

Զ Ե Կ ՈՒ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

XXVIII, № 5

1959

Խմբագրական կոլեգիա

Գ. Ո. ԴԱՎԹԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ ակադեմիկոս.
Ա. Լ. ԹԱՆՏԻՔՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ րդրակից անդամ.
Վ. Հ. ՀԱՄՐԱՐՉՈՒՄՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ ակադեմի-
կոս (պատ. խմբագիր). Վ. Հ. ԴԱԶԱՐՅԱՆ.
Ա. Լ. ՄՆՋՈՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ ակադեմիկոս.
Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՐ ԳԱ րդրակից անդամ.
Մ. Մ. ԶՐԱՇՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ ակադեմիկոս
(պատ. խմբագրի տեղակալ):

Редакционная коллегия

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик АН АрмССР
(отп. редактор). Г. С. ДАВТЯН, акаде-
мик АН АрмССР. М. М. ДЖРБАШЯН,
академик АН АрмССР (зам. отп. редакто-
ра). В. О. КАЗАРЯН, А. Л. МНДЖОЯН,
академик АН АрмССР. А. Г. НАЗАРОВ,
чл.-корресп. АН АрмССР. А. Л. ТАХТА-
ДЖЯН, чл.-корресп. АН АрмССР.

Ի ՈՎ ԱՆ ԴԱԿ ՈՒԹՅՈՒՆ

ԴՐՈՆՏԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ս. Ի. Մեսյան — Կապակցված զրուռտների դեֆորմացիոն հատկութիւնների
ուսումնասիրութիւնը սահրի դեպքում 193

Առաձգականութիւնը սեռութիւն

Բ. Լ. Աբրահամյան — Երկայնական խողովներ ունեցող կտր գլանաձև ձողի
ոլորման մասին 201

Անօրգանական Բիմիա

Ս. Հ. Դեղտրիկյան — Գերմանիումի որոշումը մոլիբդենիտների և այլ սուլ-
ֆիդների մէջ 213

Ազրոբիմիա

Վ. Լ. Անանյան — Հայաստանի մի քանի հողատիպերի բետա-ռադիոակտիվու-
թյան մասին 217

Երկրաբանութիւն

Վ. Ի. Լուցենկո — Բաշխիչ կորերի ազտագործումը հանքանյութերի տեխնոլո-
գիական տիպայնացման համար 223

Ֆիզիոլոգիա

Վ. Վ. Ֆունարչյան — Շարժական սլայմանական ռեֆլեքսի կառուցվածքի մասին 229

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
Механика грунтов	
<i>С. Р. Месчян</i> — Исследование деформативных свойств связных грунтов при сдвиге	193
Теория упругости	
<i>Б. Л. Абрамян</i> — О кручении круглого цилиндрического стержня, имеющего продольные полости	201
Неорганическая химия	
<i>С. А. Дехтрилян</i> — К определению германия в молибденидах и других сульфидах	213
Агрохимия	
<i>В. Л. Ананян</i> — О бета-радиоактивности почв Армении	217
Геология	
<i>В. И. Луценко</i> — Использование кривых распределения для технологической типизации руд	223
Физиология	
<i>В. В. Фанарджян</i> — К структуре двигательного условного рефлекса	229

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчян

Исследование деформативных свойств связных
 грунтов при сдвиге

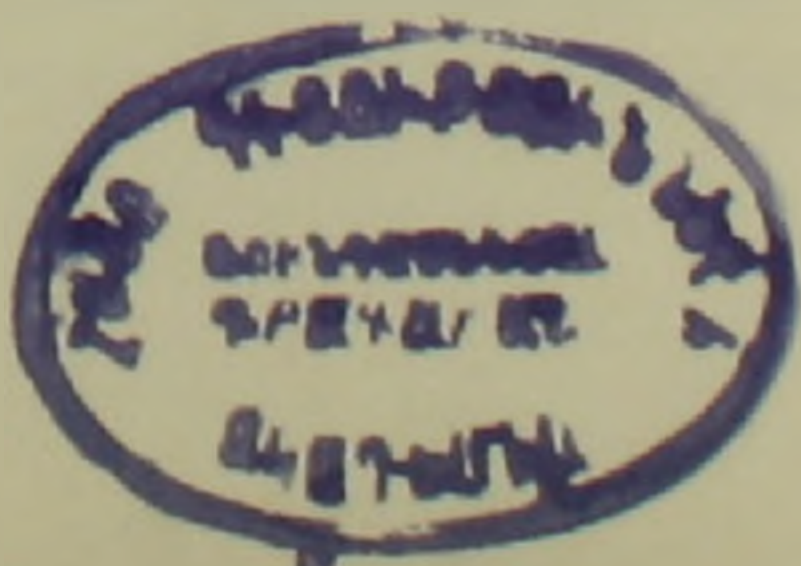
(Представлено академиком АН Армянской ССР
 Н. Х. Арутюняном 1. V. 1959)

Известно ⁽¹⁾, что при решении задач прочности и устойчивости оснований и земляных сооружений по теории предельного равновесия грунты рассматриваются в стадии разрушения, без учета их деформации.

Ввиду того, что грунты обладают свойством ползучести, т. е. способностью деформироваться в течение длительного времени под действием постоянных нагрузок, нередки случаи, когда основания и земляные сооружения, из-за деформации ползучести, приходят к полной негодности для дальнейшей их эксплуатации. Причем это может иметь место при сдвигающих нагрузках q , значительно меньших, чем предельные значения сопротивления грунтов сдвигу. Поэтому при определении прочности и устойчивости оснований и земляных сооружений нельзя ограничиваться рассмотрением грунтов только в стадии разрушения (предельного равновесия), необходимо также знать их деформации в динамическом проявлении (во времени) ⁽⁶⁾.

За последнее время выполнен ряд работ по исследованию ползучести грунтов при сдвиге ⁽²⁻⁸⁾. Большинство из этих работ посвящено изучению формы и описанию кривых ползучести и длительной прочности грунтов. Работы С. С. Вялова ⁽³⁻⁵⁾ посвящены изучению закономерностей реологических процессов в мерзлых грунтах при сдвиге вдоль вмороженных в грунт стержней, сдвиге грунтов в сдвижных приборах и их длительной прочности. Для описания процесса развития во времени деформации использованы интегральные уравнения Больцмана—Вольтерра в интерпретации Ю. Н. Работнова ⁽⁹⁾.

Нами ⁽¹⁰⁾ для описания процесса ползучести связных грунтов нарушенной структуры при сдвиге использовано выражение меры ползучести (1) из интегрального уравнения Больцмана—Вольтерра теории упруго-ползучего тела Г. Н. Маслова—Н. Х. Арутюняна (2) ^(11,12).



$$\omega(t, \tau) = \varphi(\tau) [1 - e^{-\gamma(t-\tau)}], \quad (1)$$

$$\gamma(t) = \frac{q(t)}{G(t)} - \int_{\tau_1}^t q(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[\frac{1}{G(\tau)} + \omega(t, \tau) \right] d\tau, \quad (2)$$

где $\omega(t, \tau)$ — деформация ползучести к моменту времени t от нагрузки q , приложенной в возрасте материала τ ;

$\varphi(\tau)$ — функция, учитывающая изменения механических свойств материала;

$\gamma(t)$ — деформация сдвига к моменту времени t ;

G — модуль сдвига;

γ — параметр;

τ — момент приложения нагрузки.

При этом деформация сдвига разбивается на упруго-мгновенную деформацию и деформацию ползучести:

$$\gamma(t) = \gamma_{\text{упр.}}(t) + \gamma_{\text{полз.}}(t). \quad (3)$$

Исходя из вышесказанного при рассмотрении деформативных свойств грунтов, мы, как и раньше ⁽¹³⁾, исходим из указанного выше расчленения деформаций, которое соответствует и физической природе деформирования грунтов.

Настоящая работа по исследованию деформативных свойств связанных грунтов нарушенной структуры с учетом фактора времени выполнена в целях дальнейшего уточнения и обоснования принятых нами зависимостей теории упруго-ползучего тела ^(11, 12).

Для исследования деформативных свойств глинистых паст при сдвиге были использованы сдвиговые приборы конструкции Н. Н. Маслова с прямой передачей уплотняющих нагрузок на образец. Исследования велись как по схеме среза на стандартных образцах высотой 35 мм, так и по схеме сдвига ⁽¹⁴⁾ на образцах высотой 15 мм при нормальной нагрузке 2 кг/см².

Данные об основных физических свойствах исследованных грунтов перед испытанием образцов сведены в табл. 1.

Во избежание влияния уплотнения и упрочнения образцов грунта на процесс их деформирования при сдвиге мы проводили сравнительно непродолжительные опыты. С той же целью все образцы до испытания подвергались длительному предварительному уплотнению в течение 15—30 дней с таким расчетом, чтобы деформации уплотнения не превышали 1 микрона в сутки.

На фиг. 1 и 2 приведены результаты экспериментального исследования зависимости между мгновенными деформациями и напряжениями грунтов при сдвиге, выполненные по двум указанным выше схемам.

Зависимость между мгновенными деформациями и напряжениями определялась методикой последовательного загрузения образцов оди-

наковыми нагрузками, приложенными ступенями через интервалы времени 10 минут, с фиксацией мгновенных деформаций. Для определения указанной зависимости параллельно испытывалось по 10—12 образцов-близнецов. В целях устранения влияния прибора на результаты опытов все образцы за сутки до испытания подвергались предварительному сдвигу нагрузками $q = 0,25 - 0,1 \text{ кг/см}^2$.

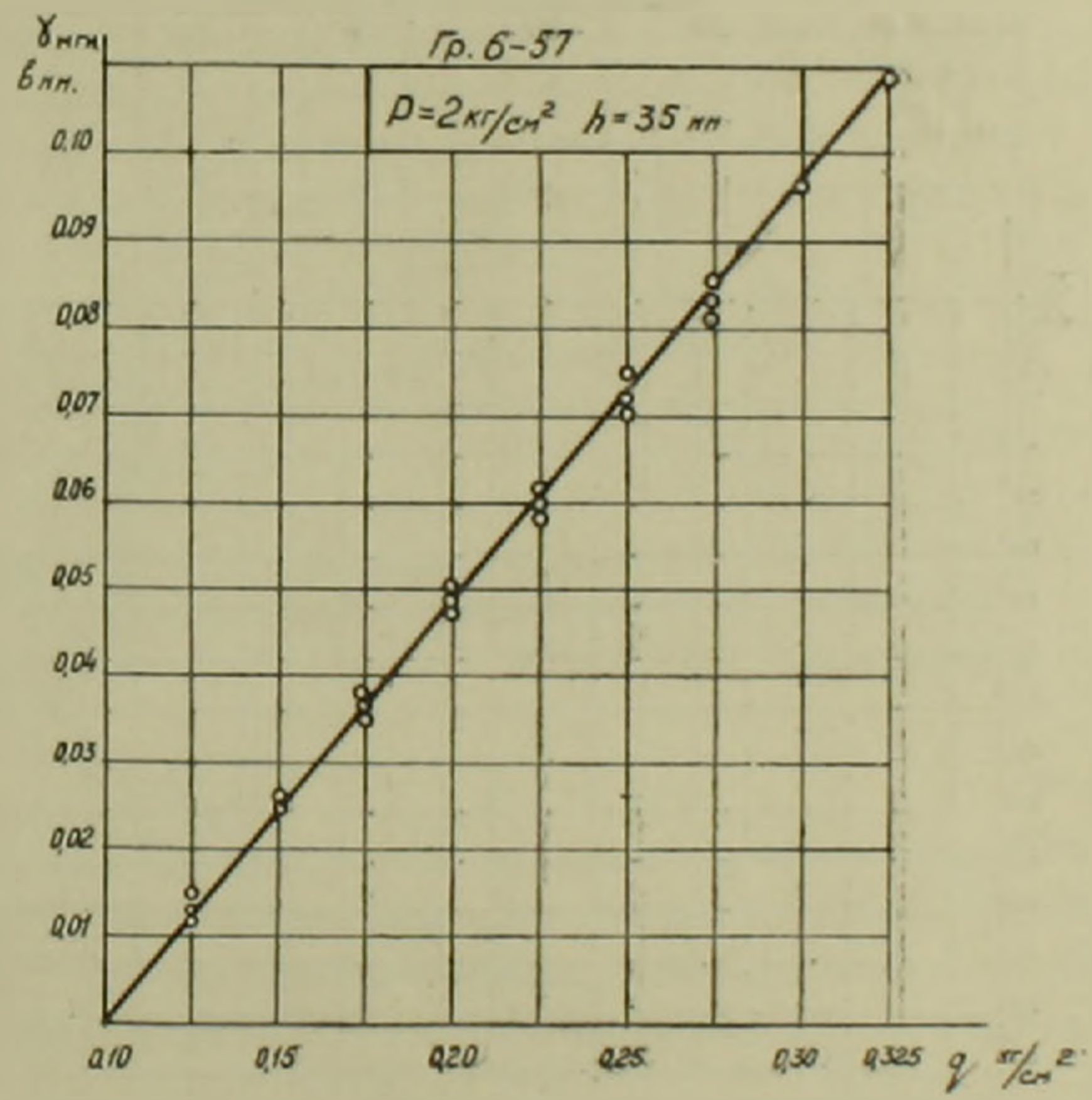
Таблица I

Лаб. № грунтов	Удельный вес в г/см^3	Объемный вес испы- танных об- разцов в г/см^3	Влажность испытан- ных образ- цов в %	Пределы пластичности		
				граница теку- чести	граница пластич- ности	число пластич- ности
2-57	2,66	1,82	28,7	31,30	18,60	12,70
4-57	2,70	1,77	34,7	41,20	23,20	18,00
6-57	2,65	1,62	53,4	59,07	21,20	37,87

На основании многочисленных опытов (около 100) установлено, что, независимо от схемы испытания, связь между мгновенными деформациями и напряжениями в рассматриваемых интервалах напряжения и деформаций (до 2 мм с достаточной для практики точностью можно считать линейной (фиг. 1, 2).

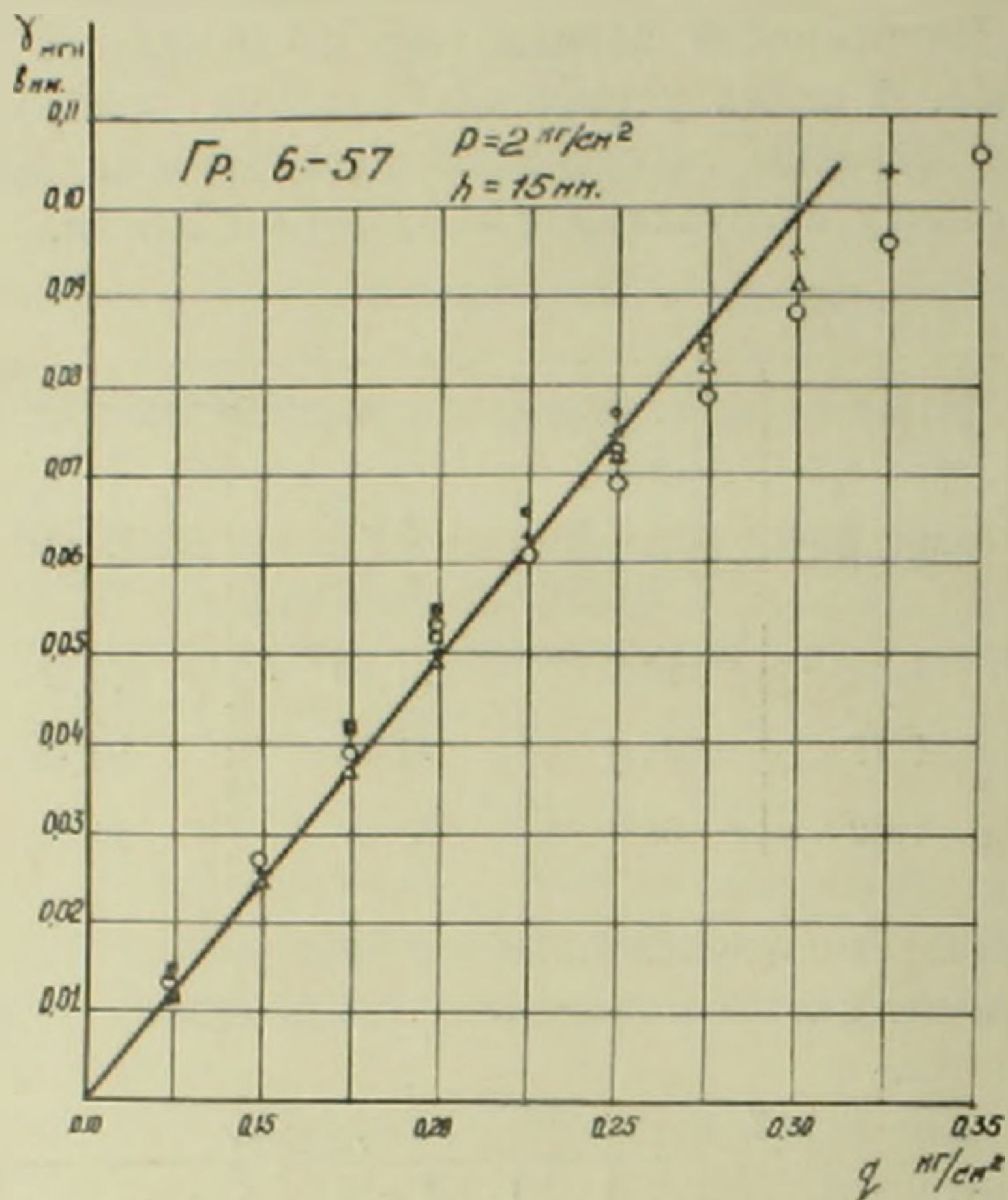
Из графиков фиг. 1 и 2 следует, что одинаковым значениям ступеней нагрузок соответствуют одинаковые значения мгновенных деформаций. Следовательно, за период выполнения опытов физико - механические свойства материала не подвергались существенному изменению, т. е. материал практически не „старел“.

