

УДК 612.018.612.82.015

## ТРАНСМЕМБРАННИЙ РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРОЛІТІВ У РІЗНИХ ВІДДІЛАХ МОЗКУ ПІД ВПЛИВОМ АДРЕНАЛІНУ

М. Н. Левченко

Відділ фізіології дихання Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ

У підтриманні динамічної водно-електролітної рівноваги, що має важливе значення для організму, гормонам надніркових залоз належить істотна роль через їх вплив на функціональну діяльність мозку, значною мірою обумовлювану обміном електролітів між внутрі- та позаклітинним середовищем [2, 14, 51, 52].

Нашиими раніше проведеними дослідженнями [5, 6] встановлено, що кортикостероїди беруть активну участь у регуляції розподілу електролітів між внутрі- та позаклітинним середовищем у мозку. Вплив гормонів мозкового шару надніркових залоз, зокрема адреналіну (*A*), на обмін лужних елементів у центральній нервовій системі майже нез'ясований, що й послужило основою для проведення даного дослідження.

Вивчення дії адреналіну — класичного стресорного агента [45] на розподіл електролітів у мозку становить теоретичний та практичний інтерес у зв'язку із загальновизнаною роллю адренергічних гормонів-мідаторів у аварійних ситуаціях [23, 25, 44, 47, 48] та певним значенням у генезі ряду захворювань, що супроводжуються зрушенням іонної рівноваги між клітинами та позаклітинним простором [2, 51, 52].

У формуванні стресорних реакцій організму можуть брати участь багато структур мозку, що забезпечують включення регулюючих механізмів. Отже дослідження впливу *A* на розподіл електролітів у різних відділах мозку може сприяти з'ясуванню ролі кожного з них при виникненні й розвитку стресової ситуації в організмі.

Звільнюваний при стресорних впливах *A* спричиняє ряд різноманітних впливів на процеси обміну та функціональний стан органів і систем організму [8, 10, 18].

Літературних даних про дію *A* на обмін електролітів у збудливих системах організму дуже мало. В основному вони стосуються скелетних м'язів та міокарда.

Щодо впливу *A* на рух катіонів між клітинами та позаклітинним середовищем є докази [50] про посилення входу калію всередину клітин (міокарда) і виходу іонів натрію у міжклітинне середовище [28]. Вважають, що механізм дії *A* на транспорт електролітів [29, 30] змінює шляхи входу й виходу калію, впливаючи на клітинні мембрани (скелетних м'язів). Такої ж думки додержуються й інші дослідники [41], які спостерігали посиленій вхід натрію всередину клітин (міокарда) і вибід з них калію. Описано зменшення загального вмісту натрію у тканині мозку під впливом *A* [9]. Очевидно, *A* діє на специфічні системи транспорту натрію [39, 40].

Відомостей про вплив *A* на трансмембраний розподіл електролітів у головному мозку нема.

Ми вивчали особливості розподілу електролітів у різних відділах підшкірно у дозах 0,05 та 0,1 мг/100 г. Через годину після введення гормона тварин обезголовлювали, мозок негайно вилучали й розділяли на ділянки (великі півкулі, стовбури частину та мозочок), які швидко подрібнювали і вміщували у платинові тиглі з кришками, зважували і висушували до постійної ваги при 105° С. Після висушування тканини сплюювали у муфелі для одержання золи, яку розчиняли у бідистильованій воді, фільтрували й досліджували на полум'яному фотометрі Цейса (модель III) для визначення загального вмісту електролітів. Обчислення внутрі- та позаклітинних концентрацій здійснювалось по відношенню до хлоридного простору, як показника міжклітинного об'єму мозку [12]. Для цього крім одновалентних катіонів визначали вміст хлору та води у сироватці крові та тканинах мозку. Вміст води у сироватці та тканинах хлору — аргентометрично. Концентрація хлоридів у сироватці — за Рушняком. Тканинні визначали гравіметрично. Ефекти кожної з доз визначали на 12—15 щурах при хлориди — аргентометрично. Ефекти кожної з доз визначали на 12—15 щурах при паралельному зіставленні з контрольними тваринами [15]. Шоб запобігти впливу змін у водних фазах на загальну масу тканини мозку концентрацію електролітів визначали у розрахунку в мекв/кг сухої ваги досліджуваної тканини. Результати обробляли статистично.

