплотнен, серовато-темно-коричневой окраски, густо переплетен корнями. Переходит в следующий горизонт постепенно.  
 A<sub>1</sub>, 7—31 см — влажный, уплотнен, буровато-серой окраски с темно-ржавыми примазками, легкосуглинистый, с большим количеством органических веществ, мелкокомковатой структуры, пронизан корнями. Переходит в следующий горизонт постепенно.  
 B, 31—53 см — влажный, рыхлый, серо-каштанового цвета, мажущий, хорошо минерализованный торф с крупинками мелкого песка и ила. Переходит в следующий горизонт постепенно.  
 C, 53—70 см — влажный, рыхлый, серый с коричневым оттенком, минерализованный торф с ржавыми примазками.

Почва дерново-луговая перегнойная, слабо заболоченная (произошла из болотно-торфянистой). Агрохимические свойства ее представлены в табл. 14.

Таблица 14

Агрохимические показатели дерново-луговой перегнойной почвы разреза 434\*

Глубина взятия образца, см	Емкость поглощ. по Бобко-Аскинази, м-экв	pH (потенциометрически)		Гумус валовой, по Гюрину, %	Азот валовой, по Кьельдаалу, %	Содержание азота в гумусе, %	C N	Фосфор подвижный, мг на 100 г почвы
		солевой вытяжки	водной вытяжки					
0—7	70	4,07	4,98	46,65	2,072	4,44	13,06	0,8
10—20	36	3,59	3,99	23,58	0,966	4,10	14,17	следы
35—45	40	3,31	3,83	19,38	0,944	4,87	11,97	.
60—70	38	2,97	3,78	14,92	0,832	5,58	10,41	.

\* Аналитики Тихоньких, Еловская, Гомзякова, Антипина.

Из табл. 14 видно, что дерново-луговая перегнойная почва разреза 434 характеризуется кислой реакцией среды в верхней части профиля и сильно кислой в нижней его части. Это явление, видимо, можно объяснить тем, что дайна почва произошла из болотно-торфянистой, где процесс разложения органического вещества протекал в анаэробных условиях и продукты распада получались кислые. Среди дерново-луговых пере-

гнойных почв встречаются разновидности с нейтральной и слабощелочной реакцией среды. В остальных показателях они очень близки к описанной выше почве разреза 434. Общим для всех дерново-луговых почв является высокое содержание гумуса и азота по всему профилю, незначительное содержание подвижных форм фосфора, насыщенность поглощающего комплекса обменными основаниями (особенно у разновидностей с нейтральной и слабощелочной реакцией среды), в которых кальций доминирует над магнием и натрием. По механическому составу преобладают почвы суглинистые.

Из всего сказанного о дерново-луговых перегнойных почвах можно сделать вывод, что эти почвы при освоении могут стать высокоплодородными. Кислые их разновидности необходимо известковать для нейтрализации реакции среды.

### Выводы

1. Дерново-лесные палевые почвы встречаются на междуречьях и высоких надпойменных террасах под пологом лиственнично-брусничной и лиственнично-кустарниковой тайги. Они формируются на продуктах выветривания карбонатных кембрийских и, чаще, силурийских пород, тяжелы по механическому составу. Удобны для сельскохозяйственного освоения, залегают на небольших высотах — в пределах до 400 м вблизи пос. Мирный. При освоении необходима раскорчевка тайги. Лучше всего использовать эти почвы под картофель и зерновые фуражные культуры.

2. Перегнойно-карбонатные почвы формируются на элювии карбонатных, преимущественно кембрийских, пород. Они имеют неширокое распространение и встречаются на тех же местоположениях, что и палевые. В отличие от них перегнойно-карбонатные почвы имеют ясно выраженное деление на генетические горизонты, наиболее мощный, до 20 см, темноокрашенный гумусовый горизонт, более тяжелый механический состав и хорошую структуру. При освоении необходима раскорчевка леса. Эти почвы лучше использовать под картофель и овощи, а также зерновые фуражные культуры.

3. Дерново-лесные остаточнопodzольные почвы развиваются под пологом сосновых, сосново-лиственничных и сосново-лиственнично-березовых лесов. В подлеске встречается ольха, багульник, голубика. Материнскими почвообразующими породами для этих почв являются юрские континентальные и морские отложения, состоящие из песчаных конгломератов и глинисто-песчаных их отложений. Дерново-лесные остаточнопodzольные почвы различны по механическому составу. Среди них встречаются как суглинистые, так и супесчаные разновидности, обычно те и другие сильно каменистые. Из них могут быть использованы суглинистые и суглинисто-супесчаные слабоподзолистые почвы, имеющие более мощную безгалечную толщу. При освоении необходима корчевка леса, удаление крупных камней и щебня и внесение органических и минеральных удобрений, а также известки.

В настоящее время нет необходимости осваивать все разновидности остаточнопodzольных почв, так как имеются большие массивы лучших почв.

4. Почвы, переходные от дерново-луговых и лугово-черноземных к дерново-лесным, развиты на надпойменных террасах р. Ирэлэ и ее притоков под ерниковыми зарослями, разреженными лиственничными лесами и березовыми перелесками. По механическому составу чаще суглинисты. Все разновидности переходных почв плодородны и пригодны для сельскохозяйственного освоения. Наиболее плодородны и благо-

приятны для освоения такие почвы, расположенные на повышенных элементах рельефа. Они не нуждаются в известковании, имеют достаточный запас питательных веществ. Их нужно использовать под картофель, зерновые фуражные на зеленку, турнепс, капусту, многолетние местные травы (пырей нежный, лисохвост вздутый, ячмень луговой и т. д.). Удобные участки таких почв находятся на надпойменной террасе р. Ирэлэх, начиная от устья ее и вдоль р. М. Ботуобия, протяженностью 4 км и шириной до 3 км, а также в 5—10 км от пос. Мирный вверх и вниз по течению реки.

5. Дерново-луговые перегнойные почвы занимают долину р. Ирэлэх и ее притоков (первую надпойму). Хотя и в разной степени, но все они заболочены, чему способствует холодный почвенный климат. За лето оттаивают на 60—70 см. Расположены преимущественно в местах, подвергнутых раннеосенним и позднеосенним заморозкам. Их можно вовлечь в сельскохозяйственное освоение под луговые угодья, но для этого необходимо проводить боронование с целью вычесывания мхов, удаление кустарников, рыхление мертвого покрова; эти меры улучшат воздушный режим почв, будут способствовать утеплению почвенного климата и повышению урожайности лугов. Сильно заочкаренные луга требуют больших капиталовложений на фрезерование, перепашку и посев местных, приспособленных к этим условиям трав. Кислые разновидности дерново-луговых почв следует известковать.

Незаболоченные и слабозаболоченные обсыхающие дерново-луговые почвы повышенной элементов мезорельефа подпойменных террас можно использовать под овощи (капусту), картофель, турнепс.

Таким образом, из всего сказанного можно сделать общий вывод, что на исследованной территории имеются отдельные массивы земель, пригодные для развития овощеводства (капуста, картофель), посева луговых трав и зерновых фуражных культур.

Якутский филиал  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
11/X 1958

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазы Сибири, под ред. А. П. Бурова, В. С. Соболева. Госгеолтехиздат, М., 1957.
2. В. Г. Зольников, Почвы Ленского и Олекминского районов Якутии. Тр. ЯФАН СССР, вып. 2, Изд. АН СССР, М., 1957.
3. Р. И. Аболди, Геоботаническое и почвенное описание Лено-Вилюйской равнины. Тр. Комиссии АН СССР по изуч. ЯАССР, Изд. АН СССР, Л., 1929.
4. А. А. Красюк, Почвы Ленско-Амгинского водораздела. Изд. АН СССР, Л., 1927.
5. К. Д. Глинка, Очерк почв Якутии. В сб. Якутия, Изд. АН СССР, Л., 1927.
6. В. Г. Зольников, Почвы Восточной Якутии и их использование. В кн. Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии, АН СССР, М., 1954.
7. В. Г. Зольников, Почвенно-ландшафтные районы Западной Якутии. Рукопись, Фонды ЯФАН СССР, 1958.

М. А. ЛУРЬЕ

### К ФАУНЕ КОРРОЕДОВ (IPIDAE) КЕМЕРОВСКОЙ И НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Изучению фауны короедов, несмотря на большое практическое значение этой группы насекомых, до настоящего времени не уделяется должного внимания. Для большинства областей обширной территории Сибири в лучшем случае имеются лишь отрывочные сведения по ипидофауне.

Автором проводились сборы короедов в Маслянинском лесхозе Новосибирской области (1954 г.), в Промышленновском (1955 г.), Сталинском, Крапивинском и Тяжинском (1957 г.) лесхозах Кемеровской области.

Приводимый список короедов не претендует на полноту и нуждается в значительных дополнениях. Однако в связи с тем, что полной сводки по фауне *Ipidae* для названных областей пока не опубликовано\*, автор решил сделать попытку составления такового, тем более, что некоторые и биологические находки дают нам новые сведения о распространении короедов.

Значительную помощь в определении сборов оказал нам Б. В. Сокановский.

Краткая характеристика районов, в которых проводились сборы короедов, сведена в табл. 1.

Ниже приводится список короедов, зарегистрированных в Новосибирской и Кемеровской областях в 1954, 1955 и 1957 гг. (табл. 2). Следует оговорить, что по условиям работы сборы короедов иногда производились бегом, поэтому указания на нахождение некоторых видов только в одном или в двух из упомянутых лесхозов нельзя считать исчерпывающими.

Таблица 1

Лесхоз и лесничество	Географический район	Рельеф	Типы леса
Маслянинский лесхоз, Иковское лесничество	Западные склоны Салаирского кряжа	Пересеченный, холмистый. Высота до 300—350 м над ур. м.	Пихтач разнотравный
Промышленновский лесхоз, Вагановское лесничество	Восточные склоны Салаирского кряжа	Пересеченный, холмистый. Высота до 400 м над ур. м.	Пихтач разнотравный. Пихтач пологих склонов. Листвяг травяной. Сосняк злаково-разнотравный

\* Наиболее значительная сводка Е. Ф. Киселевой [1] содержит 29 видов. Сборы проводились в районе ж.-д. ст. Тайга (Кемеровская область).