Учитывая то обстоятельство, что во время проведения опытов образцы не подвергались „старению“, во избежание ошибок, которые могли бы иметь место при определении мгновенных деформаций

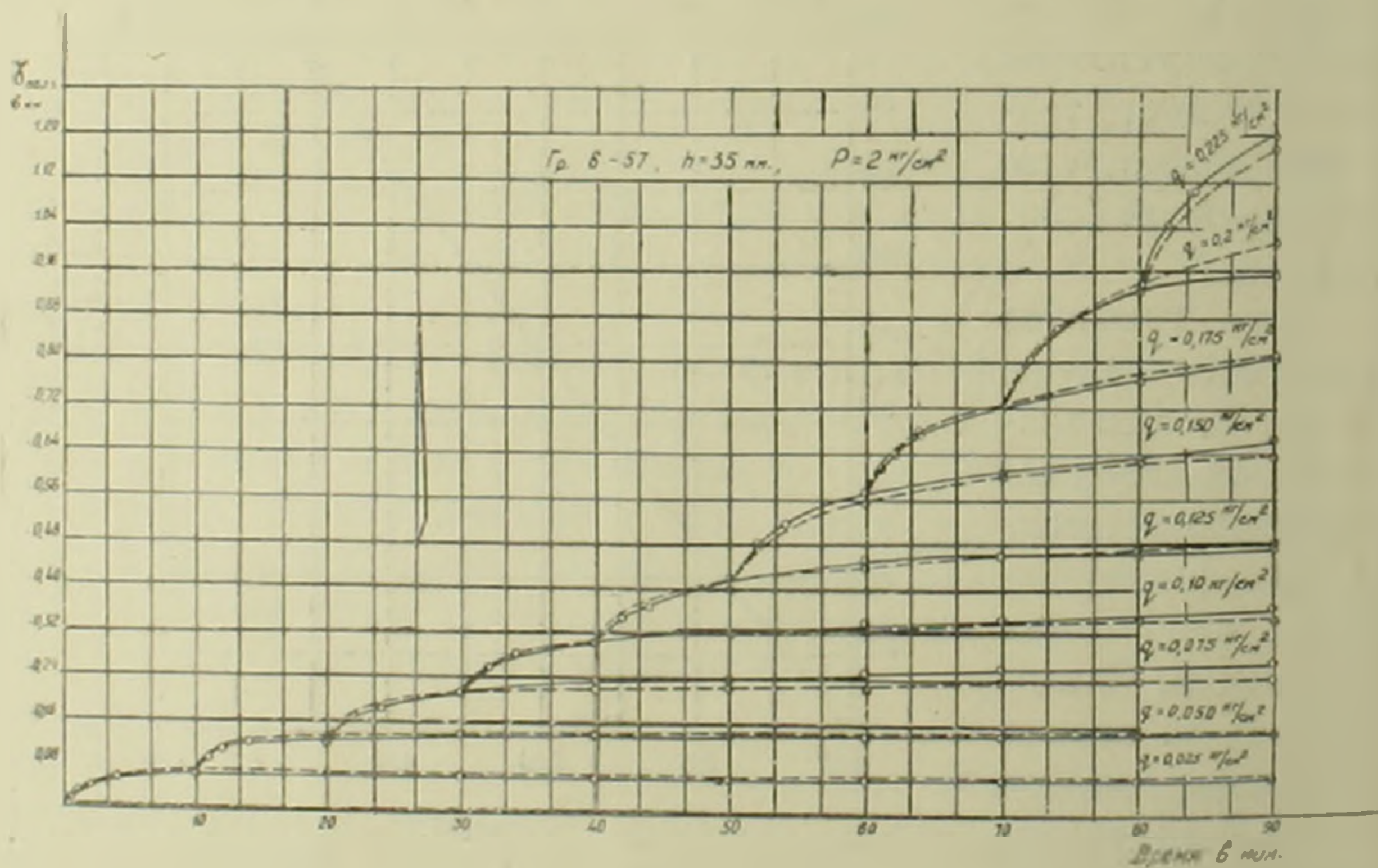


Фиг. 1.

от мгновенно приложенных сдвигающих нагрузок, для определения зависимости между деформациями ползучести и напряжениями мы



Фиг. 2.

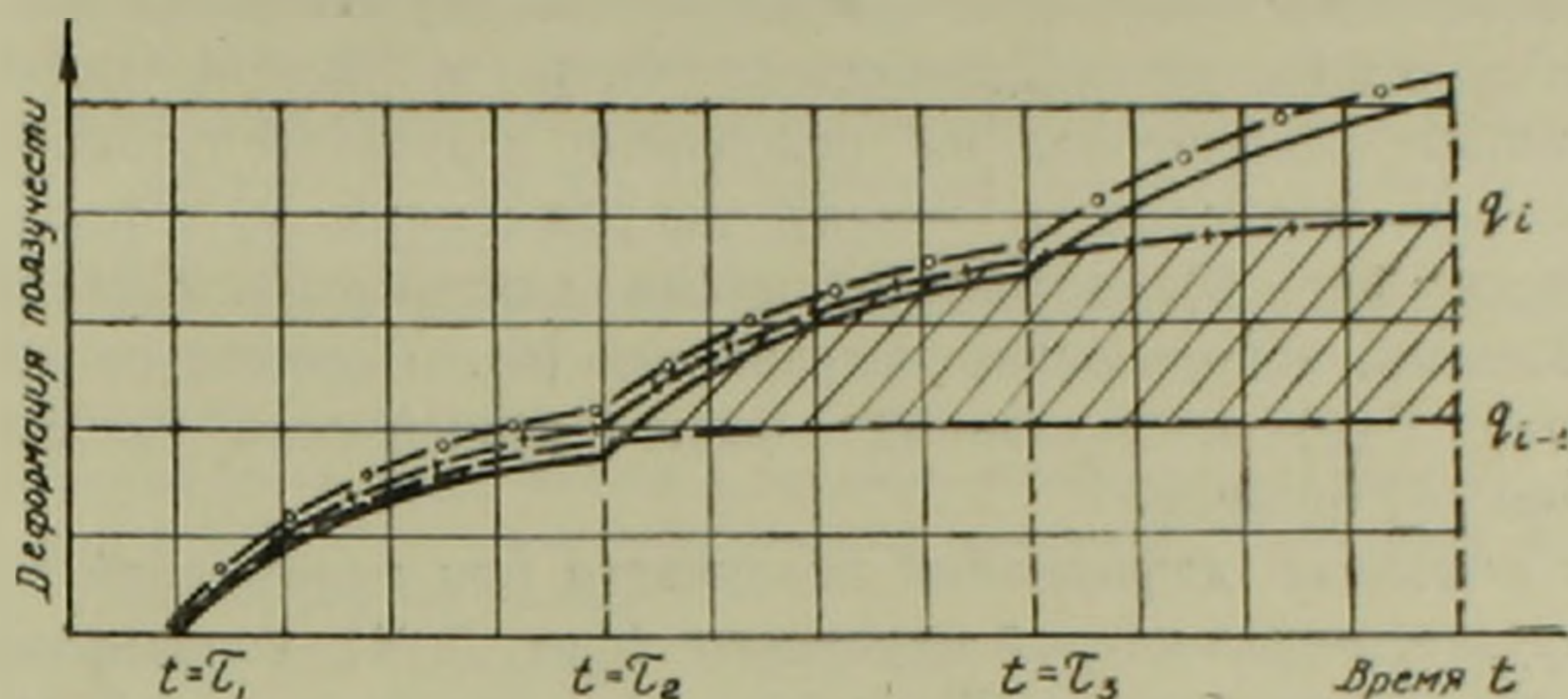


Фиг. 3.

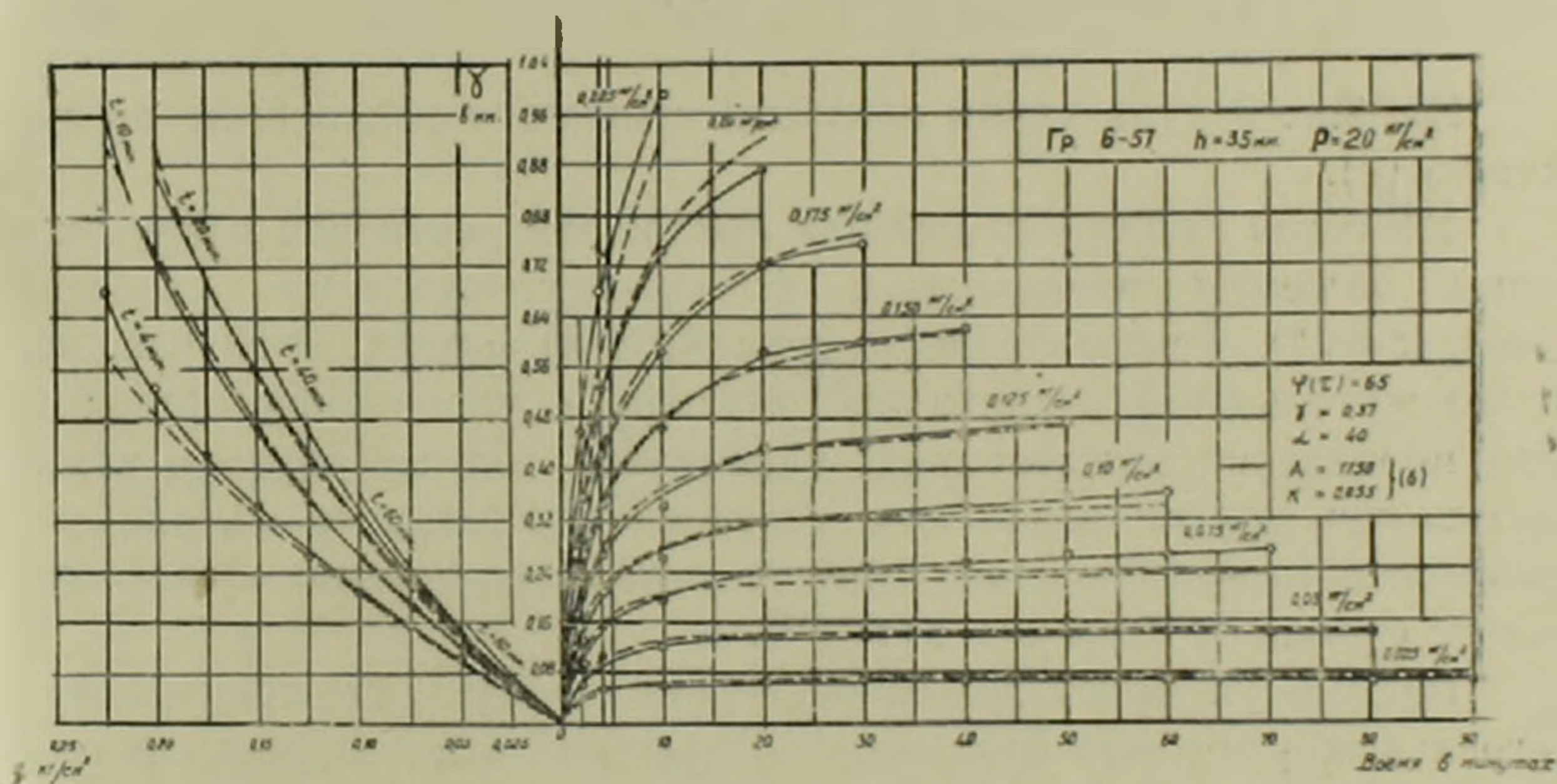
воспользовались не прямым, а обратным методом — методом испытания серии образцов ступенчато приложенными нагрузками (фиг. 3). Схема загрузки показана на фиг. 4.

Для определения ползучести под некоторой нагрузкой q_n сумми-

ровались приращения деформаций $\gamma_n(t) = \sum_{i=1}^n \Delta_i \gamma(t)$ от приращения нагрузок $\Delta_i q$ (фиг. 5). Деформации ползучести, соответствующие приращению ступени нагрузки $\Delta_i q = q_i - q_{i-1}$, определялись как разность ординат между кривыми ползучести от нагрузок q_i и q_{i-1} (на фиг. 4 заштрихована восходящими линиями).



Фиг. 4.



Фиг. 5.

На правой части фиг. 5 приведены кривые ползучести, соответствующие различным значениям нагрузок, определенным указанным выше способом, а на левой—кривые зависимости между напряжениями и деформациями ползучести в зависимости от длительности загрузки.

Из графика фиг. 5 следует, что зависимость между деформациями ползучести и напряжениями выражается нелинейным законом, поэтому для перехода от одних кривых ползучести к другим использована функция напряжения $F(q)$ ⁽¹⁵⁾:

$$\gamma_{\text{полз.}}(t) = \omega(t, \tau) \cdot F(q), \quad (4)$$

где $\omega(t, \tau)$ — мера ползучести при сдвиге (1) ⁽¹²⁾.

Функция напряжения $F(q)$ определялась зависимостью вида

$$F(q) = \alpha \cdot q + \beta(t) q^3, \quad (5)$$

где α — параметр, $\beta(t)$ — некоторая функция, учитывающая длительность загрузки t .

Для наших экспериментов $\beta(t)$ определялась зависимостью вида

$$\beta(t) = \lambda (1 - e^{-\kappa t}). \quad (6)$$

На правой половине фиг. 5 пунктирами показаны кривые, определенные на основании зависимостей (4), (5) и (6) при соответствующем подборе параметров, на основании результатов опытов. Для аппроксимации зависимости между напряжениями и деформациями (левая часть фиг. 5), соответствующими длительностям загрузки 4, 10 и 20 мин., использовано выражение (5). Переход от функции напряжения $F(q)$ к указанной выше зависимости и наоборот объяснений не требует.

Для описания деформаций ползучести при переменной по величине нагрузке, приложенной ступенями (фиг. 3, 4), использовано выражение закона наложения ⁽¹⁵⁾

$$\gamma_{\text{полз.}}(t) = \sum_{i=1}^n \omega(t, \tau_i) \cdot [F(q_i) - F(q_{i-1})] \quad (7)$$

На фиг. 3 пунктирами показаны кривые, определенные по выражению (7).

Учитывая то, что к моменту приложения ступеней нагрузок образцы обладали одинаковыми физико-механическими свойствами („возрастом“), в выражении (1) функция $\varphi(\tau) = \text{const}$. В случае, когда продолжительность загрузки приводит к упрочнению образцов за счет проявления тиксотропного упрочнения или же образцы испытываются при других значениях уплотняющих нагрузок P , для учета изменяемости механических свойств образцов необходимо воспользоваться функцией старения $\varphi(\tau)$ ⁽¹²⁾.

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что применение интегральных уравнений Больцмана—Вольтерра, в интерпретации теории упруго-ползучего тела Г. Н. Маслова—Н. Х. Арутюняна, для описания процесса деформирования связных грунтов нарушенной структуры при сдвиге дают вполне удовлетворительные результаты. Применение указанной теории дает то явное преимущество, что можно учесть и изменение деформативных свойств материала как по причине тиксотропного упрочнения, так и уплотнения в процессе деформирования с помощью функции „старения“ $\varphi(\tau)$ ⁽¹²⁾. Конечно, надо иметь в виду то, что указанную теорию можно применить при значениях нагрузок, когда кривые ползучести еще имеют затухающий характер, когда $q < q_{\text{лит.}}$.