### Методика досліджень

Досліди провадились на молодих (100—130 г) білих щурах-самцях. А вводили підшкірно у дозах 0,05 та 0,1 мг/100 г. Через годину після введення гормона тварин обезголовлювали, мозок негайно вилучали й розділяли на ділянки (великі півкулі, стовбури частину та мозочок), які швидко подрібнювали і вміщували у платинові тиглі з кришками, зважували і висушували до постійної ваги при 105° С. Після висушування тканини сплюювали у муфелі для одержання золи, яку розчиняли у бідистильованій воді, фільтрували й досліджували на полум'яному фотометрі Цейса (модель III) для визначення загального вмісту електролітів. Обчислення внутрі- та позаклітинних концентрацій здійснювалось по відношенню до хлоридного простору, як показника міжклітинного об'єму мозку [12]. Для цього крім одновалентних катіонів визначали вміст хлору та води у сироватці крові та тканинах мозку. Вміст води у сироватці та тканинах хлору — аргентометрично. Концентрація хлоридів у сироватці — за Рушняком. Тканинні визначали гравіметрично. Ефекти кожної з доз визначали на 12—15 щурах при хлориди — аргентометрично. Ефекти кожної з доз визначали на 12—15 щурах при паралельному зіставленні з контрольними тваринами [15]. Шоб запобігти впливу змін у водних фазах на загальну масу тканини мозку концентрацію електролітів визначали у розрахунку в мекв/кг сухої ваги досліджуваної тканини. Результати обробляли статистично.

### Результати досліджень

У табл. 1 наведені дані про розподіл електролітів (натрію й калію) у різних відділах мозку інтактних щурів. Виявилось, що великі півкулі, стовбури мозку та мозочок істотно відрізняються між собою як щодо загального вмісту, так і співвідношень електролітів між клітинами та позаклітинним вмістом. Так, найбільша кількість тканинного натрію спостерігалась у великих півкулях мозку (173,6 мекв/кг сух. тк.).

У стовбуру та мозочку вміст натрію становив відповідно 161,3 та 160,4 мекв/кг сух. тк. Позаклітинний рівень натрію зменшувався у вентрально-дорсальному напрямку з 158,9 (півкулі) до 131,21 мекв/кг (мозочок). Внутріклітинна концентрація натрію зростала з 14,7 (півкулі) до 29,2 мекв/кг (мозочок), в зв'язку з чим градієнт розподілу  $\text{Na}_e/\text{Na}_i$  знижувався в тому ж напрямку, становлячи відповідно 14,6 (у півкулях), 8,0 (у стовбуру) та 5,0 (у мозочку). Водночас градієнт розподілу  $\text{K}_i/\text{K}_e$  збільшувався в тому ж напрямку, дорівнюючи 45,5 — у півкулях, 47,1 — у стовбуру та 56,3 — у мозочку. Ця закономірність у змінах співвідношення концентрацій калію між внутрі- та позаклітинним середовищем

Таблиця 1

#### Розподіл електролітів у різних відділах мозку інтактних щурів

Відділи мозку	Статистичні показники	(Na) <sub>t</sub>	(Na) <sub>e</sub>	(Na) <sub>i</sub>	(Na) <sub>e</sub> / (Na) <sub>i</sub>	(K) <sub>t</sub>	(K) <sub>e</sub>	(K) <sub>i</sub>	(K) <sub>i</sub> / (K) <sub>e</sub>	[Na] <sub>i</sub>	[K] <sub>i</sub>	[K] <sub>i</sub> / [Na] <sub>i</sub>
Великі півкулі	M	173,6	158,9	14,7	14,6	371,3	8,1	363,2	45,5	5,7	139,7	31,9
	±m	3,8	2,1	2,1	1,6	2,5	0,2	2,5	1,4	0,8	0,3	3,2
Стовбур мозку	M	161,3	141,6	19,7	8,0	344,8	7,2	337,7	47,1	10,6	181,8	18,8
	±m	2,2	1,4	1,4	0,7	2,8	0,2	2,8	1,8	0,6	1,3	1,6
Мозочок	M	160,4	131,2	29,2	5,0	388,3	6,8	381,5	56,3	14,8	193,2	14,3
	±m	3,1	1,0	1,0	0,6	2,0	0,2	2,0	1,8	1,5	0,8	1,5

П р и м і т к а. Круглі дужки — мекв на кг сухої ваги, квадратні дужки — мекв на кг внутріклітинної води.

обумовлена зменшенням внутріклітинного співвідношення  $\text{K}_i/\text{Na}_i$  ферментативних мехлях, 18,8 — у стовбуру внутріклітини.