Окончание табл. 1

Лесхоз и лесничество	Географический район	Рельеф	Типы леса
Сталинский лесхоз, Средне-Терсинское лесничество	Западные отроги Кузнецкого Алатау	Гористый. Высота до 500 м над ур. м.	Пихтач пологих склонов. Пихтач высокогорный. Ельник-согра
Крапивинский лесхоз, Тайдонское лесничество	Западные отроги Кузнецкого Алатау	Гористый. Высота до 600 м над ур. м.	Пихтач пологих склонов. Пихтач высокогорный
Тяжинский лесхоз, Даниловское лесничество	Юг Западно-Сибирской низменности	Равнинный, слабоволнистый. Высота до 100 м над ур. м.	Пихтач широколиственный, свежий и влажный. Кедрач сфагновый

Таблица 2

Вид	Распространение по лесхозам	Порода деревьев	Встречаемость	Примечание
1. <i>Scolytus ratzeburgi</i> Jap s.—березовый заболонник	Повсеместно	Береза	Очень часто	
2. <i>S. morawitzi</i> Sem.—заболонник Моравица	Промышленновский	Лиственница сибирская	Редко	На усыхающих ветвях срубленных деревьев. В связи с хорошим состоянием лиственницы заметно вред не приносит
3. <i>S. rugulosus</i> Ratz.—морщинистый заболонник	Маслянинский	Черемуха, рябина	Часто	На деревьях, ослабленных многократным объеданием гусеницами боярышницы
4. <i>Xylechinus pilosus</i> Ratz.—пальцеходный лубоед	Повсеместно	Пихта, ель	Очень часто	Массовый вредитель пихты. На жердняке, усыхающих вершинах и ветвях с уже побуревшим лубом
5. <i>Hylurgops glabratus</i> Zett.—черно-бурый лубоед	Промышленновский	Ель	Обычно	
6. <i>H. palliatus</i> Gyll.—фиолетовый лубоед	Промышленновский, Сталинский	Ель	Часто	
7. <i>Hylastes ater</i> Paук.—сосновый корнежил	Промышленновский	Сосна	»	

Продолжение таблицы 2

Вид	Распространение по лесхозам	Порода деревьев	Встречаемость	Примечание
8. <i>Crypturgus cinereus</i> Hbst.—сосновый короед-крошка	Промышленновский, Сталинский, Крапивинский	Пихта, ель	Часто	
9. <i>Phthorophloeus spinulosus</i> Rey.—щетиный лубоед	Повсеместно	Ель	»	
10. <i>Blastophagus piniperda</i> L.—большой сосновый лубоед	Промышленновский	Сосна	»	На поваленных стволах, лесоматериалах
11. <i>B. minor</i> Hart.—малый сосновый лубоед	Промышленновский	Сосна	»	»
12. <i>Polygraphus subopacus</i> Thom s.—матовый полиграф	Крапивинский, Тяжинский	Ель	Редко	
13. <i>Carphoborus cholodkovskii</i> Spess.—лубоед Холодковского	Промышленновский	Сосна	Обычно	На усыхающем и свежесохшем жердняке
14. <i>C. teplouchovi</i> Spess.—лубоед Теплоухова	Промышленновский	Ель	Редко	На тонких усыхающих ветвях
15. <i>Trypophloeus asperatus</i> Gyll. (?)—осиновый крифал	Сталинский	Осина	»	На ветвях и верхней трети стволов, иногда в массовом количестве
16. <i>T. rybinskii</i> Reitt.—ивовый крифал	Сталинский	Ива	»	
17. <i>Cryphalus saltuarius</i> Ratz.—лубяной крифал	Промышленновский, Крапивинский, Тяжинский	Ель	Редко	На тонких усыхающих ветвях
18. <i>Dryocoetes autographus</i> Ratz.—лесовик-автограф	Крапивинский, Тяжинский	»	Обычно	На корнях пней и ветровальных деревьях
19. <i>D. hectographus</i> Reitt.—лесовик-гектограф	Промышленновский	»	»	
20. <i>D. baicalicus</i> Reitt.—байкальский лесовик	Промышленновский	Лиственница сибирская	Редко	На усыхающих ветвях поваленных деревьев
21. <i>Xyleborus (Anisandrus) dispar</i> F.—непарный короед	Промышленновский, Крапивинский	Береза	»	

\* По определению Б. В. Соколовского, имеющиеся экземпляры морфологически близки к той слабую диагностическую изученность видов *Trypophloeus*.  
*T. berezini* Stark.—крифалу Березиной (согласно описанию В. Н. Старка [2]). Следует отме-

Продолжение табл. 2

Вид	Распространение по лесхозам	Порода деревьев	Встречаемость	Примечание
22. <i>Trypodendron lineatum</i> Oliv.—полосатый древесинник	Повсеместно	Пихта, ель, сосна, кедр	Часто	Одним из первых заселяет пихты, обьеденные сибирским шелкопрядом (в комлевой части стволов)
23. <i>T. suturade</i> Egg. (?) *—березовый древесинник	Промышленновский	Береза	Редко	
24. <i>Pityophthorus micrographus</i> L.—обыкновенный микрограф	Промышленновский	Кедр	»	
25. <i>P. lichtensteini</i> Ratz.—микрограф Лихтенштейна	Сталинский, Тяжинский	Пихта	Редко	
26. <i>P. morosovi</i> Spess.—микрограф Морозова	Промышленновский, Крапивинский	Ель	»	На тонких усыхающих ветвях
27. <i>P. glabratus</i> Eichh.—сосновый микрограф	Тяжинский	Кедр	Часто	
28. <i>R. pini</i> Kug.**—уссурийский сосновый микрограф	Крапивинский, Сталинский, Промышленновский	Ель, кедр	Обычно	
29. <i>Pityogenes chalcographus</i> L.—короед-гравер	Повсеместно	Пихта, ель, сосна, кедр, лиственница сибирская	Очень часто	
30. <i>P. bidentatus</i> Hbst.—двузубый короед	Промышленновский	Сосна	Часто	
31. <i>P. quadridens</i> Hart.—четырёхзубый короед	Крапивинский	Пихта	Редко	
32. <i>P. baicalicus</i> Egg.—байкальский гравер	Сталинский, Крапивинский	Кедр	Часто	
33. <i>Ips sexdentatus</i> Voegr.—шестизубый короед (стенограф)	Повсеместно	Сосна, кедр	Очень часто	
34. <i>I. typographus</i> L.—короед-типограф	Повсеместно	Ель, кедр	Часто	

\* Определен Б. В. Соконовским. Имеющиеся экземпляры морфологически близки к *T. signatum* Oliv.—многоядному древесиннику.

\*\* Определен Г. А. Зиновьевым. Близок к *P. sichotensis* Kug.—сихотэ-алинскому микрографу.

Окончание табл. 2

Вид	Распространение по лесхозам	Порода деревьев	Встречаемость	Примечание
35. <i>I. duplicatus</i> Sahlb.—короед-двойник	Повсеместно	Ель, кедр	Часто	
36. <i>I. acuminatus</i> Gyll.—вершинный короед	Промышленновский	Сосна	»	
37. <i>I. subelongatus</i> Moisch.—большой лиственничный короед	Промышленновский	Лиственница сибирская	Обычно	
38. <i>Orthotomicus proximus</i> Eichh.—валежный короед	Повсеместно	Кедр, сосна, ель	Очень часто	
39. <i>O. suturalis</i> Gyll.—короед пожарщик	Повсеместно	Кедр, сосна, ель, пихта	Очень часто. На пихте редко	

Этот список необходимо дополнить следующими видами, которые приводятся Е. Ф. Киселевой [1], но не были обнаружены автором статьи:

1. *Hylastes opacus* Eg.—матовый еловый корнежил,
2. *H. cunicularius* Eg.—еловый корнежил,
3. *Dendroctonus micans* Kug.—большой еловый лубоед,
4. *Polygraphus polygraphus* L.—пушистый полиграф,
5. *Crypturgus pusillus* Gyll.—еловый короед-крошка,
6. *Pityogenes monacensis* Fuchs (?) \*—западный гравер,
7. *Neotomicus (Orthotomicus) laricis* F.—малый лиственничный короед.

Остановимся подробнее на наиболее интересных находках.

1. *Crypturgus cinereus* Hbst.—короед-крошка сосновый. Встречался в Сталинском и Крапивинском лесхозах, местами в массовом количестве, на пихте сибирской, преимущественно в средней части ствола (реже — в комлевой части). Заселял усыхающие (перестойные или зараженные гнилью) деревья.

По нашим наблюдениям, *C. cinereus* для проникновения под кору пихты использовал главным образом «насечки» усачей рода *Monochamus*, реже — ходы *Pityogenes chalcographus* и механические повреждения коры.

В конце июля — начале августа наблюдался выход молодых жуков, которые еще долгое время оставались под корой.

В Промышленновском лесхозе *C. cinereus* был обнаружен и на тонких нижних усыхающих ветвях ели.

2. *Trypophloeus rybinskii* Reitt.—крифал ивовый. По литературным данным [3, 4], этот вид в СССР обитает лишь на юге Европейской части. *T. rybinskii* обнаружен нами в Сталинском лесхозе в пойме р. Томь на срубленных усыхающих сучьях ивы 5—7 см в диаметре.

В 1-й декаде июня отмечена яйцекладка и начало развития личинок.

3. *Pityophthorus glabratus* Eichh.—микрограф сосновый. В СССР этот вид отмечен лишь в Европейской части, на соснах и лиственнице европейской [3, 4, 5]. Встречается также в Маньчжурии на различных видах *Pinus* [3].