**Կապուկցված գրունտների ղեֆորմացիոն հասկումքումների
ուսումնասիրությունը տախիի ղեպում**

Հայնտի է ⁽¹⁾, որ հիմնատակերի և հողային կառուցվածքների ամրության կայունության խնդիրները սահմանային հավասարակշռության տեսությամբ լուծելիս զրունտը ղիտարկվում է քայքայման ստադիայում, առանց նրա ղեֆորմացիայի հաշվառման: Սակայն փորձը ցույց է տալիս, որ քիչ չեն ղեպերը, երբ հիմնատակերը և հողային կառուցվածքները սողքային երևույթների պատճառով ղառնում են քաղաքործման համար անսկսոր ղեռնս այնպիսի լարումների ղեպում, որոնք բավականին փոքր են, քան ղրունտի սահքի սահմանային ղիմաղրությունը: Այդ իսկ պատճառով ղափաղանց կարեոր նշանակություն ունի ղրունտի ղեֆորմացիոն հասկումքյունների ուսումնասիրությունը սահքի ղեպում:

Սախտված ստրուկտուրա ունեցող կապակցված ղրունտների ղեֆորմացիոն հասկումքյունների ուսումնասիրությունները կատարելու համար օգտագործված են սլոֆ. Ն. Ն. Մասլովի սահքային ղործիքները, իսկ տեսական բաղա է հանղիսաղել Գ. Ն. Մասլովի— Ն. Ս. Հարությունյանի սողքի տեսությունը: Ռեսումնասիրությունները կատարվել են 35 և 15 մմ բարձրություն ունեցող երեք տարբեր ղրունտների նմուշների վրա, 2 կգ/սմ² հաստատուն նորմալ լարման համար:

Պարզված է, որ աղնթարթային ղեֆորմացիաների և լարումների կապը նմուշի միջև 2 մմ ղեֆորմացիայի ժամանակ բավականին ճշտությամբ արտահայտվում է ղծային առնչությամբ, իսկ լարումների և ղեֆորմացիաների կապը ղծային ղէ: Սույց է տրված, որ ղրունտների սահքի ղեֆորմացիայի պրոցեսը ժամանակի ընթացքում բավականին ճշտությամբ կարելի է ղրանցել Գ. Ն. Մասլովի— Ն. Ս. Հարությունյանի սողքի տեսության առնչություններով:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ В. В. Соколовский, Статика сыпучей среды, Гостехиздат, М., 1951. ² М. Н. Гольдштейн, Материалы к IV межд. конгрессу по мех. грунтов и фундам., Изд. АН СССР, М., 1957. ³ С. С. Вялов, ДАН СССР, т. 104, № 6, 1955. ⁴ С. С. Вялов, ДАН СССР, т. 108, № 6, 1956. ⁵ С. С. Вялов, Материалы к IV межд. конгрессу по мех. грунтов и фундам., Изд. АН СССР, М., 1957. ⁶ Н. Н. Маслов, Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве, Госэнергоиздат, М.—Л., 1955. ⁷ С. Н. Максимов, Гидротехн. стр-во, № 4, 1954. ⁸ E. C. W. A. Geuze, Discussion Proc. third Intern. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol. III, 1953, 119—121. ⁹ Ю. Н. Работнов, „Изв. АН СССР“, ОТН, № 6, 1940. ¹⁰ С. Р. Месчян, ДАН АрмССР, т. XXI, № 2, 1955. ¹¹ Г. Н. Маслов, „Изв. ВНИИГ“, т. 28, 1940. ¹² Н. Х. Арутюнян, Некоторые вопросы теории ползучести, Изд. технико-теоретич. лит., М.—Л., 1952. ¹³ С. Р. Месчян, „Изв. АН АрмССР“, т. II, № 4, 1958. ¹⁴ Э. В. Костерин, Гидротехн. стр-во, № 7, 1957. ¹⁵ П. Н. Васильев, „Изв. ВНИИГ“, т. 45, 1951.

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

Б. Л. Абрамян

О кручении круглого цилиндрического стержня,
 имеющего продольные полости

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Х. Арутюняном
 18. III. 1959)

Для задачи кручения круглого стержня с эксцентричной круглой продольной полостью точное решение впервые было дано Макдональдом ⁽¹⁾. Решение Макдональда было исправлено и завершено составлением расчетных графиков Е. Вайнелем ⁽²⁾.

Кручение круглых стержней с полостями в виде эллипса и квадрата с закругленными углами рассмотрено Д. И. Шерманом ^(3,4) и Ю. А. Амензаде ⁽⁵⁾.

Задачу о кручении круглого стержня со многими, одинаковыми, симметрично расположенными круглыми полостями рассмотрел Кондо ^(6,7).

В настоящей работе рассматривается задача о кручении круглого цилиндрического стержня, имеющего одну центрально расположенную продольную полость круглой формы и несколько полостей в форме кольцевого сектора, симметрично расположенных относительно оси стержня (фиг. 1).

Решение задачи получено методом введения вспомогательных функций, изложенным в работах ^(8,9).

Решение задачи получено в виде рядов. Определение постоянных интегрирования сведено к решению бесконечных систем линейных уравнений. Доказывается, что эти системы вполне регулярны. Приводятся формулы для определения жесткости стержней указанного профиля и подобных стержней, не имеющих центрально расположенной круглой полости.

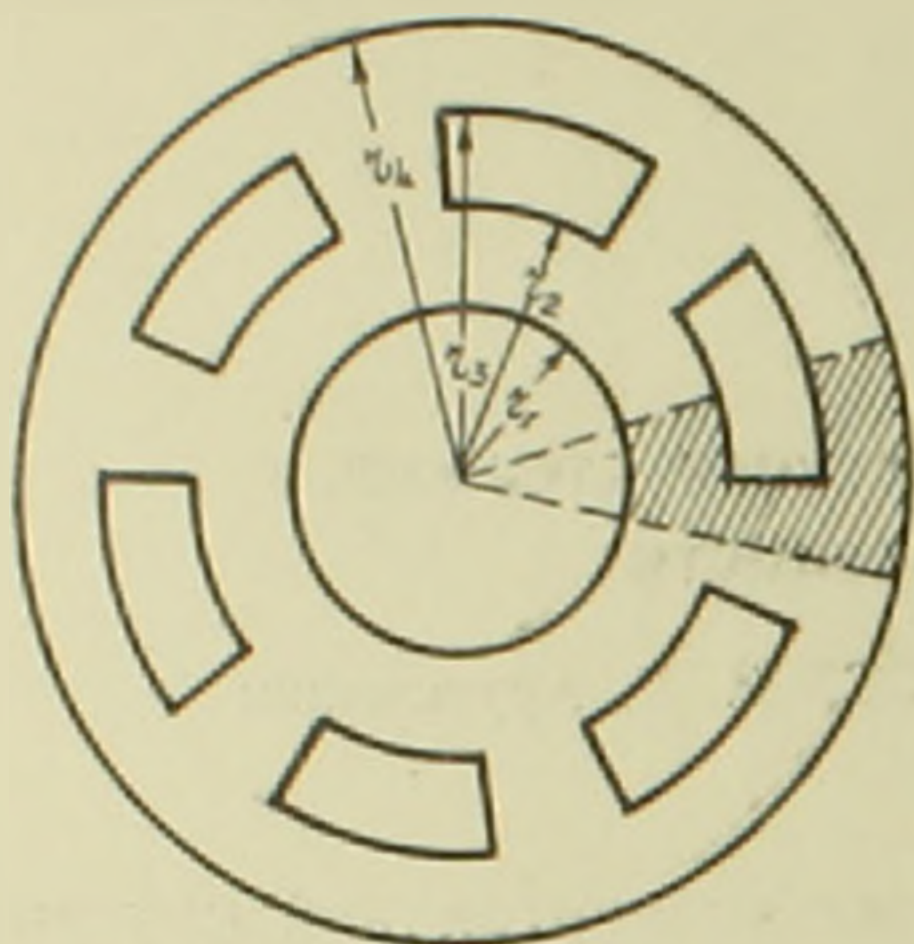
1. *Постановка задачи.* Определение функции напряжения $U(r, \varphi)$ при кручении стержней с многосвязным поперечным сечением в полярных координатах сводится к интегрированию дифференциального уравнения

$$\nabla^2 U = \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} = -2 \quad (1.1)$$

при условии, что функция $U(r, \varphi)$ на контурах поперечного сечения стержня принимает постоянные значения, из коих одно можно выбрать произвольным образом, а остальные должны быть определены при помощи теоремы о циркуляции касательного напряжения при кручении.

При определении функции напряжения $U(r, \varphi)$ для области сечения стержня (фиг. 1) ввиду симметрии области достаточно рассмат-

ривать ее $\frac{1}{2n}$ -ую часть, где n — число секториальных отверстий (фиг. 2).



Фиг. 1.

$$n = \frac{\pi}{\varphi_1 + \varphi_2},$$

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{n\alpha},$$

(1.2)

$$\varphi_2 = \frac{\pi}{n} \left(1 - \frac{1}{\alpha} \right),$$

$$1 < \alpha < \infty$$

где α — число, зависящее от величины секториального отверстия.

Чтобы распространить найденное в этой области решение на всю область сечения стержня, требуем, чтобы на линиях среза ($\varphi = \varphi_1$ и $\varphi = -\varphi_2$) нормальные производные функции напряжения $U(r, \varphi)$ равнялись нулю.

Решаем задачу при условии, что функция напряжения $U(r, \varphi)$ на контуре кругового отверстия принимает значение U_0 , на внешнем контуре сечения принимает значение U_0^* , а на контурах секториальных отверстий равняется нулю.

Решение уравнения (1.1) ищем в виде

$$U(r, \varphi) = \Phi^*(r, \varphi) - \frac{r^2}{2}, \quad (1.3)$$

где $\Phi^*(r, \varphi)$ — гармоническая функция.

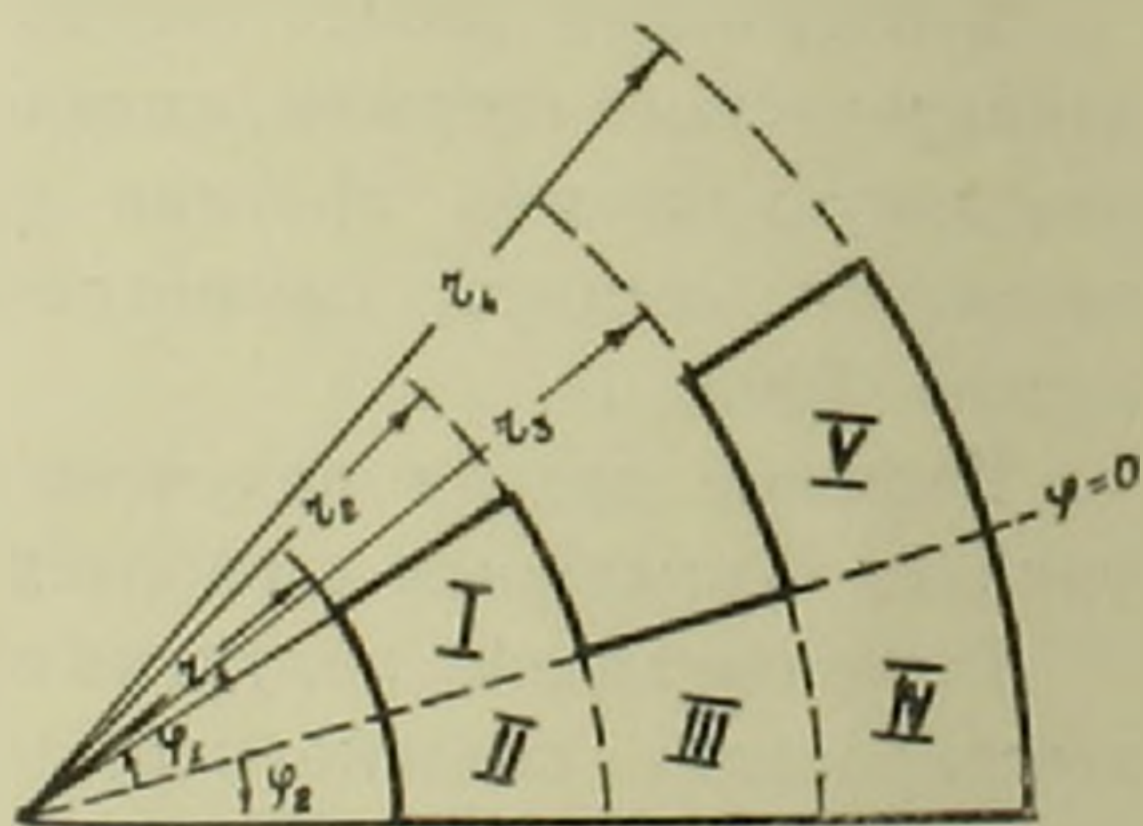
В новых координатах t, φ , где

$$t = \ln \frac{r}{r_2}, \quad r = r_2 e^t, \quad (1.4)$$

функция $\Phi^*(r, \varphi) = \Phi(t, \varphi)$ будет удовлетворять уравнению

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \varphi^2} = 0. \quad (1.5)$$

Функцию $\Phi(t, \varphi)$ ищем в виде



Фиг. 2

$$\Phi(t, \varphi) = \begin{cases} \Phi_1(t, \varphi) & (-t_1 \leq t \leq 0, 0 \leq \varphi \leq \varphi_1) \\ \Phi_2(t, \varphi) & (-t_1 \leq t \leq 0, -\varphi_2 \leq \varphi \leq 0) \\ \Phi_3(t, \varphi) & (0 \leq t \leq t_2, -\varphi_2 \leq \varphi \leq 0) \\ \Phi_4(t, \varphi) & (t_2 \leq t \leq t_3, -\varphi_2 \leq \varphi \leq 0) \\ \Phi_5(t, \varphi) & (t_2 \leq t \leq t_3, 0 \leq \varphi \leq \varphi_1) \end{cases} \quad (1.6)$$

где

$$t_1 = \ln \frac{r_2}{r_1}, \quad t_2 = \ln \frac{r_3}{r_2}, \quad t_3 = \ln \frac{r_4}{r_2}. \quad (1.7)$$

Вспомогательные функции $\Phi_i(t, \varphi)$ должны удовлетворять следующим граничным условиям сопряжения

$$\Phi_1(0, \varphi) - \frac{r_2^2}{2} = \Phi_3(t, 0) - \frac{r_2^2 e^{2t}}{2} = \Phi_5(t_2, \varphi) - \frac{r_3^2}{2} = 0,$$

$$\left. \frac{\partial \Phi_1}{\partial \varphi} \right|_{\varphi = \varphi_1} = \left. \frac{\partial \Phi_2}{\partial \varphi} \right|_{\varphi = -\varphi_2} = \left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial \varphi} \right|_{\varphi = -\varphi_2} = \left. \frac{\partial \Phi_4}{\partial \varphi} \right|_{\varphi = -\varphi_2} = \left. \frac{\partial \Phi_5}{\partial \varphi} \right|_{\varphi = \varphi_1} = 0,$$

$$\Phi_1(-t_1, \varphi) = \Phi_2(-t_1, \varphi) = \Phi_0, \quad \Phi_4(t_3, \varphi) = \Phi_5(t_3, \varphi) = \Phi_0^*,$$

$$\Phi_1(t, 0) = \Phi_2(t, 0), \quad \left. \left(\frac{\partial \Phi_1}{\partial \varphi} \right) \right|_{\varphi = 0} = \left. \left(\frac{\partial \Phi_2}{\partial \varphi} \right) \right|_{\varphi = 0},$$

$$\Phi_2(0, \varphi) = \Phi_3(0, \varphi), \quad \left. \left(\frac{\partial \Phi_2}{\partial t} \right) \right|_{t=0} = \left. \left(\frac{\partial \Phi_3}{\partial t} \right) \right|_{t=0},$$

(1.8)

$$\Phi_3(t_2, \varphi) = \Phi_4(t_2, \varphi), \quad \left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial t} \right|_{t=t_2} = \left. \frac{\partial \Phi_4}{\partial t} \right|_{t=t_2},$$

$$\Phi_4(t, 0) = \Phi_5(t, 0), \quad \left. \frac{\partial \Phi_4}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=0} = \left. \frac{\partial \Phi_5}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=0},$$

где

$$\Phi_0 = U_0 + \frac{r_1^2}{2}, \quad \Phi_0^* = U_0^* + \frac{r_4^2}{2}. \quad (1.9)$$

2. *Определение функции напряжения.* Решая уравнение (1.5) и удовлетворив условиям (1.8), для функций $\Phi_i(t, \varphi)$ получим следующие значения:

$$\Phi_1(t, \varphi) = \frac{r_2^2}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\operatorname{sh} \alpha_k (t_1 + t)}{\alpha_k \operatorname{sh} \alpha_k t_1} \sin \alpha_k \varphi - \frac{2\Phi_0}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\operatorname{sh} \alpha_k t}{\alpha_k \operatorname{sh} \alpha_k t_1} \sin \alpha_k \varphi +$$

$$+ \frac{m}{t_1} \sum_{k=1}^{\infty} A_k \frac{\operatorname{ch} \beta_k (\varphi_1 - \varphi)}{\beta_k \operatorname{ch} \beta_k \varphi_1} \sin \beta_k t \quad (0 \leq \varphi \leq \varphi_1, -t_1 \leq t \leq 0) \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned}\Phi_2(t, \varphi) = & \frac{1}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} B_k \frac{\text{sh} \lambda_k (t_1 + t)}{\lambda_k \text{sh} \lambda_k t_1} \sin \lambda_k \varphi + \frac{2\Phi_0}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\text{sh} \lambda_k t}{\lambda_k \text{sh} \lambda_k t_1} \sin \lambda_k \varphi + \\ & + \frac{m}{t_1} \sum_{k=1}^{\infty} A_k \frac{\text{ch} \beta_k (\varphi + \varphi_2)}{\beta_k \text{ch} \beta_k \varphi_2} \sin \beta_k t \quad (-\varphi_2 \leq \varphi \leq 0, -t_1 \leq t \leq 0) \quad (2.2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_3(t, \varphi) = & \frac{1}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} C_k \frac{\text{sh} \lambda_k t}{\lambda_k \text{sh} \lambda_k t_2} \sin \lambda_k \varphi - \frac{2\Phi_0^*}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\text{sh} \lambda_k t}{\lambda_k \text{sh} \lambda_k t_3} \sin \lambda_k \varphi - \\ & - \frac{1}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} B_k \frac{\text{sh} \lambda_k (t_2 - t)}{\lambda_k \text{sh} \lambda_k t_2} \sin \lambda_k \varphi + \quad (2.3)\end{aligned}$$

$$+ \frac{r_2^2}{t_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\gamma_k \sin \gamma_k t}{4 + \gamma_k^2} [1 + (-1)^{k+1} e^{2t_2}] \frac{\text{ch} \gamma_k (\varphi + \varphi_2)}{\text{ch} \gamma_k \varphi_2}$$

$$(-\varphi_2 \leq \varphi \leq 0, 0 \leq t \leq t_2)$$

$$\begin{aligned}\Phi_4(t, \varphi) = & \frac{1}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} C_k \frac{\text{sh} \lambda_k (t_3 - t)}{\lambda_k \text{sh} \lambda_k (t_3 - t_2)} \sin \lambda_k \varphi - \\ & - \frac{2\Phi_0^*}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\text{sh} \lambda_k t}{\lambda_k \text{sh} \lambda_k t_3} \sin \lambda_k \varphi - \quad (2.4)\end{aligned}$$

$$- \frac{m}{t_3 - t_2} \sum_{k=1}^{\infty} D_k \frac{\text{ch} \mu_k (\varphi + \varphi_2)}{\mu_k \text{ch} \mu_k \varphi_2} \sin \mu_k (t - t_2) \quad (-\varphi_2 \leq \varphi \leq 0, t_2 \leq t \leq t_3)$$

$$\begin{aligned}\Phi_5(t, \varphi) = & - \frac{2\Phi_0^*}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\text{sh} \alpha_k (t_2 - t)}{\alpha_k \text{sh} \alpha_k (t_3 - t_2)} \sin \alpha_k \varphi + \\ & + \frac{r_3^2}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\text{sh} \alpha_k (t_3 - t)}{\alpha_k \text{sh} \alpha_k (t_3 - t_2)} \sin \alpha_k \varphi - \quad (2.5)\end{aligned}$$

$$- \frac{m}{t_3 - t_2} \sum_{k=1}^{\infty} D_k \frac{\text{ch} \mu_k (\varphi_1 - \varphi)}{\mu_k \text{ch} \mu_k \varphi_1} \sin \mu_k (t - t_2) \quad (0 \leq \varphi \leq \varphi_1, t_2 \leq t \leq t_3),$$

где

$$\alpha_k = \frac{(2k-1)\pi}{2\varphi_1}, \quad \lambda_k = \frac{(2k-1)\pi}{2\varphi_2}, \quad \beta_k = \frac{k\pi}{t_1}, \quad \gamma_k = \frac{k\pi}{t_2},$$

$$\mu_k = \frac{k\pi}{t_3 - t_2}, \quad (2.6)$$

m — произвольное число, подлежащее определению в дальнейшем.