Отже, характерним середовищем у наковий, що свідчить фіність процесів обі

Результати дослідів відмінно від відмінної в якої видно, що зміни но-функціональними величами півкулях за  $\text{Na}_e/\text{Na}_i$  достовірно з позаклітинного рівня (ції натрію на 63,3% клітинного середовища)

Водночас загальна накопичення калію щі вміст калію зменшило  $\text{K}_e/\text{Na}_e$  на 30,5%.

Внутріклітинне шувалось на 48% від клітинного рідини.

Отже, під впливом розподілі електролітів та внутріклітинного калієвого концентрації

Аналогічні, але відбувались у стовбурах відповідно зростав (на 6% ( $p < 0,1$ ) й у міжклітинний концентрації ( $p = 0,1$ ).

Зміни в обміні калію ( $p < 0,001$ ), залежності у стовбурах мозку залежності від концентрації електролітів. Таким чином, її у підвищувалась залежність супроводжувалась залежністю клітинного співвідношення електролітів.

Зміни в розподілі тканинної і натрію в міжклітинний калію всередині тканин, що призводило до 48 та 13%.

Співвідношення натрію також збільшувалося.

обумовлена зменшенням його позаклітинної концентрації й підвищеннем внутріклітинного вмісту. В міру віддалення від переднього мозку співвідношення  $K_i/Na_i$ , що є відображенням діяльності транспортних ферментативних механізмів, зменшується (становлячи 31,9 — у півкулях, 18,8 — у стовбури, 14,3 — у мозочку), завдяки переважному збільшенню внутріклітинної концентрації натрію.

Отже, характер розподілу електролітів між клітинами та міжклітінним середовищем у великих півкулях, стовбури мозку та мозочку неоднаковий, що свідчить про їх різну функціональну активність і специфічність процесів обміну речовин.

Результати досліджень про розподіл лужних елементів у різних відділах мозку під впливом *A* у дозі 0,05 мг/100 г наведені в табл. 2, з якої видно, що зміни внаслідок дії *A* значною мірою зумовлені структурно-функціональними особливостями піддослідних ділянок мозку. Так, у великих півкулях загальний вміст натрію не змінювався, але градієнт  $Na_e/Na_i$  достовірно зменшувався (на 55,8%) в результаті зниження позаклітинного рівня (на 4,9%) та збільшення внутріклітинної концентрації натрію на 63,3%, що свідчить про переміщення іонів натрію з міжклітінного середовища всередину клітин.

Водночас загальний рівень калію дещо зростав (на 5,3%), завдяки накопиченню калію у клітинних елементах, а у міжклітінному середовищі вміст калію зменшувався (на 18,5%), що обумовлювало збільшення  $K_i/K_e$  на 30,5%.

Внутріклітинне співвідношення електролітів  $K_i/Na_i$  при цьому зменшувалось на 48% внаслідок переважного накопичення натрію у внутріклітінній рідині.

Отже, під впливом *A* у півкулях мозку відбувались характерні зміни у розподілі електролітів, що виражалися зменшенням натрієвого  $Na_e/Na_i$  та внутріклітинного  $K_i/Na_i$  співвідношень електролітів та збільшенням калієвого концентраційного градієнта  $K_i/K_e$ .

Аналогічні, але менш виразні зміни у співвідношенні електролітів відбувались у стовбуровій частині мозку. Тканинний вміст натрію достовірно зростав (на 6,3%) через накопичення іонів натрію у клітинах ( $p < 0,1$ ) й у міжклітінному середовищі ( $p < 0,001$ ). При цьому натрієвий концентраційний градієнт проявляв тенденцію до зниження ( $p = 0,1$ ).

Зміни в обміні калію характеризувались затримкою іонів всередині клітин ( $p < 0,001$ ), що обумовлювало підвищення тканинного рівня калію у стовбури мозку, поряд зі зменшенням ( $p = 0,1$ ) позаклітінної концентрації, в зв'язку з чим  $K_i/K_e$  збільшувався. Внутріклітінне співвідношення електролітів  $K_i/Na_i$  недостовірно зменшувалось ( $p < 0,2$ ). Таким чином, ѿ стовбуровій частині мозку під впливом *A* також підвищувалась здатність клітин затримувати лужні елементи, що супроводжувалось зменшенням натрієвого  $Na_e/Na_i$  градієнта та внутріклітінного співвідношення  $K_i/Na_i$  поряд з підвищенням трансмембраниого градієнта розподілу калію (на 16,3%).