\* В настоящее время нахождение этого вида в Сибири отрицается [3, 2].

В Даниловском лесничестве Тяжинского лесхоза *P. glabratus* обнаружен на кедре, где часто заселяет вершины и верхние ветви 0,4—1,0 см в диаметре, зараженные грибной болезнью «шютте» (возбудитель *Lophodermium pinastri* Chev.). Поврежденные ветви усыхают и легко обламываются ветром. Совместно с «шютте» *P. glabratus* вызывает суховершинность кедр, нанося заметный вред кедровым насаждениям Тяжинского лесхоза.

Выход молодых жуков — во 2-й половине августа — начале сентября.

4. *P. pini* Kug. — микрограф уссурийский сосновый. Описан А. И. Куренцовым [6] для южной части Приморского края, где обитает на корейском кедре. Найден Г. А. Зиновьевым [7] в Среднем Приуралье на ели.

*P. pini* обнаружен нами в Промышленновском, Сталинском и Крапивинском лесхозах на нижних тонких усыхающих ветвях ели и (редко) кедр сибирского.

Выход молодых жуков в августе.

5. *Pityogenes quadridens* Hart. — короед четырехзубый.

Один экземпляр этого вида был выведен в декабре из отрубка пихты, взятого летом в Крапивинском лесхозе. По литературным данным, *P. quadridens* еще не был отмечен на этой породе.

6. *P. baicalicus* Egg. — гравер байкальский.

По В. Н. Старку [2, 3], этот вид в Сибири отмечен лишь в Северных Саянах и в Южном Прибайкалье; Г. А. Зиновьевым [7] найден в Среднем Приуралье.

В Сталинском и Крапивинском лесхозах *P. baicalicus* — один из наиболее обычных короедов, обитающих на кедре. Заселяет ослабленные ветви с еще свежим лубом, различных диаметров — от 0,5 см и толще. Часто встречается совместно с гравером обыкновенным (*Pityogenes chalcographus*).

Лёт жуков и яйцекладка происходили в конце мая — начале июня. Окукливание — во 2-й половине июля. Выход молодых жуков наблюдался с конца июля до двадцатых чисел августа.

5-я Московская аэрофотолесоустроительная экспедиция

Поступила в редакцию 17/V 1958

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Ф. Киселева, Материалы по фауне жуков-короедов Западно-Сибирского края. Тр. Биол. ин-та Томского гос. ун-та, т. IV, 1937.
2. В. Н. Старк, Короеды. Фауна СССР. Жесткокрылые, т. XXXI, 1952.
3. Вредители леса, т. II, Справочник, АН СССР, 1955.
4. Б. В. Соколовский, Заметки о жуках-короедах фауны СССР (*Coleoptera, Iridae*). Бюлл. МОИП, т. IX, вып. 5, 1954.
5. Д. Н. Фролов, Короеды хвойных деревьев Восточной Сибири. Иркутск, 1949.
6. А. И. Куренцов, Короеды Дальнего Востока СССР. АН СССР, 1941.
7. Г. А. Зиновьев, Новые данные по фауне короедов (*Iridae*) Среднего Приуралья. Всес. энтомолог. обозрение, т. XXXIV, 1955.

Ю. Б. БЕЛЯЕВ

#### АНОМАЛИИ У ОНДАТРЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ

Ценный пушной зверек ондатра был завезен в СССР 30 лет назад. Благодаря успешной акклиматизации ондатры народное хозяйство страны дополнительно получило за это время пушнины на сотни миллионов рублей. Местами промысел ее сделался основным занятием населения: в дельтах рек Аму-Дарья и Или ежегодно заготавливают около двух миллионов шкурок. В Западной Сибири особенно благоприятны для разведения ондатры многочисленные озера лесостепи, здесь созданы специальные государственные ондатровые хозяйства.

Однако численность ондатры непостоянна по годам. В некоторые годы пушные организации получают продукции в 2—3 раза меньше, чем обычно. Изучение условий существования ондатры и факторов, влияющих на изменение ее численности, представляет большой научный и хозяйственный интерес.

Основным показателем в ондатроводстве мы считаем деловой выход молодняка ондатры в промысловый сезон [1]. Однако частота встреч аномалий и патологических случаев также может служить критерием, характеризующим популяцию. Частота встреч аномалий может считаться одним из дополнительных показателей при анализе движения популяции ондатры за различные годы, а также при сравнении популяции отдельных водоемов и районов.

Материал для статьи получен нами путем осмотра 1500 детенышей в гнездовых хатках ондатры, свыше 100 тыс. шкурок ондатры, около 300 маток, а также проверочными опытами по резорбции эмбрионов ондатры и лабораторных животных в 1955—1957 гг. Полевая работа проводилась в Курганской области в 1951—1954 гг., в период медленного восстановления здесь численности ондатры, которому предшествовало резкое падение поголовья этого зверька в 1949—1950 гг.

#### Случаи аномалий

Ниже описываются аномалии, отмеченные нами у ондатры, многие из них в литературе не упоминаются.

#### Бесхвостость

В начале июня 1953 г. мы вскрывали и просматривали гнездовые хатки ондатры на оз. Арлагуль Лебяжьевского района. В одной хатке помет ондатры состоял из 8 слепых детенышей-самцов. Один ондатренок из этого выводка не имел хвоста, что не было следствием травмы или болезни: огузок был совершенно гладкий, шрамов и язв при осмотре не обнаружено. В остальном ондатренок и его братья выглядели нормальными.



Попутно отметим и необычность самой находки в одном помете 8 самцов в отсутствии самок. Подобных случаев мы больше не отмечали (осмотрено 260 выводков).

#### Месячные ондатрята без шерстного покрова

Известно, что недельные ондатрята покрыты коричневым коротким волосом, а двухнедельные обрастают высоким «пухлявым» мехом. 5 августа 1952 г. при вскрытии хаток на оз. Ковригино в одной из них найдено 3 зрелых живых ондатренка в возрасте около месяца, имевших странный вид: небольшие пучки обычных пухлявых волос торчали на голове, пояснице, груди; остальные части тела были совершенно голые, кожа — гладкая, без коросты, без язвочек — имела нормальный вид. Других отклонений от нормы не замечено. В гнезде не было обнаружено паразитов и опавших волос. Один из родителей, вынырнувший невдалеке, имел нормальное опушение (были видны лишь морда и спина). В шаге от хатки плавал труп четвертого, совершенно безволосого ондатренка. Детеныши были переловлены. В ондатровом промхозе появление их вызвало удивление сотрудников и охотников. По словам ондатролов, такие зверьки прежде им не попадались.

Межрайонная ветеринарно-бактериологическая лаборатория в Лебяжье, куда был доставлен на исследование живой ондатренок, не нашла признаков каких-либо кожных заболеваний и высказала предположение, что имел место авитаминоз или «общее заболевание». Другой ондатренок был в формалине представлен в Институт дерматологии (Москва); в этом учреждении характер заболевания зверьков также не был установлен.

Следует отметить, что в течение ряда лет на этом и соседних водоемах нами осматривались все добытые зверьки, однако шкурок с ненормальным мехом не встречалось.

#### Ненормальная линька (или инфантильность взрослой особи)

По характеру линьки молодая ондатра (в возрасте до года) и взрослая (старше года) отличаются очень резко. Линька молодой ондатры идет в определенной последовательности; мездра ее шкурки тоньше, нежнее, с синими полосами вдоль тела. У взрослой же такой последовательности нет, и вся шкурка с мездры покрыта беспорядочно разбросанными черно-синими пятнами неопределенной формы, обычно площадью в несколько квадратных сантиметров и с довольно резко очерченными границами. Мездра взрослых ондатр толстая и грубая.

Такое различие в линьке имеет чрезвычайно важное значение для практики ондатроводства: сортируя в отдельности шкурки взрослых и молодых особей, в промхозах ежегодно определяют размер годового прироста поголовья, т. е. деловой выход молодняка. Поэтому немаловажно знать, как часто встречаются особи с нетипичным характером линьки, с отклонением в «рисунке» мездры, ведь такие особи — источник ошибок в определении показателя «деловой выход молодняка». Например, если на 6 шкурок взрослых самок пришлось 100 шкурок молодых, то значение показателя составляет 16,6. При наличии одной лишь «спорной» шкурки значение этого показателя сильно изменится и, в зависимости от того, похожа она больше на шкурку взрослой или молодой особи, составит либо 14,3, либо 20.

В период наших работ хотя и редко, но встречались как шкурки

взрослых, по рисунку линьки похожие на шкурки молодых («спорные взрослые»), так и, наоборот, шкурки молодых, напоминающие шкурки взрослых («спорные молодые»). Причем в последнем случае пятна на мездры лишь единичны и отличаются от пятен линьки взрослых тем, что они округлы и синева по их краям постепенно сходит на нет, тогда как пятна линьки взрослых чаще бывают угловатой формы, с более резкими границами и многочисленны (мозаичны).

В сомнительных случаях мы проводили оценку по сумме признаков: рисунок линьки, толщина мездры, площадь шкурки. При такой комплексной оценке лишь в особенно трудном случае невозможно было определить по шкурке возрастную категорию ондатры. Единичность случая, описываемого ниже, доказывает, что учет прироста поголовья ондатры путем просмотра шкурок практически безошибочен.

В конце 1952 г. охотоведу Лебяжьевского промхоза А. Сурину и автору попала шкурка ондатры с очень тонкой, «детской» мездрой, но с типичным для взрослых мозаичным рисунком. Она была покрыта многочисленными пятнами угловатой формы с резко очерченными краями. По площади эта шкурка, согласно пушному стандарту, была отнесена к категории «мелких», т. е. принадлежала ондатре не раннего (первого), а среднего (второго) помета. Толщина мездры шкурки не превышала толщину таковой у детенышей позднего (третьего) помета.