Неизвестные коэффициенты A_k , B_k , C_k и D_k определяются из следующей совокупности бесконечных систем линейных уравнений

$$\begin{aligned} B_k &= \sum_{p=1}^{\infty} a_{kp} A_p + \sum_{p=1}^{\infty} b_{kp} D_p + M_k, \\ C_k &= \sum_{p=1}^{\infty} c_{kp} A_p + \sum_{p=1}^{\infty} d_{kp} D_p + N_k, \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} A_k &= \sum_{p=1}^{\infty} g_{kp} B_p + Q_k, \\ D_k &= \sum_{p=1}^{\infty} q_{kp} C_p + P_k, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} a_{kp} &= \frac{2m\lambda_k}{t_1 (\operatorname{cth}\lambda_k t_1 + \operatorname{cth}\lambda_k t_3) (\beta_p^2 + \lambda_k^2)}, \\ b_{kp} &= \frac{2m\lambda_k \operatorname{sh}\lambda_k (t_3 - t_2)}{(t_3 - t_2) (\operatorname{cth}\lambda_k t_1 + \operatorname{cth}\lambda_k t_3) \operatorname{sh}\lambda_k t_3 (\mu_p^2 + \lambda_k^2)}, \\ c_{kp} &= \frac{2m\lambda_k \operatorname{sh}\lambda_k (t_3 - t_2)}{t_1 (\operatorname{cth}\lambda_k t_1 + \operatorname{cth}\lambda_k t_3) \operatorname{sh}\lambda_k t_3 (\beta_p^2 + \lambda_k^2)}, \end{aligned} \quad (2.8)$$

$$d_{kp} = \frac{2m\lambda_k \operatorname{sh}\lambda_k (t_3 - t_2) \operatorname{sh}\lambda_k (t_1 + t_2)}{(t_3 - t_2) (\operatorname{cth}\lambda_k t_1 + \operatorname{cth}\lambda_k t_3) \operatorname{sh}\lambda_k t_3 \operatorname{sh}\lambda_k t_1 (\mu_p^2 + \lambda_k^2)},$$

$$g_{kp} = \frac{2\beta_k}{m\varphi_2 (\operatorname{th}\beta_k \varphi_1 + \operatorname{th}\beta_k \varphi_2) (\lambda_p^2 + \beta_k^2)},$$

$$q_{kp} = \frac{2\mu_k}{m\varphi_2 (\operatorname{th}\mu_k \varphi_1 + \operatorname{th}\mu_k \varphi_2) (\lambda_p^2 + \mu_k^2)},$$

$$\begin{aligned} M_k &= -\frac{\lambda_k}{(\lambda_k^2 - 4) (\operatorname{cth}\lambda_k t_1 + \operatorname{cth}\lambda_k t_3)} \left\{ r_2^2 (\lambda_k \operatorname{cth}\lambda_k t_2 - 2\operatorname{cth}2t_2) + \right. \\ &\quad + r_3^2 \left(\frac{2}{\operatorname{sh}2t_2} - \frac{\lambda_k}{\operatorname{sh}\lambda_k t_2} \right) + \frac{\operatorname{sh}\lambda_k (t_3 - t_2)}{\operatorname{sh}\lambda_k t_3} \left[r_3^2 (\lambda_k \operatorname{cth}\lambda_k t_2 - \right. \\ &\quad \left. \left. - 2\operatorname{cth}2t_2) + r_2^2 \left(\frac{2}{\operatorname{sh}2t_2} - \frac{\lambda_k}{\operatorname{sh}\lambda_k t_2} \right) \right] + \frac{2(\lambda_k^2 - 4)}{\lambda_k} \left(\frac{\Phi_0}{\operatorname{sh}\lambda_k t_1} + \frac{\Phi_0^*}{\operatorname{sh}\lambda_k t_3} \right) \right\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N_k = & -\frac{\lambda_k}{(\lambda_k^2 - 4)(\operatorname{cth}\lambda_k t_1 + \operatorname{cth}\lambda_k t_3)} \left\{ r_2^2 (\lambda_k \operatorname{cth}\lambda_k t_2 - 2\operatorname{cth}2t_2) + \right. \\
& + r_3^2 \left(\frac{2}{\operatorname{sh}2t_2} - \frac{\lambda_k}{\operatorname{sh}\lambda_k t_2} \right) + \frac{\operatorname{sh}\lambda_k (t_1 + t_2)}{\operatorname{sh}\lambda_k t_1} \left[r_3^2 (\lambda_k \operatorname{cth}\lambda_k t_2 - 2\operatorname{cth}2t_2) + \right. \\
& \left. \left. + r_2^2 \left(\frac{2}{\operatorname{sh}2t_2} - \frac{\lambda_k}{\operatorname{sh}\lambda_k t_2} \right) \right] + \frac{2(\lambda_k^2 - 4)}{\lambda_k} \left(\frac{\Phi_0}{\operatorname{sh}\lambda_k t_1} + \frac{\Phi_0^*}{\operatorname{sh}\lambda_k t_3} \right) \right\}, \\
Q_k = & \frac{2\Phi_0}{m} (-1)^k - \frac{r_2^2 \operatorname{th}\beta_k \varphi_1}{m (\operatorname{th}\beta_k \varphi_1 + \operatorname{th}\beta_k \varphi_2)}, \\
P_k = & \frac{2\Phi_0^*}{m} (-1)^k - \frac{r_3^2 \operatorname{th}\mu_k \varphi_1}{m (\operatorname{th}\mu_k \varphi_1 + \operatorname{th}\mu_k \varphi_2)} - \\
& - \frac{4\Phi_0^* \mu_k}{m \varphi_2 (\operatorname{th}\mu_k \varphi_1 + \operatorname{th}\mu_k \varphi_2)} \sum_{p=1}^{\infty} \frac{\operatorname{sh}\lambda_p t_2}{(\lambda_p^2 + \mu_k^2) \operatorname{sh}\lambda_p t_3}. \quad (2.9)
\end{aligned}$$

3. *Исследование совокупности бесконечных систем уравнений (2.7).* При соответствующем выборе постоянного числа m совокупность бесконечных систем (2.7) оказывается вполне регулярной.

Действительно, для суммы модулей коэффициентов систем (2.7) имеют место следующие неравенства:

$$\begin{aligned}
\sum_{p=1}^{\infty} |a_{kp}| + \sum_{p=1}^{\infty} |b_{kp}| & \leq \frac{m}{2} (1 + e^{-\lambda_1 t_2}), \\
\sum_{p=1}^{\infty} |c_{kp}| + \sum_{p=1}^{\infty} |d_{kp}| & \leq \frac{m}{2}, \\
\sum_{p=1}^{\infty} |g_{kp}| & \leq \frac{1}{2m} (1 + e^{-2\beta_1 \varphi_1}), \\
\sum_{p=1}^{\infty} |q_{kp}| & \leq \frac{1}{2m} (1 + e^{-2\mu_1 \varphi_1}).
\end{aligned} \quad (3.1)$$

Положим для определенности, что $t_1 > t_3 - t_2$ или $\beta_1 < \mu_1$.

Тогда, выбирая m из равенства

$$\frac{1}{m} (1 + e^{-2\beta_1 \varphi_1}) = m (1 + e^{-\lambda_1 t_2}) \quad (3.2)$$

будем иметь

$$m = \sqrt{\frac{1 + e^{-2\beta_1 \varphi_1}}{1 + e^{-\lambda_1 t_2}}}. \quad (3.3)$$

Подставляя это значение в (3.1), мы увидим, что системы (2.7) вполне регулярны.

Системы (2.7) оказываются по оценкам (3.1) регулярными только в том случае, когда секториальные отверстия исчезают ($t_2 = 0$ и $\varphi_1 = 0$). Однако в этом случае из систем неизвестные коэффициенты определяются непосредственно.

4. *Определение постоянных Φ_0 и Φ_0^* .* Для определения постоянных Φ_0 и Φ_0^* пользуемся теоремой о циркуляции касательного напряжения при кручении, применив ее к контурам внешнего и внутреннего кругов.

Эти соотношения приводятся к виду

$$\int_{-\varphi_2}^0 \left(\frac{\partial \Phi_2}{\partial t} \right)_{t=t_1} d\varphi + \int_0^{\varphi_1} \left(\frac{\partial \Phi_1}{\partial t} \right)_{t=t_1} d\varphi = 0, \quad (4.1)$$

$$\int_{-\varphi_2}^0 \left(\frac{\partial \Phi_4}{\partial t} \right)_{t=t_3} d\varphi + \int_0^{\varphi_1} \left(\frac{\partial \Phi_5}{\partial t} \right)_{t=t_3} d\varphi = 0. \quad (4.2)$$

Пользуясь выражениями (2.1)–(2.5), преобразуя их и произведя в (4.1) и (4.2) интегрирование, получим два соотношения, связывающие постоянные Φ_0 и Φ_0^* с коэффициентами B_k и C_k .

Неизвестные B_k и C_k , входящие в эти соотношения, выражаются через Φ_0 и Φ_0^* . Решая эти соотношения относительно Φ_0 и Φ_0^* , получим их значения.

5. *Определение жесткости при кручении.* Жесткость при кручении стержня рассмотренного профиля (фиг. 1) определяется формулой

$$C = 2G \left\{ -U_0^* \Omega_0^* + U_0 \Omega_0 + \iint_{\Omega} U d\Omega \right\}, \quad (5.1)$$

где Ω — область сечения стержня,

$$\Omega_0^* = \pi r_4^2, \quad \Omega_0 = \pi r_1^2. \quad (5.2)$$

Переходя к функции $\Phi(t, \varphi)$, из (5.1) получим

$$C = 2G \left\{ -\pi (\Phi_0^* r_4^2 - \Phi_0 r_1^2) + \frac{\pi}{4} (r_4^4 - r_1^4) + \right. \\ \left. + \frac{n\varphi_1}{4} (r_3^4 - r_2^4) + 2nr_2^2 \iint_{\Omega^*} \Phi(t, \varphi) e^{2i\varphi} dt d\varphi \right\}, \quad (5.3)$$

где $\Omega^* = \frac{1}{2n}$ -ая часть области сечения.

Пользуясь выражениями (2.1)–(2.5), согласно (5.3) получим

$$C = 2G \left\{ -\pi (\Phi_0^* r_4^2 - \Phi_0 r_1^2) + \frac{\pi}{4} (r_4^4 - r_1^4) + \frac{n\varphi_1}{4} (r_3^4 - r_2^4) + \right.$$

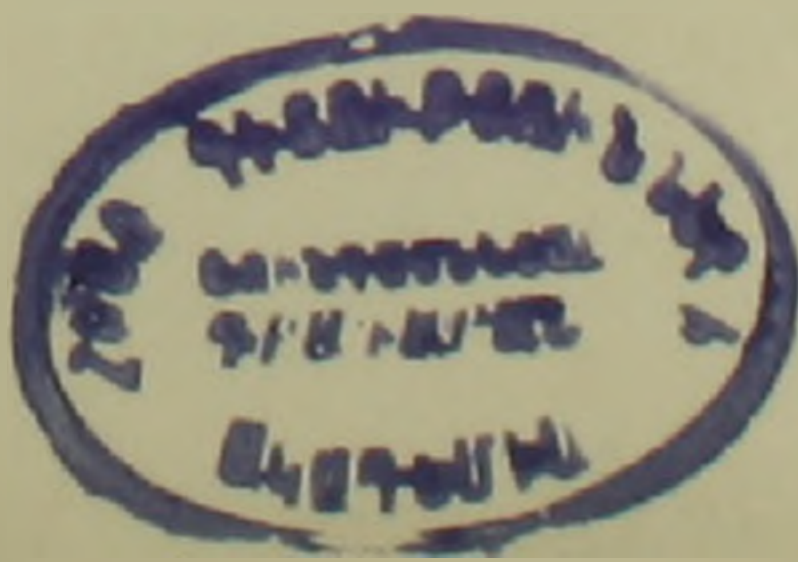
$$\begin{aligned}
& + 2n \left[\frac{2}{\varphi_1} (r_2^4 - r_3^4 + 2r_4^2 \Phi_0^* - 2r_1^2 \Phi_0) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\alpha_k^2 (4 - \alpha_k^2)} - \right. \\
& - \frac{r_2^4 + 2r_1^2 \Phi_0}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\operatorname{cth} \alpha_k t_1}{\alpha_k (4 - \alpha_k^2)} - \frac{r_3^4 + 2r_4^2 \Phi_0^*}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\operatorname{cth} \alpha_k (t_3 - t_2)}{\alpha_k (4 - \alpha_k^2)} + \\
& + \frac{r_2^2 (r_1^2 + 2\Phi_0)}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\alpha_k (4 - \alpha_k^2) \operatorname{sh} \alpha_k t_1} + \\
& + \frac{r_3^2 (r_4^2 + 2\Phi_0^*)}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\alpha_k (4 - \alpha_k^2) \operatorname{sh} \alpha_k (t_3 - t_2)} + \\
& + \frac{4(\Phi_0^* r_4^2 - \Phi_0 r_1^2)}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_k^2 (4 - \lambda_k^2)} + \frac{2r_2^2 \Phi_0}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2) \operatorname{sh} \lambda_k t_1} - \\
& - \frac{2r_1^2 \Phi_0}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\operatorname{cth} \lambda_k t_1}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2)} - \\
& - \frac{2r_4^2 \Phi_0^*}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\operatorname{cth} \lambda_k t_3}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2)} + \frac{2r_2^2 \Phi_0^*}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2) \operatorname{sh} \lambda_k t_3} + \\
& + \frac{r_2^4}{t_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\gamma_k \operatorname{th} \gamma_k \varphi_2}{(4 + \gamma_k^2)^2} [1 + (-1)^{k+1} e^{2t_2}] - \\
& - \frac{mr_2^2}{t_1} \sum_{k=1}^{\infty} A_k \frac{\operatorname{th} \beta_k \varphi_1 + \operatorname{th} \beta_k \varphi_2}{\beta_k (4 + \beta_k^2)} [1 + (-1)^{k+1} e^{-2t_1}] - \\
& - \frac{mr_2^2}{t_3 - t_2} \sum_{k=1}^{\infty} D_k \frac{\operatorname{th} \mu_k \varphi_1 + \operatorname{th} \mu_k \varphi_2}{\mu_k (4 + \mu_k^2)} [e^{2t_1} + (-1)^{k+1} e^{2t_3}] + \\
& + \frac{r_2^2}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{B_k (\operatorname{cth} \lambda_k t_1 - \operatorname{cth} \lambda_k t_2)}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2)} + \frac{1}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{B_k}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2)} \left(\frac{r_3^2}{\operatorname{sh} \lambda_k t_2} - \frac{r_1^2}{\operatorname{sh} \lambda_k t_1} \right) - \\
& - \frac{r_4^2}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{C_k}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2) \operatorname{sh} \lambda_k (t_3 - t_2)} - \frac{r_2^2}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{C_k}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2) \operatorname{sh} \lambda_k t_2} + \\
& + \frac{r_3^2}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{C_k}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2)} [\operatorname{cth} \lambda_k t_2 + \operatorname{cth} \lambda_k (t_3 - t_2)] \Big] \Big\}. \quad (5.4)
\end{aligned}$$

Из выражения (5.4), положив

$$t_1 = \infty, \quad \beta_k = \frac{k\pi}{t_1} = z, \quad \frac{\pi}{t_1} = dz, \quad r_1 = 0, \quad A_k = A(z) \quad (5.5)$$