Зміни в розподілі електролітів у мозочку характеризувались збільшенням тканинної концентрації обох елементів за рахунок накопичення натрію в міжклітінній рідині (позаклітінний вміст натрію зріс на 24,3%) й калію всередині клітин (концентрація якого збільшилась на 17,1%), що призводило до підвищення градієнтів  $Na_e/Na_i$  та  $K_i/K_e$  відповідно на 48 та 13%.

Співвідношення лужних елементів у внутріклітінній рідині  $K_i/Na_i$  також збільшувалось на 41,9% внаслідок зменшення концентрації натрію.

Таблиця 2

Відділи мозку	Статистичні показники	(Na) <sub>t</sub>	(Na) <sub>e</sub>	(Na) <sub>i</sub>	(Na) <sub>e</sub> (Na) <sub>i</sub>	(K) <sub>t</sub>	(K) <sub>e</sub>	(K) <sub>i</sub>	(K) <sub>i</sub> (K) <sub>e</sub>	[Na] <sub>i</sub>	[K] <sub>i</sub>	[K] <sub>i</sub> [Na] <sub>i</sub>
		$\pm m$	$M$	$\bar{x}$	$s$	$n$	$M$	$\bar{x}$	$s$	$n$	$M$	$\bar{x}$
Великі півкулі	$\pm m$	174,7	151,2	23,5	6,5	391,2	6,6	384,6	59,4	9,3	153,8	16,6
	$p$	>0,5	1,0	0,7	<0,01	=0,001	0,2	3,6	3,0	0,2	0,7	0,5
Стовбуру мозку	$\pm m$	171,6	149,6	22,0	6,8	359,0	6,6	352,4	54,8	12,4	198,4	16,1
	$p$	<0,001	1,4	0,4	<0,1	=0,1	0,1	3,7	3,7	0,2	0,9	0,3
Мозочок	$\pm m$	185,3	163,1	22,2	7,4	454,0	7,2	446,8	63,6	9,6	194,0	20,3
	$p$	<0,001	1,6	0,6	<0,001	<0,001	0,2	1,4	1,4	0,2	0,9	0,5

Вплив адреналіну (0,05 мг/100 г) на розподіл електролітів між клітинами та позаклітинним середовищем у різних відділах мозку

Відділи мозку	Статистичні показники	(Na) <sub>t</sub>	(Na) <sub>e</sub>	(Na) <sub>i</sub>	(Na) <sub>e</sub> (Na) <sub>i</sub>	(K) <sub>t</sub>	(K) <sub>e</sub>	(K) <sub>i</sub>	(K) <sub>i</sub> (K) <sub>e</sub>	[Na] <sub>i</sub>	[K] <sub>i</sub>	[K] <sub>i</sub> [Na] <sub>i</sub>
		$\pm m$	$M$	$\bar{x}$	$s$	$n$	$M$	$\bar{x}$	$s$	$n$	$M$	$\bar{x}$
Великі півкулі	$\pm m$	180,0	152,1	27,9	8,8	432,1	10,2	421,9	41,7	11,0	165,6	22,9
	$p$	>0,1	1,0	3,8	<0,01	<0,02	2,1	1,0	0,2	1,0	0,9	1,9
Стовбуру мозку	$\pm m$	188,8	132,9	55,9	2,5	358,7	8,9	349,8	39,4	27,0	169,2	6,5
	$p$	<0,001	0,9	3,3	<0,001	<0,001	0,2	3,0	0,1	3,0	0,9	0,4
Мозочок	$\pm m$	191,5	134,1	57,4	2,5	417,6	9,0	408,6	45,6	1,6	133,3	7,4
	$p$	<0,001	1,0	3,3	<0,001	<0,001	0,2	1,0	0,1	1,0	0,001	0,001

