

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

LI, № 3

1971

Խմբագրական կոլեգիա

Редакционная коллегия

Է. Գ. ԱՅՐԻԿՅԱՆ, կենսաբանական գիտությունների բնկնածու, Ա. Ք. ԲԱՐԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Ա. ՔԱԼԱԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Մ. ԹԱՌԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ (պատ. խմբագրի տեղակալ), Ս. Հ. ՄՈՒՂՈՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Ս. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր), Օ. Մ. ՍԱԳՈՆՋՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ:

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Э. Г. АФРИКЯН, кандидат биологических наук, А. Т. БАБАЯН, академик АН АрмССР, В. О. КАЗАРЯН, чл.-корр. АН АрмССР (зам. отв. редактора), С. А. МИРЗОЯН, чл.-корр. АН АрмССР, С. С. МКРТЧЯН, академик АН АрмССР, А. Г. НАЗАРОВ, академик АН АрмССР (отв. редактор), О. М. САПОНДЖЯН, чл.-корр. АН АрмССР, А. А. ТАЛАЛЯН, чл.-корр. АН АрмССР, В. М. ТАРАЯН, чл.-корр. АН АрмССР, М. Л. ТЕР-МИКАЕЛЯН, чл.-корр. АН АрмССР.

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

էջ

Ա. Ն. Համբարյան—Փաղաքային մեթոդի երթուղիների որոշման մի մեթոդ 129

ԿՐԱԽԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ռ. Ս. Մինասյան—Որոշ կորագիծ աստղաձև մարմիններում ստացիոնար ջերմային դաշտի մասին 135

ՄՆԵԱՆԻԿԱ

Ռ. Ն. Էնֆիայան—Ուղղահայաց ճեղքով կլոր սառի հավասարաչափ ձգումը 145

Ա. Կ. Նազարով—Տրանսֆինիտային թվային ուղիղ 151

ՏԵԿՏՈՆԻԿԱ

Պ. Գ. Ալոյան, Ա. Գ. Ալոյան—Տեկտոնական օսպնյակավորման կարգի և մեխանիզմի մասին (ըստ Հայկական ՍՍՀ Հյուսիս-արևմտյան մասում ստացված տվյալների) 157

ԲԻՈԳԻՄԻԱ

Ա. Ս. Հովհաննիսյան, Ժ. Ս. Գեվորգյան—Ալֆա-կետոզյուտարաթթվի աղեցույթյունը, գլյուտամինից երիկամային հյուսվածքի տարրեր շերտերում ամոնիակի առաջացման ընթացքի վրա 163

Ա. Ա. Սիմոնյան—Օքսիդացիոն ֆոսֆորիլացման առանձնահատկությունները ուղեղի միտոքոնդրիանների տարրեր ֆրակցիաներում 167

Գ. Վ. Ասրիկյան, Գ. Հ. Սկրտչյան—Շնչառությունը, երկկարթունային ամինաթթուների, գլյուտամինի պարունակությունը և ամոնիակի առաջացումը սպիտակ առնետների լյարդի միտոքոնդրիաններում՝ կախված հասակից 173

ՄԻՋԱՏԱՐԱՆՈՒԹՅԱՆ

Ա. Կ. Զազույանով—*Myrmecozela armeniaca* sp. n.—ցեղի նոր տեսակ Հայկական ՍՍՀ-ից (Lepidoptera, Tineidae) 179

Ս. Մ. Յարյուկով-Խնձորյան—Թերթարեղիկների երկու նոր տեսակ ՍՍՀՄ-ից (Coleoptera, Scarabaeidae). 182

ՏԻՋԻՈՒՈՒԳԻԱ

Վ. Վ. Յախարյան, Գ. Ս. Օրգոյան, Ս. Ա. Սահակյան, Ս. Ա. Հաբուրյունյան, Ի. Ա. Մունվելյան—Վրոնիկական փորձի պայմաններում կատվի կարմիր կորիզի և միջին ուղեղի ցանցանման գոյացության ներվային ըջիջների ֆոնային իմպուլսային աշխուժություն վիճակագրական վերլուծություն 188

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
МАТЕМАТИКА	
<i>С. Л. Амбарян</i> —Метод определения трассы городского метрополитена	123
ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА	
<i>Р. С. Минасян</i> —О стационарном температурном поле в некоторых криволинейных звездообразных телах	135
МЕХАНИКА	
<i>Р. Л. Эфиаджян</i> —Равномерно растянутая круглая пластинка с прямолинейной щелью, перпендикулярной радиусу	145
<i>А. Г. Назаров</i> —Трансфинитная числовая прямая	151
ТЕКТОНИКА	
<i>П. Г. Алоян, С. Г. Алоян</i> —О порядке и механизме структуры тектонического разлинования (на материале северо-западной части Армянской ССР)	157
БИОХИМИЯ	
<i>А. С. Оганесян, Ж. С. Геворкян</i> —Влияние альфа-кетоглутаровой кислоты на образование аммиака из глутамина в различных слоях почек	161
<i>А. А. Симонян</i> —Особенности окислительного фосфорилирования в различных фракциях митохондрий мозга	167
<i>Г. В. Априкян, Г. А. Мкртчян</i> —Дыхание, содержание дикарбоновых аминокислот, глутамина и образование аммиака в митохондриях печени белых крыс в зависимости от возраста	173
ЭНТОМОЛОГИЯ	
<i>А. К. Загуляев</i> — <i>Murginocozela armenaca</i> sp. n.—новый вид моли из Армянской ССР (Lepidoptera, Tineidae)	179
<i>С. М. Яблоков-Хизорян</i> —Два новых вида пластинчатогусых из СССР (Coleoptera, Scarabaeidae)	182
ФИЗИОЛОГИЯ	
<i>В. В. Финарджян, Г. С. Ордуян, С. А. Саакян, С. А. Арутюнян, И. А. Манвелян</i> —Статистический анализ фоновой импульсной активности нейронов красного ядра и ретикулярной формации среднего мозга у кошек в хроническом эксперименте	186

С. Л. Амбарян

Метод определения трассы городского метрополитена

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. М. Джрбашяном 3/XI 1970)

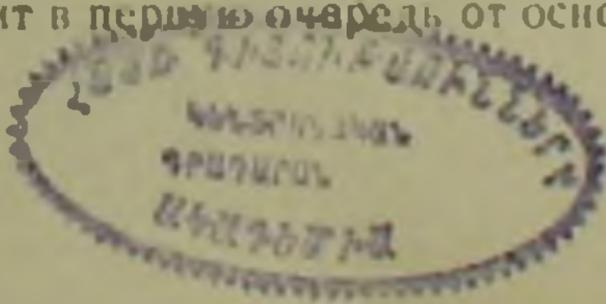
Алгоритм определения суммарных пассажироперевозок на отдельных участках улично-магистральной сети города, описанный в работах (1, 2), дает возможность определить также сравнительные „преимущества“ и „недостатки“ двух различных маршрутных схем. Хотя указанный алгоритм в общем случае не приспособлен к отысканию оптимальной схемы маршрутов, однако он достаточно хорошо справляется с подобной задачей, когда число сравниваемых вариантов невелико (для 100 вариантов необходимы примерно сутки машинного времени на ЭВМ „Раздан-3“). При определении общегородских пассажироперевозок с учетом линий метрополитена (может быть рассмотрена не полная схема метрополитена, а лишь „первая очередь“) число вариантов находится в приемлемых границах. Однако выбор оптимальной схемы маршрутов путем непосредственного перебора заданного множества вариантов имеет практическое значение лишь тогда, когда „наилучший“ или „близкие“ к нему варианты окажутся в числе рассматриваемых. Не исключена возможность того, что „наилучший“ вариант, а также „близкие“ к нему, окажутся вне поля зрения исследователя.

В настоящей статье описывается метод построения линии метрополитена, „близкой“ к оптимальной, который не связан с непосредственным перебором различных вариантов. При постановке задачи будем исходить из следующих допущений.

1. Разностороннее развитие города приводит к его реконструкции в транспортном отношении, так как пропускные способности улично-магистральной сети города уже „не достаточны“ для перевозки сложившихся потоков (особенно в часы „пик“). Одни из путей уменьшения напряженности пассажиропотоков и, в равной мере, создания лучших условий обслуживания пассажиров—это построение в данном городе метрополитена.

2. Задание некоторой схемы метрополитена вызывает дополнительные подвозящие маршруты.

3. Трасса метрополитена зависит в первую очередь от основных ха-



рактических узловых точек:

M_i — число всех живущих в узловой точке x_i (т. е. в области D_i);

N_i — число всех прибывающих в узловую точку x_i ;

R_i — число живущих в узловой точке x_i , не участвующих в заданный промежуток времени в передвижениях (например, дети дошкольного возраста, большинство школьников и т. д.);

$\rho(x_i, x_j)^*$ — характеристика взаимного расположения узловых точек x_i и x_j , где $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Нам представляется, что при проектировании линий метрополитена может оказаться полезным решение следующей задачи.

Постановка задачи. Пусть на плоскости задана система A из точек $A_i(x_i^{(0)}, y_i^{(0)})$ ($i = 1, 2, \dots, n$), каждая из которых соответствует определенной узловой точке города, и множество Ω точек (x, y) , принадлежащих прямоугольнику:

$$\min_i x_i^{(0)} \leq x \leq \max_i x_i^{(0)},$$

$$\min_i y_i^{(0)} \leq y \leq \max_i y_i^{(0)},$$

Не нарушая общности, можно в качестве этого прямоугольника взять прямоугольник

$$\Omega = \{(x, y) | 0 \leq x \leq a, 0 \leq y \leq b\}.$$

Требуется так выбрать m станций метрополитена ($m \leq n$), чтобы сумма взвешенных расстояний от каждой из узловых точек до ближайшей станции была минимальной. Точнее, пусть $C \subset \Omega$ система m произвольных точек $C_1, C_2, \dots, C_m \in \Omega$. Требуется найти такую систему $C^* = \{C_1^*, C_2^*, \dots, C_m^*\}$, для которой:

$$\sum_{i=1}^n \min_{1 \leq j \leq m} \rho(A_i, C_j^*) = \min_{C \subset \Omega} \sum_{i=1}^n \min_{1 \leq j \leq m} \rho(A_i, C_j). \quad (1)$$

где

$$\rho(A_i, C_j) = S_i |(x_i^{(0)} - x_j)^2 + (y_i^{(0)} - y_j)^2|^{1/2};$$

$$S_i = (M_i - R_i) + N_i.$$

Найдя точки $C_1^*, C_2^*, \dots, C_m^*$ при заданном m , мы затем проверяем — удовлетворяет ли выбранное число m дополнительному условию:

$$|f - (m \cdot p + l \cdot q)| \leq \lambda f. \quad (2)$$

где:

p — средняя стоимость строительства одной станции метрополитена;

* Здесь и в дальнейшем под $\rho(x_i, x_j)$ подразумевается расстояние или время перемещения между узлами x_i и x_j по улично-магистральной сети города.

q — средняя стоимость строительства линии метрополитена единичной длины;

f — заданный объем капиталовложений;

δ — коэффициент, выражающий допустимые пределы отклонения от заданного объема капиталовложений (например, $0 \leq \delta \leq 0,1$);

l — сумма длин звеньев кратчайшей связывающей сети или кратчайшего пути (см. ниже), соединяющих станций $C_1^*, C_2^*, \dots, C_m^*$.

Если это условие выполнено, то задача решена. В противном случае мы меняем число m некоторым образом и весь счет повторяется.

Очевидно, что сформулированная задача отыскания системы точек $C_1^*, C_2^*, \dots, C_m^*$ является обобщением задачи Штейнера (¹), заключающейся в следующем. Пусть в r -мерном евклидовом пространстве задана система A из n точек $A_i(x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, \dots, x_r^{(i)}) (i = 1, 2, \dots, n)$ и некоторое выпуклое множество Ω . Требуется найти такую точку $C_1^* \in \Omega$, для которой сумма ее расстояний до всех точек системы A была бы минимальной:

$$\sum_{i=1}^n \rho(A_i, C_1^*) = \min_{C_1 \in \Omega} \sum_{i=1}^n \rho(A_i, C_1). \quad (3)$$

Так как функция

$$\rho(A_i, C_1) = \left[\sum_{k=1}^r (x_k^{(i)} - x_k)^2 \right]^{1/2}$$

является выпуклой, а сумма выпуклых функций также выпукла, то задача Штейнера является задачей выпуклого программирования и, следовательно, может быть успешно решена, например методом наискорейшего спуска (²). В дальнейшем задачу отыскания системы точек $C_1^*, C_2^*, \dots, C_m^*$ будем называть обобщенной задачей Штейнера.

Решение задачи. Опишем приближенный метод, при помощи которого обобщенная задача сводится к обычной задаче Штейнера. Суть этого метода заключается в отыскании в системе A набора m „наиболее разрозненных“ точек этой системы (³). Приводимое ниже построение уточняет смысл этого выражения.

Рассмотрим матрицу $[\rho(A_i, A_k)]_{i, k}$, в которой на пересечении i -ой строки и k -ого столбца стоит число, равное $\rho(A_i, A_k)$. Пусть J — множество значений, принимаемых индексом $i = 1, 2, \dots, n$. С помощью этой таблицы находим точки A_{i_1} и $A_{i_2} \in A$, для которых

$$\rho(A_{i_1}, A_{i_2}) = \max_{i, k \in J} \rho(A_i, A_k).$$

Если таких пар несколько, то берем какую-нибудь из них. Ищем далее точку $A_{i_3} \in A$, наиболее удаленную от множества $\{A_{i_1}, A_{i_2}\}$:

$$\rho(A_{i_3}, \{A_{i_1}, A_{i_2}\}) = \max_{i \in J} \rho(A_i, \{A_{i_1}, A_{i_2}\}) \leq \rho(A_{i_1}, A_{i_2}).$$

Поиск точки A_{i_3} осуществляется следующим способом. Из каждой пары чисел $\rho(A_i, A_{i_1})$ и $\rho(A_i, A_{i_2})$, $i = 1, 2, \dots, n$, выбираем наи-

меньшее, и из полученных таким образом m чисел выбираем наибольшее. В качестве A_i выбираем ту точку, которой обозначена строка, содержащая выбранное наибольшее число. Аналогично, в качестве A_k ; $k = 4, 5, \dots, m$ выбираем точку, наиболее удаленную от множества $\{A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_{k-1}}\}$. Полученные в результате точки $A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_m}$ образуют искомый набор „наиболее разрозненных“ m точек системы A .

С помощью набора $\{A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_m}\}$ разобьем систему $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ на m непересекающихся классов

$$K_1, K_2, \dots, K_m$$

по следующему правилу. Если для некоторого $i = 1, 2, \dots, n$

$$\min_{1 \leq k < m} \rho(A_i, A_{i_k}) = \rho(A_i, A_{i_j}),$$

то $A_i \in K_j$. Если это равенство удовлетворяется для нескольких i_j , то выбирается любое из них.

Всякое решение обобщенной задачи Штейнера разбивает систему $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ на такие непересекающиеся классы $K_1^*, K_2^*, \dots, K_m^*$, для которых:

$$\min_{C \in \mathcal{C}} \sum_{l=1}^n \min_{1 \leq j < m} \rho(A_l, C_j) = \sum_{j=1}^m \min_{C_j \in \mathcal{C}} \sum_{A_l \in K_j^*} \rho(A_l, C_j). \quad (4)$$

Исходя из примененного нами метода разбиения, можно надеяться (конечно, в эвристическом смысле), что при замене разбиения K_1^*, \dots, K_m^* на разбиение K_1, \dots, K_m строгое равенство (4) заменится на приближенное равенство

$$\min_{C \in \mathcal{C}} \sum_{l=1}^n \min_{1 \leq j < m} \rho(A_l, C_j) \approx \sum_{j=1}^m \min_{C_j \in \mathcal{C}} \sum_{A_l \in K_j} \rho(A_l, C_j). \quad (5)$$

достаточно близкое к равенству (4). Таким образом, решение обобщенной задачи Штейнера свелось к поиску решений m обычных задач Штейнера

$$\min_{C_j \in \mathcal{C}} \sum_{A_l \in K_j} \rho(A_l, C_j), \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

Решив эти задачи, мы найдем приближенное решение задачи (1), которое вновь обозначим через

$$C^* = \{C_1^*, C_2^*, \dots, C_m^*\}.$$

Проверка условия (2). Для проверки этого условия требуется предварительно соединить точки системы $C^* = \{C_1^*, C_2^*, \dots, C_m^*\}$ кратчайшей связывающей сетью, т. е. объединить их системой прямых

звеньев, идущих от станции к станции, и имеющих наименьшую суммарную длину. Здесь можно применить метод (3), хорошо приспособленный для автоматического счета. Обозначим через l длину кратчайшей связывающей сети.

Если число m станций невелико, то вместо кратчайшей связывающей сети можно соединить станции $C_1^*, C_2^*, \dots, C_m^*$ кратчайшим путем, проходящим через все станции. Эта задача близка к задаче о коммивояжере (странствующем торговце), но без возвращения в начальный пункт. В этом случае можно применить метод „ветвей и границ“ (6) (см. также (7), исходя из постановки задачи на плоскости) при условии, что искомому оптимальному объезду принадлежит дуга $(C_{j_1}^*, C_{j_2}^*)$, где $C_{j_1}^*$ и $C_{j_2}^*$ удовлетворяют условию

$$\rho(C_{j_1}^*, C_{j_2}^*) = \max_{j_1, j_2 = 1, 2, \dots, m} \rho(C_{j_1}^*, C_{j_2}^*).$$

Тогда длина l кратчайшего пути будет:

$$l = l_0 - \rho(C_{j_1}^*, C_{j_2}^*).$$

где l_0 — найденная длина замкнутого пути коммивояжера.

Полученные таким образом сеть или путь образуют трассу метрополитена, для которой проверяется условие (2). Если оно не выполнено, то пусть

$$\Delta f = f - (m \cdot p + l \cdot q).$$

Введем условный коэффициент δ , характеризующий допустимую среднюю длину линии метрополитена на одну станцию. Рассмотрим величину z , которая удовлетворяет равенству

$$z \cdot p + \delta z q = |\Delta f|,$$

и изменим m на величину $\text{sign}(\Delta f) [z]$. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет выполнено условие (2). Чтобы избежать возможного здесь „зацикливания“ алгоритма, было решено прекращать счет при том значении m , при котором $\Delta f < 0$.

Начальное значение m выбирается из того же условия (2) при некотором а priori заданном δ .

Улучшение разбиения. Опишем в заключение процедуру, эвристически улучшающую построенное выше разбиение. Найдем центры тяжести (при условии равномерной массы) каждого из уже построенных классов K_i . Исходя из набора центров тяжести, принимаемых в качестве нового набора „наиболее разрозненных“ точек, проводим новое разбиение системы A , для которого вновь находим его центры тяжести. Физически очевидно, что число таких переразбиений системы A обратно пропорционально найденному числу станций, ибо при этом исходные „разрозненные“ точки „перемещаются“

к местам „сгущения“ узловых точек. Остановившись на некотором разбиении, мы вновь решаем обобщенную задачу Штейнера.

Автор выражает благодарность Е. Г. Гольштейну за внимание к работе и помощь.

Вычислительный центр Академии наук Армянской ССР и
Ереванского государственного университета

Ս. Լ. ՀԱՄԲԱՐՅԱՆ

Քաղաքային մատույի երրորդինների ուղղման մի մեթոդ

Աշխատանքում դիտարկվում է քաղաքային մատույի կայանների և երրորդինների օպտիմալ տեղաբաշխման ու ընտրման հարցը: Կայանների տեղորոշման հարցը բերում է Շտեյնների հայտնի խնդրի ընդհանրացմանը: Երրորդինների ընտրությունը կատարվում է ամենակարճ կապակցված ցանցերի օգնությամբ: Նկարագրվում է մոտավոր ալգորիթմ, որի միջոցով լուծվում է Շտեյնների ընդհանրացված խնդիրը՝ այսինքն կայանների տեղաբաշխումը, երրորդինների ընտրությունից հետո հաշվի են առնվում մի քանի սահմանափակումներ՝ կապիտալ ներդրումների նկատառումներով: Օպտիմալ լուծումը ստացվում է հաջորդական մոտարկումների կիրառմամբ:

ЛИТЕРАТУРА — ՉՐԱՇԻՆՆԵՐԻՔ

1 С. Л. Амбарян, Экономика и математические методы, III, вып. 6, Изд. «Наука», М., 1967. 2 С. Л. Амбарян, Сб. УЦВМ «Раздан-3» некоторые технико-эксплуатационные особенности, Изд. «Митк», Ереван, 1967. 3 С. И. Зуховицкий, Л. И. Авдеева, Линейное и выпуклое программирование, Изд. «Наука», М., 1967. 4 С. И. Зуховицкий, Р. А. Поляк, М. Е. Примак, Тезисы докладов Летней школы по математическому программированию, Дрогобыч, 1968. 5 Р. К. Прим, Кратчайшие связывающие сети и некоторые обобщения, Кибернетический сб. 2, Изд. Ин. лит., М., 1961. 6 Дж. Литл, К. Мурти, Д. Суини, К. Кэрел, Экономика и математические методы, I, вып. 1, Изд. «Наука», М., 1965. 7 Т. А. J. Nicholson, A Boundary Method for Planar Travelling Salesman Problems, Ops. Res. 19, № 4 (1968).

УДК 517.9

Р. С. Минасян

О стационарном температурном поле в некоторых криволинейных
 звездообразных телах

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. М. Джрбашяном 16/XII 1970)

В работе дается эффективное решение задачи плоского установившегося течения тепла в некоторых цилиндрических телах, поперечное сечение которых представляет звездообразную двусвязную область, когда на границе области задано распределение температуры, а внутри тела имеются источники тепла. Задачи подобного рода встречаются при определении температурного поля в элементах теплообменников, змеевиках и т. п.

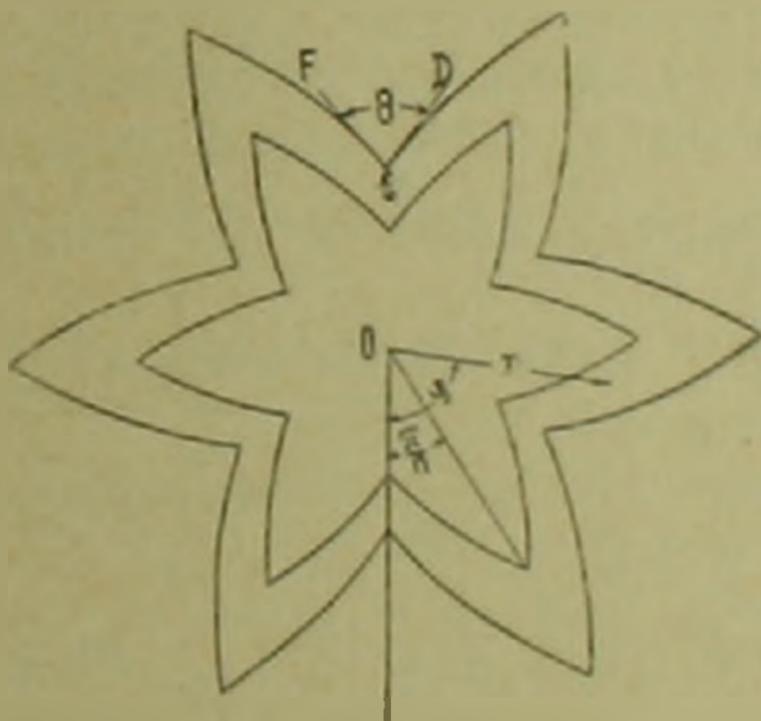


Рис. 1

Пусть имеем цилиндрическое тело (рис. 1), ограниченное поверхностями

$$r = R_1 e^{-\left(\varphi - \frac{2\mu\pi}{n}\right)}; \quad r = R_2 e^{-\left(\varphi - \frac{2\mu\pi}{n}\right)} \quad \text{при} \quad \frac{2\mu\pi}{n} \leq \varphi \leq \frac{(2\mu+1)\pi}{n}$$

и

$$r = R_1 e^{-\left(2\pi \frac{\mu+1}{n} - \varphi\right)}; \quad r = R_2 e^{-\left(2\pi \frac{\mu+1}{n} - \varphi\right)}$$

$$\text{при} \quad \frac{(2\mu+1)\pi}{n} \leq \varphi \leq \frac{2(\mu+1)\pi}{n}$$

Здесь $\omega = \text{ctg} \frac{\theta}{2}$; θ — угол между касательными ED и EF ; n — число вершин; $\mu = 0, 1, 2, \dots, n-1$.