и переходя к пределу, для определения жесткости круглого цилиндрического стержня с секториальными отверстиями (фиг. 3) получим следующую формулу:

$$\begin{aligned} C = 2G & \left\{ \frac{\pi r_4^4}{4} - \pi r_4^2 \Phi_0^* + \frac{n \varphi_1}{4} (r_3^4 - r_2^4) + \right. \\ & + 2n \left[\frac{2}{\varphi_1} (r_2^4 + 2r_4^2 \Phi_0^* - r_3^4) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\alpha_k^2 (4 - \alpha_k^2)} - \frac{r_2^4}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\alpha_k (4 - \alpha_k^2)} - \right. \\ & - \frac{r_3^4 + 2r_4^2 \Phi_0^*}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\operatorname{cth} \alpha_k (t_3 - t_2)}{\alpha_k (4 - \alpha_k^2)} + \frac{4\Phi_0^* r_4^2}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_k^2 (4 - \lambda_k^2)} + \\ & + \frac{r_3^2 (r_4^2 + 2\Phi_0^*)}{\varphi_1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\alpha_k (4 - \alpha_k^2) \operatorname{sh} \alpha_k (t_3 - t_2)} - \\ & - \frac{2r_4^2 \Phi_0^*}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\operatorname{cth} \lambda_k t_3}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2)} + \frac{2r_2^2 \Phi_0^*}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2) \operatorname{sh} \lambda_k t_3} + \\ & + \frac{r_2^4}{t_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\gamma_k \operatorname{th} \gamma_k \varphi_2}{(4 + \gamma_k^2)^2} [1 + (-1)^{k+1} e^{2t_2}]^2 - \\ & - \frac{mr_2^2}{t_3 - t_2} \sum_{k=1}^{\infty} D_k \frac{\operatorname{th} \mu_k \varphi_1 + \operatorname{th} \mu_k \varphi_2}{\mu_k (4 + \mu_k^2)} [e^{2t_2} + (-1)^{k+1} e^{2t_1}] - \\ & - \frac{mr_2^2}{\pi} \int_0^{\infty} A(z) \frac{\operatorname{th} z \varphi_1 + \operatorname{th} z \varphi_2}{z (4 + z^2)} dz + \\ & + \frac{r_2^2}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{B_k}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2)} (1 - \operatorname{cth} \lambda_k t_2) + \frac{r_3^2}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{B_k}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2) \operatorname{sh} \lambda_k t_2} - \\ & - \frac{r_4^2}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{C_k}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2) \operatorname{sh} \lambda_k (t_3 - t_2)} - \frac{r_2^2}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{C_k}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2) \operatorname{sh} \lambda_k t_2} + \end{aligned}$$



$$+ \frac{r_3^2}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{C_k}{\lambda_k (4 - \lambda_k^2)} [\operatorname{cth} \lambda_k t_2 + \operatorname{cth} \lambda_k (t_3 - t_2)] \Big| \Big|, \quad (5.6)$$

где коэффициенты интегрирования $A(z)$, B_k , C_k и D_k определяются из систем, получаемых из (2.7) соответствующим предельным переходом.

Из выражения (5.6), положив $t_2 = 0$ и $\varphi_1 = 0$ ($\gamma_k = \infty$, $\alpha_k = \infty$ и $r_3 = r_2$), а также пользуясь для этого случая значениями

$$\begin{aligned} B_k &= C_k = -r_2^2, \\ D_k &= -\frac{r_2^2}{m} [1 + (-1)^{k+1}], \\ A(z) &= -\frac{r_2^2}{m}, \end{aligned}$$

$$\Phi_0^* = \frac{r_2^2}{2} \quad (5.7)$$

и положив далее $t_3 = 0$ ($\mu_k = \infty$ и $r_4 = r_2$), получим формулу для определения жесткости сплошного круглого стержня

$$\begin{aligned} C &= G \left\{ \frac{\pi r_2^4}{2} - \pi r_2^4 + 4n \left[\frac{r_2^4}{\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_k^2 (2 + \lambda_k)} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{r_2^4}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\operatorname{th} z \varphi_2}{z(4 + z^2)} dz \right] \right\} = G \frac{\pi r_2^4}{2}. \end{aligned} \quad (5.8)$$

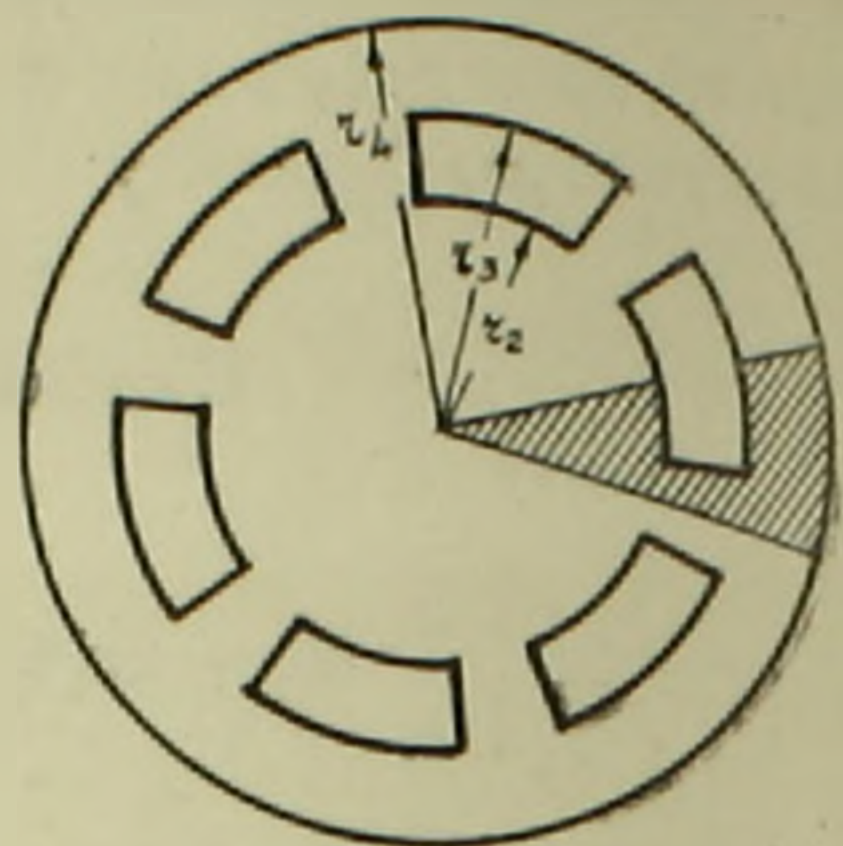
При этом использованы значения

$$\begin{aligned} n\varphi_2 &= \pi, \\ \int_0^{\infty} \frac{\operatorname{th} z \varphi_2}{z(4 + z^2)} dz &= \frac{\pi}{2\varphi_2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_k (2 + \lambda_k)} = \\ &= \frac{1}{4} \left[2\psi\left(\frac{4\varphi_2}{\pi}\right) - \psi\left(\frac{2\varphi_2}{\pi}\right) + C_0 \right], \\ \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_k^2 (2 + \lambda_k)} &= \frac{\varphi_2}{4\pi} \left[\pi\varphi_2 + \psi\left(\frac{2\varphi_2}{\pi}\right) - 2\psi\left(\frac{4\varphi_2}{\pi}\right) - C_0 \right], \end{aligned} \quad (5.9)$$

$$C_0 = 0,5772156649 \dots,$$

где $\psi(z)$ — логарифмическая производная гамма-функции.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР
Ереванский государственный университет.



Фиг. 3.

Երկայնական խոռոչներ ունեցող կլոր գլանաձև ձողի ոլորման մասին

Ապակենտրոն, շրջանային երկայնական խոռոչներով կլոր սնամեջ ձողի ոլորման խնդրի համար առաջին անգամ ճշգրիտ լուծում տվել է Մակդոնալդը ⁽¹⁾։

Այդ նույն խնդիրը վերջնականորեն լուծել և հասցրել է մինչև հաշվարկային գրաֆիկները Վայնելը ⁽²⁾։ Որն ուղղել է նաև Մակդոնալդի ավելի վաղ աշխատանքի որոշ թերությունները։

Էլիսյասյան և կլորացրած անկյուններով քառակուսու ձևի խոռոչներով կլոր ձողերի ոլորման խնդիրները դիտարկել են Ի. Ի. Շերմանը ^(3,4) և Յու. Ա. Ամենգադեն ⁽⁵⁾։

Ձողի առանցքի նկատմամբ սիմետրիկ դասավորված մի շարք շրջանային խոռոչներով կլոր ձողի ոլորման խնդիրը դիտարկել է Կոնդոն ^(6,7)։

Ներկա աշխատության մեջ դիտարկվում է կենտրոնական դիրք ունեցող մի շրջանային խոռոչով և ձողի առանցքի նկատմամբ սիմետրիկ դասավորված, օղակային սեկտորի ձևի մի քանի խոռոչներով կլոր գլանաձև ձողի ոլորման խնդիրը։

Խնդրի լուծումն ստացվել է օժանդակ ֆունկցիաների ներմուծման եղանակով։ Որը շարադրված է ⁽⁸⁾ և ⁽⁹⁾ աշխատություններում։

Խնդրի լուծումն ստացվել է շարքերի տեսքով։ Խնդրի լուծման ընթացքում ինտեգրման հաստատունների որոշումը բերվել է դժային անվերջ հավասարումների սխտեմների լուծմանը։ Ապացուցված է, որ այդ սխտեմները լիովին ռեզուլյար են։

Նշված կտրվածքով, ինչպես նաև միայն օղակային սեկտորի տեսքի խոռոչներով կլոր ձողերի կոշտություններն որոշելու համար ստացված են բանաձևեր։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Макдональд, Cambridge Phil. Soc. Proc. Vol. 8, 62—68, 1893. ² E. Вайнелъ, Ingenieur-Archiv, Bd. 3, 67—65, 1932. ³ Д. И. Шерман, ДАН СССР, т. 63, № 5, 499—502, (1948). ⁴ Д. И. Шерман, «Известия АН СССР», ОТН, № 7, 969—995 (1951). ⁵ Ю. А. Амензаде, ДАН СССР, т. 119, № 6, 1118—1121 (1958). ⁶ М. Кондо, Trans. Soc. Mech. Eng. Tokyo, 1, 173—183, 1935. ⁷ М. Кондо, Philosophical Mag. (7), Vol. 22, № 151, 1089—1108, 1936. ⁸ Н. Х. Арутюнян, ДАН АрмССР, т. IX, № 2, 67—74 (1948), ПММ, т. XIII, в. 1, 107—112 (1949). ⁹ Б. Л. Абрамян, ДАН АрмССР, т. XXVIII, № 3, 109—116 (1959).

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

С. А. Дехтрикян

К определению германия в молибденитах и других
 сульфидах

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. Г. Магакьяном
 20. III. 1959)

Для разложения руд и минералов, содержащих германий, существуют, в основном, два способа: кислотный и сплавления (¹).

Кислотным способом молибденовые руды—молибденит и молибденовые концентраты, разлагаются неполностью, в то время как способом сплавления разлагаются полностью. Разложение руд последним способом происходит в железных или никелевых тиглях с перекисью натрия. Но железные тигли нельзя использовать, так как они содержат в себе до 5—6γ германия, т. е. иногда даже больше, чем в самих молибденитах; никелевые же тигли дефицитны.

Исходя из вышеуказанных трудностей, необходимо было разрешить следующие задачи:

1) молибденит превратить в окись, причем окислитель выбрать такой, чтобы в ходе анализа, особенно при отделении германия, он не способствовал бы образованию нерастворимых соединений, вызывающих помутнение раствора и частичную адсорбцию германия;

2) упростить по возможности ход анализа.

Для этой цели использован метод разложения углистых материалов со смесью окиси и нитрата кальция (¹).

Для определения германия в молибденитах в качестве окислителя мы применили нитрат калия, так как нитрат кальция образует большой объемистый осадок, который мешает работе и приводит к потерям германия.

Смесь окиси кальция и нитрата калия при температуре 550—600° путем спекания полностью разлагает сульфиды. При этом образуется спек германата калия и молибдата кальция (²), который фосфорной кислотой (¹) и водой переводится в раствор; далее германий экстрагируется обычным способом (^{1, 3}).

После этого германий определяется фенилфлуороновым методом (⁴).

Результаты проведенных анализов (табл. 1) позволяют изложить методику определения германия в молибденидах и молибденовых концентратах.

Ход анализа. В фарфоровой чашке (диаметром 5—10 см) перемешивают 0,5—1 г тщательно измельченного исследуемого материала с 0,5 г безводной окиси кальция и 6—8 мл насыщенного водного раствора нитрата калия. Полученную смесь выпаривают на водяной бане досуха. Далее чашку помещают в холодный муфель и

Таблица 1

№ проб	Наименование сульфидов	Разложение	
		перекисью натрия способом сплавления Ge в %	нитратом калия и окисью кальция путем спекания Ge в %
52 а/58	Молибденит	0,00125	0,00135
56/38	Молибденит	0,00112	0,00120
50 а/58	Молибденовый концентрат	0,00110	0,00140
226/56	Молибденит	0,00027	0,00031
Г—7/58	Молибденит	0,00020	0,00024
31/58	Богатая молибденовая руда	0,00030	0,00030

постепенно повышают температуру до 550—600°. Время от времени смесь перемешивают шпателем и измельчают, так как в противном случае поверхностный слой затвердевает и покрытая им масса не окисляется. Смесь прокаливают при данной температуре до превращения в белый порошок*. Затем чашку охлаждают, прибавляют 5—6 мл фосфорной кислоты, 5 мл воды и подогревают сначала на водяной, а затем на песчаной бане до сиропообразного состояния** (1). После этого чашку снова охлаждают и с помощью 25 мл воды и 75 мл 12 н соляной кислоты раствор переносят в 200-миллилитровую делительную воронку и обычным способом подвергают экстракции четыреххлористым углеродом. В делительной воронке может появиться некоторое помутнение, но это не мешает экстракции.

Далее германий определяют колориметрическим методом с использованием реактива фенилфлуорона, который в 1н солянокислой среде с германием дает комплексное соединение розово-красного цвета (1, 4).

Нашей основной целью было определение германия в молибденидах, однако в процессе работы мы применили этот метод разложения также к другим сульфидным минералам: энаргиту, сфалериту, халькопириту, пириту, борниту и др.

* Иногда при вышеуказанной температуре, хотя сульфиды полностью разлагаются, но не белеют, а превращаются в черную массу. Этот случай характерен для молибденовых концентратов, содержащих медь и другие сульфидные минералы.

** С целью полностью удалить азотную и азотистую кислоты.

Многочисленные опыты показали, что указанные минералы так же хорошо разлагаются описанным способом (табл. 2).

Данные табл. 1 и 2 показывают, что ошибка в результатах химического анализа при различных способах разложения сульфидов не выходит за пределы допустимой, что позволяет сделать следующий вывод.

Таблица 2

№ проб	Наименование сульфидов	Р а з л о ж е н и е	
		азотной, фтористоводородной и фосфорной кислотами, кислотным способом Ge в %	окисью кальция и нитратом калия путем спекания Ge в %
100	Пирит-халькопиритовый концентрат	0,0030	0,0031
20/56	Сфалерит	0,0010	0,0011
8/56	Энаргит	0,0028	0,0028
15/59	Энаргит	0,0022	0,0021
14/59a	Медный концентрат (энаргит, борнит, халькопирит)	0,0035	0,0035
123	Сфалерит	0,0019	0,0020
436	Халькопирит	0,0002	0,0002
21	Борнит	0,0020	0,0019

Описанный новый вариант разложения сульфидных минералов, молибденита и молибденовых концентратов путем спекания окисью кальция и нитрата калия имеет следующие преимущества:

- 1) по сравнению с методом сплавления в ходе анализа сокращается ряд процессов (выщелачивание, нейтрализация, осаждение гидроокисей и их растворение), что приводит к упрощению метода анализа и к экономии времени аналитика почти наполовину.
- 2) употребляемая при кислотном способе платиновая чашка заменяется дешевой и легко приобретаемой фарфоровой чашкой и одновременно исключается применение ядовитой фтористоводородной кислоты.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Ս. Հ. ԴԵՂՏԻԿՅԱՆ

Գերմանիումի օրոգումը մոլիբդենիտների և այլ սուլֆիդների մեջ

Հողվածում հեղինակն առաջարկում է մոլիբդենիտների և այլ սուլֆիդների մեջ գերմանիումի օրոգման համար քայքայման մի նոր վարիանտ, որը կատարվում է բովման եղանակով՝ կալցիումի օքսիդի և կալիումի նիտրատի միջոցով ⁽¹⁾:

Անալիզի ընթացքը. — Հախճապակյա թասի մեջ սուլֆիդային կոնցենտրատի, կալցիումի օքսիդի և կալիումի նիտրատի խառնուրդը 550—600°-ի տակ ենթարկվում է չրիվ բովման, ստացվում է՝ կալիումի գերմանատ և կալցիումի մոլիբդատ ⁽²⁾:

Ստացված նյութը ֆոսֆորական թթվի և յիշ ջրի օդնությամբ անհրաժեշտ է վերածել լուծույթի. վերջինս տաքացնել սկզբում ջրային բաղնիքի. իսկ հետո ավազի բաղնիքի վրա մինչև մածուցիկային վիճակի վերածվելը (¹):

Այնուհետև թասը սառեցնել և 25 մլ ջրի ու 75 մլ 12 N աղաթթվի օդնությամբ լուծույթը տեղափոխել բամանող ձազարի մեջ և սովորական եղանակով ենթարկել էքստրակցիայի՝ տետրաբորատիումի միջոցով (^{1,3}):

Ինէքստրակցիայի ստացված դերմանիումի ջրային լուծույթը ենթարկել կոլորիմետրիայի. ընդունելով ունակտիվ՝ ֆենիլֆուորոն, որը դերմանիումի հետ 1 N աղաթթվի միջավայրում առաջացնում է դեղնակարմրավուն կոմպլեքս միացություն (¹):

Մոլիբդենիտների, մոլիբդենային կոնցենտրատների և այլ սուլֆիդային միներալների մեջ դերմանիումի որոշման համար առաջարկված քայքայման այս նոր վարիանտը, որը կատարվում է բովման եղանակով (կալցիումի օքսիդի և կալիումի նիտրատի միջոցով) միահալույթի և թթվային եղանակների նկատմամբ ունի հետևյալ առավելությունները:

1. Միահալույթի եղանակի հետ համեմատած բովման եղանակի դեպքում կրճատվում են՝ չեզոքացման, հիդրօքսիդային խմրի նստեցման և նրա լուծման պրոցեսները, որով խնայվում է ժամանակը մոտ կիսով չափ:

2. Թթվային եղանակի համեմատությամբ՝ պլատինե թասը փոխարինվում է էժան և հեշտ ձեռք բերվող հախճապակյա թասով. հետևապես կրճատվում է ֆտորաջրածնային թթվի օգտագործումը, որն ինչպես հայտնի է խիստ թունավոր է:

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱՆԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ В. Н. Назаренко, Н. В. Лебедева и Р. В. Равицкая, „Заводская лаборатория“ № 1, 1958. ² Б. Н. Ранский, „Заводская лаборатория“, № 7, 1958. ³ В. Гиллебранд и Г. Лендель, Практическое руководство по неорганическому анализу, Госхимиздат, стр. 323, 1957. ⁴ Г. Клуей, Analyst, 76, 523 (1951).