Таблиця 3

Відділи мозку	Статистичні показники	(Na) <sub>t</sub>	(Na) <sub>e</sub>	(Na) <sub>i</sub>	(Na) <sub>e</sub> (Na) <sub>i</sub>	(K) <sub>t</sub>	(K) <sub>e</sub>	(K) <sub>i</sub>	(K) <sub>i</sub> (K) <sub>e</sub>	[Na] <sub>i</sub>	[K] <sub>i</sub>	[K] <sub>i</sub> [Na] <sub>i</sub>
		$\pm m$	$M$	$\bar{x}$	$s$	$n$	$M$	$\bar{x}$	$s$	$n$	$M$	$\bar{x}$
Великі півкулі	$\pm m$	180,0	152,1	27,9	8,8	432,1	10,2	421,9	41,7	11,0	165,6	22,9
	$p$	>0,1	1,0	3,8	<0,01	<0,02	2,1	1,0	0,2	1,0	0,9	1,9
Стовбуру мозку	$\pm m$	188,8	132,9	55,9	2,5	358,7	8,9	349,8	39,4	27,0	169,2	6,5
	$p$	<0,001	0,9	3,3	<0,001	<0,001	0,2	3,0	0,1	3,0	0,9	0,4
Мозочок	$\pm m$	191,5	134,1	57,4	2,5	417,6	9,0	408,6	45,6	1,6	133,3	7,4
	$p$	<0,001	1,0	3,3	<0,001	<0,001	0,2	1,0	0,1	1,0	0,001	0,001

Отже, на відміну в електролітів у мозочку існує втрата натрію з позаклітинним середовищем (натрію) й затримкою калію.

При збільшенні концентрації натрію у великих півкуль мозку виражалися зменшення затримки іонів натрію (89,7%). При цьому ткани через накопичення його калію збільшився на 25% поділу  $K_i/K_e$ .

Внутріклітинне співвідношення 30% завдяки переважній роль великіх півкуль мозку.

Таким чином, збільшення концентрації калію характерні зміни позаклітинним середовищем  $K_i/K_e$  та  $K_i/Na_i$ .

Щодо змін у стовбуру мозку у дозі 0,1 мг/100 г спостерігалися посилені затримки натрію на тинному середовищі. Ставлення зменшувалось на 68,8% (6,2%) поряд з одночасним зменшенням концентрації калію.

Градієнт розподілу натрію переважного накопичення внутріклітинне співвідношення відповідає відсутності посиленій затримки.

Отже, зі збільшеною концентрацією натрію переважно внаслідок розкрема, його посилення.

У відповідь на підвищену концентрацію натрію у великому півкулі мозку виразився збільшеннє натрію у позаклітинній рідині. Причому внутріклітичне накопичення натрію у двоє, що спричиняло

Градієнт розподілу натрію переважного накопичення внутріклітинне співвідношення відповідає відсутності посиленій затримки.

Отже, у мозочку у дозі 0,1 мг/100 г спостерігається зменшення концентрації натрію у позаклітинній рідині, що відповідає зменшенню концентрації натрію у позаклітинній рідині.

Підсумовуючи результати на підшкірне введення

Отже, на відміну від півкуль та стовбура мозку, зміни в обміні електролітів у мозочку під впливом *A* у дозі 0,05 мг/100 г характеризувались втратою натрію з нервових клітин поряд з накопиченням його у позаклітинному середовищі (що свідчить про посилення транспорту натрію) й затримкою калію всередині клітинних елементів.

При збільшенні дози *A* до 0,1 мг/100 г (табл. 3) загальний вміст натрію у великих півкулях істотно не змінювався, але у співвідношенні внутрі- та позаклітинних концентрацій відбувались характерні зрушенні, що виражались зменшенням  $Na_e/Na_i$  (на 89,8%) внаслідок посиленої затримки іонів натрію всередині клітин (кількість якого зростала на 89,7%). При цьому тканинний вміст калію зростав на 18,4% переважно через накопичення його у міжклітинному середовищі (у якому вміст калію збільшився на 25,9%), що спричиняло зменшення градієнта розподілу  $K_i/K_e$ .

Внутріклітинне співвідношення електролітів знижувалось майже на 30% завдяки переважному накопиченню іонів натрію всередині клітин великих півкуль мозку.

Таким чином, збільшення дози *A* спричиняло у великих півкулях мозку характерні зміни у розподілі електролітів між клітинами та позаклітинним середовищем, що супроводжувались зменшенням  $Na_e/Na_i$ ,  $K_i/K_e$  та  $K_i/Na_i$ .

Щодо змін у стовбуровій частині мозку слід відзначити, що ін'екція *A* у дозі 0,1 мг/100 г супроводжувалась підвищеннем загального рівня обох лужних елементів (натрію — 17%, калію — на 4,1%) за рахунок посиленої затримки натрію у клітинах, а калію — переважно у міжклітинному середовищі. Співвідношення концентрацій натрію при цьому зменшувалось на 68,8% внаслідок зниження позаклітинного вмісту (на 6,2%) поряд з одночасним значним збільшенням (на 83,7%) внутріклітинної концентрації.