Функция распределения температуры $U(r, \varphi)$ удовлетворяет уравнению (1)

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} = -\frac{1}{\lambda} \omega(r, \varphi), \quad (1)$$

где λ — коэффициент теплопроводности, $\omega(r, \varphi)$ — интенсивность тепловыделения, и граничным условиям

$$U(R_1 e^{i\left(\varphi - \frac{2\mu\pi}{n}\right)}, \varphi) = T_0(\varphi);$$

$$U(R_2 e^{i\left(\varphi - \frac{2\mu\pi}{n}\right)}, \varphi) = T_1(\varphi), \quad \left(\frac{2\mu\pi}{n} \leq \varphi \leq \frac{(2\mu+1)\pi}{n}\right);$$

$$U(R_1 e^{i\left(2\pi\frac{\mu+1}{n} - \varphi\right)}, \varphi) = T_0(\varphi);$$

$$U(R_2 e^{i\left(2\pi\frac{\mu+1}{n} - \varphi\right)}, \varphi) = T_1(\varphi), \quad \left(\frac{(2\mu+1)\pi}{n} \leq \varphi \leq \frac{2(\mu+1)\pi}{n}\right).$$

Предполагаем, что функции $T_0(\varphi)$ и $T_1(\varphi)$ непрерывны и почти всюду на $(0, 2\pi)$ обладают производной с ограниченной вариацией, а $\omega(r, \varphi)$ удовлетворяет условиям Дирихле. Кроме того, предполагаем, что $U(r, \varphi)$ — периодическая относительно φ функция с периодом $\frac{2\pi}{n}$:

$$U\left(r, \varphi + \frac{2\pi}{n}\right) = U(r, \varphi). \text{ Вследствие периодичности достаточно рас-}$$

смотреть $U(r, \varphi)$ при $0 \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{n}$, причем должны выполняться условия

$$U(r, 0) = U\left(r, \frac{2\pi}{n}\right); \quad \left. \frac{\partial U}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=0} = \left. \frac{\partial U}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=\frac{2\pi}{n}}. \quad (3)$$

Прежде, чем переходить к построению решения, преобразуем систему координат, обозначив

$$re^{-i\varphi} = R_1 e^{i\sqrt{1+\omega^2} \xi}, \quad \varphi = \eta. \quad (4)$$

Тогда новые неизвестные функции

$$U_1(\xi, \eta) = \frac{1}{2} \left[U(R_1 e^{i\sqrt{1+\omega^2} \xi + i\eta}, \eta) - U\left(R_1 e^{i\sqrt{1+\omega^2} \xi + i\left(\frac{2\pi}{n} - \eta\right)}, \frac{2\pi}{n} - \eta\right) \right]; \quad (5)$$

$$U_2(\xi, \eta) = \frac{1}{2} \left[U(R_1 e^{i\sqrt{1+\omega^2} \xi + i\eta}, \eta) + U\left(R_1 e^{i\sqrt{1+\omega^2} \xi + i\left(\frac{2\pi}{n} - \eta\right)}, \frac{2\pi}{n} - \eta\right) \right]$$

в области $0 < \xi < \frac{1}{\sqrt{1+\omega^2}} \ln \frac{R_2}{R_1}$; $0 < \eta < \frac{\pi}{n}$ удовлетворяют уравнению с неразделяющимися переменными

$$\frac{\partial^2 U_l}{\partial \xi^2} - 2\alpha \frac{\partial^2 U_l}{\partial \xi \partial \tau_l} + \frac{\partial^2 U_l}{\partial \tau_l^2} = -\frac{1}{\lambda} \omega_l(\xi, \eta), \quad (l = 1; 2) \quad (6)$$

и граничным условиям

$$U_l(0, \tau_l) = T_0^{(l)}(\tau_l); \quad U_l(d, \tau_l) = T_1^{(l)}(\tau_l); \quad U_l(\xi, 0) = U_l(\xi, b) = 0;$$

$$\left| \frac{\partial U_2}{\partial \tau_1} - \alpha \frac{\partial U_2}{\partial \xi} \right|_{\tau_1=0} = \left| \frac{\partial U_2}{\partial \tau_1} - \alpha \frac{\partial U_2}{\partial \xi} \right|_{\tau_1=b} = 0. \quad (7)$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$\alpha = \frac{\omega}{\sqrt{1+\omega^2}}; \quad \omega_l(\xi, \eta) = \frac{R_1^2}{2} e^{2\sqrt{1+\omega^2}\xi} \left[e^{2\omega\tau_l} \omega(R_1 e^{\sqrt{1+\omega^2}\xi + \omega\tau_l}, \eta) + \right. \\ \left. + (-1)^l e^{2\omega\left(\frac{2\pi}{n} - \tau_l\right)} \omega\left(R_1 e^{\omega\left(\frac{2\pi}{n} - \tau_l\right) + \sqrt{1+\omega^2}\xi}, \frac{2\pi}{n} - \eta\right) \right];$$

$$b = \frac{\pi}{n}; \quad d = \frac{1}{\sqrt{1+\omega^2}} \ln \frac{R_2}{R_1}; \quad T_0^{(l)}(\tau_l) = \frac{1}{2} \left[T_0(\tau_l) + (-1)^l T_0\left(\frac{2\pi}{n} - \tau_l\right) \right];$$

$$T_1^{(l)}(\tau_l) = \frac{1}{2} \left[T_1(\tau_l) + (-1)^l T_1\left(\frac{2\pi}{n} - \tau_l\right) \right]. \quad (8)$$

Поступая далее так же, как ранее (2), будем искать функции $U_1(\xi, \tau_1)$ и $U_2(\xi, \tau_2)$ одновременно в виде двух разложений в ряд

$$U_l(\xi, \tau_l) = \sum_{k=1}^{\infty} f_k^{(l)}(\tau_l) \sin \gamma_k \xi = \frac{g_0^{(l)}(\tau_l)}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} g_k^{(l)}(\tau_l) \cos \gamma_k \xi, \quad (l = 1; 2) \quad (9)$$

где

$$\gamma_k = \frac{k\pi}{d}; \quad f_k^{(l)}(\tau_l) = \frac{2}{d} \int_0^d U_l(\xi, \tau_l) \sin \gamma_k \xi d\xi;$$

$$g_k^{(l)}(\tau_l) = \frac{2}{d} \int_0^d U_l(\xi, \tau_l) \cos \gamma_k \xi d\xi.$$

Для определения $f_k^{(l)}(\tau_l)$ и $g_k^{(l)}(\tau_l)$ умножим уравнение (6) поочередно на $\frac{2}{d} \sin \gamma_k \xi d\xi$; $\frac{2}{d} \cos \gamma_k \xi d\xi$ и проинтегрируем от 0 до d . Принимая во внимание (7), будем иметь:

$$f_k^{(l)''}(\tau_l) + 2\alpha\gamma_k g_k^{(l)'}(\tau_l) - \gamma_k^2 f_k^{(l)}(\tau_l) = -\frac{2}{d} \left\{ \frac{1}{\lambda} \int_0^d \omega_l(\xi, \eta) \sin \gamma_k \xi d\xi + \right.$$

$$+ \gamma_k \left[T_0^{(1)}(\eta) - (-1)^k T_1^{(1)}(\eta) \right] \Big| = -\frac{2}{d} P_k^{(1)}(\eta); \quad (10)$$

$$g_k^{(1)*}(\eta) - 2\alpha\gamma_k f_k^{(1)*}(\eta) - \gamma_k^2 g_k^{(1)}(\eta) = -\frac{2}{d} \left\{ \frac{1}{k} \int_0^d \omega_1(\xi, \eta) \cos \gamma_k \xi d\xi + \right.$$

$$\left. + 2\alpha \left[T_0^{(1)*}(\eta) - (-1)^k T_1^{(1)*}(\eta) \right] - T_2^{(1)}(\eta) + (-1)^k T_3^{(1)}(\eta) \right\} = -\frac{2}{d} Q_k^{(1)}(\eta).$$

Здесь обозначено

$$T_2^{(1)}(\eta) = \frac{\partial U_1}{\partial \xi} \Big|_{\xi=0}; \quad T_3^{(1)}(\eta) = \frac{\partial U_1}{\partial \xi} \Big|_{\xi=d}. \quad (11)$$

Граничные условия для $f_k^{(1)}(\eta)$ и $g_k^{(1)}(\eta)$, согласно (7), будут:

$$f_k^{(1)}(0) = f_k^{(1)}(b) = g_k^{(1)}(0) = g_k^{(1)}(b) = 0;$$

$$f_k^{(2)*}(0) + \alpha\gamma_k g_k^{(2)*}(0) = f_k^{(2)*}(b) + \alpha\gamma_k g_k^{(2)*}(b) = 0; \quad (12)$$

$$g_k^{(2)*}(0) - \alpha\gamma_k f_k^{(2)*}(0) = -\frac{2\alpha}{d} \left[T_0^{(2)}(0) - (-1)^k T_1^{(2)}(0) \right];$$

$$g_k^{(2)*}(b) - \alpha\gamma_k f_k^{(2)*}(b) = -\frac{2\alpha}{d} \left[T_0^{(2)}(b) - (-1)^k T_1^{(2)}(b) \right].$$

Решая уравнения (10) и удовлетворяя условиям (12), для $f_k^{(1)}(\eta)$ и $g_k^{(1)}(\eta)$ получаем следующие выражения:

$$f_k^{(1)}(\eta) = \frac{2}{\nu\gamma_k d \operatorname{sh} \nu\gamma_k b} \left\{ \operatorname{sh} \nu\gamma_k (b - \eta) \int_0^b \left[P_k^{(1)}(\eta_1) \cos \alpha\gamma_k (\eta - \eta_1) - \right. \right.$$

$$\left. - Q_k^{(1)}(\eta_1) \sin \alpha\gamma_k (\eta - \eta_1) \right] \operatorname{sh} \nu\gamma_k \eta_1 d\eta_1 + \operatorname{sh} \nu\gamma_k \eta \int_\eta^b \left[P_k^{(1)}(\eta_1) \cos \alpha\gamma_k (\eta_1 - \eta) + \right.$$

$$\left. + Q_k^{(1)}(\eta_1) \sin \alpha\gamma_k (\eta_1 - \eta) \right] \operatorname{sh} \nu\gamma_k (b - \eta_1) d\eta_1 \Big\}; \quad (13)$$

$$g_k^{(1)}(\eta) = \frac{2}{\nu\gamma_k d \operatorname{sh} \nu\gamma_k b} \left\{ \operatorname{sh} \nu\gamma_k (b - \eta) \int_0^b \left[P_k^{(1)}(\eta_1) \sin \alpha\gamma_k (\eta - \eta_1) + \right. \right.$$

$$\left. + Q_k^{(1)}(\eta_1) \cos \alpha\gamma_k (\eta - \eta_1) \right] \operatorname{sh} \nu\gamma_k \eta_1 d\eta_1 - \operatorname{sh} \nu\gamma_k \eta \int_\eta^b \left[P_k^{(1)}(\eta_1) \sin \alpha\gamma_k (\eta_1 - \eta) - \right.$$

$$\left. - Q_k^{(1)}(\eta_1) \cos \alpha\gamma_k (\eta_1 - \eta) \right] \operatorname{sh} \nu\gamma_k (b - \eta_1) d\eta_1 \Big\};$$

$$g_n^{(1)}(\eta) = \frac{2}{d} \left| \left(1 - \frac{\eta}{b} \right) \int_0^{\eta} Q_0^{(1)}(\tau_n) \tau_n d\tau_n + \eta \int_{\eta}^b Q_0^{(1)}(\tau_n) \left(1 - \frac{\tau_n}{b} \right) d\tau_n \right|$$

Здесь обозначено $\nu = \sqrt{1 - \sigma^2}$. Аналогично для $f_k^{(2)}(\eta)$ и $g_k^{(2)}(\eta)$ имеем

$$f_k^{(2)}(\eta) = \frac{2}{\nu \gamma_k d \operatorname{sh} \nu \gamma_k b} \left\{ \operatorname{ch} \nu \gamma_k (b - \eta) \left| \int_0^{\eta} (P_k^{(2)}(\tau_n) \cos \alpha \gamma_k (\tau - \tau_n) - \right. \right. \\ \left. \left. - Q_k^{(2)}(\tau_n) \sin \alpha \gamma_k (\tau - \tau_n)) \operatorname{ch} \nu \gamma_k \tau_n d\tau_n - a (T_0^{(2)}(0) - (-1)^k T_1^{(2)}(0)) \sin \alpha \gamma_k \eta \right| + \right. \\ \left. + \operatorname{ch} \nu \gamma_k \eta \left| \int_{\eta}^b (P_k^{(2)}(\tau) \cos \alpha \gamma_k (\tau_n - \tau) - Q_k^{(2)}(\tau_n) \sin \alpha \gamma_k (\tau_n - \tau)) \operatorname{ch} \nu \gamma_k (b - \tau_n) d\tau_n - \right. \right. \\ \left. \left. - a (T_0^{(2)}(b) - (-1)^k T_1^{(2)}(b)) \sin \alpha \gamma_k (b - \eta) \right| \right\},$$

$$g_k^{(2)}(\eta) = \frac{2}{\nu \gamma_k d \operatorname{sh} \nu \gamma_k b} \left\{ \operatorname{ch} \nu \gamma_k (b - \eta) \left| \int_0^{\eta} (P_k^{(2)}(\tau_n) \sin \alpha \gamma_k (\tau - \tau_n) + \right. \right. \\ \left. \left. + Q_k^{(2)}(\tau_n) \cos \alpha \gamma_k (\tau - \tau_n)) \operatorname{ch} \nu \gamma_k \tau_n d\tau_n + a (T_0^{(2)}(0) - (-1)^k T_1^{(2)}(0)) \cos \alpha \gamma_k \eta \right| - \right. \\ \left. - \operatorname{ch} \nu \gamma_k \eta \left| \int_{\eta}^b (P_k^{(2)}(\tau_n) \sin \alpha \gamma_k (\tau_n - \tau) - Q_k^{(2)}(\tau_n) \cos \alpha \gamma_k (\tau_n - \tau)) \operatorname{ch} \nu \gamma_k (b - \tau_n) d\tau_n + \right. \right. \\ \left. \left. + a (T_0^{(2)}(b) - (-1)^k T_1^{(2)}(b)) \cos \alpha \gamma_k (b - \eta) \right| \right\}; \quad (14)$$

$$g_0^{(2)}(\eta) = C_0 - \frac{2}{d} \int_0^{\eta} \left\{ (\tau - \tau_n) \left| \frac{1}{k} \int_0^{\tau} \alpha_2(\xi, \tau_n) d\xi - T_2^{(2)}(\tau_n) + T_3^{(2)}(\tau_n) + \right. \right. \\ \left. \left. + a (T_0^{(2)}(\tau_n) - T_1^{(2)}(\tau_n)) \right| + a [T_0^{(2)}(\tau_n) - T_1^{(2)}(\tau_n)] \right\} d\tau_n,$$

где C_0 — постоянная, которая определится в дальнейшем. При этом должно выполняться следующее условие:

$$\int_0^{\eta} \left| T_2^{(2)}(\tau) - T_3^{(2)}(\tau) - a (T_0^{(2)}(\tau) - T_1^{(2)}(\tau)) - \frac{1}{k} \int_0^{\tau} \alpha_2(\xi, \tau) d\xi \right| d\tau = 0. \quad (15)$$

В выражения (13) и (14) входят неизвестные значения $T_2^{(1)}(\tau)$, $T_3^{(1)}(\tau)$, $T_2^{(2)}(\tau)$ и $T_3^{(2)}(\tau)$. Для их определения потребуем выполнения первой группы граничных условий (7) вторым из представлений (9) функций $U_l(\xi, \tau)$:

$$\frac{\bar{g}_0^{(l)}(\tau)}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} g_k^{(l)}(\tau) = T_0^{(l)}(\tau); \quad \frac{g_0^{(l)}(\tau)}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k g_k^{(l)}(\tau) = T_1^{(l)}(\tau). \quad (16)$$

Рассмотрим сначала случай, когда $l = 1$. Умножим оба соотношения (16) на $\frac{2}{b} \sin \delta_1 \tau d \tau$, где $\delta_1 = \frac{j\pi}{b}$, и проинтегрируем от 0 до b .

Замечая, что ряды в (16) сходятся равномерно при $0 \leq \tau \leq b$, вследствие чего возможна перестановка знаков суммы и интеграла, а также учитывая (10) и (12), для коэффициентов Фурье функций $T_2^{(1)}(\tau)$ и $T_3^{(1)}(\tau)$ получаем

$$B_l^{(s)} = -4\alpha\delta_1^3 \frac{\operatorname{ch} \nu\delta_1 d - (-1)^s \cos 2\delta_1 d}{d \operatorname{sh} \nu\delta_1 d} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{[1 + (-1)^{k+s}] N_k^{(l)}}{(\gamma_k^2 + \delta_1^2)^2 - 4\alpha^2 \gamma_k^2 \delta_1^2} + p_l^{(s)}. \quad (17)$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$B_l^{(s)} = 2\delta_1 \int_0^b |T_2^{(1)}(\tau) - (-1)^s T_3^{(1)}(\tau)| \sin \delta_1 \tau d \tau;$$

$$N_k^{(s)} = \gamma_k d |f_k^{(1)'}(0) - (-1)^s f_k^{(1)'}(b)|;$$

$$p_l^{(s)} = -\frac{2\delta_1}{\operatorname{sh} \nu\delta_1 d} \left\{ [\operatorname{ch} \nu\delta_1 d - (-1)^s \cos 2\delta_1 d] \int_0^b [T_0^{(1)'}(\tau) + (-1)^s T_1^{(1)'}(\tau)] \times \right. \quad (18)$$

$$\times \cos \delta_1 \tau d \tau - [2 \operatorname{sh} \nu\delta_1 d + (-1)^s \nu \sin 2\delta_1 d] \int_0^b [T_0^{(1)'}(\tau) - (-1)^s T_1^{(1)'}(\tau)] \times$$

$$\times \sin \delta_1 \tau d \tau - \frac{1}{\kappa} \int_0^b \int_0^d \varpi_1(\xi, \tau) |\sin \delta_1 (\tau + \alpha\xi) \operatorname{sh} \nu\delta_1 (d - \xi) +$$

$$+ (-1)^s \sin \delta_1 (\tau - \alpha d - \alpha\xi) \operatorname{sh} \nu\delta_1 \xi| d\xi d\tau \left. \right\}.$$

В свою очередь, $N_k^{(s)}$, согласно (13) и (18), выразятся посредством $B_l^{(s)}$ из следующей системы:

$$N_k^{(s)} = -4\alpha\gamma_k^3 \frac{\operatorname{ch} \nu\gamma_k b - (-1)^s \cos 2\gamma_k b}{b \operatorname{sh} \nu\gamma_k b} \sum_{l=1}^{\infty} \frac{[1 + (-1)^{l+s}] B_l^{(k)}}{(\gamma_k^2 + \delta_l^2)^2 - 4\alpha^2 \gamma_k^2 \delta_l^2} + \tau_k^{(s)}, \quad (19)$$

где

$$\begin{aligned}
 A_k^{(j)} = & \frac{2\gamma_k}{\operatorname{sh} \nu \gamma_k b} \left\{ \int_0^b [T_0^{(j)}(\tau) - (-1)^k T_1^{(j)}(\tau)] [2 \sin \alpha \gamma_k \tau \operatorname{sh} \nu \gamma_k (b - \tau) + \right. \\
 & + \nu \cos \alpha \gamma_k \tau \operatorname{ch} \nu \gamma_k (b - \tau) - (-1)^k (2 \sin \alpha \gamma_k (b - \tau) \operatorname{sh} \nu \gamma_k \tau - \\
 & \left. - \nu \cos \alpha \gamma_k (b - \tau) \operatorname{ch} \nu \gamma_k \tau)] d\tau + \frac{1}{k} \int_0^b \int_0^d \omega_1(\xi, \eta) [\sin \gamma_k (\alpha \tau + \xi) \operatorname{sh} \nu \gamma_k (b - \tau) - \right. \\
 & \left. - (-1)^k \sin \gamma_k (\alpha b - \alpha \tau - \xi) \operatorname{sh} \nu \gamma_k \tau] d\xi d\tau \right\}. \quad (20)
 \end{aligned}$$

Таким образом, для определения неизвестных $B_j^{(j)}$ и $A_k^{(j)}$ получили совокупность двух бесконечных систем линейных алгебраических уравнений (17) и (19). Займемся исследованием полученных систем. Определим вначале суммы модулей коэффициентов в каждом из уравнений. Сумма модулей коэффициентов в j -м уравнении системы (17) равна

$$\begin{aligned}
 \sigma_j^{(j)} = & |\alpha| \left| 1 - (-1)^j \frac{\nu \sin \alpha \delta_j d}{\alpha \operatorname{sh} \nu \delta_j d} - \right. \\
 & \left. - 2\nu \frac{1 + (-1)^j}{\delta_j d} \left(\operatorname{cth} \nu \delta_j d - \frac{\cos \alpha \delta_j d}{\operatorname{sh} \nu \delta_j d} \right) \right|. \quad (21)
 \end{aligned}$$

Аналогичные значения получаются и для суммы модулей коэффициентов системы (19). Второе слагаемое в выражении (21) убывает с экспоненциальной быстротой и, начиная с некоторого j , σ_j , вследствие неравенства $|\alpha| < 1$, становится меньше 1. Заметим, что при $|\alpha| < \frac{2}{\sqrt{5}}$ суммы модулей коэффициентов систем (17) и (19) строго

меньше единицы для всех j и k и при любых отношениях $\frac{d}{b}$, т. е.

системы вполне регулярны. Свободные члены $p_j^{(j)}$ и $q_k^{(j)}$, как легко видеть из (18) и (20), ограничены в своей совокупности. Из теории бесконечных систем (3) следует единственность ограниченного решения систем (17) и (19) и сходимость методов последовательных приближений.