АГРОХИМИЯ

В. Л. Ананян

О бета-радиоактивности почв Армении

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном
7. III. 1959)

Изучение суммарной естественной радиоактивности почв (е. р. п.) представляет интерес для получения сравнительных данных об уровнях радиоактивности, ее распределении и динамической изменчивости на различных почвах, а также влияния на биологические процессы. Однако определение суммарной естественной радиоактивности почв не дает представления о том, содержанием какого радиоактивного элемента она вызвана.

В литературе отмечены факты прямой коррелятивной зависимости между величиной е. р. п., содержанием U , Ra , Th и продуктов их распада (¹⁻⁷), а также калия (⁸). Кроме того, производство и применение атомной энергии ведут к образованию продуктов деления тяжелых ядер, значительно влияющих на уровень естественной радиоактивности почв (⁹).

В настоящем сообщении приводятся результаты определения суммарной бета-радиоактивности почв Армении.

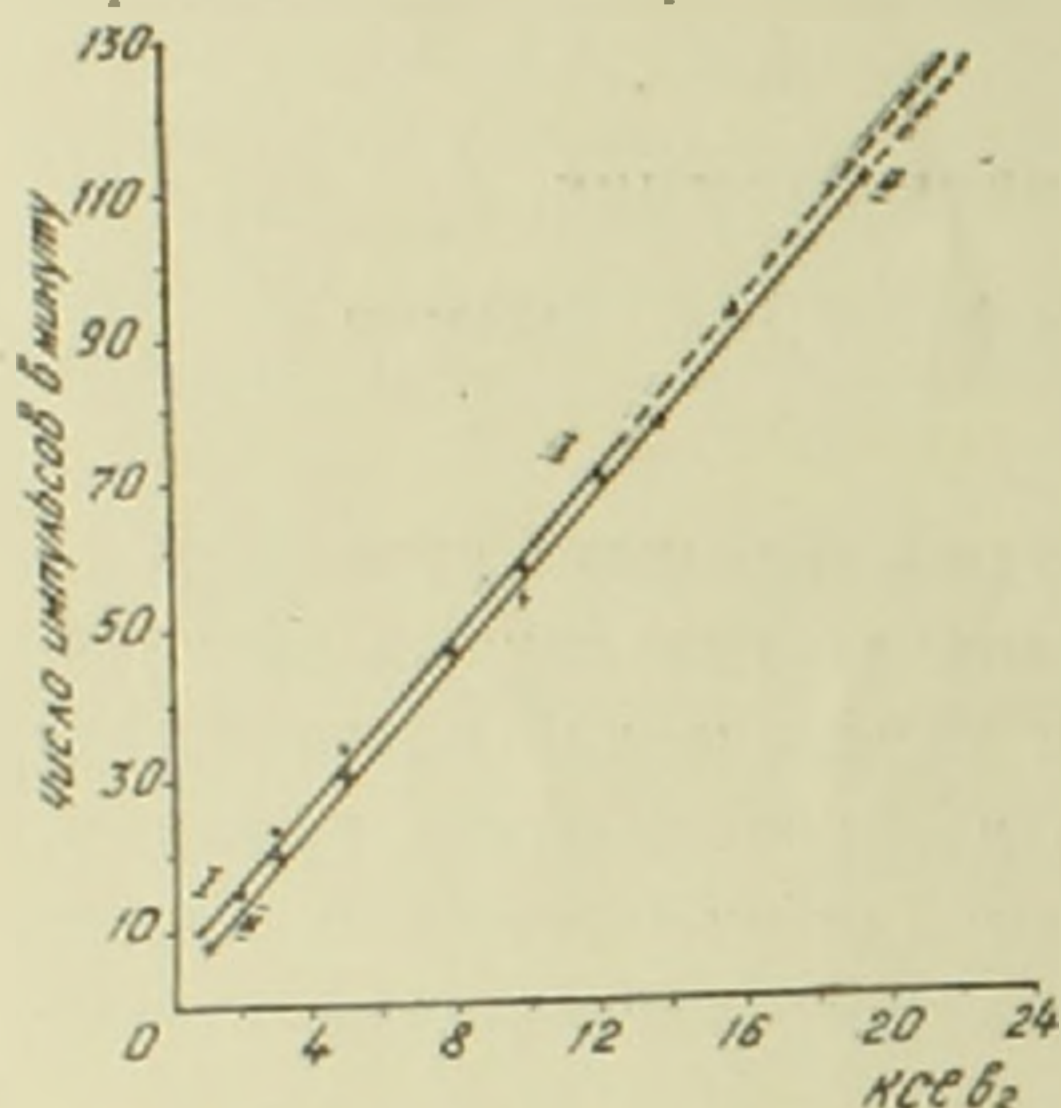
Бета-радиоактивность почвы (β-р. п.) измерялась счетчиком АС-2, помещенным в специальную кювету размером 4,5 × 5,5 × 14,5 см, в которую насыпалась воздушно-сухая почва, пропущенная через 1 мм сито. При этом охватывалась вся поверхность счетчика, чем и достигалось большое превышение счета импульсов β-частиц над фоном*. Объем всех измеряемых образцов был одинаков (283,46 см³). Измерения производились в 4—6-кратной повторности. Относительная ошибка измерений для большинства образцов не превышала 5%, а в отдельных случаях доходила до 8%. Одновременно взвешивался измеряемый объем почвы.

* Ко времени завершения наших работ вышла статья (¹⁰), в которой описывается аналогичный способ радиометрического определения калия в удобрениях.

Калибровка прибора производилась хлористым калием. Кривая построена на основании измерения радиоактивности возрастающего количества калия (KCl), вносимого в почву. Измерения производились в идентичных условиях. Число имп./мин., полученное от калия, определялось вычитанием импульсов „фон + почва без калия“ из количества импульсов „фон + почва + калий“.

На фиг. 1 представлена зависимость количества импульсов от содержания калия (KCl), в двух типах почв: I—каштановой, карбонатной, II—горно-луговой, выщелоченной.

По числу имп./мин. измеренного образца почвы и по соответствующей данной почве кривой (фиг. 1) вычислялось количество калия в граммах на измеряемый объем почвы, которое затем переводилось в



Фиг. 1. Зависимость количества импульсов (имп./мин.) от содержания К (KCl) в каштановой, карбонатной (I) и горно-луговой (II) почвах.

процент (калий-радиометрический). Эти данные сопоставлялись с содержанием калия в почве, полученным химическим методом—спеканием с щелочами и дальнейшим определением пламенным спектрофотометром (К-химический)*.

По содержанию калия вычислялась радиоактивность в единицах μCi , исходя из того, что 1 мг природного калия дает активность, равную $0,75 \times 10^{-6} \mu\text{Ci}$. Таким образом, получены данные суммарной радиоактивности, а также радиоактивности, вызванной содержащимся в почве калием (по К-химическому)

и другими β -излучателями (по разности К-радиометрический минус К-химический).

Из многочисленных определений приводим результаты измерения β -радиоактивности лишь на следующих шести типах почв.

1. Каштановая, слабокарбонатная, суглинистая, мощная со значительным содержанием камней и дресвы (равнина, культура—пшеница, разрез 10, 8. VIII. 1958);

2. Мощный, выщелоченный, тяжелосуглинистый чернозем на карбонатном суглинке (равнина, культура—эспарцет, разрез 19, 19. IX. 1958).

3. Горно-лесная, бурая, каменистая (склон в буковом лесу, разрез 21, 25. IX. 1958).

Кроме того, были взяты образцы следующих почв по профилю горы (18. IX. 1958):

* Химический анализ калия производили сотрудники Лаборатории агрохимии О. Б. Гаспарян и О. А. Дарбинян.

4. Пункт А—1. высота 3000 м н. у. м., горно-луговая, торфянистая;
5. А—2, 2500 м, горно-луговая, сильно задерненная;
6. А—3, 1500 м, каштановая, маломощная, бескарбонатная, сильно каменистая*.

Данные, приведенные на фиг. 2, указывают на значительное различие в уровне радиоактивности исследуемых почв. Подтверждается

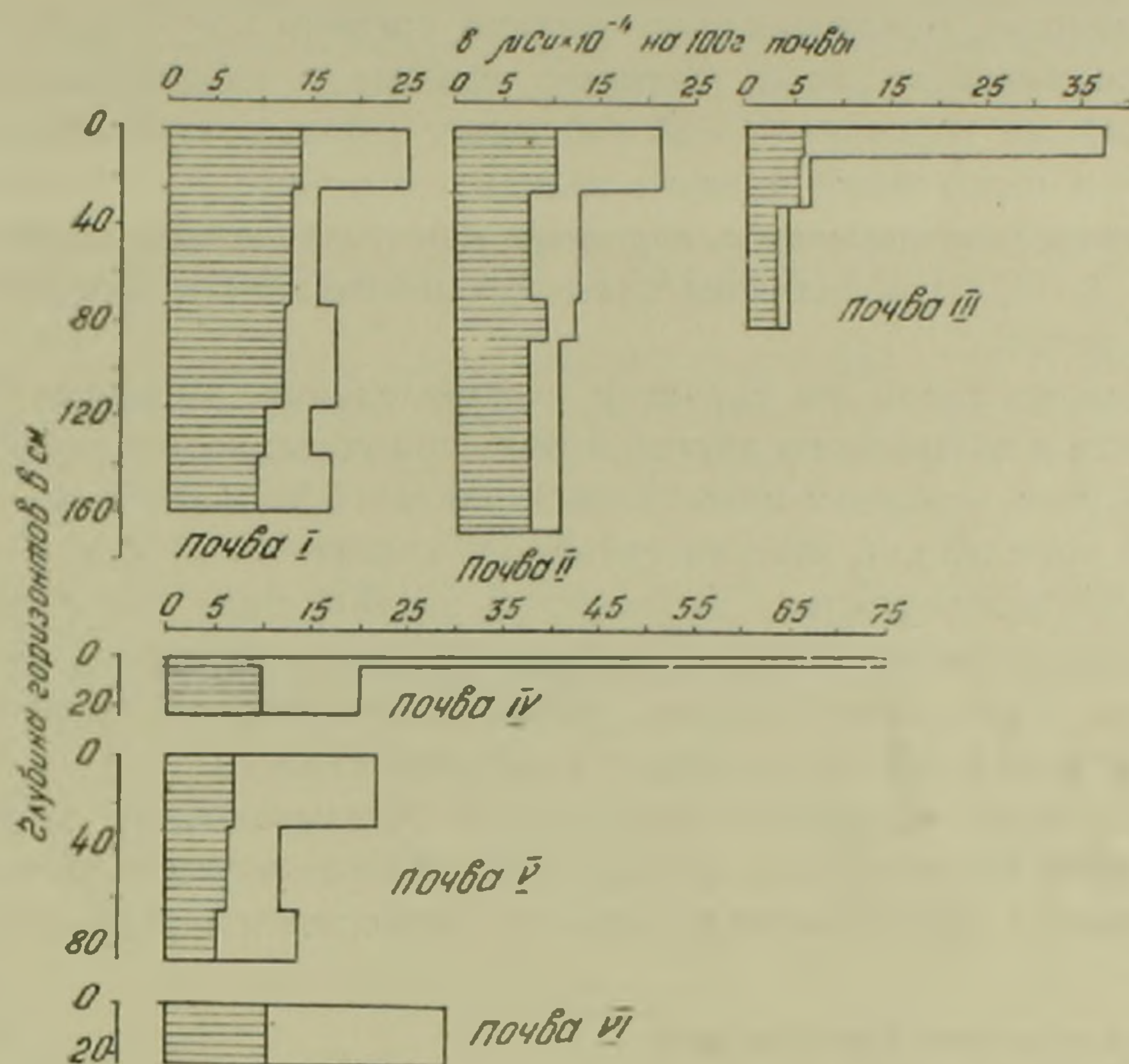


Рис. 2. Бета-радиоактивность некоторых почв Армении (в $\mu\text{Ci} \times 10^{-4}$ на 100 г). Штриховкой выделена радиоактивность, обусловленная содержанием в почве калия (определенного химическим анализом).

коррелятивная зависимость β -радиоактивности с содержанием калия в почве. Данные также показывают четкую картину накопления β -излучателей в гумусовом горизонте почв, особенно лесных. На каштановой и черноземной почвах основная доля β -радиоактивности приходится на калий. В поверхностном горизонте лесной почвы (0—11 см), представляющей из себя разложившуюся лесную подстилку, доля калия в радиоактивности незначительна, здесь происходит накопление других β -излучателей. В литературе имеются указания (^{6,7}) о накоплении β -радиоактивности, вызываемой тяжелыми элементами, в гумусовом горизонте почв и, особенно, в лесной подстилке. Можно предполагать, что и в наших объектах β -радиоактивность обусловлена элементами,

* Разрезы описаны и образцы представлены сотрудником Лаборатории агрохимии Г. Б. Бабаяном.

продукты распада которых имеют в своем составе β -излучатели. В следующем же буром, каменистом горизонте (11—33 см) β -радиоактивность резко падает и обуславливается, в основном, содержанием калия.

Интересная картина получена при измерении β -радиоактивности образцов, взятых по профилю горы. В пункте А—1 на высоте 3000 м поверхностный (0—4 см) задерненный горизонт показывает высокую радиоактивность, превышающую средний уровень в 2—3 раза, причем эта радиоактивность лишь частично связана с содержанием калия. Следующий же горизонт (4—23 см) имеет небольшую активность, которая почти наполовину вызвана калием. В пункте А—2 радиоактивность значительно снижается, вероятно, в результате процессов смыва. В пункте А—3, на небольшом плато, радиоактивность снова несколько повышается.

Примерно такой же характер распределения β -радиоактивности наблюдается и по профилю другой небольшой горы: на вершине (около 2300 м н. у. м.) радиоактивность составляла $15,90 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}$ на 100 г почвы; на середине, в зоне интенсивного смыва— $11,77 \times 10^{-4}$; на низине, в зоне аккумуляции, наблюдалось значительное накопление радиоактивности, равное $29,62 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}$. В данном случае доля радиоактивности, создаваемая калием, уменьшалась вниз по профилю и на низине составила 1/3 часть общей β -радиоактивности.

Таким образом, приведенные данные показывают, что разработанная методика определения суммарной β -радиоактивности может быть использована в исследованиях вопросов естественной радиоактивности почв.