Имея некоторый опыт, мы считали, что перед нами шкурка молодой ондатры, но это было столь необычно, что мы все же обследовали края разреза шкурки по огузку и бедрам и убедились, что ни на один сантиметр шкурка не урезана. В следующем году, когда число просмотров превысило 100 000, ничего подобного не встретилось. В литературе мы не нашли упоминания о подобных отклонениях в характере линьки; ничего не говорится и о случаях резко выраженной инфантильности у ондатры. Последнее можно предположить для нашего случая лишь с малой долей вероятности. Если допустить, что это была не прибылая, а крайне недоразвитая самка старше одного года, тогда очевидно, что такой характер линьки для нее является нормой, инфантильность же — аномалией. В любом из двух случаев эта ондатра — очень редкое явление, в противном случае такой важный прием учета прироста поголовья ондатры, как просмотр шкурок, можно было бы применять лишь с многочисленными оговорками и поправками.

#### Аномалия внутренних органов

В мае 1953 г. мы выпустили пару зверьков, отловленных вместе, в небольшое озеро в надежде получить от них потомство. При выпуске была обнаружена в промежности у самки следующая ненормальность: кал выходил как из анального, так и из полового отверстия, так как прямая кишка имела соответственно два выхода. Аномалия особенно была заметна, если самку поднимали за хвост. Размер и вес самки были меньше средних, самец выглядел нормально.

Все лето эта пара оставалась бесплодной, к концу лета озеро усохло, и мы больше не видели зверьков.

#### Аберрации в окраске и структуре меха

В описанном выше случае самец и самка имели также необычную серую («волчью») окраску, у самки, кроме того, наблюдалась рексовидность меха (укороченная ость).

«Волчья» окраска у ондатры встречается довольно часто [2], в соче-

тании же с рексовидностью меха это единственный случай за время нашей полевой работы.

Меланистов и полных альбиносов мы не встречали ни разу. Пегость — частичный альбинизм — отмечена нами в 1951 г. у трех ондатр из Макушинского промхоза, принадлежащих к одной семье. Шухов [3], Слудский [2], Бентон [4] пишут, что пегие зверьки попадаются гораздо чаще, чем полные альбиносы, но, как отмечает Слудский [2], реже, чем зверьки с «волчьей» окраской.

### Недоразвитые детеныши

28 мая 1953 г. при просмотре пометов ондатры на оз. Ключевике в гнезде большой хатки был обнаружен один слепой, покрытый коричневой шерсткой ондатренок недельного возраста. На основании того, что детеныш был завернут в гнездовую подстилку, в близлежащих хатках и укрытиях не было однопометных с ним ондатр и рядом с хаткой не плавала встревоженная мать, мы пришли к заключению, что помет состоял из единственного ондатренка. При сравнении с нормальными ондатрятами того же возраста найденный детеныш выглядел хилым и не жизнеспособным. Движения его были вялыми, тело поджарым, грудная клетка узкая, на брюшке не было обычных для этого возраста складок кожи с развитой жировой клетчаткой, постановка передних конечностей неправильная, резцы деформированы.

Описанный случай оказался не единственным. Практикант Н. Шашкин 19 июня 1953 г. отметил на оз. Большой Желтик наличие в гнезде ондатры двух слепых детенышей, один из которых был почти вдвое крупнее второго, недоразвитого ондатренка.

### Перетаскивание детенышей и ранения новорожденных

Эти случаи отмечены в 1952 и в 1953 гг. на ряде озер. 10 июня 1952 г. на оз. Смальково в хатке № 2 в помете еще слепых ондатр был найден детеныш, у которого на левой задней ноге над голеностопным суставом обнаружена двух-трехдневной давности рана. Кость была повреждена, и стопа висела на сухожилиях и коже, кончик хвоста отсутствовал, на культе его были кровяные корочки. Травма, вероятно, нанесена зубами.

Больной детеныш отстал в росте и весе. Длина его тела 90 мм, длина стопы 28 мм, вес 43 г. Длина тела здоровых ондатр 100 мм, длина стопы 29 мм, вес их 65—67 г.

В этой семье взрослая ондатра перетаскивала детенышей из одной хатки в другую в момент подъезда лодки. В одной хатке было 2 ондатренка с сухой шерсткой, не завернутых в подстилку, в соседней хатке — 7 таких же по возрасту и весу ондатр. Последние были мокрые и также не завернуты. Эктопаразитов, которые нередко служат причиной переноса зверьками жилища, на детенышах и в подстилке обнаружено не было. Перенос детенышей не был вызван и тревогой самки при появлении человека, так как подъезжали к хатке через плес бесшумно и быстро. Можно предположить, что ондатренок был ранен вследствие «затаскивания». Причины затаскивания детенышей, наблюдаемого у рожениц многих домашних и содержащихся в неволе диких животных, еще далеко не изучены. Нередко это связано с нарушением функции молочных желез [5].

Ранения новорожденных ондатр отмечены также на озерах Б. Баксар и Кругленькое в хатках, где перетаскивания не было. На оз. Б. Бак-

сар у одного из пятидневных ондатр на груди была обнаружена заживающая рана площадью 4 см<sup>2</sup>. В другом помете среди двух мертворожденных и четырех здоровых ондатр обнаружен однодневный ондатренок с кровоточащей поверхностной раной на боку. Площадь травмы не менее 5 см<sup>2</sup>, и приходилось удивляться, что ондатренок остался жив. Мертворожденные его братья травм не имели. На оз. Кругленькое 25 июля в хатке № А1 из трех ондатр два были сильно изранены, но живы, их возраст 3—4 дня.

Не ясно, отчего бывают эти ранения ондатр. Вероятно, при затрудненных родах самка с большим, чем обычно, напряжением выдергивает зубами плод из родовых путей, нанося ему повреждения. При нормальных родах ондатра, как и другие грызуны, также пользуется зубами, но заметных усилий при этом не применяет.

Помимо ранений, были отмечены и случаи запрыгивания детенышей на смерть. С этим явлением нам впервые пришлось столкнуться в 1951 г. на оз. Кругленькое. В 1953 г. 26 мая на оз. Ковригино в хатке № 15 автором и практикантом Н. Шашкиным было обнаружено 5 трупиков новорожденных ондатр. У всех на теле были характерные следы долообразных резцов ондатры. Хатка не имела следов повреждений, в гнездовой камере не было следов борьбы. В июле в хатке на оз. Семино было найдено 4 искусанных насмерть новорожденных ондатренка, на оз. Кругленькое — 5 шук.

### Патология родовых путей

В период промысла изредка попадались самки, при вскрытии которых бросались в глаза чрезмерно увеличенные оба или один из рогов матки. Стенки такого рога с просветом, увеличенным раз в пять против нормы, обычно совсем не имели темных плацентарных пятен, иногда же пятна были, но бледные, еле заметные. Рог наполнен желтовато-красной или почти бесцветной жидкостью, которая свободно переливается, как в пузыре, стенки рога истончены.

Следует отметить, что самки с патологическими матками встречались на озерах, где популяция ондатры была ранее изрежена вследствие падежа или промысла и последующий прирост стада шел медленно, несмотря на то, что водоемы эти принадлежали к лучшему классу бонитета. Примером этого служит оз. Б. Мергень. Охотоведом А. Суриным осенью 1952 г. было просмотрено здесь более 20 маток взрослых самок, причем, по его словам, среди каждого десятка встречались 2—3 подобные матки.

Это явление — водянка матки — в литературе об ондатре не описано, природа его не ясна. Наши полевые наблюдения и лабораторные опыты позволяют предполагать, что оно связано с резорбцией эмбрионов. Нам удалось многократно наблюдать и вызывать рассасывание эмбрионов грызунов, и в двух случаях была отмечена подобная картина. Одна матка, сходная с описанной выше, была вырезана у подопытной белой мыши, забитой в момент резорбции эмбрионов. Другая матка принадлежала самке ондатры с резорбирующими эмбрионами.

### Резорбция эмбрионов

В период нашей работы часто встречались самки, матки которых носили следы резорбции эмбрионов. Явление резорбции общеизвестно. Обычно считается, что у ондатры резорбция эмбрионов редка и не превышает 2% [6, 2]. Между тем, в 1952 и 1953 гг. самки с признаками ре-

зорбции встречались на некоторых озерах даже чаще, чем нормально рожавшие [7]. Естественно, что в таких случаях и деловой выход молодняка на взрослую самку к осени оказывался крайне низким. Так, на оз. Чайкино, где деловой выход молодняка на самку в 1952 г. был равен 5,6, две просмотренные матки взрослых самок носили следы резорбции эмбрионов. На оз. Убойное в том же году из четырех вскрытых взрослых самок лишь у одной в матке не было обнаружено признаков резорбции (деловой выход молодняка — 4,3). Популяции как первого, так и второго озера восстанавливались от одной семьи. На первоклассном глубоководном оз. Елесино у двух третей самок рассосалась часть помета (деловой выход в 1953 г. — 6,4, в 1954 г. — 3,8 молодых на самку). Аналогичная картина отмечена на оз. Степное — изолированном, богатом кормами водоеме, где поголовье ондатры медленно нарастало, восстанавливаясь в родстве от одной семьи, сохранившейся после 1949 г.; деловой выход в 1952 г. — 4,4, в 1953 г. — 6,1 молодых. Здесь же отмечен случай прохлостания взрослой самки, что является большой редкостью среди ондатры.

### Мертворожденность

В некоторых пометах ондатры встречались мертворожденные детеныши весом 15—18 г, тогда как вес нормальных новорожденных ондатр 18—22 г.

В 1953 г. 30/V на оз. Баксары в двух выводках было отмечено 3 мертворожденных ондатренка, 1/VI на оз. Арлагуль — 2, 15/VI на оз. Кругленькое — 2, 27/VI на оз. Елесино — 1, 12/VI на оз. Фадино — 3, на оз. Степное — 8, 10/VI на оз. Чистенькое — 2 мертворожденных детеныша.

Судя по весу мертворожденных ондатр, одни гибли за день перед родами, другие в день родов.