Рассмотрим далее случай $l = 2$. Умножим соотношения (16) на $\frac{2}{b} \cos \delta_j \tau d\tau$ и проинтегрируем от 0 до b . Поступая аналогично предыдущему, получаем

$$A_j^{(j)} = -2\alpha \delta_j \frac{\operatorname{ch} \nu \delta_j d - (-1)^j \cos \alpha \delta_j d}{d \operatorname{sh} \nu \delta_j d} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{|1 + (-1)^{k+j}| (\delta_j^2 - \gamma_k^2) M_k^{(j)}}{(\gamma_k^2 + \delta_j^2)^2 - 4\alpha^2 \gamma_k^2 \delta_j^2} + q_j^{(j)}; \quad (22)$$

$$M_k^{(s)} = -2\alpha\gamma_k \frac{\operatorname{ch} \nu\gamma_k b - (-1)^s \cos \alpha\gamma_k b}{b \operatorname{sh} \nu\gamma_k b} \left\{ \frac{1 + (-1)^s}{2\gamma_k^2} A_0^{(s)} + \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^n \frac{[1 + (-1)^{j+s}](\gamma_k^2 - \delta_j^2) A_j^{(s)}}{(\gamma_k^2 + \delta_j^2)^2 - 4\alpha^2\gamma_k^2 \delta_j^2} \right\} + \zeta_k^{(s)},$$

где введены следующие обозначения:

$$A_j^{(s)} = 2 \int_0^b [T_0^{(2)}(\eta) - (-1)^s T_1^{(2)}(\eta)] \cos \delta_j \eta d\eta;$$

$$M_k^{(s)} = \nu\gamma_k d [f_k^{(2)}(0) - (-1)^s f_k^{(2)}(b)] + 2\nu [T_0^{(2)}(0) - (-1)^s T_1^{(2)}(0) - \\ - (-1)^s (T_0^{(2)}(b) - (-1)^s T_1^{(2)}(b))];$$

$$q_j^{(s)} = \frac{2}{\operatorname{sh} \nu\delta_j d} \left\{ \frac{1}{\lambda} \int_0^b \int_0^d \omega_2(\xi, \eta) [\cos \delta_j (\eta + \alpha\xi) \operatorname{sh} \nu\delta_j (d - \xi) + \right. \\ \left. + (-1)^s \cos \delta_j (\eta - \alpha d + \alpha\xi) \operatorname{sh} \nu\delta_j \xi] d\xi d\eta + [\alpha \operatorname{sh} \nu\delta_j d + \right. \\ \left. + (-1)^s \nu \operatorname{sh} \alpha\delta_j d] \int_0^b [T_0^{(2)'}(\eta) - (-1)^s T_1^{(2)'}(\eta)] \cos \delta_j \eta d\eta + \nu [\operatorname{ch} \nu\delta_j d - \right. \\ \left. - (-1)^s \cos \alpha\delta_j d] \int_0^b (T_0^{(2)'}(\eta) + (-1)^s T_1^{(2)'}(\eta)) \sin \delta_j \eta d\eta + \right. \quad (23) \\ \left. + \frac{\alpha}{\delta_j d} (1 + (-1)^s) (T_0^{(2)}(0) - T_1^{(2)}(0) - (-1)^s T_0^{(2)}(b) + (-1)^s T_1^{(2)}(b)) \right\};$$

$$\zeta_k^{(s)} = \frac{2}{\operatorname{sh} \nu\gamma_k b} \left\{ \frac{1}{\lambda} \int_0^b \int_0^d \omega_2(\xi, \eta) [\sin \gamma_k (\xi + \alpha\eta) \operatorname{ch} \nu\gamma_k (b - \eta) + \right. \\ \left. + (-1)^s \sin \gamma_k (\alpha b - \alpha\eta - \xi) \operatorname{ch} \nu\gamma_k \eta] d\xi d\eta + \int_0^b [T_0^{(2)'}(\eta) - (-1)^s T_1^{(2)'}(\eta)] \right. \\ \left. \times [\alpha \sin \alpha\gamma_k \eta \operatorname{ch} \nu\gamma_k (b - \eta) + \nu \cos \alpha\gamma_k \eta \operatorname{sh} \nu\gamma_k (b - \eta) + \right. \\ \left. + (-1)^s (\alpha \sin \alpha\gamma_k (b - \eta) \operatorname{ch} \nu\gamma_k \eta + \nu \cos \alpha\gamma_k (b - \eta) \operatorname{sh} \nu\gamma_k \eta)] d\eta \right\}.$$

Для $j = 0$ имеем:

$$A_0^{(1)} = 2 \int_0^b \left[\frac{1}{\lambda} \int_0^d \omega_2(\xi, \eta) d\xi + \alpha (T_0^{(2)'}(\eta) - T_1^{(2)'}(\eta)) \right] d\eta;$$

$$A_0^{(2)} = \frac{4\alpha}{\sqrt{d^2}} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 + (-1)^k}{\gamma_k^2} M_k^{(0)} + \frac{2}{d} \int_0^b \left[\frac{1}{\lambda} \int_0^d \omega_2(\xi, \eta) (d - 2\xi) d\xi - \right. \\ \left. - T_0^{(2)}(\eta) + T_1^{(2)}(\eta) \right] d\eta;$$

$$C_0 = \frac{1}{bd} \int_0^b \left[\frac{1}{\lambda} \int_0^d \omega_2(\xi, \eta) d\xi + 2\alpha (T_0^{(2)'}(\eta) - T_1^{(2)'}(\eta)) \right] \eta^2 d\eta + \quad (24)$$

$$+ \frac{1}{\lambda bd} \int_0^b \int_0^d \omega_2(\xi, \eta) \xi (d - \xi) d\xi d\eta + \frac{1}{b} \int_0^b [T_0^{(2)}(\eta) + T_1^{(2)}(\eta)] d\eta - \\ - \frac{2b}{d} [T_0^{(2)}(b) - T_1^{(2)}(b)] - \frac{2d}{2b} [T_0^{(2)}(0) - T_1^{(2)}(0) - T_0^{(2)}(b) + T_1^{(2)}(b)] - \\ - \frac{1}{bd} \left[\frac{A_0^{(0)} b^2}{6} + 2 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j A_j^{(0)}}{\delta_j^2} + \frac{\alpha}{\nu} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 + (-1)^k}{\gamma_k^2} M_k^{(0)} \right].$$

Таким образом, для определения $A_j^{(1)}$ и $M_k^{(1)}$ получили совокупность бесконечных систем линейных алгебраических уравнений (22) и (24). Исследование полученных уравнений показывает, что при $|z| \leq 0.9$ суммы модулей коэффициентов в каждом из уравнений (22), начиная от $k > 2; j > 2$, строго меньше единицы. Свободные члены $q_j^{(1)}$ и $\zeta_k^{(1)}$, как легко видеть из (23), оставаясь ограниченными в своей совокупности, стремятся к нулю с быстротой $O\left(\frac{1}{j}\right)$ и $O\left(\frac{1}{k}\right)$. Согласно теории бесконечных систем ⁽³⁾, совокупность систем (22) и (24) имеет единственное ограниченное решение, которое может быть получено методом последовательных приближений.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Բ. Ս. ՄԻՆԱՍՅԱՆ

Սրոշ կորագլիծ աստղածև մարմիններում ստացիոնար ջերմային դաշտի մասին

Հոդվածում դիտարկվում է երկկապ կորագլիծ աստղածև կտրվածք ունեցող գլանային մարմիններում ջերմության հարթ կայունացած հոսանքի խնդիրը: Կորագլիծատական սիստեմի ձևափոխման շնորհիվ խնդիրը բերվում է շտրոհ-

վող փոփոխականներով (6) հավասարման լուծմանը: Լուծումը տրվում է ըստ
եռանկյունային և ցուցիչային ֆունկցիաների շարքերի միջոցով, որոնց ան-
հայտ գործակիցները որոշվում են գծային հանրահաշվական հավասարումների
լիովին սեղույլար անվերջ սիստեմներից:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- 1 Г. Гребер, С. Эрк и У. Григуля, Основы учения о теплообмене, М., ИЛ, 1958
- 2 Р. С. Минисян, ДАН Арм. ССР, т. XXIII, № 4, (1956) 3Л, В. Канторович и В. И Крылов, Приближенные методы высшего анализа, Физматгиз, М.—Л., 1962

УДК 539.3

Р. Л. Эфнаджян

Равномерно растянутая круглая пластинка с прямолинейной щелью,
 перпендикулярной радиусу

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР О. М. Сапонджяном 8/XII 1970)

Рассматривается плоская задача теории упругости круговой области, ограниченной окружностью L_1 и ослабленной разрезом, перпендикулярным к радиусу. Предполагается, что по внешнему контуру действуют равномерно-распределенные нормальные напряжения интенсивностью P (рис. 1), а кромки разреза свободны от внешних напряжений.

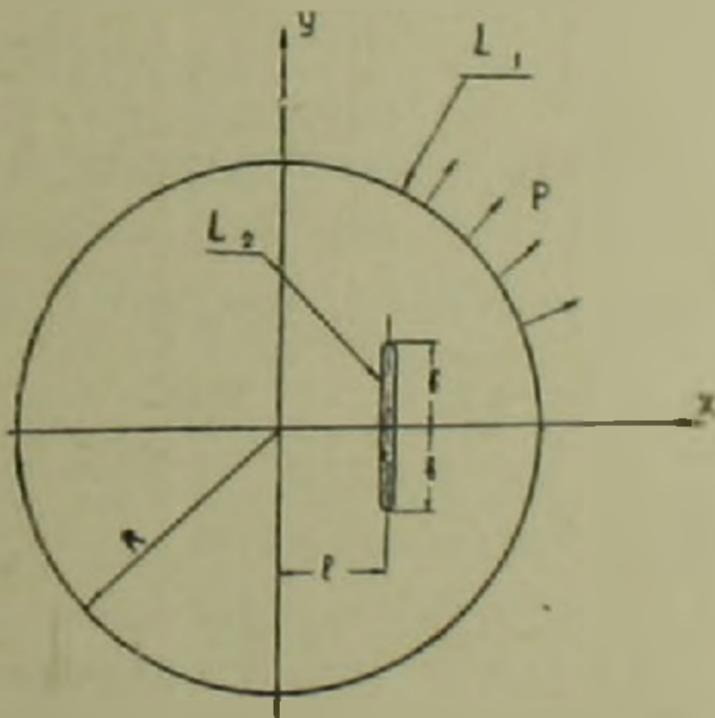


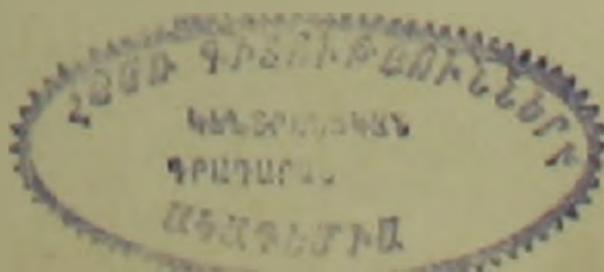
Рис. 1.

Решение приводится к бесконечным системам линейных алгебраических уравнений. Доказывается квази-вполне регулярность этих бесконечных систем.

1. Решение данной задачи сводится к определению голоморфных в рассматриваемой области функций $\varphi_1(z)$ и $\psi_1(z)$ из граничных условий ⁽¹⁾.

$$\varphi_1(t) + t \overline{\varphi_1(t)} + \overline{\psi_1(t)} = Pt + C \quad \text{на } L_1, \quad (1.1)$$

$$\varphi_1(t) + t \overline{\varphi_1(t)} + \overline{\psi_1(t)} = 0 \quad \text{на } L_2. \quad (1.2)$$



Пользуясь методом Д. Н. Шермана ⁽²⁾ на круговом контуре L_1 , введем вспомогательную неизвестную функцию $\omega(t)$ по условию

$$\varphi_1(t) - t \overline{\varphi_1(t)} - \overline{\psi_1(t)} = 2\omega(t) \text{ на } L_1. \quad (1.3)$$

Для установления формул перехода от функции $\omega(t)$ к функциям $\varphi_1(z)$ и $\psi_1(z)$ складывая (1.1) и (1.3) получаем:

$$\varphi_1(z) - \lim_{\substack{z \rightarrow t \\ \text{изнутри}}} \frac{1}{2\pi i} \int_{L_1} \frac{\omega(t) dt}{t-z} - \frac{Pt + C}{2} = - \lim_{\substack{z \rightarrow t \\ \text{извне}}} \frac{1}{2\pi i} \int_{L_1} \frac{\omega(t) dt}{t-z} \quad (1.4)$$

Введем, далее, функцию $\varepsilon(z)$, голоморфную во внешности L_2

$$\varphi_1(z) = \begin{cases} \varphi_1(z) - \frac{1}{2\pi i} \int_{L_1} \frac{\omega(t) dt}{t-z} - \frac{Pz + C}{2} & \text{внутри } L_1 \\ - \frac{1}{2\pi i} \int_{L_1} \frac{\omega(t) dt}{t-z} & \text{вне } L_2. \end{cases} \quad (1.5)$$

Из (1.1) и (1.3) имеем:

$$\begin{aligned} \psi_1(t) + \lim_{\substack{z \rightarrow t \\ \text{изнутри}}} \frac{1}{2\pi i} \int_{L_1} \frac{\overline{\omega(t)} + t \overline{\omega'(t)}}{t-z} dt - \\ - \frac{\overline{C}}{2} = \lim_{\substack{z \rightarrow t \\ \text{извне}}} \frac{1}{2\pi i} \int_{L_1} \frac{\overline{\omega(t)} + t \overline{\omega'(t)}}{t-z} dt \end{aligned} \quad (1.6)$$

Аналогичным образом вводим голоморфную вне L_2 функцию $\psi(z)$

$$\psi(z) = \begin{cases} \psi_1(z) + \frac{1}{2\pi i} \int_{L_1} \frac{\overline{\omega(t)} + t \overline{\omega'(t)}}{t-z} dt - \frac{\overline{C}}{2} & \text{внутри } L_1 \\ \frac{1}{2\pi i} \int_{L_1} \frac{\overline{\omega(t)} + t \overline{\omega'(t)}}{t-z} dt & \text{вне } L_1 \end{cases} \quad (1.7)$$

Функцию $\omega(t)$ на окружности L_1 радиуса R будем искать в виде

$$\omega(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \left(\frac{t}{R}\right)^k + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \left(\frac{R}{t}\right)^k, \quad (1.8)$$

где a_k и b_k действительные числа.

Учитывая (1.8), из (1.5) и (1.7) получаем:

$$\varepsilon(z) = \varphi_1(z) - a_0 - \sum_{k=1}^{\infty} a_k \left(\frac{z}{R}\right)^k - \frac{Pz + C}{2},$$

$$\psi(z) = \psi_1(z) + \bar{a}_0 + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \left(\frac{z}{R}\right)^k + \sum_{k=2}^{\infty} k a_k \left(\frac{z}{R}\right)^{k-2} - \frac{\bar{c}}{2}. \quad (1.9)$$

Примем $a_0 = 0$, так как оно не влияет на граничные условия (1.1) и (1.2).

Подставляя (1.9) в граничное условие (1.2), имеем:

$$\begin{aligned} \varphi(t) + t \overline{\varphi'(t)} + \overline{\psi(t)} = & -Pt - C + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \left(\frac{\bar{t}}{R}\right)^k - \\ & - \sum_{k=1}^{\infty} a_k \left(\frac{t}{R}\right)^k - t \sum_{k=1}^{\infty} k a_k \frac{\bar{t}^{k-1}}{R^k} + \sum_{k=2}^{\infty} k a_k \left(\frac{\bar{t}}{R}\right)^{k-2}. \end{aligned} \quad (1.10)$$

Определение $\varphi(z)$ и $\psi(z)$ сводится к граничной задаче для односвязной области, представляющей внешность контура L_2 . Для решения этой вспомогательной задачи будем рассматривать прямолинейную щель как предельный случай эллипса. Отообразим внешность эллипса на внешность единичной окружности посредством известной функции

$$z = A \left(\zeta + \frac{m}{\zeta} \right) + e, \quad (1.11)$$

где $A = \frac{a+b}{2}$, $m = \frac{a-b}{a+b}$ (a и b полуоси эллипса) при $m = -1$ эллипс обращается в прямолинейную щель. Подставляя (1.11) при $\zeta = \sigma = e^{i\theta}$ в (1.10) после несложных преобразований получаем:

$$\varphi^*(\sigma) + \frac{1}{\sigma} \frac{\sigma^2 + m}{1 - m\sigma^2} \overline{\varphi^{*'}(\sigma)} + \frac{e}{A(1 - m\sigma^2)} \overline{\varphi^{*'}(\sigma)} + \overline{\psi^*(\sigma)} = f(\sigma). \quad (1.12)$$

Пользуясь известным методом Н. И. Мусхелишвили решения плоской задачи для бесконечной плоскости с эллиптическим отверстием, получаем выражения для функций $\varphi^*(\zeta)$ и $\psi^*(\zeta)$ и постоянной C . Подставляя значения $\varphi^*(\zeta)$ и $\psi^*(\zeta)$ в граничное условие (1.12) и устремляя m к минус единице убеждаемся, что последнее удовлетворяется тождественно. Выражения $\varphi^*(\zeta)$ и $\psi^*(\zeta)$ при $m = -1$, после некоторых преобразований имеют вид:

$$\varphi^*(\zeta) = PA \frac{1}{\zeta} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{\zeta}\right)^n A_n, \quad (1.13)$$

$$\psi^*(\zeta) = -PA \frac{1}{\zeta} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{\zeta}\right)^n B_n - \frac{A \left(\frac{1}{\zeta} - \zeta\right) + e}{A \left(1 + \frac{1}{\zeta^2}\right)} \varphi^*(\zeta). \quad (1.14)$$

Выражения A и B не приводятся ввиду их громоздкости.

2. Полученные представления функций $\varphi^1(\zeta)$ и $\varphi^2(\zeta)$ содержат неизвестные коэффициенты a_k и b_k , для определения которых обратимся к уравнениям, вытекающим из (1.1), (1.3), (1.8) и (1.9) на контуре:

$$\psi(t) = - \sum_{k=1}^{\infty} a_k \left(\frac{R}{t}\right)^k - a_1 \frac{R}{t} + \sum_{k=1}^{\infty} k b_k \left(\frac{R}{t}\right)^{k+2}, \quad (2.1)$$

$$\bar{\varphi}(t) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \left(\frac{R}{t}\right)^k. \quad (2.2)$$

В (1.13) и (1.14) заменим ζ на z согласно (1.11) по формуле

$$\zeta = \frac{z-e}{2A} + \sqrt{\left(\frac{z-e}{2A}\right)^2 + 1}, \quad (2.3)$$

в которой бесконечно удаленной точке плоскости z соответствует бесконечно удаленная точка плоскости ζ . Подставляя (2.3) в выражение (1.14) и устремив z к граничной точке контура L_{II} и учитывая, что

$$\varphi'(z) = \frac{\varphi^{*'}(\zeta)}{A \left(1 + \frac{1}{\zeta^2}\right)}$$

после преобразований получаем:

$$\psi(t) = \sum_{k=1}^{\infty} E_k t^{-k} + (t - 2e) \varphi'(t). \quad (2.4)$$

Подставляя (2.3) в (1.13) получаем:

$$\bar{\varphi}(t) = \sum_{k=1}^{\infty} S_k t^{-k}. \quad (2.5)$$

Из (2.2) и (2.5) имеем уравнение, из которого, после приравнивания коэффициентов при одинаковых степенях t , получаем бесконечную систему линейных алгебраических уравнений:

$$b_k = \sum_{v=1}^k A_v a_{v,k}^1 + d_k, \quad (2.6)$$

$$a_{v,k}^1 = \left(\frac{b}{R}\right)^v \sum_{m=0}^{\frac{k-v}{2} - \frac{1}{2}} (-1)^{v+m+1} K_v^m \frac{e^{k-v-2m} b^{2m}}{R^{k-v}} C_{k-1}^{v+2m-1}, \quad (2.7)$$

$$d_k = PA \frac{b}{R} \sum_{m=0}^{\frac{k-1}{2} - \frac{1}{2}} (-1)^m \frac{e^{k-1-2m} b^{2m}}{R^{k-1}} C_{k-1}^{2m} K_1^m, \quad (2.8)$$

$$K_\nu^m = \frac{1}{(\nu + m)! 2^{m+\nu}} \sum_{n=1}^{\nu} (-1)^{\frac{n-1}{2}} C_\nu^n n!! \left[\left(\nu + m - \frac{n+1}{2} \right) 2 - 1 \right] !!, \quad (2.9)$$

В верхнем пределе суммы (2.7) при k и ν одинаковой четности $\frac{1}{2}$ не учесть. В верхнем пределе при k четном $\frac{1}{2}$ не учесть. Звездочка (здесь и в последующем) у символов сумм указывает, что индекс n при переходе к смежному значению увеличивается на 2. Из (2.1), (2.4) с учетом (2.2) получаем вторую бесконечную систему линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} -D_1 + b_1 &= 2a_1, & k=1 \\ -D_2 - \frac{2e}{R} b_1 + 2b_2 &= a_2, & k=2 \\ -D_k - \frac{2e}{R} (k-1) b_{k-1} + k b_k + (k-2) b_{k-2} &= a_k, & k \geq 3 \end{aligned} \quad (2.10)$$

где

$$D_k = \sum_{i=1}^k B_i \sigma_{i,k}^2 - d_k.$$

3. Решение задачи сводится к определению неизвестных коэффициентов a_k и b_k из бесконечных систем (2.6) и (2.10). Подставляя значение b_k , b_{k-1} и b_{k-2} из (2.6) в (2.10) можем доказать квази-вполне регулярность вновь полученной системы и системы (2.6) (*) при

$$\frac{b}{R} < \frac{1}{2} \text{ и } \frac{l}{R} < \frac{1}{2}.$$

Поведение напряжений σ_x , σ_y и τ_{xy} в окрестности концов прямоугольной щели $S = y \pm b$ (S расстояние рассматриваемой точки до концов трещины) при приближении к ним могут быть представлены так

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{N}{\sqrt{S}} + G_1(0), \\ \sigma_y &= \frac{N}{\sqrt{S}} + G_2(0), \\ \tau_{xy} &= \frac{N_1}{\sqrt{S}} + G_3(0), \end{aligned} \quad (3.1)$$

где $G_1(0)$, $G_2(0)$ и $G_3(0)$ при $y = \pm b$ ограниченные величины, причем

$$N = \sqrt{AP} \left[1 - \frac{1}{2AP} \sum_{v=1}^{\infty} (-1)^{\frac{v+1}{2}} (A_v + B_v) \right],$$

$$N_1 = \sqrt{AP} \begin{cases} \frac{1}{2AP} \sum_{v=2}^{\infty} v (-1)^{\frac{v+2}{2}} (A_v + B_v) & y = +b \\ -\frac{1}{2AP} \sum_{v=2}^{\infty} v (-1)^{\frac{v+2}{2}} (A_v + B_v) & y = -b \end{cases}$$

Ереванский политехнический институт

Ռ. Լ. ԷՆՏԻԱԶՅԱՆ

Ուղղահայաց ճեղքով կլոր սալի հավասարաչափ ձգումը

Դիտվում է առաձգականության տեսության հարթ խնդիր, շրջանային տիրույթի համար: Տիրույթը սահմանափակված է շրջանագծով թուլացրած շառավիղին ուղղահայաց կտրվածքով: Ընթացում է, որ արտաքին պարագծով ազդում են հավասարաչափ բաշխված նորմալ լարումներ ինտենսիվությամբ (նկ 1), իսկ կտրվածքի եզրերը ազատ են արտաքին լարումներից:

Լուծումը բերվում է հանրահաշվական գծային հավասարումների անվերսիստեմների և կայացուցվում է այդ անվերջ սիստեմների կվադրիրիվ ռեզոլյուցիայի միջոցով:

ЛИТЕРАТУРА — ЧИТЧЕНՈՒՅՈՒՆ

¹ Н. И. Мусхелишвили, Некоторые основные задачи математической теории упругости, М., 1966. ² Д. И. Шерман, Прикл. мат. и мех., т. XV, вып. 3 (1951), 3Л, 8. Конторович и В. И. Крылов, Приближенные методы высшего анализа, М., 1952.