Лаборатория агрохимии Академии наук
Армянской ССР

Վ. Լ. ԱՆԱՆՅԱՆ

Հայաստանի մի քանի հողատիպերի բեռա-ռադիոակտիվությունը մասին

Հողի բնական ռադիոակտիվության հարցերի սլարդարանումը ադրոքիմիական հետազոտությունների կարևորագույն խնդիրներից մեկն է: Այս հաղորդման մեջ բերված են Հայաստանի մի քանի հողատիպերի β -ռադիոակտիվության որոշման արդյունքները և մեթոդը:

Հողի β -ռադիոակտիվության չափումները կատարվել են հատուկ կյուվետի մեջ տեղադրված AC-2 հաշվիչի օգնությամբ: Կյուվետի սլատերից հաշվիչը հեռացված է լինում հավասարաչափ: Այս դեպքում կյուվետի մեջ լցված օդաչոր հողի միենուն ծավալը համաչափ է և բաշխվում է հաշվիչի ամբողջ մակերեսի նկատմամբ: Աշխատանքի սկզբում AC-2 հաշվիչը աստիճանավորում են կալիումի քլորիդով: Դրա համար կալիումի քլորիդի տարրեր քանակները ավելացվում են հողին և կատարվում են համապատասխան չափումներ: Ստացված տվյալներից կառուցվում է կորագիծ հետագա հաշվումների համար:

Հողի β -ռադիոակտիվության չափման տվյալները (իմպ/րոպե) ռադիոակտիվության միավորով արտահայտելու համար իմպուլսների թիվը վերահաշվում են կալիումի քանակի մեզ-ով: Բացի դրանից, նույն նմուշների մեջ քիմիական եղանակով որոշվում է կա-

լիումի ընդհանուր քանակը՝ իրիում եղանակով (ռադիոմետրիկ և քիմիական) որոշված կալիումի քանակը արտահայտում են ռադիոակտիվության միավորով, ելնելով նրանից, որ 1 մգ բնական կալիումը ունի $0,75 \cdot 10^{-6} \mu\text{Cu}$ ակտիվություն: Վերահիշյալ մեթոդով և նախափոր է որոշել հողի ընդհանուր β -ռադիոակտիվությունը:

Ուսումնասիրություններից սլարզվել է, որ Հայաստանի հողերի բնական β -ռադիոակտիվությունը տարբեր է: Հողի β -ռադիոակտիվության և կալիումի պարունակության միջև դոյություն ունի ուղղակի կապ: Տարբեր հողերի կտրվածքներում, կապված նրանց ծաղման հետ, հայտնաբերվում են β -ռադիոակտիվության որոշակի սրինաչափություններ: Ամենաբարձր β -ռադիոակտիվությունը հայտնաբերվում է հումուսային հորիզոններում:

Այսպիսով, բերված տվյալները ցույց են տալիս, որ β -ռադիոակտիվության որոշման մշակված մեթոդը կարող է կիրառվել հողի բնական ռադիոակտիվության որոշ հարցերի ուսումնասիրման համար:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ В. И. Баранов, Радиометрия, Изд. АН СССР, 1956. ² В. И. Баранов, С. Г. Цейтлин, ДАН СССР, 30, № 4 (1941) ³ А. П. Виноградов, Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах, Изд. АН СССР, 1957. ⁴ В. И. Вернадский, Биохимические очерки, Изд. АН СССР, 1940. ⁵ А. А. Красюк, Б. А. Красюк, Почвоведение, № 4 (1932). ⁶ Кертис, Дикс, Bot. Gaz., 1956, 117, № 3. ⁷ С. Г. Цейтлин, Труды биогеохимической лаборатории, вып. VII, 1944. ⁸ Том, Лейден, New Jersey Agric. 1956, 38, № 5. ⁹ П. А. Власюк, Доклады ВАСХНИЛ, 2, 1959. ¹⁰ С. И. Кричман и Л. Г. Кайстра, „Заводская лаборатория“, № 8, 1958.

ГЕОЛОГИЯ

В. И. Луценко

Использование кривых распределения для технологической типизации руд

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. Г. Магакьяном 7. V. 59)

В нашем понимании технологическая типизация руд означает выделение среди разновидностей руд данного месторождения таких типов, которые имеют глубокие минералогические отличия и вследствие этого отличаются по своим технологическим свойствам.

Разработка технологической типизации руд с одной стороны опирается на минералогическое изучение месторождения и на геолого-структурные представления о нем, а с другой стороны основывается на результатах изучения технологических свойств разновидностей руд. Путем сопоставления указанных данных, все выявленные на месторождении разновидности руд группируются в промышленные типы и сорта, для которых разрабатываются кондиции и схемы переработки.

Для выявления разновидностей руд и обоснования промышленных типов необходимо, наряду с изучением вещественного состава и технологических свойств, использовать также и другие методы количественной оценки, в частности вариационную статистику.

В отличие от известных случаев применения вариационной статистики при решении отдельных задач геологической разведки (¹), в настоящей статье излагается новый способ расчета статистических признаков, характеризующих технологические типы руд по выходу их из горной массы и по их качеству. В основу предлагаемого способа положен расчет распределения полезного компонента по интервалам его содержания в руде.

Статистическая обработка данных геологической разведки и необходимые расчеты производятся в определенной последовательности.

Прежде всего обуславливается величина интервала содержания полезного компонента в зависимости от значения его содержания в руде. Например, для гипсовой руды с колебанием содержания гипса от 5 до 90% нами принят интервал содержания 5%.

Определенная статистическая совокупность проб руды распределяется по интервалам содержания полезного компонента. Минимальное количество проб в данной статистической совокупности может быть строго обосновано по заданным условиям (²). При огра-

ниченном количестве проб геологической разведки в расчет принимаются все пробы. В этом случае качество произвольных расчетов будет целиком зависеть от соблюдения при геологической разведке требования полноты исследования месторождения (³).

Для каждого интервала содержания полезного компонента определяется выход проб, состоящих в данном интервале, в единицах и в процентах от общего количества проб данной статистической совокупности.

Для расчета средневзвешенного содержания полезного компонента в руде необходимо взвесить его средние содержания в каждом интервале β на соответствующий процент выхода проб γ . С этой целью составляется колонка частных произведений $\gamma\beta$ по интервалам содержания, в итоге которой определяется сумма всех частных произведений $\Sigma\gamma\beta$. Делением указанной суммы на 100 (т. е. на сумму процентов всех выходов проб) определяется средневзвешенное содержание полезного компонента в руде α .

Затем рассчитывается доля каждого частного произведения $\gamma\beta$ от их суммы, принимаемой за 100. Этот показатель является весьма характерным. В терминологии обогащения руд он называется извлечением или распределением полезного компонента ε . Указанный показатель означает распределение полезного компонента по интервалам его содержания в процентах от общего количества полезного компонента в руде.

Изложенная методика расчета средневзвешенного содержания полезного компонента в руде α и его распределения ε заимствована из балансового расчета схем обогащения (⁴). Как известно, указанные расчеты производятся по формулам

$$\Sigma\gamma\beta = 100\alpha; \quad \frac{\gamma\beta}{\alpha} = \varepsilon.$$

По данным цифровых сводок строятся кривые выхода проб γ и распределения полезного компонента ε по интервалам его содержания в руде (вариационные кривые).

Ниже, на примере изучения Джрвежского гипсового месторождения, показывается важное значение предложенного способа расчета для обоснования промышленных типов руд.

Джрвежское месторождение гипсоносных глин относится к типу гипсовых месторождений с небольшой мощностью пластов, не выдержанных по составу и мощности. Гипсовые пласты массивного сложения перемежаются с гипсоносными глинами, имеющими промышленное значение, и с убогими глинами, содержащими 15—5% гипса.

С целью разработки технологической типизации сырья, был предложен такой способ опробования канав и скважин, когда в пробу включался один морфологически однородный пласт гипсоносной глины, мощностью от 2 до 12 м. Пласт мощностью менее 2 м объединялся со смежным пластом. С целью детализации разведки гипсовые пласты массивного сложения выделялись в самостоятельную пробу при мощности более 0,5 м.

Для прогнозных расчетов, еще до окончания разведки, была взята ограниченная совокупность 495 проб с нескольких изученных разрезов месторождения. После окончания детальной разведки были произведены контрольные расчеты, учитывающие полную совокупность 1729 проб. Для сравнения средневзвешенное содержание гипса рассчитывалось как по проценту выхода проб, так и по мощности пластов.

Цифровая сводка приведена в таблице*. Кривые выхода разведочных проб и распределения двуводного гипса по интервалам его содержания представлены на графике (фиг. 1).

Ввиду низкого содержания двуводного гипса в горной массе, для промышленного использования гипсоносных глин необходимо обогащение**.

Анализ цифровой сводки выхода проб и распределения гипса показал целесообразность исключения из подсчета запасов проб, содержащих менее 15% гипса. Отход отвальной породы составляет 32% со средним содержанием гипса 9%, что равно содержанию его в хвостах обогащения. Это подчеркивает непромышленный характер убогих гипсоносных глин.

По горно-техническим условиям добычи представляется возможным оставить в целиках пласты непромышленных глин мощностью более 15 м; эти пласты хорошо отличаются от промышленной руды по внешнему виду. При этом содержание гипса в руде повышается с 28 до 36%.

Исключение из цикла обогащения 32% отвальной породы и повышение содержания гипса в руде на 8% представляет большую выгоду.

Указанными соображениями определяется выбор бортового содержания двуводного гипса в пластах—15% и среднего содержания гипса в товарной руде—35%.

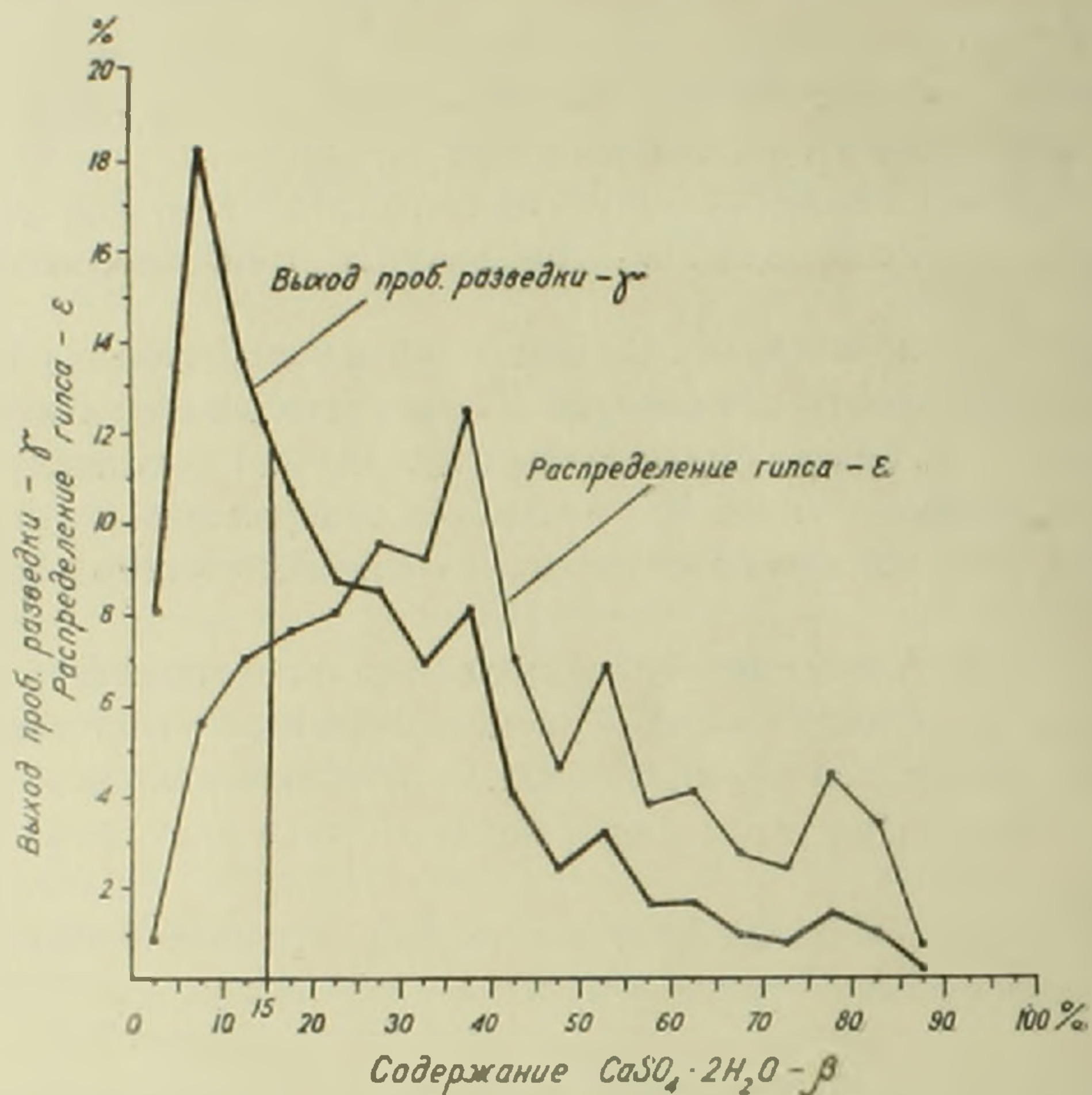
Сравнение наших данных, рассчитанных исходя из процента выхода проб, с данными геолога Г. Э. Пироева, рассчитанными исходя из мощности пластов, показывает исключительную сходимость результатов. Так, средневзвешенное содержание гипса в интервале, рассчитанное по линейному запасу, близко со средним арифметическим, принятым нами для расчета. Выход пластов по мощности также близок к проценту выхода проб разведки. Соответственно этому сходятся и конечные результаты расчетов. Это позволяет отказаться от учета мощности проб при технологической ти-

* Работа проведена в Научно-исследовательском горно-металлургическом институте СНХ Армянской ССР в 1958 г. с участием Р. А. Оганесяна и Г. Г. Шехяна. Расчет средневзвешенного содержания гипса по мощности пластов произведен геологом Г. Э. Пироевым.

** Схема обогащения промышленных гипсоносных глин Джрвежского месторождения разработана НИИГМИ и испытана в полупромышленных условиях. Получены гипсовые концентраты с кондиционным содержанием двуводного гипса 82—85% при извлечении 87—90%. Хвосты обогащения содержат 7—9% гипса.

низации и оперировать процентом выхода проб и среднеарифметическим содержанием в интервале, что значительно упрощает расчет.

Сравнение данных прогнозного расчета по ограниченной совокупности 495 проб с конечными данными, рассчитанными на основе полной совокупности 1729 проб детальной разведки, так же показывает достаточную сходимость результатов. Это позволяет применять предложенный способ для прогнозных расчетов в начальной стадии



Фиг. 1.

разведки, с целью характеристики качества сырья и обоснования целесообразности дальнейшей разведки, или бесперспективности данного месторождения.

Из приведенного примера представляется возможным сделать ряд выводов.

Предложенный способ расчета распределения полезного компонента по интервалам его содержания в руде дает возможность представить в виде сжатой цифровой сводки и соответствующих графиков обширный материал детальной геологической разведки и, тем самым, облегчает его анализ. Этот способ применим также для прогнозной оценки месторождения по данным ограниченной совокупности проб начальной стадии разведки.

По указанному способу могут быть определены с заданной точностью такие отличительные признаки, как нижняя и верхняя границы содержания полезного компонента и среднее его содержание в различных типах руд и в горной массе, а также соотношение типов руд

Цифровая сводка распределения ливудного гипса по интервалам его содержания в типах сырья Джриезского гипсового месторождения Армянской ССР

Промышленные типы гипсоносных глин	Интервал содержания гипса	Среднее со- держание гипса в ин- тервале	Прогнозный расчет по данным 495 проб				Расчет по выходу проб для полной совокупности				Расчет по мощности пластов для полной совокупности					
			Выход проб разведки	Взвешивание	Распределение	Выход проб разведки	Взвешивание	Распределение	Средневзвешенное со- держание	Мощность пластов	Взвешивание (линейный зап.)	Распределение	Выход пластов по мощ.	Средневзвешенное со- держание в интервале		
	%	р%	штук	г%	гз	г%	штук	г%	гз	г%	%	м	мг%	г%	%	%
Промышленные гипсоносные глины:	95—100	97,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	90—95	92,5	—	—	—	—	3	0,2	18,5	0,7	—	6,10	558	0,24	0,07	91,5
	85—90	87,5	1	0,2	17,5	0,7	3	0,2	17,5	0,6	—	4,50	391	0,17	0,05	87,0
	80—85	80,5	5	1,0	82,5	3,4	11	0,6	49,5	1,8	—	33,90	2800	1,19	0,4	82,6
Бортовое содер- жание гипса в пласте 15%	75—80	77,5	7	1,4	108,5	4,4	19	1,1	85,2	3,1	—	78,00	6000	2,56	0,9	77,0
	70—75	72,5	4	0,8	58,0	2,4	22	1,3	91,3	3,4	—	94,70	6905	2,95	1,1	73,0
	65—70	67,5	5	1,0	67,5	2,7	22	1,3	87,7	3,2	—	108,10	7353	3,14	1,2	68,0
	60—65	62,5	8	1,6	100,0	4,1	58	3,3	206,3	7,5	—	302,00	18530	7,91	3,5	61,5
Среднее содержа- ние в товарной руде—35%	55—60	57,5	8	1,6	92,0	3,8	55	3,2	184,0	6,6	—	294,00	17089	7,29	3,4	58,0
	50—55	52,5	16	3,2	168,0	6,8	63	3,6	189,0	6,8	—	293,00	15830	6,76	3,4	54,0
	45—50	47,5	12	2,4	114,0	4,6	48	2,8	133,0	4,8	—	196,95	9408	4,02	2,3	47,7
	40—45	42,5	20	4,0	170,0	7,0	122	7,1	301,7	10,8	—	563,50	23505	10,00	6,6	42,5
	35—40	37,5	40	8,1	303,7	12,4	133	7,7	288,8	10,4	—	741,85	27635	11,70	8,7	37,2
	30—35	32,5	34	6,1	224,2	9,2	101	5,8	188,5	6,8	—	476,30	15945	6,89	5,6	33,5
	25—30	27,5	42	8,5	233,7	9,5	134	7,7	211,7	7,6	—	649,75	17592	7,57	7,6	27,0
	20—25	22,5	43	8,7	195,7	8,0	184	10,6	238,5	8,6	—	940,50	21865	9,33	11,0	23,3
	15—20	17,5	53	10,7	187,2	7,6	196	11,3	197,8	7,1	—	991,80	18197	7,76	11,6	18,3
	Итого	15—100	35,3	298	60,1	2122,5	86,6	1174	67,8	2492,0	89,8	36,7*	5774,95	209603	89,48	67,42
Непромышленные глины	10—15	12,5	67	13,6	170,0	7,0	223	13,0	162,5	5,9	—	1181,26	13640	5,82	13,9	11,5
	5—10	7,5	50	18,2	176,5	5,6	252	14,6	109,5	3,9	—	1292,40	10143	4,33	15,18	7,8
	0—5	2,5	40	8,1	20,2	0,8	80	4,6	11,5	0,4	—	260,45	864	0,37	3,5	3,2
Итого	0—15	8,2	197	39,9*	326,7	13,4	555	32,2*	283,5	10,2	8,8	2734,11	24647	10,52	32,58	9,0
Горная масса	0—100	24,5*	195	100,0	2449,2	100,0	1729	100,0	2775,5	100,0	27,7*	8509,06	234250	100,00	100,00	27,6

* Примечание. По данным полной совокупности 1729 проб выход непромышленных глини—32,2%—меньше, чем по данным ограниченной совокупности 495 проб—39,9%, что объясняется привлечением в разведку новых площадей. Вследствие этого среднее содержание гипса в горной массе—27,7%—соответственно выше, чем по данным прогнозного расчета—24,5%. На среднем содержании гипса в товарной руде это колебание сказалось не существенно.