Мертворожденность и резорбция эмбрионов отмечаются большинством исследователей у животных, ослабленных болезнями, голодовкой, авитаминозом, инбридингом и другими неблагоприятными факторами среды.

### Обсуждение результатов

Изучение курганской популяции ондатры показывает, что после резкого падения численности ее в 1949—1950 гг., вызванного комплексом причин, из которых важнейшие — туляремия в сочетании с перепромыслом, последующее усыхание водоемов и местами родственное спаривание, — жизнеспособность ондатры понизилась. Об этом свидетельствуют все показатели, характеризующие популяцию, начиная с главного — делового выхода молодняка ондатры. Показатель делового выхода молодняка упал с 11—17 молодых на старую самку в 1939—1949 гг. до 6—9 в 1952—1954 гг. (по просмотру 100 000 шкур). Об этом же говорит почти полное, а местами и полное, неучастие самок-сеголеток в размножении, учащение случаев резорбции эмбрионов, аномалий и многое другое.

Отрицательное влияние усыхания водоемов и перепромысла на численность ондатры известно из литературы, а также практики ондатровых промхозов. Объем статьи не позволяет анализировать эти материалы, мы коснемся лишь последнего фактора, обычно игнорируемого в ондатроводстве, — инбридинга.

Влияния на ондатру родственного разведения и фактора «многого родства» многими исследователями не учитываются, но динамика некоторых популяций ондатры определенно свидетельствует о том, что на

отдельных озерах эти влияния имели место. Не следует забывать, как были изрежены популяции ондатры после туляремии и перепромысла в 1948—1949 гг. В Омской области заготовки ондатры упали в 7 раз, Солдатский промхоз, например, совсем прекратил промысел ондатры по этой причине [8]. А. П. Жданов [9] писал, что в 1949 г. в Чановском промхозе за 16 дней промысла на пяти озерах площадью не менее 1 км<sup>2</sup> каждое было отловлено всего 67 ондатр. По сообщению научного сотрудника Западно-Сибирского филиала Академии наук СССР А. И. Янушевича, в Новосибирской области были озера, где на площади в 2 тыс. га осталось по одной семье (1951 г., устное сообщение). Если и при большей численности близкородственное спаривание имело место, то на опустевших от ондатры изолированных водоемах оно вошло в систему, а на других озерах такие случаи участились. В районе наших работ был известен ряд водоемов, популяции ондатры на которых восстанавливались от одной-двух семей.

Известно, что Дарвин считал родственное разведение фактором, снижающим жизнеспособность организмов, причиной появления среди них уродств и аномалий. Он писал о случае с гончими, разводимыми в родстве: «Почти у всех на хвосте сделалось костистое расширение», которое исчезло после прилития «свежей крови» в потомстве.

Положение Дарвина нашло дальнейшее развитие в работах многих советских исследователей: Аракеляна, Ватти, Карелина, Карманова, Кушнера, Лебедева, Лысенко, Лютикова, Милованова, Никулиной и других. По Тихонову и Смушковой [11], инбридинг среди крыс вызвал запоздалое созревание крысят, более позднюю — на 1—2 месяца по сравнению с контролем — половую зрелость, снижение рождаемости, болезни обмена веществ, деформацию зубов и другие отклонения от нормы.

Мантейфель [12] писал, что родственное спаривание имеет место не только среди одомашненных, но и среди некоторых диких животных.

Следует отметить, что в период заселения Курганской области ондатрой и последующего стремительного подъема ее численности здесь много лет тщательно изучали экологию ондатры Цыганков (1941—1949 гг.) и Корсаков (1949—1950 гг.). Они не упоминают об аномалиях ондатры (исключая несколько случаев резорбции эмбрионов), хотя оба работали с большим материалом. Трудно представить, чтобы названные исследователи не заметили подобных ненормальностей, если бы они встречались в те годы с ними.

### Заключение

Большинство упомянутых нами аномалий у ондатры — недоразвитость детенышей, ранение, загрызание новорожденных, аномалии в строении, патология родовых путей, резорбция эмбрионов и мертворожденность — следствие влияния на популяцию неблагоприятных факторов среды: усыхания водоемов, эпизоотий, родственного разведения, которые имели место в лесостепи Западной Сибири в конце 40-х и начале 50-х годов. Не всегда можно установить, какой из упомянутых факторов оказал решающее влияние на ондатру. На ряде изолированных глубоководных и кормовых водоемов, где поголовье нередко восстанавливалось от нескольких особей, фактором, ослабляющим популяцию, мог оказаться инбридинг на других озерах, особенно с бордюрным типом зарастания, — влияние усыхания, на третьих — и то и другое вместе.

Аномалии, если они часто встречаются в какой-либо популяции ондатры, свидетельствуют о снижении жизнеспособности зверьков этой

популяции. В комплексе с другими показателями, важнейшим из которых следует считать деловой выход молодняка, частота встреч аномалий может служить дополнительной характеристикой состояния популяции.

Алтайский медицинский институт

Поступила в редакцию  
4/IV 1958

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Б. Беляев, О деловом выходе молодняка ондатры. Тезисы докладов на совещании зоологов Сибири, АН СССР, Сиб. отделение, Новосибирск, 1957.
2. А. А. Слудский, Ондатра. Изд. АН Каз. ССР, Алма-Ата, 1948.
3. И. Н. Шухов, Полный альбинизм у ондатры. Природа, № 3, 1944.
4. A. H. Venton, An unusual concentration of albino muskrats. J. of Mammalogy, 34, № 2, 1953.
5. Болезни пушных зверей, Сб. под ред. проф. С. Я. Любащенко. М. Сельхозгиз, 1952.
6. Г. К. Корсаков, Опыт организации учета ондатры. М., Заготиздат, 1949.
7. Ю. Б. Беляев, Резорбция эмбрионов и плодовитость ондатры в замкнутых водоемах Западной Сибири. АН СССР, Сиб. отделение, Новосибирск, 1957.
8. В. А. Мелентьев, А. П. Попов, Об очередных задачах государственных ондатровых промысловых хозяйств. Каракулеводство и звероводство, № 1, 1952.
9. А. П. Жданов, Промысел ондатры и его условия на водоемах Барабинской лесостепи в осенний период 1949 г. Рукопис. фонд. Всес. научно-иссл. ин-та охот. хозяйства, Новосибирск, 1950.
10. Ч. Дарвин, Изменение животных и растений в домашнем состоянии. М.—Л., 1941, стр. 368.
11. В. Тихонов, А. Смушкова, Инбридная депрессия у крыс-альбиносов и возможности ее преодоления внешними воздействиями. Сб. студ. научн. работ С.-х. акад. им. К. А. Тимирязева, вып. 1, 1948.
12. П. А. Мантейфель, О близкородственном спаривании зверей в природных условиях. Каракулеводство и звероводство, № 5, 1950.

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

О. И. ИВАНОВСКАЯ

#### ТЛИ (APHIDOIDEA, HOMOPTERA) ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ г. НОВОСИБИРСКА

Среди насекомых, повреждающих зеленые насаждения Новосибирска, имеется большое количество видов тлей. Тли наносят существенный вред растениям, портят их декоративный вид. Одни виды, например, *Hyalurastia tataricae* Aizenb., вызывают скручивание листьев, другие — *Rhopalosiphon padi* L., *Disaphis crataegi* Kalt., *Byrsocrypta gallarum* Gmel., различные виды рода *Pemphigus* Htg. делают на листовых пластинках, черешках и побегах различной формы и величины галлы. Размножаясь в большом количестве, тли вызывают общее угнетение растений и наносят им значительные повреждения. Нередко они могут быть переносчиками вирусных заболеваний растений.

Видовой состав тлей в зеленых насаждениях Сибири изучен слабо. Краткие сведения о тлях из различных мест Сибири имеются в работах З. С. Бабенко [1], Л. В. Любарского [2], А. С. Рожкова [3], А. К. Мордвилко [4]. И только К. З. Митлюченко [5, 6] говорит о видовом составе тлей зеленых насаждений Новосибирска. В этих работах отмечено 12 видов тлей.

В основу данной статьи положены наблюдения и материалы, собранные автором и сотрудниками Биологического института ЗСФАН СССР Г. О. Кривошукской и Л. В. Курмашевой в летний период 1955—1957 гг.

При сборе материала осматривались различные породы деревьев и кустарников, цветочные однолетники и многолетники, а также посадки парников и питомников.

Видовой состав деревьев и кустарников в Новосибирске разнообразен. Наряду с местными породами здесь встречаются и интродуцированные. К последним относятся различные клены, вязы, бархат амурский, ирга, яблоня и др.

При изучении фауны тлей обнаружено, что она в основном является местной, так как большинство растений-хозяев — это сибирские породы или уже давно завезенные и акклиматизировавшиеся здесь. На одних интродуцированных породах (клёны, бархат амурский) тли совсем не найдены, а на других (вязы, крушина и др.) отмечены только виды, свойственные этим растениям и, вероятно, завезенные вместе с ними. Например, на вязах живут *Byrsocrypta gallarum* Gmel. и *Tinocallis platani* Kalt., на крушине — *Aphis frangulae* Kalt., *Aphis rhamnii* V. d. F.

В зеленых насаждениях города зафиксировано 65 видов тлей, из них на деревьях и кустарниках собрано 54. Наибольшее количество видов отмечено: на тополях — 12, березе — 7, ивах — 4.

Среди видов тлей, обнаруженных нами, имеется несколько новых. Описание одного из них дается в этой работе. Почти все виды тлей, описанные ниже, для Новосибирска указываются впервые.

Приводим список видов и краткие сведения по их биологии.

1. *Macrosiphon rosae* L. — большая розанная тля. Встречается на побегах, иногда листьях шиповника и розы. Крылатые появляются в начале июня и наблюдаются затем в течение всего лета.