УДК 530.1

Академик АН Армянской ССР А. Г. Назаров

Трансфинитная числовая прямая

(Представлено 30/XII 1970)

Трансфинитные числовые прямые можно строить различными способами. Здесь мы рассмотрим некоторые варианты построения таких прямых. Основой для этого служат наши предыдущие работы^(1,2).

1. *Простейшая трансфинитная числовая прямая.* Принимаем за основу дедекиндовскую числовую прямую без ее несобственных точек $+\infty$ и $-\infty$. Припишем мысленно к этой прямой бесконечно удаленные области как в сторону положительного, так и отрицательного направлений. Ввиду симметрии ограничимся рассмотрением правой стороны числовой прямой. Пусть выбран отрезок, длина которого принята за единицу. Мысленно откладываем вправо вдоль прямой такой отрезок, бесконечное множество раз. Вначале получим точки $x = 1, 2, 3, \dots, n, \dots$ отвечающие натуральному ряду. Неограниченно откладывая точки, получим трансфинитные точки $x = \omega - k, x = \omega - k + 1, x = \omega, x = \omega + 1, \dots, x = \omega^2$ и т. д. Этот процесс продолжим неограниченно. Полусегменты $[\omega - k, \omega - k + 1), \dots, [\omega - 1, \omega)$ и т. д. считаем заполненными точками точно так же, как и полусегменты $[0, 1), [1, 2)$ и т. д.

В результате получим простейшую трансфинитную числовую прямую с бесконечно удаленными областями вправо и влево от начала отсчета. Начало отсчета может быть перенесено на любое конечное или бесконечное большое расстояние, измеряемое трансфинитными числами. Нетрудно убедиться, что теория сечений Дедекина с разбиением чисел на два класса полностью сохраняется для рассматриваемой трансфинитной числовой прямой и для ее бесконечно удаленных частей.

2. *Трансфинитная числовая прямая на основе ε .* Построим теперь новую трансфинитную числовую прямую на основе только что определенной путем следующего преобразования

$$x' = \varepsilon x = \frac{x}{m} \quad (1)$$

Тогда полусегмент $[0, 1)$ преобразится в полусегмент $[0, \varepsilon)$. Величина длины этого полусегмента есть нуль, хотя он и состоит из множества трансфинитных точек, равномошного со множеством действительных чисел полусегмента $[0, 1)$, т. е. обладает мощностью континуум. Это непосредственно вытекает из преобразования (1). Аналогично полусегменты $[1, 2)$, $[2, 3)$, \dots , $[n, n+1)$ преобразуются в $[\varepsilon, 2\varepsilon)$, $[2\varepsilon, 3\varepsilon)$, $[n\varepsilon, (n+1)\varepsilon)$ и т. д., величина длины которых также нуль.

Полусегмент $[(\omega - 1), \omega)$ преобразуется согласно (1) в полусегмент $[1 - \varepsilon, 1)$. Все полученные полусегменты, величины длин которых нуль, образуют полусегмент $[0, 1)$, являющийся результатом преобразования полусегмента $[0, \omega)$ бесконечно большой величины с помощью выражения (1). Аналогично полусегменты $[0, 2\omega)$, $[0, 3\omega)$, $[0, n\omega)$ переходят при рассматриваемом преобразовании в $[0, 2)$, $[0, 3)$, \dots , $[0, n)$. Полусегменты $[0, \omega^2)$, \dots , $[0, \omega^n)$, $[0, \omega^\omega)$ перейдут в полусегменты $[0, \omega)$, \dots , $[0, \omega^{n-1})$, $[0, \omega^{\omega-1})$ и т. д.

Если в первом примере трансфинитной числовой прямой за единицу измерения был принят отрезок длиной 1, то во втором примере за единицу измерения — принят отрезок длины ε , величина которой есть нуль. Поскольку трансфинитные прямые неограничены, то обе рассмотренные прямые тождественны. Разница заключается лишь в том, что вторая трансфинитная прямая получится из первой путем подразделения каждого единичного промежутка на ω частей.

3. *Трансфинитные числовые прямые на основе ε^n или $\varepsilon^{\omega(n)}$.* Применяя n раз преобразование (1) мы из простейшей трансфинитной прямой получим трансфинитную прямую с делениями ε^n . Того же результата достигнем, если каждый единичный промежуток простейшей трансфинитной прямой подразделим на ω^n частей. Можно пойти дальше и вместо натурального n рассмотреть какое-либо трансфинитное натуральное число $\varphi(\omega)$ и подразделить каждый единичный отрезок на $\omega^{\varphi(\omega)}$ частей. В результате получим на числовой прямой примыкающие друг к другу полусегменты типа $[0, \varepsilon^{\varphi(\omega)})$; $[\varepsilon^{\varphi(\omega)}, 2\varepsilon^{\varphi(\omega)})$ и т. д. Величины длин их равны нулю и они состоят из трансфинитных точек мощности континуум, поскольку имеет место взаимно-однозначное соответствие между точками полусегментов $[0, \varepsilon^{\varphi(\omega)})$ и $[0, 1)$ определяемое преобразованием

$$x' = x \cdot \varepsilon^{\varphi(\omega)}, \quad (2)$$

4. *Трансфинитная числовая прямая на основе ε_∞ .* Здесь ε_∞ есть трансфинитный предел исчезающей последовательности, n -ый член которой есть $n^c \varepsilon_n$. Откладывая нулевой отрезок длины ε_∞ вдоль числовой прямой, мы получим точки $\varepsilon_\infty, 2\varepsilon_\infty, \dots, n\varepsilon_\infty, \dots, \omega\varepsilon_\infty$ и т. д. Таким путем получим трансфинитную числовую прямую, отличающуюся от предыдущих ценою деления. Цены деления числовых прямых на основах ε и ε_∞ различаются между собой в отношении $\varepsilon_\infty/\varepsilon$.

Если сопоставить между собою все полученные трансфинитные прямые, то убедимся, что достаточно рассмотреть лишь простейшую трансфинитную прямую и наносить трансфинитные метки, скажем, через \aleph , \aleph^2 , ϵ , и т. д. в зависимости от нашего желания.

Теория сечений Дедекинда с разбиением чисел на два класса полностью сохраняется и для трансфинитной числовой прямой как в конечной ее части, так и в ее бесконечно удаленных частях. При этом сечение может попасть на действительное или трансфинитное число, что безразлично. Из изложенного ясно, что любой отрезок трансфинитной числовой прямой имеет мощность континуум.

В дальнейшем трансфинитной числовой прямой чаще всего будем пользоваться следующим способом. В требуемых фиксированных действительных точках $x = a_i$, $i = 1, 2, \dots, n$ будем рассматривать трансфинитные нулевые окрестности на основах $\epsilon^{(i)}$:

$$x = a_i + k \epsilon^{(i)},$$

где k — переменное действительное число, непрерывно пробегающее все значения от $-N$ до $+N$, где N любое, сколь угодно большое, но фиксированное число, а $\epsilon^{(i)}$ положительные бесконечно малые числа, отвечающие исчезающим последовательностям, n -ый член которых $\frac{1}{n^2 \epsilon^{(i)}}$.

Символика для сегмента, полусегмента и интервала на трансфинитной числовой прямой такая же, как и для классической. Например, мы уже рассматривали выше полусегмент $[\aleph, 2\aleph)$, представляющий собой бесконечно малый отрезок, или полусегмент $[0, \omega^n)$, имеющий длину бесконечно большой величины.

Под длиной сегмента $[A, B]$, концы которого совпадают с точками $x = A$, $x = B$, причем $A < B$ будем понимать $(B - A)$. При этом возможны три случая:

$$\text{mag}(B - A) = 0, \quad \text{mag}(B - A) = a,$$

где a — действительное число, $\text{mag}(B - A) = \infty$.

В первом случае будем говорить о (A, B) , как об отрезке бесконечно малой длины, во втором случае, как об отрезке конечной длины, и, наконец, в третьем случае, как об отрезке бесконечно большой длины.

Итак, на трансфинитной числовой прямой можно рассматривать бесконечно малые, конечные и бесконечно большие отрезки. Аксиома Архимеда сохраняет свою силу и для трансфинитной числовой прямой. Необходимо лишь натуральный ряд, являющийся скелетом для классической числовой прямой, заменить трансфинитным натуральным рядом, являющимся скелетом трансфинитной числовой прямой.

Для трансфинитной числовой прямой попарному сравнению могут подлежать следующие типы отрезков:

- 1) бесконечно малый отрезок с бесконечно малым отрезком;
- 2) бесконечно малый отрезок с конечным отрезком;
- 3) бесконечно малый отрезок с бесконечно большим отрезком;
- 4) конечный отрезок с конечным отрезком;
- 5) конечный отрезок с бесконечно большим отрезком;
- 6) бесконечно большой отрезок с бесконечно большим отрезком.

Во всех шести случаях первый отрезок меньшей длины, чем последующий. В классическом анализе мы имеем дело лишь с четвертым случаем. Теперь аксиома Архимеда для трансфинитной числовой прямой получит следующую формулировку: *всегда можно подобрать такое натуральное число n или трансфинитное натуральное число $\varphi(\omega)$, что повторив меньший отрезок n или $\varphi(\omega)$ раз получим отрезок, превышающий по длине больший.*

Этой аксиомой узаконивается проблема измерения трансфинитных отрезков. По существу она уже была положена в основу построения трансфинитных числовых прямых.

В дальнейшем, если не будет оговорено особо, будем пользоваться простейшей трансфинитной числовой прямой, которую будем просто называть трансфинитной числовой прямой. По ходу работы, как уже указывалось, мы в различных нужных местах можем делать различные трансфинитные метки. К такому приему мы уже прибегли в работе (2).

Остановимся теперь на лемме о вложенных промежутках, играющих важную роль в анализе.

Пусть дана монотонно возрастающая последовательность $n a_n$ и монотонно убывающая последовательность $n b_n$, причем всегда

$$a_n < b_n.$$

Если разность $b_n - a_n$ стремится к нулю, то обе последовательности имеют общий конечный предел

$$c = \lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} b_n.$$

С точки зрения трансфинитной мы имеем в общем случае

$$a_{\varphi(\omega)} \rightarrow c \rightarrow b_{\varphi(\omega)},$$

где $\varphi(\omega)$ — по-прежнему любое натуральное трансфинитное число, причем

$$\text{tag } a_{\varphi(\omega)} = \text{tag } b_{\varphi(\omega)} = c.$$

Итак, мы получим бесконечно малый отрезок

$$b_{\varphi(\omega)} - a_{\varphi(\omega)},$$

закрывающий в себе только одно действительное число c и множество трансфинитных чисел мощности континуум, но величины которых также есть c .

Множество это можно построить, например, следующим образом. Рассмотрим монотонно возрастающую последовательность

$$A_n = c - k(c - a_n)$$

и монотонно убывающую последовательность

$$B_n = c + k(b_n - c).$$

Здесь k непрерывно пробегает все свои значения в сегменте $[0, 1]$. Тогда трансфинитные члены последовательностей будут иметь вид:

$$A_{\varphi(\omega)} = c - k(c - a_{\varphi(\omega)}),$$

$$B_{\varphi(\omega)} = c + k(b_{\varphi(\omega)} - c). \quad (*)$$

С ростом натурального трансфинитного числа $\varphi(\omega)$ бесконечно малый отрезок

$$b_{\varphi(\omega)} - a_{\varphi(\omega)}$$

неограниченно стягивается, причем последующий бесконечно малый сегмент расположен внутри предыдущего бесконечно малого сегмента и так неограниченно. Члены $a_{\varphi(\omega)}$ и $b_{\varphi(\omega)}$ с ростом $\varphi(\omega)$ никогда не достигают действительного числа c , находящегося в промежутке между ними, хотя они по величине в точности равны c . Из выражения (*) видно, что при любом $\varphi(\omega)$ множество трансфинитных точек имеет мощность континуум. В частности, при трансфинитном пределе $\varphi(\omega) = \omega$ последними членами последовательности будут a_ω и b_ω (*), а бесконечно малый сегмент примет застывшую длину, величина которой

$$\text{mag}(b_\omega - a_\omega) = \lim_{n \rightarrow \infty} (b_n - a_n) = 0.$$

Таким образом, лемма о вложенных отрезках сохраняется и для трансфинитной прямой, претерпевая своеобразную модификацию, заключающуюся в том, что мы имеем дело с отрезками бесконечно малой длины, содержащими множество точек мощности континуум и лишь одну действительную точку.

В заключение следует подчеркнуть, что отрезки бесконечно малой длины, отрезки бесконечно большой длины при рассмотрении физических проблем имеют ту же размерность, что и конечный отрезок. Рассмотрим, для примера, отрезок $[0, \tau]$. Если повторить его ω раз, где ω — отвлеченное (безразмерное) число, то получим отрезок $[0, 1]$. Поэтому размерности отрезков $[0, \tau]$ и $[0, 1]$ одинаковы, хотя величина длины $[0, \tau]$ равна нулю.

Трансфинитные числовые прямые пока рассматриваем как некоторые фикции, полезные для прикладных целей.

Ордена Трудового Красного Знамени Институт
геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

Տրանսֆինիտային քվային ուղիղ

Տրվում է տրանսֆինիտային ուղղի կառուցումը, որը կլասիկ ուղիղ գծից տարրերվում է նրանով, որ ոչ սեփական երկու կետերի՝ $+ \infty$ -ի ու $-\infty$ փոխարեն պարունակում է անվերջ հեռու տիրույթներ, որոնք բնութագրվում են անվերջ մեծ թվերով (տրանսֆինիտային իրական թվեր, որոնք ունեն անվերջ արժեքներ): Մտցվում է տրանսֆինիտային իմաստով հատվածի երկարության գաղափարը, որից բխում է անվերջ փոքր, վերջավոր և անվերջ մեծ հատվածների գաղափարը: Տրանսֆինիտային թվային ուղղի համար մտցվում է Արքիմեդի արսիումը՝ տրանսֆինիտային շարքի հիման վրա:

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԻԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1 А. Г. Назаров, ДАН Армянской ССР, LI, № 3 (1970) 2 А. Г. Назаров, ДАН Армянской ССР, LI, № 5 (1970).

ТЕКТОНИКА

УДК 551.24

П. Г. Алоян, С. Г. Алоян

О порядке и механизме структуры тектонического разлинзования
(на материале северо-западной части Армянской ССР)

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. С. Мкртчяном 16/ХІ 1970)

Тектоническое разлинзование является одной из наиболее интересных структурных форм высшего порядка, главная особенность которой состоит в разделении определенного геологического тела на линзы-блоки (будины) либо соединенных «шейками», либо удаленных друг от друга на некоторое расстояние, не лишаящее это тело признаков общности строения (1-3).

Сейчас общепризнано, что наличие более и менее вязких прослоев в деформируемой пачке, при напряжениях, ориентированных перпендикулярно слоистости, является одним из основных условий процесса тектонического разлинзования, то есть тектоническое разлинзование может развиваться только в неоднородных слоистых толщах.

Наши специальные исследования в северо-западной Армении и эксперименты на моделях показали, что в определенных тектонических структурах (например во флексурах глубинного заложения) тектоническое разлинзование может проявляться в масштабе региональных структур, а сам процесс разлинзования может успешно развиваться как в неоднородных, так и в однородных слоистых толщах.

В северной Армении, в районе Качакутского перевала проходит зона крупного тектонического нарушения сбросового типа северо-западного простирания. В всячем боку разлома обнажаются средне-верхнеэоценовые вулканогенно-осадочные образования ягардашской серии, а в лежащем вулканогенно-осадочные образования средней и верхней юры. В районе массива г. Лалвар юрские отложения несогласно перекрываются среднеэоценовыми отложениями лалварской серии, в основании которой залегает неоднородная «пачка известняков» (известняки, брекчии, конгломераты, туфопесчанники и прослой туфогеших образований) с остатками нуммулитовой фауны.

Западнее описанного сброса, в районе г. Ягардаш, проходит вторая зона сброса, параллельная первой. В структурном отношении на участке г. Лалвар—г. Ягардаш устанавливается четко выраженная

флексура глубинного заложения, смыкающее крыло которой ограничено вышеотмеченными сбросами. Возраст первого нарушения датируется как раннемезозойский, а на участке Качачкутокого перевала оно

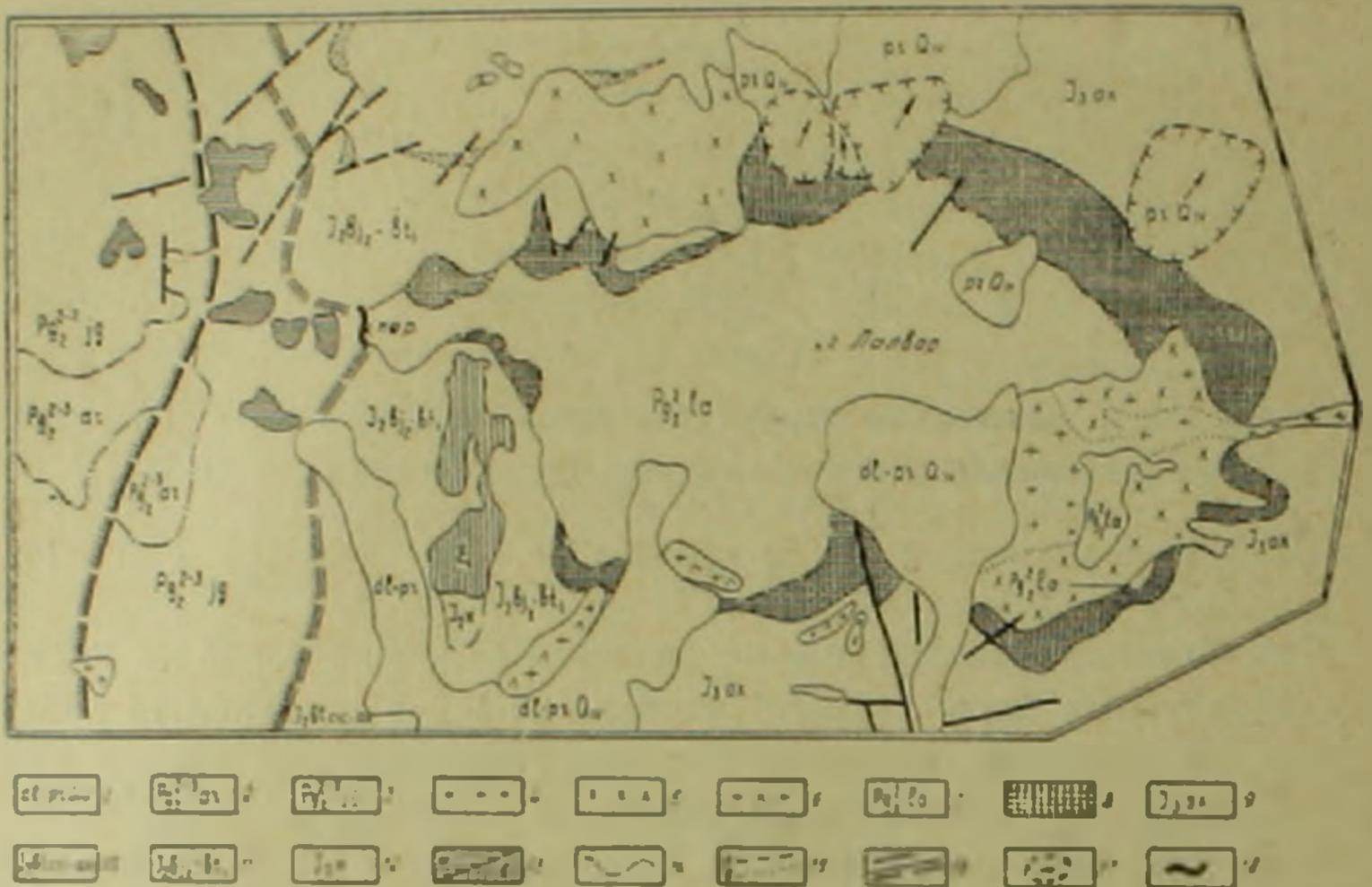


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района г. Лалвар. 1—современные делювиально-пролювиальные отложения; средний—верхний эоцен, ягардашская серия; 2—аракелская пачка фельзитовых туфов и дацитовых порфиритов; 3—туфобрекчии, туфолавы и туфы андезито-дацитового состава ягардашской толщи; средний эоцен; 4—кварцевые диориты, гранодиориты, граниты, плагиограниты, кварцевые диорит-порфириты; 5—плагиогранит-порфиры; 6—диориты, диорит-порфириты; лалварская серия; 7—порфириты и их брекчии андезитового и андезито-базальтового (редко лавобрекчии андезито-дацитового состава) лалварской вулканической толщи; 8—«пачка известняков», верхняя юра; 9—оксфорд, диабазовые порфириты, туфы кислого состава с прослоями туфопесчаников, туфы, туфопесчаники, известковые песчаники и песчаники; средняя юра; 10—бат. порфириты, их туфы и туфобрекчии андезитового и андезито-дацитового состава цинкар-акоринской толщи; 11—в. байос—и. бат, туфопесчаники, туфы, туфобрекчии, прослои андезитовых порфиритов качачкутской толщи; 12—в. байос, туфобрекчии, туффиты, порфириты андезитового состава, туфопесчаники кошабераской толщи; 13—дайки и дайкообразные тела (силлы): а—андезитовых; б—дацитовых порфиритов; 14—интрузивные контакты и линии несогласий; 15—а—границы согласного залегания пород; б—линзовидные выделения песчаников; 16—тектонические нарушения, сбросы; 17—границы оползневых образований, стрелка показывает направление движения; 18—сброс по верхнему замку лалварской флексуры

возникло лишь после образования среднеэоценовых отложений Лалварского залива (висячее крыло). В среднем и верхнем эоцене происходило прогибание лежащего крыла флексуры и формирование отложений ягардашской серии, а Лалварский залив в верхнем эоцене испытал поднятие «Пачка известняков», заключенная между вулканогенными образованиями юры и эоцена вела себя как менее вязкое тело и подверглась тектоническому разлинзованию (рис. 1). На восточном склоне г. Лалвар мощность «пачки» составляет 150 и более метров, а в 8 км

к юго-западу, в районе Качачкутского перевала (верхний замок флексуры) эта пачка полностью выпадает из разреза. Выпадение из разреза «пачки известняков» сопровождается выклиниванием и выпадением отдельных стратиграфических горизонтов и внутри пачки. Так, например, мощность слоя конгломератов на восточном склоне г. Лалвар составляет 100 м, на северо-восточном — 60 м, а на северном и северо-западном склонах — он постепенно выклинивается и в районе перевала сходит на нет. «Пачка известняков» будинирована на 8 линз (будин), из которых две линзы, расположенные в пределах верхнего замка флексуры удалены друг от друга и от остальных линз на сотни метров (рис. 1). При этом мощность «пачки» уменьшается до 25—40 м. Форма будин различна: прямоугольная (хрупкая деформация) в значительном удалении от верхнего замка, линзовидная (пластическая деформация) в пределах верхнего замка и омыкающего крыла, сложная и растянутая — в промежутке между первыми двумя. Величина будин от крыла к замку резко уменьшается от 3—3,5 км до 500—700 м. В этом же направлении хрупкая деформация переходит в пластическую. Процесс разлинзования сопровождается общим дроблением «пачки», внедрением даек и дайкообразных тел диабаз-порфиритового и гранодиоритового состава, а также интрузий гранодиоритов (рис. 1). Тектоническое разлинзование аналогичного характера нами наблюдалось также в районах гг. Мелная, Лок и др.