Градієнт розподілу калію також зменшувався (на 16,4%) в результаті переважного накопичення іонів у міжклітинному середовищі. Іонне внутріклітинне співвідношення при цьому зменшувалось на 65,5% завдяки посиленій затримці натрію у внутріклітинній рідині.

Отже, зі збільшенням дози *A* у стовбуровій частині мозку концентраційні градієнти  $Na_e/Na_i$ ,  $K_i/K_e$  та співвідношення  $K_i/Na_i$  знижувались переважно внаслідок різких змін у трансмембранному розподілі натрію, зокрема, його посиленої затримки всередині клітин.

У відповідь на підшкірне введення *A* у дозі 0,1 мг/100 г на відміну від попередньої дози у мозочку перерозподіл лужних елементів характеризувався збільшенням загального рівня обох електролітів за рахунок накопичення натрію у клітинах і калію — у міжклітинному середовищі. Причому внутріклітинна концентрація натрію збільшувалась майже вдвое, що спричиняло істотне зменшення (на 50%)  $Na_e/Na_i$ .

Градієнт розподілу калію зменшувався на 19% внаслідок збільшення концентрації калію у міжклітинному середовищі (вміст позаклітинного калію збільшувався на 32,3%). Співвідношення елементів у внутріклітинній рідині  $K_i/Na_i$  також зменшувалось на 48,3% завдяки збільшенню кількості натрію всередині клітин мозочка.

Отже й у мозочку у відповідь на одноразову ін'екцію *A* у дозі 0,1 мг/100 г спостерігались закономірні зміни у розподілі електролітів між внутрі- та позаклітинним середовищем, а саме, зменшення усіх концентраційних градієнтів — натрієвого, калієвого й внутріклітинного іонного співвідношення  $K_i/Na_i$ .

Підсумовуючи результати досліджень, можна бачити, що у відповідь на підшкірне введення *A* у дозі 0,1 мг/100 г у всіх досліджуваних

ділянках мозку (півкулі, стовбур, мозочок) відбувались аналогічні за характером зміни, що супроводжувались зниженням рівня іонної асиметрії.

### Обговорення результатів дослідження

Проведені дослідження свідчать про те, що *A* у застосованих дозах здатний впливати на трансмембраний розподіл електролітів у мозку, причому ефект дії гормона залежить від його дози та морфо-функціональних особливостей досліджуваних ділянок.

Так, у дозі 0,05 мг/100 г у великих півкулях та стовбуру мозку *A* спричиняє зменшення позаклітинної концентрації обох лужних елементів поряд з підвищеннем їх внутріклітинного вмісту, що вказує на посиленій їх транспорт з міжклітинної рідини всередину клітин. При цьому натрієвий градієнт  $Na_e/Na_i$  та внутріклітинне співвідношення концентрацій  $K_i/K_e$  зменшувалися, а градієнт  $K_i/Na_i$  зростав.

У мозочку така ж доза *A* спричиняла втрату натрію з клітин і накопичення його у міжклітинному середовищі, що обумовлювало підвищення тканинного вмісту натрію. Водночас посилювалась здатність клітин затримувати калій (тканинний рівень його також зростав). Співвідношення електролітів між внутрі- та позаклітинним середовищем  $Na_e/Na_i$ ,  $K_i/K_e$  та  $K_i/Na_i$  збільшувалися. Вихід натрію з клітин до міжклітинного середовища поряд з нагромадженням внутріклітинного калію може бути обумовлений активацією транспортних ферментативних механізмів, що регулюють рух іонів проти їх електрохімічних градієнтів. Отже виявлені нами зміни внутріклітинних концентрацій натрію й калію, можливо зумовлені змінами активного транспорту. Підшкірне введення *A* у дозі 0,1 мг/100 г у всіх досліджуваних ділянках мозку супроводжувалось однотипними змінами, що зумовлювались накопиченням натрію всередині клітин, а калію — у міжклітинному середовищі. При цьому натрієве, калієве та внутріклітинне співвідношення електролітів зменшувалися, що свідчить про зниження рівня іонної асиметрії під впливом великих доз *A*.

Як відомо, в регуляції динамічної іонної рівноваги між клітинами та позаклітинним середовищем особлива увага приділяється взаємовідношенню між активним транспортом та пасивною дифузією іонів крізь клітинні мембрани. На вміст внутріклітинних катіонів можуть впливати зміни пасивної проникності мембрани і швидкості активного транспорту іонів. Зокрема, зростання внутріклітинної концентрації натрію у всіх відділах мозку може спричинятися до підвищення пасивної проникності мембрани для натрію і зниження швидкості активного транспорту.