2. *Acyrtosiphon caraganae* Choldok. — большая акациевая тля. Отмечена редкими колониями на листьях и черешках желтой акации. Личинки основательницы появляются в начале мая. В конце этого месяца основательницы отрождают личинок бескрылых девственниц. Крылатые появляются в начале июня. Вид встречается часто.

3. *Acyrtosiphon genistae* Morgd. Собран большими колониями на листьях и стеблях различных мотыльковых. Бескрылые и крылатые встречаются в течение всего лета.

4. *Metopeurum fuscoviride* Stroyan. (= *M. tanacetii* L.). Большие колонии тлей красно-бурого цвета, живут на стеблях пижмы. Бескрылые и крылатые встречаются в течение всего лета.

5. *Hyperomyzus lactucae* Kalt. С весны обитает на черной смородине, на нижней

стороне листьев, образуя выпуклости. В июле мигрирует на салат и осот. В конце августа возвращается на смородину.

6. *Pentatrachopus tetraodontus* Walk. Отмечен на нижней стороне листьев роз и шиповника. Бескрылые и крылатые встречаются в течение всего лета.

7. *Cryptomyzus ribis* L.— красносмородинная тля. С весны обитает на нижней стороне листьев смородины, под выпуклостями. В середине июня мигрирует на различные губоцветные.

8. *Capitophorus hippophaes* Walk. С весны встречается на нижней и верхней стороне листьев облепихи. Тли этого вида мигрируют на различные гречихи. Осенью возвращаются на облепиху, где самцы и самки спариваются.

9. *Aulacorthum solani* Kalt. Отмечен в питомниках на рассаде циннии и тидии. Густые колонии тлей этого вида живут на листьях и верхних веточках. В теплицах наблюдается круглогодично.

10. *Ovatus crataegarius* Walk. Обитает на нижней поверхности листьев боярышника. Колонии густые. В начале июня появляются крылатые. В середине лета тлей мало, вероятно, мигрируют.

11. *Myzodes ornatus* Laing.— комнатная тля. Собрана в оранжерее Горзеленхоза на салвии, цинерарии. Встречается круглогодично.

12. *Myzodes persicae* Sulz.— оранжерейная, или персиковая тля. В питомниках отмечена на различной рассаде, на комнатных растениях. В Сибири встречается как неполноциклическая форма. Является переносчиком вирусных заболеваний растений.

13. *Cavariella pastinacae* L. Встречается на концах побегов и нижней поверхности листьев ив. Редкие колонии наблюдаются все лето.

14. *Hayhurstia tataricae* Aizenb.— верхушечная жимолостная тля. На жимолости татарской скручивает верхние побеги и складывает половинками листья, которые становятся липкими от ее выделений. Основательницы появляются в конце мая, в конце июня — бескрылые и крылатые девственницы. Половые особи появляются в середине сентября, первыми отмечены самцы. Повреждая жимолость, тля портит ее декоративный вид.

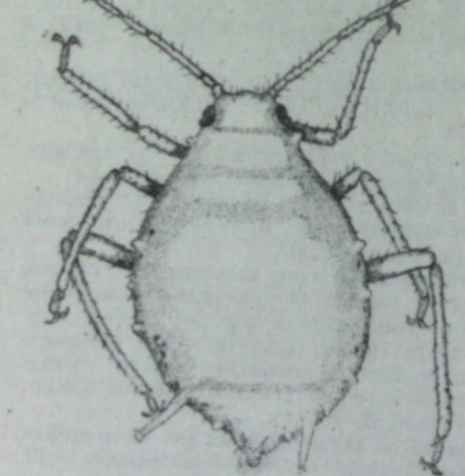


Рис. 1. Бескрылая девственница *Aphis galiae* Iv., sp. n.

15. *Neaphis brevipilosa* Iv.— колонии бескрылых и крылатых тлей этого вида отмечены в июне на полыни в тополево-аллее.

16. *Toxoptera graminum* Rond. Небольшими колониями встречается на колосках и метелках пшеницы и овса в августе.

17. *Toxoptera sanguisorbae* Schr. Большие колонии тлей этого вида живут на листьях, черешках кровохлебки. Особенно многочисленны колонии в августе.

18. *Aphis evonymi* F.— бересклетовая тля. Отмечена в большом количестве в питомниках на молодом бересклете. Уже в конце мая появляются крылатые особи.

19. *Aphis fabae* Scop.— свекловичная тля. Собрана на сложноцветных, свекле и других огородных культурах. Вредит не только этим растениям, но и бересклету, калине, которые являются ее основными хозяевами. Случайно может жить на боярышнике, яблоне и др. Мигрирует на различную травянистую растительность, где может зимовать в виде бескрылых девственниц.

В виде яиц зимует на основном хозяине.

20. *Aphis frangulae* Kalt.— крушинниковая тля. На побегах и листьях крушины большие колонии отмечены в течение всего лета. Крылатые появляются в начале июня.

21. *Aphis galiae* Ivanovskaja sp. n.\* (Новосибирск, 26/VII 1955). Бескрылая девственница (рис. 1). Тело ее широко-эллипсоидное в редких, тонких, мягких волосках, зеленовато-бурое. Усики, ноги, трубочки и хвостик горки на переднегруди крупные, сосочковидные, высота их больше поперечника III членика усиков в 1,5—2 раза, на брюшке на I и VII сегментах бугорки тоже крупные, склеротизированной стигмальной пластинкой. Лоб округлый, с небольшими усиковыми буграми, с 8 тонкими волосками. Клипеус не выступает за передний край лба. Усики

\* Вид назван в честь энтомолога Гали Олимпиавны Криволицкой, собравшей первой тлей этого вида.

черепитчатые, 6-члениковые, в длинных (более поперечника III членика усика) тонких волосках. Постоянная ринария VI членика с венчиком ресничек и с 7—8 добавочными ринариями. На вершине шпика 4 вершинных щетинки. Глаза крупные, с хорошо развитым трехфасеточным бугорком. Хоботок заходит за средние тазики, на IV членике — 10 волосков (6+4), на III членике — 8 (6+2). Ноги нормальные, в мягких волосках. Щетинок на первом членике лапок: 3—3—2. Слияние тергитов брюшка нормальное. Трубочки цилиндрические, длинные, с ободком, черепитчатые, на вершине черепички сближаются, образуя подобие ячеек. Хвостик короче трубочек, пальцевидный, с небольшим перехватом, 16 длинными изогнутыми волосками. Анальная пластинка округлая, с волосками.

Тело — 2,35 × 1,50; усики — 1,36: III — 0,31 × 0,04; IV — 0,23; V — 0,23; VI — 0,13 + 0,27; хоботок: IV — 0,16; III — 0,13; трубочки — 0,45 × 0,09; хвостик — 0,19 × 0,13.

Крылатая девственница. Тело ее такого же цвета, как и у бескрылой девственницы. Жилкование крыльев нормальное. На III членике усика более 20 крупных ринарий, на IV — 9. Трубочки с более резким ободком. В остальном строение имеет такое же, как и бескрылая.

Тело — 2,30 × 1,30; усики — 1,41: III — 0,45 × 0,03; IV — 0,30; V — 0,22; VI — 0,13 + 0,23; хоботок: IV — 0,11; III — 0,07; трубочки — 0,23 × 1,30; хвостик — 0,11 × 0,06. Нимфы имеют более темные трубочки и короткий треугольный хвостик.

Систематические замечания. На тополях виды этого рода зарегистрированы в Америке. Новый вид близок к американскому *Aphis maculatae* Oestl., но отличается от него большим количеством дифференцированных краевых бугорков, окраской, большими трубочками. Кроме того, американский вид обитает на вершинных веточках и листьях тополя, который служит ему вторичным хозяином. Первичным является дер. Новый вид собран на коре тополя *Populus nigra*, но первичным или вторичным хозяином является тополь — пока не установлено.

Распространение — Западная Сибирь, в частности Новосибирск. Экология. Встречается на коре тополя небольшими колониями. Бескрылые появляются в начале июня, нимфы и крылатые в середине — конце июня.

22. *Aphis medicaginis* Koch.— люцерновая тля. Встречается на различных мотыльковых растениях, в том числе на желтой акации. Бескрылые в массе появляются в июне, нимфы и крылатые в июле.

23. *Aphis pomi* Deg.— зеленая яблонная тля. Живет большими колониями на нижней стороне листочков семянцев яблони в питомниках, а в садах — на вершинных веточках взрослых деревьев и на поросли. Основательницы отмечены в мае. Бескрылые и крылатые — в течение всего лета. Половые особи появляются в сентябре, спаривание продолжается до второй декады октября, откладка яиц происходит в конце сентября — октябре. Самка откладывает яйца у почек на побегах. Колонии тлей коробят листья, побеги, задерживают рост семянцев, угнетают взрослые деревья. Этот вид — один из серьезных вредителей яблони в Сибири.

24. *Aphis rhamni* B. d. F.— обыкновенная крушиновая тля. Собрана с нижней поверхности листьев слабительной крушины. Крылатые появляются в конце мая — начале июня. Мигрирует на картофель, помидоры и другие растения, которым сильно вредит.

25. *Aphis rheicola* Nevs. Небольшие колонии тлей этого вида собраны с соцветий ревеня. Бескрылые и крылатые появляются в июне.

26. *Aphis sambuci* L.— бузиновая тля. Живет на веточках и листьях бузины. В конце мая появляются крылатые. Большого расцвета колонии достигают в августе. Факкультативно мигрируют на шавель и другие растения.

27. *Aphis steinbergi* Shar. Встречается на верхней стороне листьев крушины. От сосания тлями лист деформируется — край его сворачивается в неровную трубку. Колонии маленькие, встречаются редко.

28. *Aphis viburni* Scop. Живет на нижней стороне листьев калины. В июне тли встречаются уже в массе. Бескрылые и крылатые — все лето.