Рис. 2. Тектоническое разлинзование ягардашской толщи (г. Аракел). Пластическая деформация (смыкающее крыло флексуры)

В пределах смыкающих крыльев флексур глубинного заложения, сложенных однородными слоистыми толщами, представленными или порфиритами, или туфами порфиритов, или мелко-, средне-, крупнообломочными туфобрекчиями, интенсивно развивается тектоническое разлинзование. Величина и форма тектонических линз в разных случаях бы-

вают разными. Так, на северном склоне г. Аракел длина линз в туфобрекчиях ягардашской толщи колеблется в пределах 20—40 см (рис. 2), очень редко встречаются единичные линзы длиной до 90 см, а на вершине г. Ягардаш длина линз в порфиригах достигает до 5—10 см, но преобладают линзы длиной до 5 см. В однородных слоистых толщах (преимущественно в пределах висячих и лежащих крыльев флексур) широко развивается хрупкая деформация, выраженная системой трещин, ориентированная перпендикулярно слоистости и дробящая слои на прямоугольные будины (рис. 3). Будины часто растащены параллельно слоистости.



Рис. 3. Тектоническое разлинзование ягардашской толщи. Хрупкая деформация (висячее крыло флексуры)

Тектоническое разлинзование однородных слоистых толщ вообще, а вулканогенно-осадочных в частности, в геологической литературе до сих пор не только не описано, но и нет указания на такой факт. Имеется лишь описание эксперимента, когда однородная слоистая пачка подвергалась сжатию перпендикулярно слоистости (1). На основании этих экспериментов был сделан вывод, что в процессе сжатия в деформируемой пачке развиваются поверхности срезания, которые и неравномерно концентрируют напряжения, что приводит к образованию линз (будин). Однако, кроме имеющихся критических замечаний по этим экспериментам, необходимо отметить, что предлагаемый механизм малопринемлем, так как в большинстве случаев поверхности срезания (трещины скалывания) завершают пластическую деформацию, а не опережают ее (2, 3).

С целью воспроизведения процесса тектонического разлинзования однородных слоистых толщ в пределах резко выраженных флексур нами были проведены экспериментальные исследования на слоистых моделях из каолиновой глины. Условия подобия проведенных эксперимен-

* Теоретические основы тектонического разлинзования однородных слоистых толщ здесь нами не рассматриваются

тов удовлетворяют условиям подобия при моделировании тектонических процессов. Эксперименты проводились на приборе с вертикально движущимися штампами (4).

Было установлено, что процесс формирования резко выраженных флексур сопровождается интенсивным разлинзованием деформируемой пачки. Слои, интенсивно разлинзованные в пределах смыкающего крыла, выклиниваются и выпадают из разреза в пределах верхнего замка, дробятся на изолированные линзы, удаленные друг от друга на 1,0—1,5 см и более. В пределах висячего крыла флексуры в тех же слоях наблюдается слабое проявление хрупкой и пластической деформаций (рис. 4).

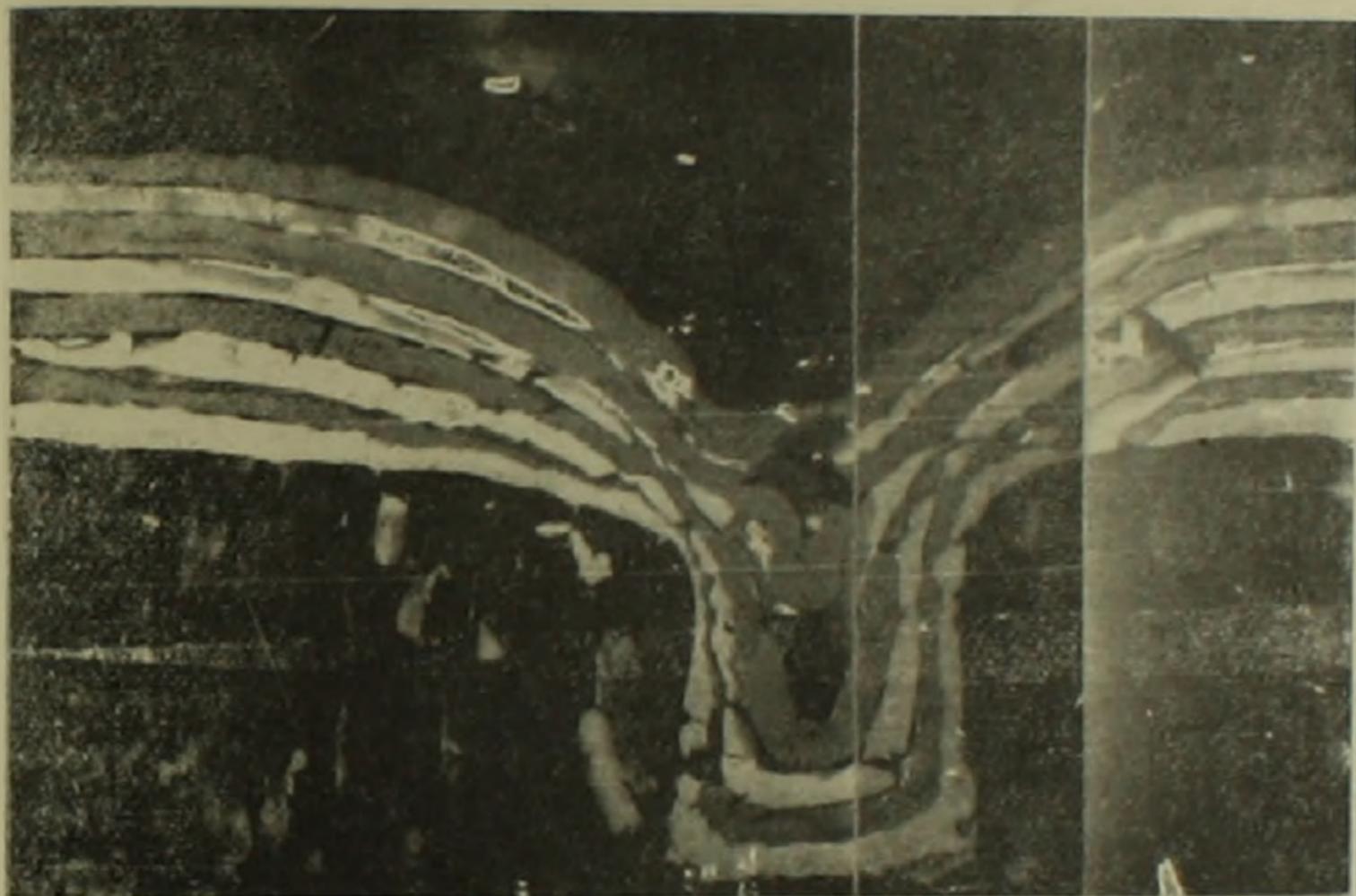


Рис. 4. Моделирование флексуры глубинного заложения. Модель однородная, слоистая, из каолиновой глины влажностью 36,0—44,0%. Мощность слоев 0,5 см. К модели сверху приложена равномерная и постоянная нагрузка из песка и дроби, имитирующая вышележащие отложения. Скорость движения штампов 1 см/мин. Множитель геометрического подобия 1:50000. В подстилающей модель «подушке» из петролатума сделаны надрезы, соответствующие разрывам в фундаменте. По краям модель испытала поднятие, а в середине — опускание. Амплитуда поднятия — 6 см. Темные участки на модели — это пятна смазки (машинного масла).

Проведенные эксперименты на моделях также указывают на возможность тектонического разлинзования однородных слоистых толщ.

Тектоническое разлинзование однородной слоистой толщи в пределах резко выраженных флексур обусловлено, по-видимому, реологическими свойствами слоев (деформируемой толщи), изменением величины составляющих равнодействующего напряжения сжатия, ориентировки деформируемой толщи относительно равнодействующей и характера деформации (от сжатия до сдвига) в пределах смыкающего крыла в про-

цессе развития структуры, а также длительностью (скоростью) воздействия напряжений.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

Управление геологии
Совета Министров Армянской ССР

Պ. Վ. ԱՂՅԱՆ, ՈՒ Վ. ԱՂՅԱՆ

Տեկտոնական սուպնյակավորման կարգի և մեխանիզմի մասին
(բառ Հայկական ՍՍՀ հյուսիս-արևմտյան մասում ստացված տվյալների)

Տեկտոնական սուպնյակավորումը հանդիսանում է բարձր կարգի ստրուկտուրային ամենահետադրիվ ձևերից մեկը, որն արտահայտվում է երկրաբանական մարմնի մասնատմամբ սուպնյակների: Ընդունված է, որ տեկտոնական սուպնյակավորումն ընթանում է շերտավոր անհամասեռ հաստվածքներում, շերտավորմանն ուղղահայաց ուժերի ազդեցության ներքո, երբ առկա է տարբեր ֆիզիկա-մեխանիկական հատկություններով օժտված շերտերի հաջորդականություն:

Հայկական ՍՍՀ հյուսիս-արևմտյան մասում մեր կողմից կատարած հետազոտությունները, ինչպես նաև փորձարկային դիտարկումները ցույց տվեցին, որ որոշ դեպքերում (օրինակ խորքային բևույթի ֆլեքսուրաներում) տեկտոնական սուպնյակավորումը հանդես է գալիս ռեգիոնալ ստրուկտուրաների մասշտաբով, իսկ սուպնյակավորման երևույթը կարող է հաջողությամբ հանդես գալ նաև շերտավոր համասեռ հաստվածքներում:

Շերտավոր համասեռ հաստվածքներում սուպնյակավորման երևույթը սլայմանավորված է շերտերի և շերտախմբերի բևույթիական հատկություններով և ստրուկտուրայի դարգացման ընթացքում սեղմման լարվածության համադրի բաղադրիչների մեծության, համադրի նկատմամբ դեֆորմացիայի էնթարկվող շերտախմբերի կողմնորոշման և վերջապես լծորդող թևի շրջանում դեֆորմացիայի բևույթի (սեղմումից մինչև սահք) փոփոխությամբ, ինչպես նաև աղդող լարվածությունների հարատևությամբ (արագությամբ):

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ В. В. Белоусов, Послойное перераспределение материала в земной коре и складкообразование, «Сов геология», № 39, 1949 ² Г. Рамберг, В сб. Вопросы экспериментальной тектоники, ИЛ, М., 1957. ³ В. В. Белоусов, М. В. Гзовский, Экспериментальная тектоника, Изд «Недра», М., 1964. ⁴ П. Г. Алоян, С. Г. Алоян, «Геотектоника», № 6, 1970.

БИОХИМИЯ

УДК 591.1.05

А. С. Оганесян, Ж. С. Геворкян

Влияние альфа-кетоглутаровой кислоты на образование аммиака
 из глутамина в различных слоях почек

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 1/VI 1970)

Обмен аминокислот тесно связан с циклом трикарбоновых кислот. Было показано, что некоторые члены этого цикла (альфа-кетоглутаровая кислота— α -КГЛ, щавелевоуксусная кислота—ЩУК) путем транс-аминирования и преаминирования могут превращаться в соответствующие аминокислоты. С другой стороны в ходе метаболических превращений L-аминокислот (глутаминовая, аспарагиновая) образуются эти кетокислоты, которые, вовлекаясь в цикл Кребса, подвергаются окислению. Наши исследования показали, что как α -КГЛ, так и ЩУК в корковом слое почек принимают участие в процессах регуляции деаминирования ряда L-аминокислот (глутаминовая, аспарагиновая), которые интенсивно деаминируются в этом слое почек с образованием большого количества свободного аммиака. Установлено, что эти кетокислоты подавляют активность ферментов осуществляющих деаминирование L-аминокислот и образование аммиака из них в корковом слое почек.

В поисках механизмов регуляции образования аммиака в почечной ткани мы изучали влияние α -КГЛ на образование аммиака из глутамина, который является основным источником аммиака мочи. Некоторые кетокислоты являясь активаторами глутаминазы II усиливают образование аммиака из глутамина. опыты проводили со срезами и гомогенатами коркового и мозгового слоев почек. Для сравнения ряд опытов проводили также с печеночной и мозговой тканями. Срезы упомянутых тканей (по 200 мг) инкубировали в Кребс-Рингер-бикарбонатном буфере (2 мл) pH=7,4, в течение одного часа, при t—37°C. Определяли количество образовавшегося из глутамина аммиака (по Конве) и глутаминовой кислоты (электрофоретическим путем). На каждую пробу добавляли: глутамина—2,4 мг, α -КГЛ—1,5 мг. Результаты исследований приводятся в соответствующих таблицах.

Как показывают данные приведенные в табл. I корковый слой почек обладает наивысшей глутаминазной активностью, затем идут моз-

говой слой почек, кора головного мозга и печень. Альфа-кетоглутаровая кислота, в значительной степени подавляет образование аммиака из глутамин в срезах коркового слоя почек, а в мозговом слое в присутствии этой кетокислоты отмечается небольшое понижение количества образовавшегося аммиака из глутамин. Для сравнения изучали также влияние этой кетокислоты на аммиакообразование из глутамин и в других тканях. Как видно из этой же таблицы в печеночной и мозговой (кора головного мозга) тканях по сравнению с корковым слоем почек α -КГЛ оказывает несравненно слабое подавляющее действие на упомянутый процесс.

Таблица 1

Влияние α -КГЛ на образование аммиака из глутамин в различных тканях

Вид ткани	Препарат	Количество аммиака, $\mu\text{M}/\text{г}$ ткани/час					
		Контроль	α -КГЛ	Глутамин	Глутамин + α -КГЛ	Глутамин-новоя кислота	Глутамин-новоя кислота + α -КГЛ
Корковый слой почек	Срезы	10,8±1,8	8,5±2,2	29,0±2,6	20,7±3,1	20,5±1,1	13,5±0,9
	Гомогенат	9,9±0,5	9,5±0,9	25,8±1,6	24,6±1,6	7,8±0,7	8,2±1,2
Мозговой слой почек	Срезы	7,0±0,6	5,9±0,8	19,8±2,5	18,2±1,7		
	Гомогенат	8,1±0,7	9,1±0,5	19,2±3,1	19,0±1,4		
Печень	Срезы	4,7±0,8	4,5±0,5	10,0±1,2	7,9±1,1		
	Гомогенат	8,1±0,5	7,5±0,9	15,5±1,9	13,4±2,2		
Кора головного мозга	Срезы	6,3±0,4	6,0±0,2	13,3±1,1	11,5±1,2		
	Гомогенат	4,7±0,5	4,4±0,7	13,1±1,5	11,7±1,7		

Эти данные, а также и результаты наших прежних исследований относительно интенсивного деаминации глутаминовой кислоты в срезах коркового слоя почек дали нам основание полагать, что подавляющий эффект α -КГЛ на образование аммиака из глутамин по-видимому связан не ингибированием активности глутаминазы, а ее действием на глутамат-дегидрогеназу, осуществляющую деаминацию глутаминовой кислоты образующейся из глутамин при его деаминации. Для выяснения этого вопроса были проведены опыты с гомогенатами коркового слоя почек, которые, как показали наши прежние исследования, не обладают способностью деаминировать L-аминокислоты, но проявляют высокую глутаминазную активность. Результаты опытов (табл. 1) показали, что α -КГЛ не оказывает подавляющее действие на образование аммиака из глутамин в гомогенатах коркового слоя почек. Таким образом было показано, что подавляющее действие α -КГЛ на образование аммиака из глутамин в корковом слое почек связано с ингибированием активности глутамат-дегидрогеназы, под действием которой деаминируется часть глутаминовой кислоты образовавшейся при расщеплении глутамин. Эти опыты также показали, что определенная часть аммиака образовавшаяся из глутамин в корк

вом слое почек происходит из аминной группы глютаминовой кислоты.

Параллельно проведенные исследования по определению содержания глютаминовой кислоты (табл. 2) показали, что несмотря на высокую глютаминазную активность коркового слоя почек, обуславливающую расщепление сравнительно большего количества глютамина, чем в других тканях, тем не менее после инкубации в срезах коркового слоя почек определяется меньше глютаминовой кислоты, чем в мозговом слое почек, в коре головного мозга, печени, а также и в гомогенате коры почек. Эти данные показывают, что значительная часть глютаминовой кислоты, образовавшейся из глютамина, деаминируется срезами кор-

Таблица 2

Содержание глютаминовой кислоты в различных тканях после инкубирования их с глютамином

Вид ткани	Препарат	Количество глютаминовой кислоты, $\mu\text{M}/\text{г}$ ткани/час		
		Контроль	Глютамин	Разница
Корковый слой почек	Срезы	3,4±0,5	5,8±0,6	2,4
	Гомогенат	6,6±0,8	12,1±1,5	5,5
Мозговой слой почек	Срезы	4,8±0,7	10,4±1,4	5,6
Печень	Срезы	2,8±0,3	4,3±0,5	1,5
	Гомогенат			
Кора головного мозга	Срезы	3,4±0,6	7,3±0,6	4,0

кового слоя почек в ходе инкубации, а в других тканях и в гомогенате коркового слоя почек, так как эта аминокислота почти не подвергается деаминации, то она накапливается в результате расщепления глютамина. Исключение составляют срезы печени. По-видимому, здесь глютаминовая кислота, образовавшаяся из глютамина, принимает участие в определенных биохимических процессах (процессы нейтрализации, синтез глютамина и др.) в результате чего и не наблюдается накопление ее в ощутимых количествах. Не исключена возможность, что эта аминокислота в печеночной ткани подвергается деаминации, но так как образовавшийся аммиак интенсивно нейтрализуется путем синтеза мочевины, то прироста его не наблюдается. Это мнение поддерживается и тем, что при инкубировании гомогенатов печени, где синтетические процессы и деаминация аминокислот протекают сравнительно слабо, образовавшаяся из глютамина глютаминовая кислота накапливается в значительно большем количестве, чем в срезах.

Результаты проведенных исследований показывают, что α -КГЛ, которая является продуктом метаболических превращений ряда веществ, не оказывая влияния на образование и выделение аммиака из глютамина в корковом слое почек (а также и в мозговом слое почек) регулирует обмен глютаминовой кислоты, играющей важнейшую роль

во многих биохимических процессах, в том числе и в нейтрализации аммиака в различных тканях.

Институт биохимии
Академии наук Армянской ССР

Ա. Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ժ. Ս. ԿԵՎՈՐՅԱՆ

Ալֆա-կետոգլյուտարաթթվի ազդեցությունը գլյուտամինից
երիկամային հյուսվածքի տարբեր շերտերում ամոնիակի
սուաքացման ընթացքի վրա

Ստացված տվյալները ցույց են տվել, որ սպիտակ առնետների երիկամների կեղևային շերտի կտրվածքներում, ալֆա-կետոգլյուտարաթթուն (α -ԿԳ) ղգալի շափով ննչում է ամիակի սուաքացումը գլյուտամինից: Մինչդեռ այս հյուսվածքի հոմոգենատների վրա այդ կետոթթուն համարյա ազդեցութուն չի ցուցաբերում: Երիկամի միջուկային շերտում, ինչպես նաև լյարդի և ուղեղային հյուսվածքներում α -ԿԳ ցուցաբերում է թույլ արգելակող ազդեցութուն:

Պարզվել է, որ կեղևային շերտի կտրվածքների վրա α -ԿԳ ունեցած ուժեղ ազդեցութունը պայմանավորված է գլյուտամինաթթվի դեհիդրոգենազայի ակտիվության վրա՝ այդ կետոթթվի արգելակող ազդեցությամբ: Կեղևային շերտի հոմոգենատներում α -ԿԳ համարյա ազդեցութուն չունի գլյուտամինազայի ակտիվության վրա:

Այսպիսով երիկամային հյուսվածքում (հնարավոր է նաև այլ հյուսվածքներում) α -ԿԳ արգելակելով գլյուտամատ-դեհիդրոգենազայի ակտիվութունը կանոնավորում է այդ ամինաթթվի փոխանակութունը, մյուս կողմից ազդեցութուն չցուցաբերելով գլյուտամինազա 1 վրա չի արգելակում ամոնիակի արտազատումը օրգանիզմից:

УДК 612.822.1

ԲԻՈԲԻՄԻԱ

Ա. Ա. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

ՕՔՍԻԴԱՑԻՈՆ ՅՈՍՏՈՐԻԼԱՑՄԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
ՈՒՂԵՂԻ ՄԻՏՈՔՈՆԴՐԻԱՆԵՐԻ ՏԱՐՐԵՐ ՅՐԱԿՑԻԱՆԵՐՈՒՄ

(Ներկայացված է Հայկական ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս Հ. Խ. Բունյաթյանի կողմից 20/11 1970)

Այժմ արդեն հաստատվել է, որ դիֆերենցիալ ցենտրիֆուգացման սովորական եղանակով բջջային համոզենատից մեկուսացրած միտոքոնդրիանների ֆրակցիան չի կարելի համարել համասեռ (¹⁻³), ինչպես ցույց են տվել Կաֆֆն ու Շենյոբերը (⁴) և ուրիշ հետազոտողներ, միտոքոնդրիանների ելակետային ֆրակցիան սախարոզայի խտության գրադիենտում ցենտրիֆուգելու դեպքում բաժանվում է մի բանի ենթաֆրակցիաների, որոնք իրարից տարբերվում են ոչ միայն ձևաբանական առանձնահատկություններով, չափերով և խտությամբ, այլև ֆերմենտների սպեկտրների բնույթով, ճազարի սրտամկանի համոզենատից անջատված միտոքոնդրիանների բիոքիմիական անհամասեռությունը ցույց է տրվել նեյֆախի, Սոնախովի և ուրիշների հետազոտություններում (^{5,6}): Այդ աշխատություններում հայտնաբերվել է նաև, որ միտոքոնդրիանների տարբեր ֆրակցիաներում սերտ կապ գոյություն ունի մի կողմից զլիկոլիդը խթանող նյութերի արտազատման և մյուս կողմից ադենոզին-ևոֆոսֆատի համադրման միջև:

Նախկինում տարբեր հեղինակների (^{7,8}), ինչպես նաև Աթարեզովայի և Վեկսլերի (⁹) տվյալներով գլխուղեղից անջատված միտոքոնդրիանները նույնպես իրենցից ներկայացնում են հետերոգեն զանգված, բաղկացած են տարբեր ֆրակցիաներից և օժտված ձևաբանական ու ֆունկցիոնալ տարբեր հատկություններով: Մեր կողմից (¹⁰) ցույց էր տրվել, որ օնտոգենետիկ զարգացման տարբեր ստադիաներում հավի ուղեղից դիֆերենցիալ ցենտրիֆուգացման եղանակով անջատված միտոքոնդրիանների շորս ֆրակցիաները ԱՏՖ-ֆոսֆոհիդրոլազային, ակտիվության, ինչպես նաև օպտիկական հատկությունների տեսակետից միմյանցից տարբերվում են:

Այս աշխատանքում մեր նպատակն է հղել ուսումնասիրել օքսիդացիոն ֆոսֆորիլացման առանձնահատկությունները հավի սաղմի ուղեղից անջատված միտոքոնդրիանների տարբեր ֆրակցիաներում 2,4-դինիտրոֆենոլի (ԴՆՖ) ազդեցության տակ նրա օնտոգենետիկ զարգացման ընթացքում:

Փորձերը զրվել են սպիտակ լեզոն ցեղի հավերի սաղմի, ինչպես նաև հասուն հավերի ուղեղից անջատված միտոքոնդրիանների վրա: Միտոքոնդրիանների անջատումը կատարել ենք 0—2°-ի պայմաններում Մանդելի և աշխատա-

կիցների ⁽¹¹⁾ մեթոդով 0,25M սախարոզայի և 0,02M տրիս-HCl բուֆերի մեջ (pH-7,4): Լվանալուց հետո միտոքոնդրիաները սուսպենզել ենք վերցված քանակին համապատասխանող նույն լուրույթի մեջ (M₀ ֆրակցիա): Ելակետային M₀ ֆրակցիայի հետագա ֆրակցիոնացումը կատարվել է «Lourdes» մարկայի ցենտրիֆուգով (ստոր՝ 9RA) 0^o-ում հետևյալ սխեմայով՝