на месторождении и характер распределения полезного компонента в типах по интервалам содержания (кривые распределения).

Цифровая сводка расчета распределения полезного компонента предоставляет широкие возможности для анализа изменений выхода товарной руды из горной массы, среднего содержания в ней полезного компонента и его потерь в зависимости от исключения из подсчета запасов того или иного количества проб разведки, состоящих в данном интервале содержания. На этой основе производится обоснование бортового содержания полезного компонента в пробе и среднего содержания в промышленном блоке запасов.

Таким образом, предложенный нами способ служит расчетной основой для разработки технологической типизации руд, для обоснования кондиций на руды и, в конечном итоге, для оценки месторождений.

Научно-исследовательский
горно-металлургический институт
СНХ Армянской ССР

Վ. Ի. ԼՈՒՅԵՆԿՈ

Քառախիչ կորերի օգտագործումը հանքանյութերի սեխնոլոգիական և պրակտիկական համար

Հողվածումը բերվում է ստատիկ ցուցանիշների հաշվման նոր եղանակ, որը բնորոշում է հանքանյութերի տեխնոլոգիական տարատեսակները՝ նոր եղանակի հիմք ընդունվում է օգտակար կոմպոնենտի հաշվածման բաշխումը ըստ ինտերվալների պարունակությանը հանքանյութում:

Առաջարկված եղանակի պրակտիկ կողմը տրվում է Ջրվեժի դիպսի հումքի կոնդիցիաները հաստատելու օրինակով:

Նշված եղանակը հնարավորություն է տալիս կարճ թվային աղյուսակի և համապատասխան զրաֆիկների (կորերի բաշխումը) ձևով պատկերացնել երկրաբանական հետախուզության ընդարձակ մանրամասն նյութերը և զրանով իսկ հետաքննել նրա անալիզը: Այս եղանակն օգտագործելի է նաև հումքի որակի հետաքննարարյան դնահատման գործում, ըստ հետախուզման նախնական շրջանի տվյալներով սահմանափակ նմուշների առկայությամբ:

Նշված եղանակով, առաջադրված ճշտությամբ կարելի է հաշվել այնպիսի տարրերացուցիչ հատկանիշներ, ինչպես օգտակար կոմպոնենտի պարունակությանը ստորին ու վերին սահմանները և նրա պարունակությունը տարրերի տեսակի հանքանյութերում և լեռնային գանգվածներում, ինչպես նաև հանքատեսակների հարաբերությունը հանքավայրերում և օգտակար կոմպոնենտի տեղաբաշխման բնույթը տեսակներում ըստ պարունակության ինտերվալների: Հնարավոր է անալիզի ենթարկել՝ ապրանքային հանքանյութի և լքի փոփոխումը լեռնային մասնայից և հանքանյութում օգտակար կոմպոնենտի միջին պարունակությունը: Որա հիման վրա իրագործված է օգտակար հանածոյի կոմպոնենտի կողային (бортное) պարունակությունը նմուշում և արտադրական բլոկի պաշարներում — միջին պարունակությունը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ В. Г. Соловьев, Методы вариационной статистики в приложении к разведке и подсчету запасов месторождений полезных ископаемых, М., 1939. ² Основные формулы физики, под редакцией Д. Мензела, М., 1957. ³ В. М. Крейтер и В. И. Бирюков, Принципы разведки месторождений полезных ископаемых, М., 1957. ⁴ С. И. Митрофанов, Исследование руд на обогатимость, М., 1954.

ФИЗИОЛОГИЯ

В. В. Фанарджян

К структуре двигательного условного рефлекса

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном
13. III. 1959)

Успехи нейрофизиологии за последнее время в области электроэнцефалографического изучения временных связей, роли подкорковых ядер и ретикулярной формации головного мозга дали обширный материал по вопросу структуры условного рефлекса, давно привлекавшего внимание исследователей высшей нервной деятельности. Применение новых методических приемов позволило выдвинуть ряд положений, которые существенно изменили наши представления о механизмах и составе условного рефлекса с точки зрения участия в нем различных образований центральной нервной системы.

В связи с этим определенный интерес представляет изучение особенностей эффекторной генерализации и специализации двигательных условных рефлексов (¹⁻⁶), поскольку выработанная локальная реакция, являясь процессом, в структурном отношении отличным от целостной генерализованной реакции организма на условный стимул, представляет удобную экспериментальную модель для выявления путей и механизмов становления и вычленения специализированного двигательного акта при осуществлении суммарной деятельности двигательного анализатора.

Указанный вопрос нами изучался на 14 собаках в звукозаглушенной камере при использовании методики регистрации движений (сгибания и разгибания) всех четырех конечностей животного. Условные электрооборонительные рефлексы вырабатывались на движение одной из лап и в конечном счете у разных собак были образованы в отдельности со всех конечностей. В качестве положительных и дифференцировочных условных раздражителей применялись звуковые, световые и тактильно-кожные раздражения.

Начальный этап выработки локального двигательного-оборонительного условного рефлекса характеризовался тем, что на действие условного раздражителя возникала генерализованная реакция, представля-

ющая движение всего туловища и конечностей. Продолжительность и степень генерализации варьировали у разных животных в зависимости от типологических особенностей их нервной системы. При выработке условных рефлексов с передних лап генерализация была намного меньшей и кратковременной, чем при образовании таковых с задних лап ⁽¹⁾.

Одна из особенностей эффекторной генерализации заключалась в неодинаковой степени участия различных конечностей животного в условнорефлекторном акте. При этом активность той или иной лапы менялась по ходу развертывания рефлекторной деятельности. Как правило, наиболее активной являлась та лапа, на которую вырабатывался условный рефлекс. Однако свое доминантное положение она занимала не сразу, а пройдя ряд этапов. Так, при выработке условных рефлексов с задней лапы, когда в условный акт включались все конечности животного, у возбудимых собак наиболее часто первый этап характеризовался большим активированием передних лап (особенно передней противоположной лапы); в последующем этапе иррадиация возбуждения больше охватывала и противоположную заднюю лапу; конечный этап выражался в доминировании „подкрепляемой“ лапы, что приводило к специализированной, локальной реакции ее. Анализ условных рефлексов, выработанных с передних лап, показал, что „подкрепляемая“ лапа с самого начала демонстрирует наибольшую активность, которая усиливается параллельно с ослаблением и исчезновением двигательных реакций остальных конечностей; при этом первой из общей условной реакции выключается передняя противоположная лапа. Интересно отметить, что генерализация двигательной реакции на действие безусловного электрокожного раздражителя была еще более кратковременной.

Таким образом, динамика развертывания эффекторной специализации представляет не хаотичное, а последовательное выключение тех или иных конечностей животного из общей реакции организма на условный стимул. При этом хотя с самого начала выработки условного рефлекса имеется выход возбуждения на все четыре эффектора, однако распределение интенсивности его в дальнейшем происходит поэтапно, создавая в конечном счете такую реакцию на условный раздражитель, в которой наибольшее количество импульсаций предназначается для „подкрепляемой“ лапы. В свете этих данных переход генерализованной двигательной условной реакции в специализированную выступает как поэтапный процесс выработки определенных координационных отношений, обеспечивающих локальное проявление условного рефлекса.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что образование локального двигательного условного рефлекса сопряжено с одновременной выработкой тормозного процесса, задерживающего двигательную активность остальных конечностей животного и тем самым выступающего в качестве основного механизма специализации.

Так было подмечено, что специализация как выработанный процесс подвержена действию ряда факторов, оказывающих „растормаживающее“ влияние на нее и переводящих специализирующуюся реакцию в реакцию обобщенного типа. Таковыми были изменения обстановки эксперимента, введение нового условного раздражителя (особенно светового), продолжительный перерыв в работе (сроком на 1,5—2 месяца) и др. Определенное значение имела и силовая характеристика применяемых условных раздражителей. Оказалось, что если на сильные раздражители (звонок, метроном) генерализация является более мощной, то на слабые раздражители (свет, касалка) она держится более продолжительное время.

Сопоставление данных, полученных в результате анализа силового распределения и времени вступления различных конечностей в условную реакцию, показало, что с постепенным усилением двигательного компонента „подкрепляемой“ лапы имеется и укорочение его латентного периода. Создание доминантного очага в центре „подкрепляемой“ лапы приводит к ослаблению, а в дальнейшем и исчезновению двигательных реакций других лап, что происходит на фоне удлинения времени вступления их в общую условную реакцию.

Наряду с этим было подмечено, что в процессе эффекторной специализации не всегда первой обнаруживается та двигательная реакция, которая характеризуется наибольшей силой. Выход моторного возбуждения на разные эффекторы может происходить таким путем, что возбудительный процесс, раньше обнаруживаясь в одном из эффекторов, может быть более интенсивным в другом. Следует указать, что при прослеживании за этой особенностью, выявившейся в условиях многоэффекторной регистрации, были учтены возможности отраженных реакций в ответ на проприоцептивные раздражения. Приведенное, очевидно, позволяет предполагать, что процесс иррадации более сложен как нервное явление, чем это обычно представляется.

Особое внимание было уделено изучению тормозного процесса и в частности взаимодействию торможения, обеспечивающего рецепторную и эффекторную специализацию. Факты, полученные в этом направлении, следующие.

Изучение дифференцированного и угасательного торможения у подопытных животных показало, что если тормозный процесс не полностью упраздняет двигательную активность животного, то последняя в основном копирует реакцию, наблюдаемую на применение положительного условного раздражителя. В случае развития относительной дифференцировки это копирование имело место на протяжении всей работы, и дифференцировочная реакция приобретала тот или иной вид в зависимости от того, какое распределение активности между конечностями наблюдается в ответ на применение положительного условного раздражителя в данный этап выработки условных рефлексов. Фактически то же самое отмечалось и при неполном развитии угаса-

тельного торможения. На определенной стадии угашения имелась эффекторная генерализация, протекающая по типу, наблюдаемому до начала угашения условных рефлексов.

При своей достаточной силе тормозный процесс обычно воздействовал на всю реакцию в целом, не проявляя избирательности к отдельным ее составным. Лишь в ряде случаев (при угасательном и последовательном торможении) торможение упраздняло один из компонентов двигательной условной реакции, тем самым видоизменяя ее; при этом движение „подкрепляемой“ лапы подвергалось действию тормозного процесса позже остальных. Однако последнее скорее следует рассматривать как исключение, чем как правило.

В конечном счете, при прослеживании за иррадиацией тормозного процесса не удалось подметить той этапности и последовательности, которые отчетливо выявились на примере возбудительного процесса.

Характерно и то, что у некоторых собак при наличии достаточно прочно выработанных дифференцировок имелась сильно выраженная двигательная эффекторная генерализация на действие положительных условных раздражителей.

Таким образом, проведенные опыты показали относительную самостоятельность механизмов рецепторной и эффекторной специализации. Иными словами, тормозный процесс, являющийся основой дифференциации проприоцептивных импульсов с органов движения и организующий эффекторную специализацию, обладал иной локализацией по сравнению с таковым, обеспечивающим рецепторную специализацию и предопределяющим судьбу всей условной реакции в целом. На это имеются некоторые указания и в литературе (²).

Сказанное позволяет рассматривать рецепторную и эффекторную специализацию как два последовательных этапа осуществления локального двигательного условного рефлекса. В то время как в первом этапе решается сигнальное значение наносимого стимула и из всей массы воздействий на живогный организм выделяется адекватный раздражитель, во втором этапе комплекс афферентных возбуждений, поступающий как результат рецепторной дифференциации, переносится в целенаправленную двигательную реакцию, целесообразную для конкретной обстановки в данный промежуток времени.

Оба этапа приурочиваются к двум последовательным звеньям единой условнорефлекторной дуги, в которых в качестве основного механизма специализации выступает выработанный тормозный процесс.

С общefизиологической точки зрения такая трактовка расширяет наши представления об осуществлении „принципа общего пути“ в центральной нервной системе.

Как известно, этот принцип был разработан при искусственном столкновении перед мотонейронами спинного мозга многих сенсорных импульсов (³) и явился отражением морфологической организации нижних этажей центральной нервной системы. На примере же образования условных рефлексов он делается правомерным и для корковых

структур, являясь следствием тех функциональных отношений, которые складываются в результате „многоступенчатой“ выработки локального двигательного условного рефлекса, общий путь которого выделяется и защищается от других конкурирующих рефлекторных воздействий благодаря развитию внутреннего торможения.

Признание принципиальной общности и обнаружение исторической преемственности между этими вновь образующимися и готовыми координационными отношениями еще раз подтверждает правильность того положения, что „изучение условных рефлексов открывает нам пути функциональной эволюции нервной системы“⁽⁸⁾.

Институт физиологии
Академии наук Армянской ССР

Վ. Վ. ՖԱՆԱՐՁՅԱՆ

Շարժական պայմանական ռեֆլեքսի կառուցվածքի մասին

Շան մոտ ուսումնասիրվել է պայմանական տեղայնացված շարժական էլեկտրապաշտպանողական ռեֆլեքսների ձևավորման առանձնահատկությունները՝ կենդանու չորս թաթերի շարժումների արձանագրման պայմաններում:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ սկզբում պայմանական ռեֆլեքսը արտահայտվում է կենդանու բոլոր վերջավորությունների շարժումով (էֆեկտոր գեներալիզացիա) և միայն երկարատև մշակման հետևանքով նա ընդունում է լոկալ տեսք՝ մասնագիտացվում է:

Այդպիսի ռեակցիայի դինամիկան կապված է «ամրապնդվող» վերջավորության կենտրոնում գերիշխող օջախի ստեղծման և ամրացման հետ:

Շարժական պայմանական ռեակցիայի մասնագիտացումը նրա էֆեկտոր մասում, տեղի է ունենում շնորհիվ ներքին արգելական դարգացման: Վերջինիս տեղայնացումը համեմատած ռեցեպտոր մասնագիտացման տեղակայման հետ այլ է:

Հետևություն է արվում, որ պայմանական ռեֆլեքսի մշակումը բաղաձայն է:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ И. С. Беритов, Индивидуально-приобретенная деятельность центральной нервной системы, Тифлис, 1932. ² И. С. Беритов, Тр. инст. физиологии им. И. С. Бериташвили, 10,3 (1956). ³ В. П. Протопопов, Условия образования моторных навыков и их физиологическая характеристика (1935). ⁴ Л. Г. Воронин, Тр. инст. эволюц. физиол. и патол. в. н. д. им. И. П. Павлова, I, III, Изд. АН СССР, 1947. ⁵ Д. А. Бирюков, сб. Условные рефлексы, 7 (1948). ⁶ М. А. Панкратов и сотrud., Уч. записки Ленингр. гос. пед. инст. им А. И. Герцена, 153 (1958). ⁷ С. Sherrington, The Integrative action of nervous system, London (1906). ⁸ Л. А. Орбели, Вопросы высшей нервной деятельности, 22—23, Изд. АН СССР, 1949.

Ի ՈՎ ԱՆ ԴԱԿ ՈՒԹՅՈՒՆ

ԴՐՈՆՏԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ս. Ի. Մեսյան — Կապակցված զրունտների դեֆորմացիոն հատկութիւնների
ուսումնասիրութիւնը սահրի դեպքում 193

Առաձգականութիւնը ճեռութիւն

Բ. Լ. Աբրահամյան — Երկայնական խողովներ ունեցող կտր զլանաձև ձողի
ոլորման մասին 201

Անօրգանական Բիմիա

Ս. Հ. Դեղտրիկյան — Գերմանիումի որոշումը մոլիբդենիտների և այլ սուլ-
ֆիդների մէջ 213

Ազրոբիմիա

Վ. Լ. Անանյան — Հայաստանի մի քանի հողատիպերի բետա-ռադիոակտիվու-
թյան մասին 217

Երկրաբանութիւն

Վ. Ի. Լուցենկո — Բաշխիչ կորերի ազտագործումը հանքանյութերի տեխնոլո-
գիական տիպայնացման համար 223

Ֆիզիոլոգիա

Վ. Վ. Ֆունարչյան — Շարժական սլայմանական ռեֆլեքսի կառուցվածքի մասին 229

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
Механика грунтов	
<i>С. Р. Месчян</i> — Исследование деформативных свойств связных грунтов при сдвиге	193
Теория упругости	
<i>Б. Л. Абрамян</i> — О кручении круглого цилиндрического стержня, имеющего продольные полости	201
Неорганическая химия	
<i>С. А. Дехтрилян</i> — К определению германия в молибденитах и других сульфидах	213
Агрохимия	
<i>В. Л. Ананян</i> — О бета-радиоактивности почв Армении	217
Геология	
<i>В. И. Луценко</i> — Использование кривых распределения для технологической типизации руд	223
Физиология	
<i>В. В. Фанарджян</i> — К структуре двигательного условного рефлекса	229