29. *Rhopalosiphon insertum* Walk.— яблонно-злаковая тля. Встречается на побегах, вершинных веточках яблони, рябины, боярышника. Взрослые основательницы отмечены во второй декаде мая, к концу мая появляются первые крылатые, которые перелетают на злаки. В июне и августе этот вид тлей на деревьях не отмечен, в начале сентября полоноски перелетают на первичного хозяина, и в конце сентября появляются нормальные самки и самцы, которые спариваются. Самки в середине октября откладывают зимующие яйца.

30. *Rhopalosiphon padi* L.— обыкновенная черемуховая тля. На черемухе колонии тлей этого вида отмечены на нижней стороне листьев с весны до начала июня, затем тли перелетают на злаки. В середине августа крылатые полоноски возвращаются обратно на черемуху. В начале сентября появляются нормальные самцы и самки. Спаривание происходит в сентябре, откладка зимующих яиц — в конце сентября — октябре.

31. *Disaphis crataegi* Kalt. Обитает на листьях боярышника, коробит листочки.

Бескрылые появляются в начале мая, крылатые — в конце мая — начале июня. Мигрирует на зонтичные.

32. *Sorbaphis* (?) sp. Отдельные бескрылые особи этого вида отмечены в скрученных листьях рябины [7, 8].

33. *Lipaphis erysimi* Kalt. Несколько редких колоний отмечено на стручках горчицы. Собраны в августе.

34. *Semiaphis anthrisci* Kalt. В скрученных листьях *Poucedanum* sp. встречены отдельные особи этого вида.

35. *Pterocomma populeum* Kalt. — обыкновенная птерокомма. Колонии обитают на коре ветвей и побегов тополей. Основательницы отмечены в середине мая на побегах. Во второй половине сентября появляются половые особи.

36. *Chaitophorus albus* Mordv. — белый хэтофор. Живет небольшими колониями на нижней стороне листьев серебристого тополя. В начале августа появляются нимфы, а в конце месяца много крылатых девственниц.

37. *Chaitophorus leucomelas* Koch. На листьях тополей в мае отмечены густые колонии бескрылых. В июне среди бескрылых появляются крылатые особи. Иногда они поселяются в пустых галлах тлей из рода *Pemphigus* Htg.

38. *Chaitophorus nasonovi* Mordv. Небольшие колонии тлей этого вида собраны на побегах и стволах тополей.

39. *Chaitophorus niger* Mordv. Живет на листьях ив. Встречается небольшими колониями.

40. *Chaitophorus populeti* Panz. Собран на молодых тополях на побегах, черешках и листьях. В массе вид отмечен на тополях в питомниках в июне.

41. *Chaitophorus salicivorus* Walk. Встречается на листьях ивы. В конце июня колонии сильно разрастаются.

42. *Chaitophorus salictis* Scht. Редкие колонии найдены на листьях ивы. В июне появляются бескрылые.

43. *Chaitophorus tremulae* Koch. Обитает на побегах и листьях осины. В июне бескрылые и крылатые.

44. *Euceraphis nigratarsus* Heyd. Очень подвижные тли этого вида живут на листьях берез, встречаются редко.

45. *Clethrobium betulae* Mordv. Единичные экземпляры крылатых девственниц на листьях березы собраны в июле.

46. *Symydobius oblongus* Heyd. Крупные тли обитают на коре побегов берез. Бескрылые и крылатые наблюдаются все лето.

47. *Callipterinella tuberculata* Heyd. Тли этого вида собраны на нижней стороне листьев берез. Встречаются все лето.

48. *Therioaphis tenera* Aizenb. Живет на листьях желтой акации. Личинки основательниц появляются в середине мая, крылатые девственницы в начале июня.

49. *Kallistaphis betulicola* Kalt. Отмечен на листьях берез, но встречается очень редко.

50. *Tinocallis platani* Kalt. Тли этого вида подвижны, часто встречаются на листьях вяза.

51. *Betulaphis quadrimaculata* Kalt. Отдельные экземпляры тлей собраны на листьях березы в конце июня.

52. *Glyphina betulae* Kalt. Живет на побегах и листьях березы большими колониями, встречается все лето.

53. *Schizolachnus tomentosus* Deg. Отмечен на молодых сосеночках. Тли располагаются вдоль хвоинки. Собраны в июле, августе.

54. *Cinara juniperina* Mordv. Встречается на побегах туи; тлей этого вида мало. Вид южный, в Новосибирске встречается в питомниках.

55. *Cinara laricis* Walk. В небольшом количестве тли собраны с лиственницы.

56. *Cinara pinihabitans* Mordv. Отдельные экземпляры отмечены на сосне.

57. *Cinara laeniata* Koch. Собран на сосне.

58. *Byrsocrypta gallarum* Gmel. — вязово-злаковая тля. Встречается в галлах на листьях вязов. Мигрирует на корни злаков. Вредит вязам в начале июня — основательницы и бескрылые, там же отмечены крылатые из рода *Chaitophorus* Koch.

59. *Pemphigus borealis* Tullgr. В галлах на побегах и злакам.

60. *Pemphigus bursarius* Tullgr. Живет в галлах на тополе, основательницы отмечаются с конца мая, бескрылые девственницы, личинки и крылатые — в июне. В этих же галлах отмечены тли из рода *Chaitophorus* Koch.

61. *Pemphigus filaginis* B. d. F. В галлах на листьях живут большие колонии тлей этого вида. Основательницы появляются в конце мая, бескрылые в начале июня, а в конце июня крылатые, в июле галл раскрывается.

62. *Thecabius affinis* Kalt. Собран из сложенных половинками вниз листьев тополя. Основательницы появляются в мае, бескрылые и крылатые в июне. Мигрирует с тополя на дютик.

63. *Asiphum varsoviense* Mordv. Отмечен на черешках и листьях серебристого тополя в июле.

64. *Phloeomyzus passerinii* Sign. Предпочитает заселять деревья, находящиеся в возрасте от 20 до 30 лет, избегает старые и слишком молодые, в основном концентрируется на более освещенных и прогреваемых участках коры. Колонии тлей размещаются главным образом в нижней и средней частях стволов. Тли покрывают ствол сплошным слоем. Основательницы появляются в начале и середине мая. С конца июня начинают развиваться крылатые половые особи, которые спариваются. Биология вида в условиях Сибири окончательно не выяснена, вероятно, на зиму остаются не яйца, а основательницы, так как поздней осенью (15 октября) встречаются, наряду с крылатыми особями, и бескрылые. Колонии тлей разрезаны личинками нескольких видов сирфид и божьих коровок. В жаркое и сухое лето этот вид сильно повреждает тополя.

65. *Cholodkovskya viridana* Cholodk. — зеленоватый хермес. Встречается на молодой хвое лиственниц. Колонии тлей покрыты белым войлоком. Яйца небольшими кучками (по 11—17 штук) откладываются на хвое. В конце мая особи уже взрослые, способные к яйцекладке. Неполноцикловая форма, первичный хозяин не известен.

\*\*

Из описанных выше массовым видам в зеленых насаждениях Новосибирска относятся: *Macrosiphon rosae* L., *Aphis medicaginis* Koch, *Aphis sambuci* L., *Chaitophorus leucomelas* Koch, *Chaitophorus salicivorus* Walk., *Symydobius oblongus* Heyd.

Наиболее вредными, вызывающими деформации листьев, побегов, включая и образование галлов, являются следующие виды: *Acyrtosiphon caraganae* Cholodk., *Cryptomyzus ribis* L., *Aulacorthum solani* Kalt., *Myzodes persicae* Sulz., *Myzodes ornatus* Laing., *Hayhurstia tataricae* Aizenb., *Aphis fabae* Scop., *Aphis pomi* Deg., *Rhopalosiphon insertum* Walk., *Rhopalosiphon padi* L., *Disaphis crataegi* Kalt., *Chaitophorus tremulae* Koch, *Byrsocrypta gallarum* Gmel.; виды рода *Pemphigus* Htg., *Phloeomyzus passerinii* Sign.

Из кратко изложенных сведений по биологии тлей вытекает, что отрождение личинок основательниц из яиц происходит при ранней весне с конца апреля до конца мая, а при поздней весне — с середины или конца мая и до середины июня. Поэтому желательным мероприятием по борьбе с галлообразующими тлями (виды рода *Pemphigus* Htg., *Byrsocrypta gallarum* Gmel., *Hayhurstia tataricae* Aizenb.), проводить весной, в конце мая, так как в это время основательницы и их первое поколение еще не успевают образовать галлов. Но борьба с тлями может проводиться и в осенний период — в сентябре — середине октября, когда развиваются полоноски, самцы и нормальные самки, откладывающие зимующие яйца (*Rhopalosiphon padi* L., *Aphis pomi* Deg., *Disaphis crataegi* Kalt. и другие виды).

Кроме опыливания 4 или 5% анабадустом, гексахлораном и НИУИФ-100 и весеннего опрыскивания карболинеумом и анабазин-сульфатом, необходимо весной и осенью подвергать обработке стволы тополей и других деревьев — проводить побелку, так как в трещинах коры развивается половое поколение тлей, откладывающее яйца.

Придерживаясь этих сроков в борьбе с тлями, можно достигнуть резкого снижения численности тлей, а в некоторых случаях и их полного уничтожения.

Западно-Сибирский филиал  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
28/IV 1958

## ЛИТЕРАТУРА

- С. З. Бабенко, Список вредителей плодово-ягодных культур садов г. Томска. Сб. Заметки по фауне и флоре, Томск, 1953.
- Л. В. Любарский, К изучению тлей, повреждающих деревья и кустарники. Тр. ДВФАН СССР, т. III, (VI), Владивосток, 1956.
- А. С. Рожков, Тли — вредители соснового молодняка Прибайкалья. Зоол. журнал, т. XXXIV, вып. 1, М., 1955.
- А. К. Мордвилко, Кормовые растения тлей СССР и сопредельных стран. Тр. по прикл. энтомологии. Гос. ин-та опыт. агрономии, т. XIV, вып. 1, 1929.
- К. З. Митлюченко, Материалы к изучению вредной энтомофауны древесных и кустарниковых насаждений Новосибирска. Тр. Новосиб. с.-х. ин-та, вып. VI, Новосибирск, 1946.
- К. З. Митлюченко, Энтомофауна зеленых насаждений Новосибирска. Тр. Новосиб. с.-х. ин-та, т. VIII, Новосибирск, 1951.
- Г. Х. Шапошников, Подотряд тли — *Aphidoidea*. Определитель насекомых, повреждающих деревья и кустарники полезационных полос. Изд. АН СССР, М., 1950.
- Г. Х. Шапошников, Подотряд *Aphidoidea* — тли. Вредители леса, справочник. Изд. АН СССР, М.—Л., 1955.