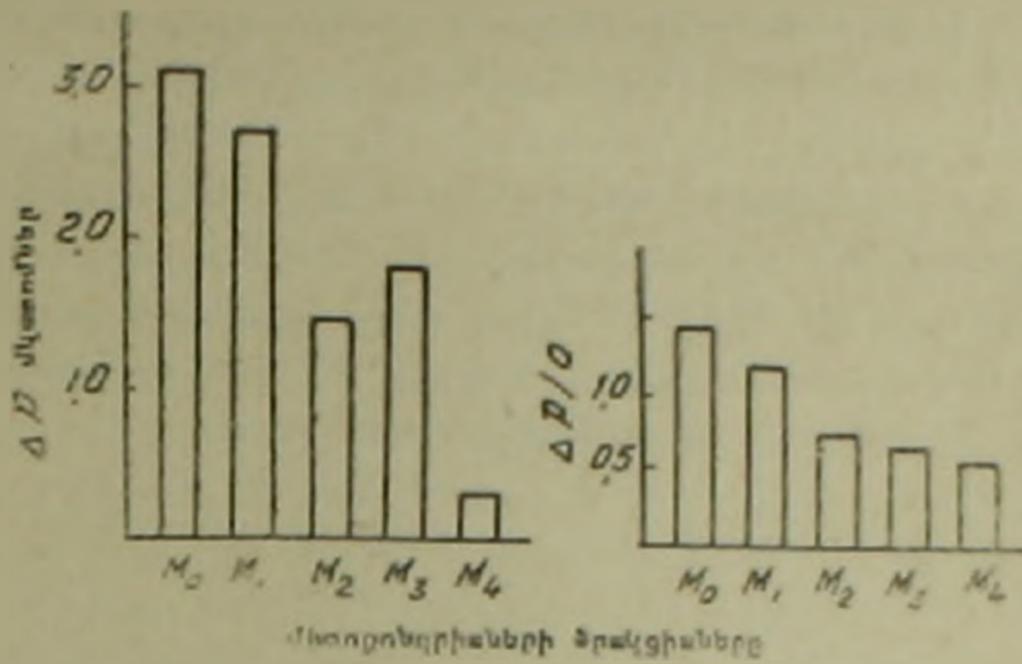
M ₀ ֆրակցիա	
1000 ց. 5 րոպե	
Նստվածք (M ₁ ֆրակցիա)	Վերնստվածքային հեղուկ
2300 ց. 5 րոպե	
Նստվածք (M ₂ ֆրակցիա)	Վերնստվածքային հեղուկ
6000 ց. 5 րոպե	
Նստվածք (M ₃ ֆրակցիա)	Վերնստվածքային հեղուկ
20000 ց. 5 րոպե	
Նստվածք (M ₄ ֆրակցիա)	Վերնստվածքային հեղուկ (Խափվել է)

Ստացված միտոքոնդրիաների համապատասխան ֆրակցիաները սուսպենզել ենք 0,25M սախարոզայի և 0,02M տրիս-HCl բուֆերում: Միտոքոնդրիաների մարրոսթյունը հետազոտել ենք ֆազակոնտրաստային միկրոսկոպով ⁽¹²⁾: Ուղեղի միտոքոնդրիաների շնչառությունը որոշել ենք վարրուրգի մանոմետրիկ եղանակով. դադային ֆազան եղել է մթնոլորտային օդը: Անօրգանական ֆոսֆատը որոշել ենք լոուրիի և լոպեյի մեթոդով: Ստացված տվյալները հաշվել ենք 1 մգ սպիտակուցի հաշվով, որը որոշել ենք ըստ լոուրիի և աշխ.:

Կատարված հետազոտություններից ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ հավի 13 օրական սաղմի ուղեղից անջատված միտոքոնդրիաների շորս տարրեր ֆրակցիաներն օժտված են շնչառական տարրեր ակտիվությամբ (աղ. 1): Ելակետային (M₀) ֆրակցիայի համեմատությամբ կլանված թթվածնի քանակն զգալիորեն պակասել է M₄ ֆրակցիայում: ԴեՖ-ի ներկայությամբ շնչառության աճը կոնտրոլի (առանց ԴեՖ-ի նմուշների) համեմատությամբ M₀ ֆրակցիայում կապվել է մոտ 39, իսկ M₄-ում՝ 47%: Միտոքոնդրիաների մյուս ֆրակցիաներում ԴեՖ-ը շնչառությունը չի խթանել և այն մնացել է կոնտրոլի մակարդակին:

Անօրգանական ֆոսֆատի էսթերիֆիկացման պրոցեսը համեմատաբար ինտենսիվ ընթացել է M₂ և M₃ ֆրակցիաներում: Այսպես, միտոքոնդրիաների էլակետային (M₀) ֆրակցիայում էսթերիֆիկացված ֆոսֆատի քանակը կազմել է 4,3 մկատում 1 մգ սպիտակուցին, իսկ M₂ և M₃ ֆրակցիաներում այն համապատասխանաբար հասել է 5,1 և 5,3-ի: Միտոքոնդրիաների M₄ ֆրակցիայում անօրգանական ֆոսֆատի էսթերիֆիկացումը, M₀-ի համեմատությամբ, ավելի դանդաղ է ընթանում: Միաժամանակ աղյուսակում բերված տվյալներից երևում է, որ ԴեՖ-ի ներկայությամբ սաղմի ուղեղից անջատված միտոքոնդրիաների էլակետային, ինչպես նաև մնացած ֆրակցիաներում ան-

արգանական ֆոսֆատի էսթերիֆիկացումը, բացառությամբ M_1 ֆրակցիայի. ճնշվում է: Սակայն ֆոսֆատի էսթերիֆիկացման արգելակումը բոլոր ֆրակցիա



Նկ. 1. էսթերիֆիկացված անօրգանական ֆոսֆատի թանակի և P_2O_5 -ի մեծությունը տարբերությունը կոնտրոլի համեմատությամբ 'ԻՆՖ' ի ազդեցության տակ չափի 13 սրական սաղմի ուղեղի միտոքոնդրիաների տարբեր ֆրակցիաներում

Աղյուսակ I

'ԻՆՖ'-ի ազդեցությունը չափի 13 սրական սաղմի ուղեղի միտոքոնդրիաների տարբեր ֆրակցիաների օքսիդացիոն ֆոսֆորիլացման վրա: Օքսիդացման սուբստրատ՝ սաթաթթու:

$M \pm n$

Միտոքոնդրիաների ֆրակցիաները	Կոնտրոլ			ԻՆՖ		
	0	p	P 0	0	p	P 0
M_0	2.25 ± 0.01 (4)*	4.30 ± 0.10 (4)	1.90 ± 0.04 (4)	3.12 ± 0.04 (4)	1.29 ± 0.20 (4) $P < 0.001$	0.41 ± 0.07 (4) $P < 0.001$
M_1	2.25 ± 0.03 (4)	4.34 ± 0.18 (4)	1.92 ± 0.08 (4)	2.25 ± 0.04 (4)	1.65 ± 0.28 (4) $P < 0.001$	0.72 ± 0.10 (4) $P < 0.001$
M_2	2.33 ± 0.05 (4)	5.10 ± 0.10 (4)	2.19 ± 0.10 (4)	2.51 ± 0.22 (4)	3.66 ± 0.32 (4) $P > 0.010$	1.46 ± 0.10 (4) $P < 0.005$
M_3	2.68 ± 0.12 (4)	5.39 ± 0.08 (4)	2.01 ± 0.01 (4)	2.57 ± 0.07 (4)	3.56 ± 0.47 (4) $P < 0.010$	1.38 ± 0.14 (4) $P < 0.005$
M_4	1.16 ± 0.07 (4)	2.30 ± 0.09 (4)	1.38 ± 0.25 (4)	2.45 ± 0.22 (4)	2.01 ± 0.04 (4) $P < 0.025$	0.82 ± 0.06 (4) $P > 0.050$

* Փորձերի թանակը:

Նկատարացման տեղությունը 30 բույս 26°C-ում, մթնայրտային օդի պայմաններում:

Ինկուբացիոն խառնուրդը (2 մլ) պարունակել է (մկմոլ-երով)՝ օքսիդացման սուբստրատ՝ սաթաթթու՝ 50, K_2HPO_4 ՝ 40, KCl ՝ 100, $MgCl_2$ ՝ 10, դյուրակա 150, ԱՏՏ՝ (Reanal)՝ 3 և 0.70 մկ բյուրեղական Նեքսոկինազա (Sigma Chemical Co.): Տարբեր ֆրակցիաներից միտոքոնդրիաներն ափսոսանքով են 2-3 մկ սպիտակուցի չափով: Ինկուբացիան կատարվել է 6 մկ 3.3 % -ոց կոքիոթացախաթթվով:

ներում միանման դինամիկայով չի ընթանում: 1 զծագրում բերված տվյալները ցույց են տալիս, որ M_0 -ից մինչև M_4 ֆրակցիան ԴՆՖ-ի ֆոսֆատի էսթերիֆիկացման պրոցեսը արգելակող հատկությունը օրինաչափորեն թուլանում է: Ինչպես նրևում է բերված զծագրից, օքսիդացման և ֆոսֆորիլացման հարաբերության գործակցի մեծությունը ԴՆՖ-ի ներկայությամբ, կոնտրոլի համեմատությամբ, նույնպես ենթարկվել է նման օրինաչափության:

Շնչառության, օքսիդացիոն ֆոսֆորիլացման պրոցեսներում 2,4-դինիտրոֆենոլի ներկայությամբ վերը բերված տեղաշարժերը որոշ փոփոխություններով երևան են գալիս նաև հասուն հավերի ուղեղից անջատված միտոքոնդրիանների շորս տարրեր ֆրակցիաներում (աղ. 2):

Աղյուսակ 2

ԴՆՖ-ի ազդեցությունը հասուն հավերի ուղեղի միտոքոնդրիանների տարրեր ֆրակցիաներում օքսիդացիոն ֆոսֆորիլացման վրա: Օքսիդացման սուբստրատ՝ սախարոս: $M \pm m$

Միտոքոնդրիանների ֆրակցիաներ	Կոնտրոլ			ԴՆՖ		
	0	P	P:0	0	P	P:0
M_0	1.51 ± 0.03 (6)	3.32 ± 0.57 (6)	2.20 ± 0.28 (6)	1.66 ± 0.10 (6) $P > 0.100$	0.42 ± 0.14 (6) $P < 0.001$	0.25 ± 0.09 (9) $P < 0.001$
M_1	1.64 ± 0.14 (10)	1.56 ± 0.35 (10)	0.95 ± 0.10 (10)	1.23 ± 0.14 (10) $P = 0.100$	0.17^* (10)	—
M_2	1.65 ± 0.09 (5)	2.62 ± 0.30 (5)	1.59 ± 0.30 (5)	1.62 ± 0.07 (8)	0.97 ± 0.18 (8) $P = 0.001$	0.60 ± 0.01 (8) $P > 0.010$
M_3	2.26 ± 0.09 (5)	3.15 ± 0.22 (5)	1.40 ± 0.22 (5)	2.14 ± 0.01 (10)	2.47 ± 0.30 (10) $P = 0.100$	1.15 ± 0.14 (10) $P > 0.400$
M_4	1.93 ± 0.24 (4)	1.72 ± 0.14 (4)	1.12 ± 0.05 (4)	2.49 ± 0.01 (4) $P < 0.005$	1.63 ± 0.17 (4)	0.65 ± 0.08 (4)

* Ազատ ֆոսֆատի էանակը:

ԴՆՖ-ը մեղքում է սաղմի, ինչպես նաև հասուն հավերի ուղեղից անջատված միտոքոնդրիաններում օքսիդացիոն ֆոսֆորիլացման պրոցեսը: Սակայն միտոքոնդրիանների տարրեր ֆրակցիաներում պրոցեսը միանման չէ: Հայտնի է, որ միտոքոնդրիաններում օքսիդացիոն ֆոսֆորիլացումը սերտորեն կապված է ԱՏՖ-ֆոսֆոհիդրոլազայի ակտիվության հետ: Միաժամանակ պարզվել է, որ ԴՆՖ-ը խթանում է ֆերմենտի ակտիվությունը: Կարծիք է հայտնվում, որ այդ գործոնի ազդեցության տակ խթանվում է օքսիդացիոն ֆոսֆորիլացման ենթադրվող որևէ միջանկյալ նյութի քայքայումը (նման արսենատի ազդեցությանը զրիկոլիդի վրա): Լուծիսը և Լիսլմանը⁽¹³⁾ ցույց են տվել, որ ԴՆՖ-ի ազդեցությամբ քչիջներում օքսիդացման և ֆոսֆորիլացման կապակցվածու-

թյունը խախտվում է և միջավայրում խիստ կերպով բարձրանում է ադենոզին-երկֆոսֆատի մակարդակը, որն իր հերթին խթանում է ուղեղի միտոքոնդրիաների շնչառությունը: Մեր փորձերում ԴՆՖ-ի ներկայությամբ զգալիորեն խթանվում է հավի ուղեղի միտոքոնդրիաների ԱՏՖ-ազայի ակտիվությունը (10): Սակայն այդ ազդեցությունը միտոքոնդրիաների տարբեր ֆրակցիաների ֆերմենտի վրա միանման չէ: Մ₁-ից մինչև Մ₄ ֆրակցիան ԴՆՖ-ի ԱՏՖ-ազան ակտիվացնող հատկությունը ակնառու մեծանում է: Ինչպես երևում է, սաղմի և հասուն հավերի ուղեղից անջատված միտոքոնդրիաների տարբեր ֆրակցիաներում ԴՆՖ-ի ներկայությամբ օրսիդացիոն ֆոսֆորիլացման ճեղքման տարբեր մակարդակը սերտորեն կապված է ԱՏՖ-ազայի ակտիվ ներգործության հետ: Բերված տվյալները հաստատում են, որ հավի օնտոգենեզում ուղեղի միտոքոնդրիաների տարբեր ֆրակցիաները հետերոգեն են և իրարից տարբերվում են ոչ միայն ֆունկցիոնալ, ձևարանական և օպտիկական հատկություններով (11), այլև շնչառական թույնների նկատմամբ ունեցած տարբեր ազդեցությամբ: Այդ անհամասեռությունը հավի օնտոգենեզում, ուղեղի զարգացման տարբեր փուլերում ընդհանուր գծերով նույնն է:

Հավական ՍՍՀ գիտությունների ակադեմիայի
բիոքիմիայի ինստիտուտ

А. А. Симонян

Особенности окислительного фосфорилирования в различных фракциях митохондрий мозга

В онтогенезе кур изучалось влияние ДНФ (2,4-динитрофенол) на окислительное фосфорилирование в различных фракциях митохондрий, выделенных из мозговой ткани. Результаты исследований показывают, что четыре фракции (М₁—М₄) митохондрий, выделенных из мозга 13-дневных эмбрионов, а также зрелых кур, обладают различной дыхательной активностью. В присутствии ДНФ дыхание особенно стимулируется в фракции М₄ (20000 g). Во всех выделенных фракциях митохондрий под влиянием ДНФ угнетается процесс эстерификации неорганического фосфата. Однако этот процесс во всех фракциях протекает неодинаково. Результаты исследования показывают (рис. 1), что угнетение ДНФ-ом процесса эстерификации фосфата от фракции М₁ до М₄ постепенно падает. Такая же закономерность наблюдается в величине коэффициента соотношения окисления и фосфорилирования. Вышеприведенные сдвиги в процессах дыхания и окислительного фосфорилирования под влиянием ДНФ у 13-дневных эмбрионов, с некоторыми изменениями, отмечаются также в различных фракциях митохондрий, выделенных из мозговой ткани зрелых кур.

БИОХИМИЯ

УДК 577.7:611.36.612.015.33

Г. В. Априкян, Г. А. Мкртчян

Дыхание, содержание дикарбоновых аминокислот, глутаминна
 и образование аммиака в митохондриях печени белых крыс
 в зависимости от возраста

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 16/XII 1970)

В раннем постнатальном онтогенезе происходит заметное усиление окислительных процессов в печени (1-3). По нашим данным, при использовании в качестве субстрата окисления глутаминовой кислоты (ГК) интенсивность дыхания митохондрий печени возрастает в основном до 10-дневного возраста. Имеются данные, что интенсивность дыхания гомогенатов и митохондрий печени при использовании различных субстратов, в том числе и ГК, при старении не претерпевает заметных изменений (4-6). Однако наши исследования показали, что у старых животных окисление ГК заметно усиливается. АДФ у всех возрастных групп значительно стимулирует окисление ГК, этот эффект АДФ при старении проявляется в меньшей степени, что выражается в заметном снижении величины коэффициента регуляции дыхания.

Содержание дикарбоновых аминокислот в печени в течение первой недели жизни не изучено, имеется лишь указание, что в период от 10-15-дневного возраста до половой зрелости их количество не претерпевает заметных изменений (7-9). По данным Париной и Мышченко, уровень дикарбоновых аминокислот в целой печени при старении белых крыс по сравнению с половозрелым возрастом заметно снижается (8,9).

В литературе отсутствуют сведения относительно эндогенного дыхания, содержания дикарбоновых аминокислот и процессов образования аммиака в митохондриях печени в течение всего постнатального периода развития. Опыты были поставлены нами на белых крысах в возрасте 1; 10; 21; 90; 360 и 720 дней. Для каждой пробы использовали 1 мл митохондриальной взвеси, которая соответствовала 500 мг свежей ткани печени, инкубировали в специально подобранном нами К-фосфатном буфере (10). АДФ и малонат добавляли к реакционной смеси 2 и 20 мМ соответственно (конечная концентрация). Инкубацию проводили в атмосфере кислорода при 37° в течение 40 минут. Данные выражали в нкмоль/г свежей ткани/40 минут. Аминокислоты определяли

методом электрофореза на бумаге (11), аммиак и глутамин—микродиффузионным методом (12), поглощение кислорода—манометрическим методом Варбурга.

Результаты наших исследований показали, что интенсивность эндогенного дыхания митохондрий печени белых крыс в значительной степени усиливается до 21-дневного возраста, однако наиболее сильное его возрастание происходит к 10-му дню (табл. 1). В наших других иссле-

Таблица 1

Дыхание митохондрий (мкмоль/г свежей ткани/30 минут) печени белых крыс в зависимости от возраста

Возраст, дни	Контроль	АДФ		Малонат		АДФ+малонат	
		количество	разница с контролем	количество	разница с контролем	количество	разница с АДФ
<1	1,07±0,04 (4)	1,05±0,08 (4)	-0,02	0,22±0,02 (4)	-0,85	0,13±0,02 (4)	-0,92
10	7,19±0,40 P<0,001 (11)	7,63±0,14 (12)	+0,44	0,83±0,01 (6)	-6,36 P<0,001	1,19±0,13 (8)	-6,44 P<0,001
21	10,07±1,03 P<0,05 (9)	10,37±1,05 (12)	+0,30	1,21±0,13 (4)	-8,86 P<0,05	0,96±0,10 (4)	-9,41 P<0,025
90	7,04±0,36 P<0,025 (10)	7,14±0,34 (10)	+0,10	0,76±0,13 (4)	-6,28 P=0,05	0,66±0,09 (4)	-6,46 P<0,05
360	10,5±0,5 P=0,005 (14)	10,43±0,28 (9)	-0,07	1,83±0,13 (5)	-8,67 P=0,05	1,51±0,18 (5)	-8,92 P<0,05
720	7,21±0,30 P=0,01 (10)	7,27±0,30 (6)	+0,06	1,49±0,15 (4)	-5,72 P<0,05	1,32±0,18 (4)	-5,95 P=0,025

дованиях также было показано, что дыхание митохондрий печени при использовании в качестве субстрата окисления ГК усиливается в основном до 10-дневного возраста. Как видно из табл. 1, дыхание митохондрий печени у половозрелых животных (90 дней) по сравнению с 21-дневными заметно снижается, у годовалых снова возрастает, приближаясь к уровню 21-дневных, а при старении в значительной степени падает. Эти данные согласуются с результатами наших исследований, свидетельствующих о том, что потенциальные возможности митохондрий печени к окислению добавленной ГК заметно снижаются к старости. Однако они находятся в противоречии с результатами ряда авторов, которым не удалось получить какие-либо сдвиги в интенсивности дыхания гомогенатов и митохондрий печени при использовании различных субстратов, в том числе и ГК (1-6). Исходя из этих результатов

Стрелер и сотр. приходят к ошибочному заключению, что митохондрии печени при старении остаются молодыми (6). Полученные нами данные согласуются с результатами других исследователей, показавших, что в печеночной ткани при старении происходят значительные изменения, выражающиеся в уменьшении количества паренхиматозных клеток, появлении гигантских ядер, уменьшении количества митохондрий и увеличении их размеров (13-14).

Как видно из табл. 1, на всем протяжении постнатальной жизни белых крыс АДФ не оказывает существенного влияния на эндогенное дыхание. С другой стороны, начиная с новорожденного возраста, малонат оказывает сильное ингибирующее действие на эндогенное дыхание. Соответствующие расчеты показывают, что ингибирование дыхания малонатом у 1; 10; 21; 90; 360 и 720-дневных животных составляет соответственно 79,4; 88,5; 88,0; 89,2; 82 и 79,3%, т. е. эффект малоната несколько усиливается к 10-дневному возрасту, остается на этом уровне до половой зрелости и постепенно снижается до старости. Подавляющее действие малоната на эндогенное дыхание сохраняется и в присутствии АДФ.

В митохондриях печени количество ГК и аспарагиновой кислоты (АК) значительно увеличивается к 10-му дню, остается без изменения до половой зрелости, после чего постепенно снижается и достигает минимальной величины у старых особей, однако следует отметить, что более выраженное снижение наблюдается в содержании АК (табл. 2).