Одержані нами результати узгоджуються з даними інших авторів. Так, є дані про залежність змін в обміні електролітів від застосованої дози *A* [20, 37]. Описане збагачення клітин натрієм під впливом великих доз *A* [41] та зменшення калію всередині клітин [14]. Як відомо, різноманітні фізичні та фармакологічні стресові агенти призводять до підвищеного виділення калію з різних органів і тканин, особливо з тканин мозку [14]. Це явище може бути зумовлене посиленням глікогенолізом, що настає в результаті виникнення стресової ситуації в організмі [22, 31]. Є відомості підвищення глікогенолізу під дією *A* [22, 31] та про збільшення концентрації калію у плазмі [17, 21, 32, 38].

Згадані зміни у розподілі калію можуть обумовлюватись дією ацетилхоліну, що бере участь у регуляції внутріклітинного обміну в мозку, впливаючи на проникність клітинних мембран і активність ряду

### Трансмембраний розподіл е

ферментів [1, 3, 4]. Пр не підвищення активно

Деякі автори відзнатрію й підвищення кризуючим ефектом *A* [1]

Слід підкреслити, електролітів у мозку тез кортикостероїдів [ прискорено виділяється 39, 40].

Підсумовуючи редження симпато-адрен впливає на обмін елек вищем у різних відділ тегративній діяльності ну речовин, зокрема, у тів у мозку.

Але беручи до ув сітуації, які включаю кортикалальні й медулляр причому реакція меду жати, що зміни у розпні функціональною вза ною та симпато-адрен

1. Адреналін істот тролітів у різних відд дози та морфо-функці

2. У великих півк дозі 0,05 мг/100 г спри ливо натрію) з міжкл з чим натрієвий градіє тролітів  $K_i/Na_i$  зменшу

У мозочку *A* спри у міжклітинному серед калію. При цьому всі

3. Зі збільшенням лах мозку відбувались зменшення  $Na_e/Na_i$ ,  $K_i$  асиметрії.

4. Щодо механізм вень стаціонарного роз транспортних механізмів трохімічних градієнтів.

1. Вержбинская Н. 190.

2. Вихляев Ю. И., Ла 1, 10.

3. Демина Н. Н.—В

4. Кометиани П. А.

5. Левченко М. Н.—Ф

ферментів [1, 3, 4]. При збудженні симпато-адреналової системи описане підвищення активності АХЕ в мозку щурів [7, 35, 42].

Деякі автори відзначали зменшення внутріклітинної концентрації натрію й підвищення калію всередині клітин [26, 50], поряд з гіперполі-ризуючим ефектом *A* [13].

Слід підкреслити, що ефект дії *A* на трансмембраний розподіл електролітів у мозку може бути опосередкований через посиленій синтез кортикостероїдів [19, 24, 36, 43], внаслідок дії АКТГ [19, 43], що прискорено виділяється у відповідь на введення *A* [24, 27, 33, 39, 40].

Підсумовуючи результати досліджень, слід підкреслити, що збудження симпато-адреналової системи в результаті введення *A* істотно впливає на обмін електролітів між клітинами та міжклітинним середовищем у різних відділах мозку, що свідчить про її важливу роль у інтегративній діяльності центральних механізмів регуляції процесів обміну речовин, зокрема, у підтриманні стаціонарного розподілу електролітів у мозку.

Але беручи до уваги, що у пристосуванні організму до стресових ситуацій, які включають гострі зміни концентрації електролітів, адено-кортикалальні й медулярні гормони включаються у рівній мірі [11, 16, 15], причому реакція медули регулюється кортикостероїдами [16], слід вважати, що зміни у розподілі електролітів у мозку під впливом *A* зумовлені функціональною взаємодією гіпоталамо-гіпофізарно-адренокортикалальною та симпато-адреналовою системами.

### Висновки

1. Адреналін істотно впливає на трансмембраний розподіл електролітів у різних відділах мозку, причому характер змін залежить від дози та морфо-функціональних особливостей досліджуваних відділів.

2. У великих півкулях та стовбуровій частині мозку адреналін у дозі 0,05 мг/100 г спричиняє посилене надходження електролітів (особливо натрію) з міжклітинного середовища всередину клітин, в зв'язку з чим натрієвий градієнт  $Na_e/Na_i$  та внутріклітинне співвідношення електролітів  $K_i/Na_i$  зменшується, а  $K_i/K_e$  підвищується.