П. Г. ОШМАРИН

### О НЕОБХОДИМОСТИ УВЯЗКИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕР БОРЬБЫ ПРОТИВ ГЕЛЬМИНТОЗОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ С РАЦИОНАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАСТБИЩ

Несмотря на то, что наука в настоящее время разработаны эффективные методы борьбы почти со всеми основными гельминтозами сельскохозяйственных животных, эти заболевания все еще широко распространены и наносят животноводству большой вред. В настоящей статье мы излагаем свои соображения о причинах недостатков в деле оздоровления животных от гельминтозов и о некоторых перспективах улучшения работы в этом направлении. Наши соображения основаны на опыте, полученном в период организации борьбы с гельминтозами в животноводческих фермах колхозов Приморского края. Однако, поскольку мы касаемся общих вопросов организации противогельминтозных мероприятий в животноводстве, они могут иметь значение, выходящее за пределы данной территории.

Наиболее общим недостатком и является то, что лечение животных не закрепляется профилактическими мероприятиями. Дегельминтизации путем введения лекарств больным животным служат, как правило, единственным методом борьбы, хотя известно, что они должны обязательно сочетаться с соответственной профилактикой в единой системе противогельминтозных мероприятий.

Наиболее эффективным методом борьбы со многими гельминтозами, в частности со стронгилятозами, является периодическая смена пастбищ, рассчитанная так, что животные пасутся на одном участке такой срок, в течение которого личинки гельминтов, выходящие из яиц, выброшенных вместе с фекалиями животных на пастбище, достигают инвазионной стадии (личинки диктиокаулюса вылупляются из яиц еще в организме хозяина). Этот срок равен для личинок диктиокаулюсов и большинства других стронгилят овец и крупного рогатого скота 5—10 дням и более, в зависимости от сезона года и климатических условий. Рекомендуется перегонять животных на новый участок на один день раньше того срока, который необходим для достижения личинками гельминтов инвазионной стадии.

Существует и более простая система пастбищной профилактики гельминтозов, заключающаяся в том, что перед переводом животных на новый пастбищный участок их подвергают дегельминтизации, предотвращая инвазирование нового участка. Каждый участок можно использовать при этом 20—40 дней.

Смена выпасов как метод профилактики гельминтозов не нашла распространения в крае. Причины этого, по нашему мнению, следующие.

Борьба с гельминтозами не является самоцелью, она оправдывает себя только в том случае, если способствует повышению продуктивности и росту поголовья животных. Если такого результата нет, то противогельминтозные мероприятия не стоят затрачиваемых на них средств и сил. Предлагаемая колхозам в качестве меры борьбы с гельминтозами смена выпасов — дело для них новое, требующее известных затрат, большой дисциплинированности и внимательности животноводов, а повышение продуктивности скота при этом рассматривается как цель второстепенная. Иными словами, борьба с гельминтозами не всегда представляется колхозам достаточно важной целью, чтобы ради нее перестраивать пастбищное хозяйство.

Из сказанного естественно вытекает вывод о необходимости совмещения мероприятий по пастбищной профилактике гельминтозов с такой организацией пастбищного хозяйства, которая необходима для лучшего обеспечения животных кормами.

Известно, какое огромное значение имеет для животноводства пастбищное содержание скота. Зеленый пастбищный корм плодотворно влияет на развитие животных и повышает их продуктивность. За пастбищный период, который в Приморье обычно длится несколько более трети года (130—145 дней), животные дают от 50 до 70% годовой продукции. Дальнейшее значительное повышение продуктивности животных невозможно без рационализации лугопастбищного хозяйства, без хотя бы самой простой системы зеленого конвейера. В крае в этом отношении делается слишком мало, скот пасут без всякого порядка, вследствие чего пастбища приходят в негодность, а животные не обеспечиваются кормами.

В то же время есть все возможности для организации планирования пастбищ, введения зеленого конвейера, пастбищеоборотов, загоной системы выпасов и др. Имеющийся в сельском хозяйстве машинный парк представляет собой прекрасную техническую базу для этого, а взрослые благосостояние колхозов и культура их хозяйства позволяют рассматривать эту задачу не только как своевременную, но и как неотложную.

Целесообразность и необходимость упорядочения пастбищного пользования для дальнейшего роста продуктивности животных и увеличения поголовья очевидна. Мы хотим лишь отметить еще одну положительную сторону этих мероприятий, касающуюся борьбы с гельминтозами, поскольку заражение животных подавляющей частью гельминтозов происходит на пастбище.

При упорядоченном, спланированном пастбищном пользовании обеспечивается непрерывное и равномерное поступление зеленого корма в течение всего пастбищного сезона путем периодической смены участков естественных и искусственных пастбищ и других мероприятий. Смену пастбищ при этом можно, как мы думаем, использовать и для профилактики гельминтозов, уничтожение которых явится дополнительным средством повышения продуктивности животных.

Для профилактики гельминтозов, как мы уже говорили, может применяться смена пастбищных участков через 5—10 дней или даже через 20—40 дней (с проведением дегельминтизации перед перегонем на новый участок). Сочетание различных методов позволит создать такую гибкую систему профилактики, которая может быть приспособлена почти к любой системе зеленого конвейера. С другой стороны, при планировании использования пастбищ возможно и необходимо учитывать интересы борьбы с гельминтозами.

Плановое, рациональное использование пастбищ неизбежно будет осваиваться и уже осваивается колхозами. Необходимо применять имеющиеся многочисленные меры лечения и профилактики гельминтозов так, чтобы они составляли единое целое с системой пастбищного использования. Особенно большую роль при этом может сыграть загоная система выпасов. Мы представляем это совмещение на первых порах следующим образом.

Зеленый конвейер, какого бы типа он ни был, как правило, предусматривает смену естественных и искусственных пастбищ, отавы сенокосов и др. Стравливание этих участков рекомендуется производить путем «загоной системы выпасов», при которой скот пасется в одном загоне в течение 5—6 дней. Загоная система выпаса может быть естественным образом использована как смена выпасов с целью профилактики гельминтозов при соблюдении общих правил пастбищной профилактики этих заболеваний. Но и в случае вольного стравливания пастбищных участков, входящих в систему зеленого конвейера, всякую периодическую смену их можно приспособить к интересам профилактики гельминтозов. При этом ветеринар-специалист, под руководством зоотехнического плана, включающий и противогельминтозные мероприятия. Для проведения, например, той или иной дегельминтизации, предусмотренной этим планом, необходимо ратиться к схеме зеленого конвейера, в соответствии с которой осуществляется в пастбищный период кормами данная группа животных, которая бы приближалась к дате запланированной дегельминтизации. Если смена выпаса в соответствии с зеленым конвейером должна проводиться не более как на 7 дней раньше или позднее даты проведения дегельминтизации, то последняя на соответственный срок переносится, чтобы провести ее за 1—2 дня перед сменой пастбищного участка. Если же расхождение между датой смены выпаса по имеющейся схеме зеленого конвейера и датой проведения дегельминтизации по плану противогельминтозных мероприятий составляет более 7 дней, то дегельминтизация не переносится, а проводится в свой срок, и т. д.

Разумеется, в течение всего пастбищного сезона следует соблюдать общие правила профилактики гельминтозов. Даты выполнения противогельминтозных мероприятий, как известно, определяются в соответствии с временем прохождения гельминтами отдельных стадий биологического цикла развития. Окончание одной стадии и начало другой для массы гельминтов не отмечается каким-то очень жестким, коротким сроком, а растягивается на более или менее продолжительное время, поэтому отклонение во времени проведения противогельминтозного мероприятия в ту или другую сторону на 7 дней против срока, намеченного в плане, не может оказать сколько-нибудь существенного влияния на результаты всей работы по борьбе с гельминтозами.

Конечно, нет необходимости изменять план противогельминтозных мероприятий по ходу работы, чтобы приспособить его к плану пастбищного пользования; он должен быть заранее согласован с ним.

Еще больший положительный эффект может дать единое планирование содержания животных в пастбищный период, которое одновременно должно предусматривать обеспечение животных зеленым кормом и противозооотические мероприятия, в том числе противогельминтозные. В этом планировании, как правило, определяющим моментом должны быть интересы обеспечения животных кормами, но должна учитываться и необходимость борьбы с гельминтозами. В зависимости от конкретных обстоятельств, в частности от степени поражения животных теми или иными гельминтозами, борьбе с этими заболеваниями можно придавать большее или меньшее значение. Осуществление такого единого плана будет в большей степени способствовать развитию животноводства, ибо его целью является повышение продуктивности животных и рост поголовья. Кроме того, и выполнить такой план значительно легче, чем осуществить отдельно смену пастбищ с целью профилактики гельминтозов, так как колхозам будет очевиднее его необходимость для роста продуктивности и увеличения поголовья скота.

Дальневосточный филиал  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
9/VI. 1958

## ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

1. Статьи, направляемые в журнал, должны кратко освещать еще не опубликованные 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 подрисуночной подписи.

Все иллюстрации к статье должны иметь сквозную нумерацию. Номера эти проставляются 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, взятые 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.



Цена 7 руб.

7.167/2

Сидан

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
СССР

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

4

7.167/2

Сман

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
СССР

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

4