Таблица 2

Количественные сдвиги в содержании глутаминовой, аспарагиновой кислот, глутаминна и аммиака (мкмоль/г свежей ткани) в митохондриях печени белых крыс в зависимости от возраста

Аминокислоты, глутамин и аммиак	Возраст, дни					
	<1	10	21	90	360	720
Глутаминовая кислота	0,23±0,02 (9)	0,40±0,03 P<0,01 (15)	0,38±0,02 P>0,5 (12)	0,40±0,03 P>0,5 (15)	0,35±0,01 P>0,1 (12)	0,34±0,01 P>0,2 (18)
Аспарагиновая кислота	0,26±0,02 (9)	0,49±0,02 P<0,001 (15)	0,47±0,04 P>0,5 (18)	0,41±0,01 P>0,1 (12)	0,30±0,02 P<0,001 (13)	0,24±0,01 P<0,01 (18)
Глутамин	0,43±0,023 (5)	0,59±0,04 P<0,005 (9)	0,48±0,05 P>0,1 (9)	0,73±0,03 P<0,005 (10)	0,47±0,04 P<0,001 (11)	0,37±0,04 P>0,05 (10)
Аммиак	0,29±0,02 (8)	0,35±0,03 P=0,05 (9)	0,29±0,03 P>0,1 (11)	0,33±0,03 P>0,2 (11)	0,48±0,04 P<0,01 (16)	0,52±0,03 P>0,4 (15)

Наши данные о количественных сдвигах в содержании ГК и АК при старении согласуются с результатами других авторов, в исследованиях которых отмечалось понижение уровня указанных аминокислот в пече-

Таблица 3

Аммиакообразовательная функция (мкмоль/г свежей ткани/40 минут)
митохондрий печени белых крыс в зависимости от возраста

Возраст, дни	До инкубации	После инкубации							
		Контроль		АДФ		Малонат		АДФ+малонат	
		количество	разница	количество	разница с контролем	количество	разница с контролем	количество	разница с АДФ
1	$0,29 \pm 0,02$ (8)	$0,76 \pm 0,06$ (6)	+0,47	$2,16 \pm 0,14$ (4)	+1,40	$0,91 \pm 0,04$ (5)	+0,15	$2,24 \pm 0,1$ (4)	+0,08
10	$0,35 \pm 0,03$ (9)	$1,14 \pm 0,04$ (9)	+0,79 $P < 0,001$	$2,95 \pm 0,10$ (10)	+1,81 $P < 0,005$	$1,20 \pm 0,03$ (7)	+0,06	$3,11 \pm 0,08$ (10)	+0,16
21	$0,29 \pm 0,03$ (11)	$1,36 \pm 0,07$ (8)	+1,07 $P < 0,01$	$3,08 \pm 0,09$ (8)	+1,72 $P > 0,2$	$1,24 \pm 0,07$ (8)	-0,12	$3,11 \pm 0,11$ (10)	+0,03
50	$0,33 \pm 0,03$ (10)	$1,59 \pm 0,09$ (10)	+1,26 $P > 0,05$	$3,80 \pm 0,23$ (10)	+2,21 $P < 0,005$	$1,66 \pm 0,17$ (6)	+0,07	$3,74 \pm 0,13$ (8)	-0,06
360	$0,48 \pm 0,04$ (16)	$1,77 \pm 0,09$ (11)	+1,29 $P > 0,5$	$3,48 \pm 0,18$ (10)	+1,71 $P < 0,01$	$2,01 \pm 0,04$ (6)	+0,24	$3,91 \pm 0,37$ (6)	+0,43
720	$0,52 \pm 0,03$ (15)	$1,82 \pm 0,08$ (12)	+1,30 $P > 0,5$	$3,81 \pm 0,18$ (8)	+1,99 $P > 0,05$	$1,90 \pm 0,12$ (6)	+0,08	$4,27 \pm 0,17$ (6)	+0,46

ни в этом возрасте. Было высказано предположение, что уменьшение содержания ГК и АК в печени при старении в основном обуславливается понижением проницаемости клеточных мембран в отношении этих аминокислот (19). Однако наши исследования показали, что при добавлении к инкубационной среде ГК без АДФ поглощение кислорода митохондриями печени при старении заметно усиливается, свидетельствуя о том, что проницаемость митохондрий в отношении ГК при старении не ухудшается.

При инкубации митохондрий печени количество ГК в них несколько уменьшается и соответственно увеличивается АК, однако в возрастном аспекте особых закономерностей в этом процессе нами не было обнаружено.

Содержание глутамина в митохондриях печени с момента рождения до 10-дневного возраста заметно увеличивается, остается без каких-либо изменений к 21-му дню, а в период половой зрелости несколько увеличивается.

Содержание свободного аммиака повышается к 10-му дню и на этом уровне сохраняется до половой зрелости. В митохондриях печени при старении по сравнению с половозрелым возрастом содержание глутамина значительно уменьшается и соответственно увеличивается количество свободного аммиака (табл. 2). Эти данные свидетельствуют, что глутаминсинтетазная активность митохондрий печени к старости заметно снижается.

При инкубации митохондрий отмечается некоторое снижение в них глутамина, которое не подвергается особым возрастным изменениям.

В митохондриях печени новорожденных крыс при инкубации в течение 40 минут образуется определенное количество аммиака из эндогенных источников, интенсивность которого заметно увеличивается до 10-дневного возраста, к 21-му дню продолжается некоторое усиление этого процесса, а в последующем никаких сдвигов не обнаруживается (табл. 3). При добавлении к инкубационной среде АДФ наблюдается значительное образование аммиака из него, интенсивность которого заметно возрастает до 10-дневного возраста, а у более старших возрастных групп, вплоть до наступления старости заметных сдвигов не обнаруживается. Данные табл. 3 также показывают, что у всех возрастных групп малонат не оказывает существенного влияния на образование аммиака из эндогенных источников и АДФ. Интенсивное образование аммиака из АДФ свидетельствует, что в балансе образования аммиака из эндогенных источников аденин-нуклеотиды могут играть определенную роль. Продукция аммиака из эндогенных источников и АДФ при старении поддерживается на высоком уровне, однако нами показано, что при определенных условиях ГК продуцирует значительное количество аммиака, интенсивность которого заметно снижается к старости.

Полученные нами результаты позволяют заключить, что дыхание митохондрий печени, содержание в них дикарбоновых аминокислот, аммиака и глутамина способно к образованию аммиака из эндогенных

источников и АДФ достигают «взрослого уровня» к 10-дневному возрасту, а в период старения в значительной степени онижаются: величина эндогенного дыхания, количество ГК, АК и глутамина; содержание свободного аммиака заметно увеличивается, а интенсивность образования свободного аммиака из эндогенных источников и АДФ особым изменениям не подвергается.

Институт биохимии
Академии наук Армянской ССР

Գ. Վ. ԱՊՐԻՆՅԱՆ, Գ. Հ. ՄԿԻՏՅԱՆ

Շնչառությունը, երկարրոնային ամինաթթուների, գլուտամինի պարունակությունը և ամոնիակի առաջացումը սպիտակ առնետների լյարդի միտոքոնդրիաներում՝ կախված հասակից

Ստացված տվյալները վկայում են այն մասին, որ սպիտակ առնետների լյարդի միտոքոնդրիաների շնչառությունը, երկարրոնային ամինաթթուների ամոնիակի ու գլուտամինի պարունակությունը, ամոնիակի առաջացումը էնդոգեն աղբյուրներից և ադենոսինդիֆոսֆատից (ԱԴՖ) α հասուն մակարդակին են հասնում 10-օրեկան հասակում:

Սերացման ընթացքում մեծ չափով թուլանում է էնդոգեն շնչառությունը և իջնում է երկարրոնային ամինաթթուների ու գլուտամինի քանակը, այնինչ ազատ ամոնիակի քանակը զգալի բարձրանում է, իսկ էնդոգեն աղբյուրներից և ԱԴՖ-ից ազատ ամոնիակի առաջացումը առանձին փոփոխության չի ենթարկվում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ W. W. Westerfeld, D. A. Richter, J. Biol. Chem., 184, 163 (1950). ² J. F. Roux, A. Dinnerstein, S. L. Romney, Nature, 194, 875 (1963). ³ C. A. Lang, Biochem. J., 95, 365 (1965). ⁴ C. H. Barrows, M. J. Ylengst, N. W. Shock, J. Geront., 13, 351 (1958). ⁵ E. C. Weinbach, J. Garbus, J. Biol. Chem., 234, 412 (1959). ⁶ Ph. H. Gold, M. V. Gee, B. L. Strehler, J. Geront., 23, 509 (1968). ⁷ M. S. Dunn, E. A. Murphy, Cancer Res., 18, 569 (1958). ⁸ E. B. Парина, Материалы симп. по осн. пробл. возр. физиол. и биох., Изд. ХГУ, 22, 1965. ⁹ E. B. Парина и В. П. Мышченко, Ж. эвол. биох. и физиол., 2, 439 (1966). ¹⁰ Г. В. Априкян и В. А. Шагинян, Вопросы биохимии мозга, Изд. АН Арм ССР, 5, 17, 1969. ¹¹ W. Grassmann, E. Hanning, M. Plockl, Z. Physiol. Chem., 299, 258 (1955). ¹² А. И. Сулакова, Г. П. Труш и А. Яволякова, Вopr. мед. химии, 5, 539 (1962). ¹³ H. Taucht and T. Sato, J. Geront., 17, 254 (1962). ¹⁴ H. Taucht and T. Sato J. Geront., 23, 454 (1968).

УДК 595.78

А. К. Загуляев

Myrmecozela armeniaca sp. n. — новый вид моли из Армении
 (Lepidoptera, Tineidae)

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР В. О. Казаряном 28/XII 1970)

Описываемая моль принадлежит к обширному подсемейству степных детритофагов *Myrmecozelinae*, насчитывающему в Палеарктике 86 видов, основная масса которых сосредоточена в Средиземноморье, в СССР известно 32 вида, из них на Кавказе 14, в том числе в Армении 4.

В последнее время получены дополнительные сведения, касающиеся биологии молей—степных детритофагов.

Гусеницы этих молей живут в паутинистых ходах, проложенных в дерновине злаков, и лишь немногие виды селятся в гнездах шмелей, а также в муравейниках и термитниках. Переход к степной детритофагии—питанию отмершими частями травянистых растений, что типично для большинства современных представителей подсемейства, начался с развития их в лесной подстилке и питания заплесневевшими остатками. Гусеницы окукляются в расширении вентиляционного хода вблизи поверхности. Имеются виды с безкрылыми самками. Яйца откладываются кучками на различный субстрат и покрываются шелковистым пушком. Вышедшие из яиц гусеницы в течение нескольких дней могут оставаться без пищи и у многих видов пассивно переносятся на паутинке потоком воздуха.

Интересно отметить, что слабая подвижность самок и связанная с этим редкость их обнаружения исследователями привели к тому, что самки большинства видов *Myrmecozelinae* неизвестны специалистам.

Тип описываемого вида хранится в коллекции Зоологического института АН СССР (Ленинград).

Myrmecozela armeniaca Zagulajev, sp. n. Внешние признаки имаго. Опушение головы тускло-желтовато-охристое. Губные щупики снаружи светло-бураватые.

Грудь и тегулы тускло-буровато-охристые. Размах передних крыльев самки 19,5 мм. Передние крылья тускло-желтовато-охристые с более плотным опылением в вершине радиокубитальной ячейки и в конце анальной складки. Ясно выраженного рисунка в виде темных, черно-

ватых пятнышек или штрихов нет. Задние крылья желтовато-пепельные с золотистым блеском. В переднем крыле расстояние между основаниями R_2 и R_3 в $1\frac{1}{2}$ —2 раза больше такового между R_3 и R_4 . Расстояние между основаниями M_3 и Cu_1 в 7 раз меньше расстояния между основаниями Cu_1 и Cu_2 . В заднем крыле окончание Sc незначительно ближе к вершине крыла, чем к основанию ветви R .

Самец неизвестен.

Гениталии самки (рис. 1). Проток совокупительной сумки короткий и сама сумка лежит в 7-м сегменте. Сигна узкая прямая, ее передний конец со многими рядами шипов.

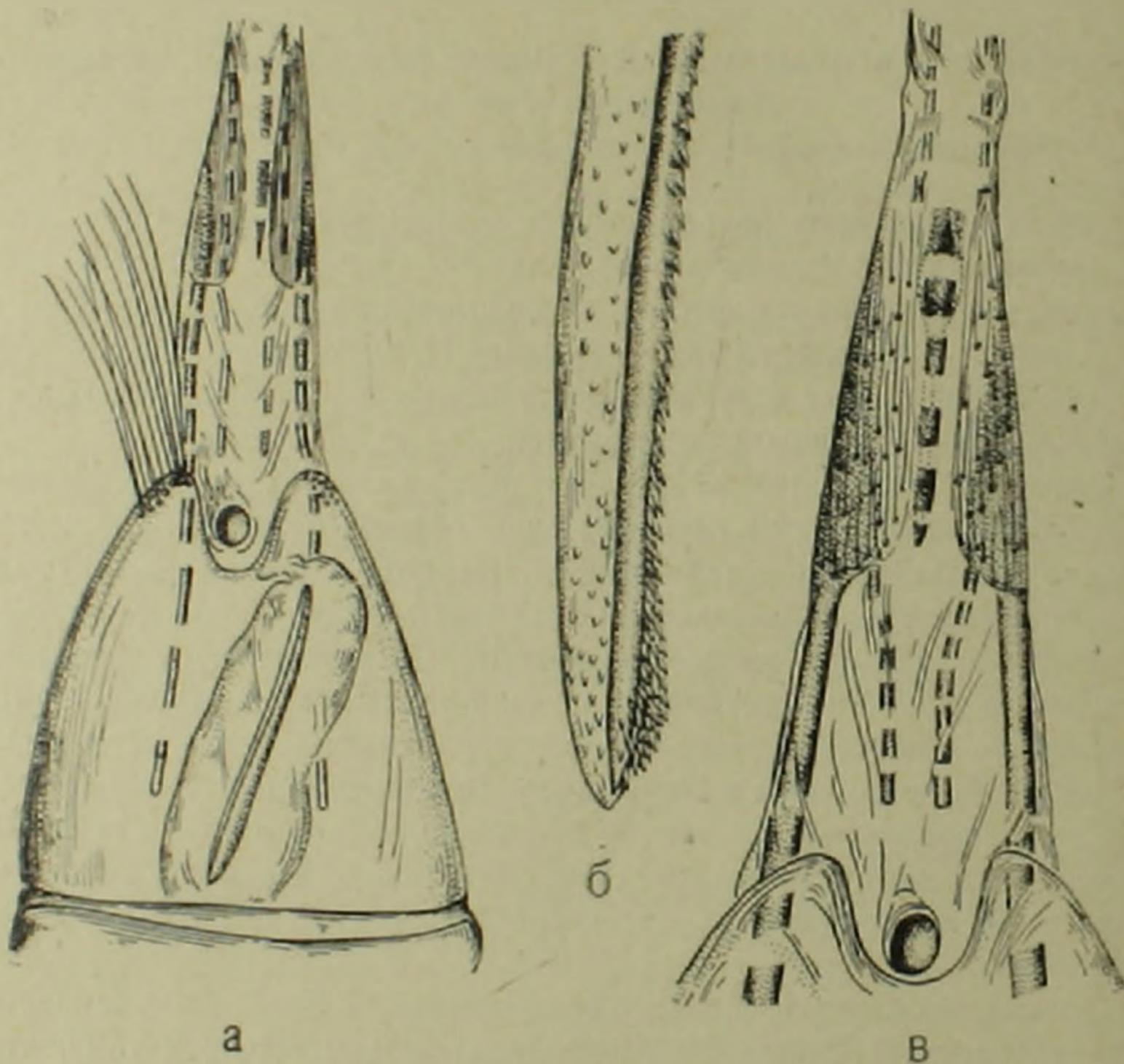


Рис. 1. Гениталии самки *Myrmecozela urmentaca* Zag., sp. n.: а—общий вид; б—передний конец сигны (большое увеличение); в—область вагинальной пластинки. Препарат 10059 ♀. Ереван

Сравнительные замечания. Желтовато-охристые без рисунка передние крылья сближают этот вид с *Myrmecozela rjabovi* Zag., однако новый вид отличается деталями жилкования: в переднем крыле дополнительная ячейка почти в 2 раза больше расстояния между основаниями Cu_1 и Cu_2 ; в заднем ветвь M_1 упирается в вершину крыла; расстояние между основаниями Cu_1 и Cu_2 в 8—10 раз больше такового между основаниями M_3 и Cu_1 и равно или незначительно больше дополнительной ячейки. По жилкованию заднего крыла вид очень близок к *M. ordu-*

basis Zag., по гениталиям самки близок к *M. rjabovi* Zag., но тергальная пластинка 8-го сегмента в 1 1/2 раза больше ширины сегмента на уровне отхождения передних апофиз; сигна равна длине 7-го стернита, считая от выемки его заднего края.

Распространение. Закавказье.

Исследованный материал. 1 ♀.

Закавказье, Армения, Ереван, окрестности зоопарка. 1 ♀ 19 V 1957, голотип, препарат гениталий 10059 ♀ (Загуляев)

Биология. Сухолюбивый вид. Экземпляр был пойман днем на выжженном солнцем каменистом с чахлой травянистой растительностью склоне ущелья.

Зоологический институт
Академии наук СССР

Ա. Կ. ԶԱԳՅԱԼՅԱՆԿ

Myrmecozela armeniaca sp. n. — գեղի հոր տեսակի Հայկական ՍՍՀ-ից
(Lepidoptera, Tineidae)

Երևանի շրջակայքում բռնված է գեղի մեկ օրինակ տափաստանային դետրիտոֆագներից (*Myrmecozelinae*): Այդ օրինակի դեներտալների ուսումնասիրությունը և նրա համեմատությունը ենթաընտանիքի պալեարկտիկ ներկայացուցիչների հետ հնարավորություն տվին այն նկարագրել որպես նոր տեսակ՝ *Myrmecozela armeniaca* Zag., sp. n.

УДК 595.763.7

С. М. Яблоков-Хизорян

Два новых вида пластинчатоусых из СССР
(Coleoptera, Scarabaeidae)

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР В. О. Казаряном 28/XII 1970)

Статья содержит описание двух новых видов пластинчатоусых, типы которых находятся в коллекциях Зоологического института АН Армянской ССР.

1. *Pseudopachydema medvedevi lablokoii-Khizorian* sp. nov.
Арм. ССР: Долина Азата, правый берег, не доезжая Гарни, на высоте около 1400 м над у. м., в белой рыхлой глинистой почве на пустынном восточном склоне, 16/VIII 1970, голотип, самка, найденная в земле под кустиком полыни около лисьей норы (в такой почве млекопитающие охотно роют норы).

Красно-бурый, лоб и диск переднеспинки темнее, надкрылья, брюшко и ноги буро-желтые, контур наличника и наружный край передних голеней зачернены. Усики желтые с темной булавой, волосистость желтая. Длина 9 мм. Рис. 1, а.

Лоб (рис. 1, б) голый, густо, пруго и вдавленноточечный на гладком фоне, точки почти соприкасающиеся; глаза сверху не видны, маленькие, расположены на нижней стороне головы, темя с гладкой поперечной полоской. Щеки выступают в виде маленького тупого зубца; наличник спаян с лбом без следа шва, с мелкой, очень поверхностной точечностью на шагренированном фоне, его передний край круто приподнят, двухлопастный, с глубокой срединной вырезкой, боковые края почти прямые, очень слабо вогнутые. Усики десятичлениковые, с пятичлениковой булавой, которая слегка короче стебелька, их первый членик в вершине вздутый, большой, второй округлый, прочие членики жгутика удлиненные, много уже второго, у самки членики булавки расположены один за другим, а не рядом, разной длины, второй и третий самые длинные, первый и пятый в 1,4 раза короче них.

Переднеспинка поперечная, окаймлена по всему контуру, ее передние углы тупые, боковые края без зазубрин, с бахромой из длинных торчащих щетинок, в передней половине почти прямолинейные, перед

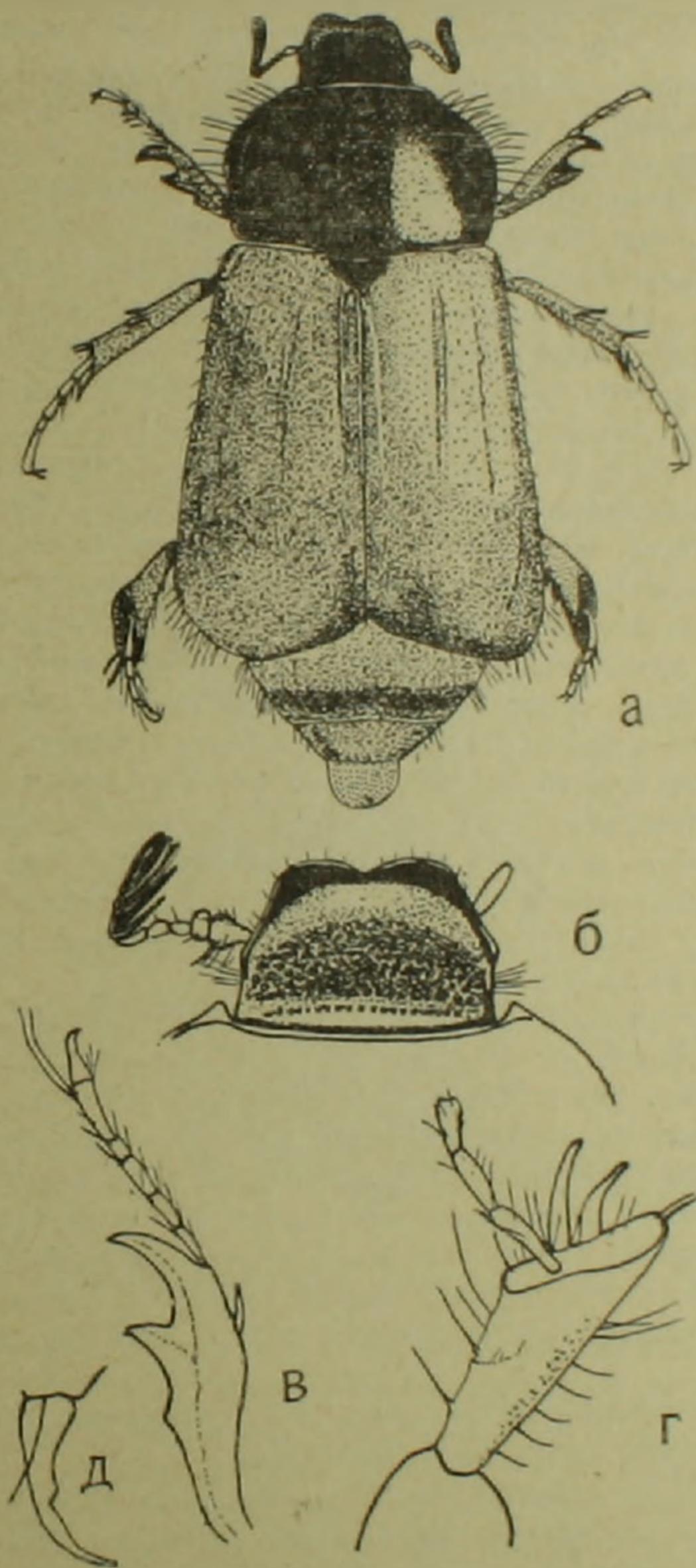


Рис. 1. *Pseudorachydes medvedevi* Khnz., sp. nov. а—общий вид $\times 10$, б—голова сверху $\times 20$; в—левая передняя голень и лапка $\times 20$, г—правая задняя голень $\times 20$; д—хоготок $\times 70$

серединной широко загнуты и закруглены до задних углов, которые не обособлены, основной край слабо двувыемчатый, с бахромкой из отвесно торчащих щетинок. Диск голый, довольно грубо и вдавленно точечный на нежно изодиаметральном шагренированном фоне, точки такого же размера как на лбу, рассеяны очень неравномерно, местами оставляют зеркальца, одно из них расположено вдоль середины и спереди перерезано очень короткой бороздкой, не достигающей переднего края. В каждой точке имеется по очень короткому волоску, не достигающему краев овоей точки. Щиток широко преугольный, неокайменный, с единичными мелкими точками. Надкрылья заметно расширены кзади, их боковой край прямолинейный от слабо выступающих плечевых загибов до широкого вершинного закругления, с бахромкой длинных ресничек, их задний край широко закруглен до тупых закругленных пришовных углов. Диск в такой же скульптуре, как переднеопинка, но точки более рассеянные, их волоски длиннее, выступают за края точек. Вдоль шва имеется почти цельная бороздка, на диске—следы трех продольных килей, приблизительно равно отдаленных друг от друга и от пришовной бороздки. Эпиплевры достигают основания пятого уростернита. Пропигидий и пигидий матовые, в рассеянной точечности и волосистости, которые на пропигидиуме немного гуще, чем на пигидиуме и образуют на нем неправильные поперечные ряды. Низ и ноги в длинной густой волосистости, сгущенной на груди. Передние голени (рис. 1, в) длиннее лапок, с тремя боковыми зубцами, их передний зубец загнут крючкообразно, длиннее прочих, средний равно отстоит от обоих соседних, расположен на уровне шпоры голени, задний—маленький. Средние голени расширены слабо, задние—треугольно (рис. 1, г), без четкого кля на их наружной стороне, но с его следом, с негустой точечностью и волосистостью и с двумя бахромками из длинных ресничек. Коготки (рис. 1, д) с тупым маленьким срединным зубчиком.

Этот вид типичный представитель рода *Pseudopachydema* Balzh. (1930), состоявшего, до сих пор, лишь из одного вида—*P. caucasica* Balzhasar, известного из Кировабада и Нах. АССР. Наш новый вид легко от него отличается гораздо меньшей величиной, резко двухцветной, а не одноцветной, окраской верхней части тела, формой надкрылий, расширенных кзади и с прямолинейным, а не округленным, боковым краем, глубокой вырезкой непунктированного наличника, иной формой более узких зубцов передних голеней, которые не короче, а длиннее передних лапок, отсутствием кля на внешней стороне задних и иной формой булавы.

Этот вид назван в честь известного отечественного специалиста по пластинчатоусым, проф. С. И. Медведева.

2. *Aphodius sartus* lablokoif-Khnzorian, nom. mut. Описанный нами на стр. 55 Зоосборника XV *Aphodius medvedevi*, 1970, из Таджикистана впал в гомонимы с *A. medvedevi* Nikritin, описанным в 1969 году из Уссурийского края, так как описание нашего вида значительно задержалось. Соответственно, мы переименовываем наш вид на *A. sartus* Khnz.

3. *Rhyssmodes nox lablokofi-Khuzorian*, sp. nov. Туркменская ССР: Карамет-Нияз, в восточных Каракумах у Мургабского канала, 23/IV 1968, голотип, самец, пойман на свет лампы.

Тело желтовато-бурое, края наличника и переднеспинки осветлены, конечности желтые. Длина 2,4 мм. Рис. 2.

Лоб выпуклый, немного пригнут вниз, покрыт крупными округлыми зернами, заметно отстоящими друг от друга, но местами сливающимися попарно в удлиненные косые зерна, расстояние между зернами в среднем меньше их диаметра. Темя гладкое. Глаза расположены на нижней части головы, их боковой край виден сверху. Щеки выступают перед глазами тупым треугольником, наличник с боков слабо вогнутый, с широкой срединной вырезкой, окаймленной двумя тупыми лопастями с закругленной вершиной. Переднеспинка поперечная, с широко закругленными боковыми краями, спереди зазубренными и снабженными тонкими длинными ресничками, задние углы широко закругленные, но намеченные, основание закруглено дугой с тонкими короткими негустыми ресничками. Диск с несколькими поперечными кляями, из них передний

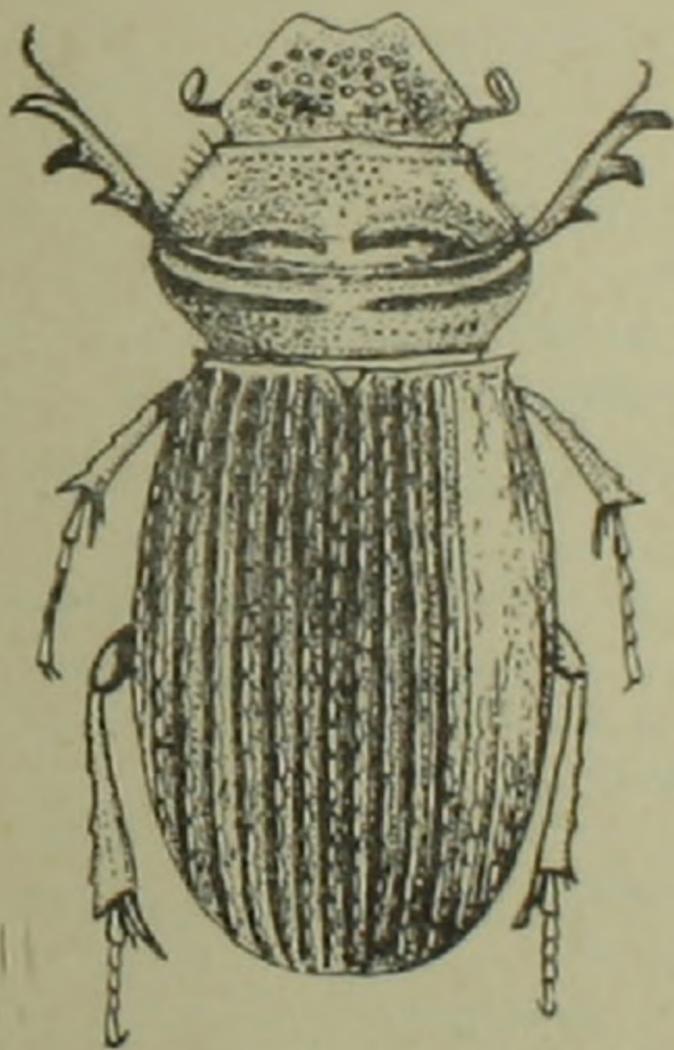


Рис 2. *Rhyssmodes nox* Khnz., sp. nov. —вид сверху $\times 30$

оведен к ряду мелких зерен, такие же зерна рассеяны за ним и сгущены у середины, представляют остаток второго кля, двойственного этому роду, третий укорочен, прерван у середины, образует две дуги, выпуклостью обращенные вперед, четвертый киль цельный, загнут дугообразно, у середины менее резкий, пятый также дугообразный, прерван у середины, за ним вдоль основания имеется еще нечеткий ряд из нескольких зернышек. Кили плоскозернистые, фон без явственной точечности, блестящий. Щиток маленький, треугольный. Плечи с острым выступающим зубцом. Надкрылья с тонкими цельными бороздками, усеянными

очень мелкими, малозаметными рассеянными точками, края которых не врезаются в края бороздок, и выпуклыми промежутками, покрытыми одним рядом крупных удлиненных, более или менее сливающихся зерен, образующих подобие килей на блестящем, нежно шагреневанном фоне. Основание сглаженное, без обособленного ряда зерен. Заднепродольная бороздка без точек на нежно шагреневанном фоне, посередине гладкая, с боков — с нежными морщинками, с цельной продольной бороздкой, перерезывающей ромбовидное вдавление (половой признак самца). Стерниги брюшка со следом поперечных зигзагообразных линий, состоящих из коротких дуг, выпуклостью обращенных вперед. Передние голени с тремя большими изогнутыми острыми зубцами, из них самый длинный средний, их большая шпора длиннее двух первых члеников передних лапок, вместе взятых. Средние и задние голени слабо утолщены, большая шпора задних голеней по длине равна двум первым членикам задних лапок, взятым вместе. На каждой лапке пара очень тонких коготков.

Вместе с описываемым здесь видом род *Rhyssmodes* Reitter насчитывает шесть видов, из них *Rh. bouvieri* Clouet свойствен северному Китаю, *Rh. inscitus* Walk. — острову Цейлон. В СССР встречаются четыре вида

Определительная таблица видов рода *Rhyssmodes* Reitter из СССР. 1(2) Плечи закругленные, без зубца. Бока переднеоспинки закруглены слабо, с намеченными задними углами. Промежутки бороздок надкрылий шагреневанные, матовые, с одним рядом очень плоских, нерезких, удлиненно-овальных зерен. Тело желто-бурое. Длина 2,7 мм. Азербайджан (Геок-тапа) 1. *Rh. parvus* Balthasar, 1963.

2(1) Плечи с резким зубцом

3(4) Вдоль основания надкрылий тянется ряд крупных черных сдвоенных зерен, по форме резко отличающихся от зерен бороздок. Переднеоспинка со слабо закругленными боковыми краями, усаженными ресничками, как и основной край, и тупыми задними углами. Бороздки надкрылий широкие, их точки врезаются в края бороздок, промежутки шагреневанные, с одним рядом обособленных зерен или точек, часто рашпилевидных, и со следом второго ряда. Тело черно-бурое. Длина 3—3,8 мм. Средняя Азия, Афганистан

. 2. *Rh. tenuisculptus* Reitt., 1892

4(3) Надкрылья вдоль основания со сглаженной зернистостью, более мелкой, чем на промежутках. Боковой край переднеоспинки закруглен широко. Бороздки надкрылий узкие, их точки не врезаются в их края.

5(6) Переднеоспинка окаймлена бахромкой из толстых белых чешуек вдоль основного и боковых краев. Наличник перед щеками слегка выпуклый. Лоб очень густо и мелко зернистый на матовом фоне, зерна

почти соприкасающиеся. Промежутки бороздок надкрылий не шагренированные, с одним—двумя рядами конических зерен, четко обособленных друг от друга, в чешуйчатой скульптуре. Тело черно-бурое. Длина 3—3,8 мм. Средиземноморье, Кавказ. Средняя Азия

3. *Rh. orientalis* Mulsant, 1875

6(5) Переднеспинка окаймлена бахромкой из тонких ресничек, длинных в передней части бокового края и коротких вдоль основания. Наличник перед щеками слегка вогнутый. Лоб крупнозернистый на блестящем фоне, зерна отстоят друг от друга на некоторое расстояние, но местами могут сливаться попарно. Промежутки бороздок надкрылий нежно шагренированные, с одним рядом плоских удлиненных зерен, сливающихся в кили. Тело желто-бурое. Длина 2,4 мм. Туркмения

4. *Rh. nox* Khnz., sp. nov.

Из этих видов *Rh. parvus* Balh. остался нам неизвестным, в таблицу включен согласно его первоописанию.

Зоологический институт
Академии наук Армянской ССР

ՈՒՄ. ՅԱՐԸՈՎՈՎ-ԿՆՉՈՐՅԱՆ

Թերթարեղիկների երկու նոր տեսակ ՍՍՀՄ-ից
(Coleoptera, Scarabaeidae)

Հոդվածը պարունակում է թերթարեղիկների երկու նոր տեսակի նկարագրությունը ՍՍՀՄ-ից՝ այդ թվում.

1. *Pseudopachydema medvedevi* Khnz. sp. nov. դասված է Հայի ՍՍՀ-ում՝ Կառնիի մոտ Աղասի գետի հովտում՝ ոչինչի տակ հողում աղվեսի որջը քանդելիս: Այս տեսակը *Pseudopachydema* սեռի երկրորդ ներկայացուցիչն է. առաջինը հայտնի էր Ադրբեջանից և Նախիջևանի ԱՍՍՀ-ից:

2. *Rhyssemodes nox* Khnz. sp. nov. բանված է Թուրքմենիայում. արևելյան Կարակումներում Կարամետ-Նիշագ գյուղի մոտ, լույսի տակ: Այս տեսակը սեռի վեցերորդ ներկայացուցիչն է և չորրորդը ՍՍՀՄ-ի ֆաունայի համար:

Բացի դրանից՝ 1970 թվին նկարագրված *Aphodius medvedevi* տեսակը վերանվանված է *A. sartus*, քանի որ նա համոնիմ դարձավ *Aphodius medvedevi* Nikritin, 1969:

УДК 612.8

В. В. Фанарджян, Г. С. Ордуян, С. А. Саакян, С. А. Арутюнян, И. А. Манвелян

**Статистический анализ фоновой импульсной активности нейронов
 красного ядра и ретикулярной формации среднего мозга у кошек
 в хроническом эксперименте**

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. А. Бакунцем 14/VII 1970)

За последнее время все большее значение приобретает статистический анализ фоновой активности нейронов как функции, отражающей динамику синаптических процессов и межнейронального взаимодействия (1,2). В связи с этим особый интерес представляют работы, выполненные на интактных животных, неосложненных наркозом и другими неблагоприятными факторами острого эксперимента. Ниже излагаются результаты подобного исследования фоновой активности нейронов красного ядра и ретикулярной формации среднего мозга—двух основных звеньев эфферентной системы мозжечка (3).

Эксперименты выполнены на взрослых интактных кошках с использованием методики жесткой фиксации головы в стереотаксическом аппарате (4). Электрическая активность нейронов отводилась экстраклеточно металлическими электродами с диаметром кончика порядка 1 мк. Для погружения микроэлектрода в мозг использовался микроманипулятор с шаговым двигателем. Локализация кончика микроэлектрода определялась электрокоагуляцией и последующим гистологическим изучением мозга.

Для каждого нейрона определялись следующие статистические параметры фонового ритма: средняя частота, общее количество интервалов в исследуемой последовательности, минимальное, максимальное и среднее значение интервалов и их дисперсия, среднее квадратическое отклонение, модальное значение, коэффициент вариации. Строились гистограммы распределения межимпульсных интервалов с различным шагом изменения значения интервала и график «частотной функции». Все вычисления производились на ЭВМ «Раздан—2». Ввод информации в вычислительную машину осуществлялся при помощи специально разработанной методики (5). Построение графиков производилось двухкоординатным регистрирующим прибором, смонтированным на выходе ЭВМ (6).

Была исследована фоновая активность 50 нейронов красного ядра и 25 нейронов ретикулярной формации в состоянии спокойного бодрствования подопытных животных. Большинство исследованных единиц

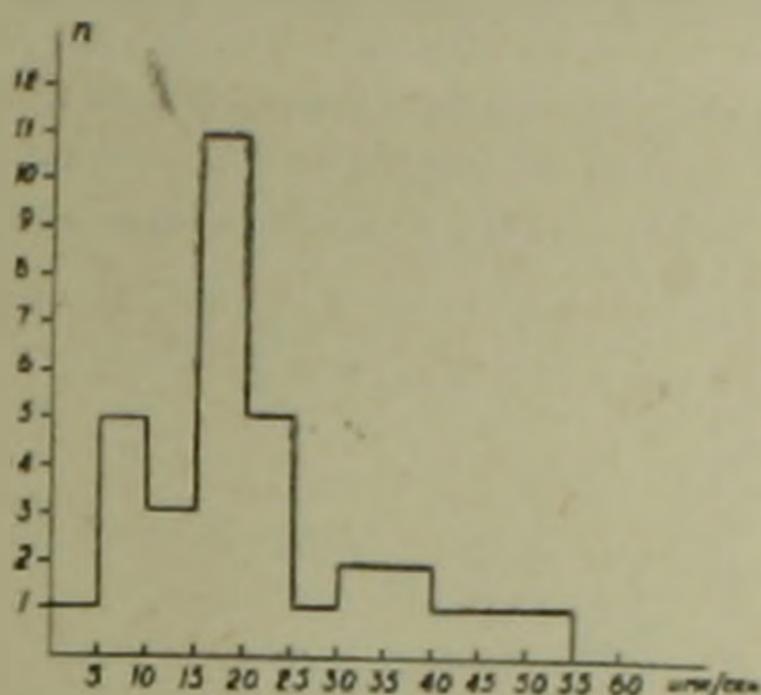


Рис. 1. Гистограмма частоты импульсной активности нейронов. По оси абсцисс — частота импульсной активности в 1 сек., по оси ординат — количество исследованных нейронов. Красное ядро

характеризовалось нерегулярными разрядами, частота которых варьировала в широких пределах. Для нейронов красного ядра она составляла 1—55 имп/сек; наиболее часто — 15—20 имп/сек (рис. 1). Нейроны ретикулярной формации обладали фоновой частотой 10—55 имп/сек. При построении гистограммы частоты импульсной активности их максимум также охватывал 15—20 имп/сек (рис. 2), но сама форма гис-

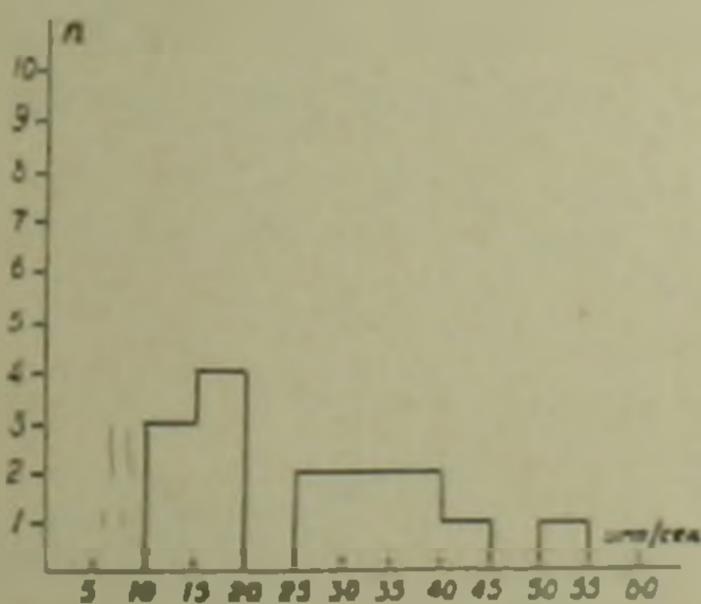


Рис. 2. То же, что и на рис. 1. Ретикулярная формация среднего мозга

тограммы отличалась от таковой для нейронов красного ядра.

Анализ вероятностного распределения межимпульсных интервалов обнаружил для большинства нейронов красного ядра и ретикулярной формации график плотности распределения, имеющий унимодальную асимметричную форму и подчиняющийся пуассоновскому закону. Наблюдалось также нормальное (гауссовское) распределение, а также распределения, не поддающиеся классификации. Из всех исследованных нейронов только 3 имели би- или полимодальное распределение.

Для каждого нейрона плотность распределения межимпульсных

интервалов имела индивидуальный характер, который не претерпевал особых изменений (сдвига максимальной плотности, формы распределения) при изменении частоты его разряда. Более того, нейроны, обладающие приблизительно одинаковой средней частотой разряда, в большинстве случаев характеризовались различными по форме межимпульсными гистограммами. Вышеотмеченное позволяет заключить о стабильности распределения межимпульсных интервалов у индивидуальных нейронов.

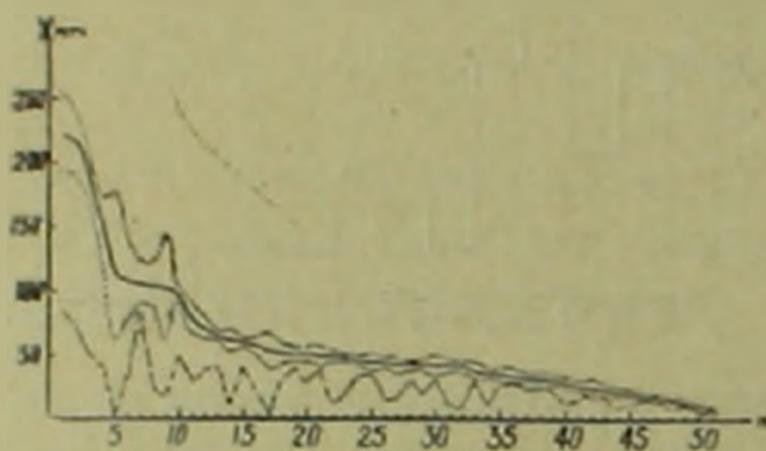


Рис. 3 График отношений среднего значения (сплошная линия), среднего квадратического отклонения (пунктирная линия) и модального значения (штрих-пунктирная линия) межимпульсных интервалов нейронов. По оси абсцисс — порядковый номер нейрона, который возрастает по мере увеличения частоты спянской активности нейрона, по оси ординат — указанные параметры в мсек (для среднего квадратического отклонения масштаб уменьшен в десять раз). Красное ядро

Изучение среднего значения межимпульсного интервала, его среднеквадратического отклонения и модального значения показало примерно одинаковые отношения между этими параметрами у нейронов красного ядра (рис. 3) и ретикулярной формации (рис. 4). В обоих обра-

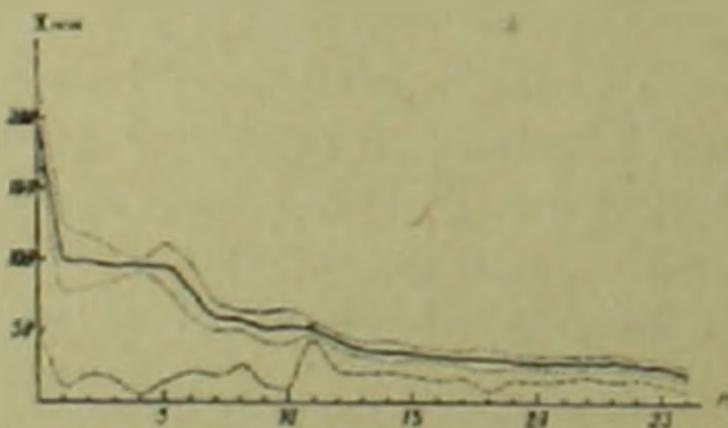


Рис. 4. То же, что и на рис. 3. Ретикулярная формация среднего мозга

зованиях при низких частотах импульсации нейрона наблюдается относительно большой разброс интервалов от среднего значения; при увеличении частоты отмечаются меньшие значения дисперсии. Модальное значение намного отстает от среднего значения при низкой ритмике нейрона, приближаясь к нему при более высоких частотах импульсации. Эта закономерность лучше выражена у нейронов красного ядра (рис. 3).

Таким образом, проведенный сравнительный статистический анализ активности нейронов красного ядра и ретикулярной формации среднего мозга, наряду с некоторыми отличиями, выявил ряд общих черт при со-

поставлении различных параметров деятельности клеток этих двух образований. Последнее, очевидно, обусловлено теми прямыми и опосредованными связями между ними, которые в определенной степени создают возможность организации определенного функционального комплекса на уровне среднего мозга.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели
Академии наук Армянской ССР

Вычислительный центр
Академии наук Армянской ССР

Վ. Վ. ՅԱՆԱՐՋՅԱՆ, Կ. Ս. ՈՐԲԵՆԻՅԱՆ, Ս. Ա. ՍԱՀԱԿՅԱՆ, Ս. Ա. ՉԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ,
Ի. Ա. ՄԱՆԿԻՅԱՆ

Բրոնիկալան փորձի սրալմաններում կատվի կարմիր կորիզի և միջին ուղեղի ցանցանման գոյացության ներվային բջիջների ֆոնային իմպուլսային աշխուժության վիճակագրական վերլուծություն

Նորմալ կատուների վրա կատարած փորձերի հիման վրա «Հրազդան—2» էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի միջոցով վիճակագրական վերլուծության է ենթարկվել ներվային բջիջների ֆոնային աշխուժությունը նշված գոյացումների բջիջների գործունեության տարրեր սպարամետրերի (միջիմպուլսային ընդմիջումների միջին արժեքի, միջին բառակուսային շեղման և մոդայի) համադրման ժամանակ բացահայտվել են մի շարք ընդհանուր գծեր: Ցույց է տրված, որ յուրաքանչյուր ներվային բջջի համար բաշխման հիստոգրամմաները ունեն անհատական բնույթ և էական փոփոխության չեն ենթարկվում բջջի իմպուլսացման հաճախականության փոփոխության դեպքում: Կարմիր կորիզի և ցանցանման գոյացության ներվային բջիջների իմպուլսային աշխուժության հաճախականության հիստոգրամմաների միջև նկատվել են որոշ տարրերություններ:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ G. L. Gerstein, N. Y. -S. Klang, Biophys., J., 1, 15 (1960). ² G. Verner, V. B. Mountcastle, J. Neurophysiol., 26, 958 (1963). ³ J. C. Eccles, M. Ito, J. Szentagothai, The Cerebellum as a Neuronal Machine, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1967. ⁴ В. В. Фамарджян, С. А. Силкян, С. А. Арутюнян, Ю. С. Геворкян, И. А. Манвелян, Физиолог. журн. СССР, 7 (1970) ⁵ А. В. Пупинов, Г. С. Ордуян, В. В. Фамарджян, Журн. высш. нерв. деят., 18, 739 (1968). ⁶ Г. С. Ордуян, Вопросы радиоэлектроники, серия ЭВТ, 4, 10 (1968).