- У мозочку *A* спричиняє втрату натрію з клітин і накопичення його у міжклітинному середовищі поряд з нагромадженням внутріклітинного калію. При цьому всі концентраційні градієнти підвищуються.

3. Зі збільшенням дози *A* до 0,1 мг/100 г у всіх досліджуваних відділах мозку відбувались однотипні зміни у співвідношенні електролітів — зменшення  $Na_e/Na_i$ ,  $K_i/K_e$  та  $K_i/Na_i$ , що свідчить про зниження іонної асиметрії.

4. Щодо механізму дії адреналіну можна гадати, що він діє на рівень стаціонарного розподілу електролітів мозку впливом на діяльність транспортних механізмів, що забезпечують перенос іонів проти їх електрохімічних градієнтів.

### Література

1. Вержбинская Н. А.— В кн.: Биохимия и функция нервной системы, Л., 1967, 190.
2. Вихляев Ю. И., Ландо Л. И., Сегал А. М.— Фармакол. и токсикол., 1972, 1, 10.
3. Демина Н. Н.— В кн.: Биохимия и функция нервной системы, Л., 1967, 244.
4. Кометиани П. А.— В кн.: Membrane transport a. metabolism, 1961, Praga, 180.
5. Левченко М. Н.— Фізіол. журн. АН УРСР, 1969, 15, 6, 754.

6. Левченко М. Н.—Физiol. журн. АН УРСР, 1970, 16, 4, 506.
  7. Маслова М. Н., Резник Л. В.—ДАН СССР, 1971, 197, 2, 494.
  8. Матлина Э. Ш., Меньшиков В. В.—В кн.: Клиническая биохимия катехоламинов, 1967, М., 1967.
  9. Сергиенко Г. И.—Некоторые вопросы взаимосвязи гормонов надпочечных желез, электролитов и микроэлементов, Автореф. дисс., Харьков, 1967.
  10. Утевский А. М.—В кн.: Адреналин и норадреналин, М., «Наука», 1964, 8.
  11. Утевский А. М., Расин М. С.—Усп. совр. биол., 1972, 73, 3, 323.
  12. Aprison M., Lukenbill A., Segal W.—J. Neurochem., 1959, 5, 150.
  13. Arsenescu Gh., Sabau M.—Revista medicala, 1965, 11, 1, 33.
  14. Benjamin F., Anastasi J., Helvey W.—Feder. Proc., 1961, 20, 342.
  15. Beudieux R., Chirvan Nia P., Delost P.—J. Physiol. (Paris), 1966, 58, 213.
  16. Bhattacharyya T., Ray B., Manna C.—Endocrinol. exper., 1972, 6, 179.
  17. Blake W.—Am. J. Physiol., 1955, 181, 399.
  18. Burger A., Dekker M.—Drugs affecting the peripheral nervous system., N.—Y., 1967.
  19. McDermott W., Fry E., Brobeck J., Long C.—Jale J. Biol. Med., 1950, 23, 52.
  20. Darson E., Warner J., Pace C. et al.—Feder. Proc., 1953, 12.
  21. D'Silva J.—J. Physiol., 1934, 82, 393.
  22. Ellis S., McGill J., Anderson H.—Fed. Proc., 1957, 16, 294.
  23. Von Euler U.—Neuroendocrinol., 1967, 11, 4, 283.
  24. Farrele G., McCann S.—Endocrinol., 1952, 50, 2, 274.
  25. Friedman S., Ader R.—Neuroendocrinol., 1967, 2, 209.
  26. Glitsch H., Haas H., Trautwein W.—Arch. exptl. Pathol. Pharmakol., 1965, 250, 1, 591.
  27. Guilemin R.—Res. Progr. Horm. Res., 1964, 20, 89.
  28. Haas H., Trautwein W.—Nature, 1963, 197, 80.
  29. Hajdu S., Szent-Gyorgyi A.—Am. J. Physiol., 1952, 168, 159.
  30. Hajdu D.—Am. J. Physiol., 1953, 174, 371.
  31. Hess M., Haugaard N.—J. Pharmacol., 1958, 122, 169.
  32. Houssay B., Marenzi A. et al.—Compt. rend. Soc. Biol., 1937, 124, 389.
  33. Клэгг П., Клэгг А.—Гормоны, клетки, организм, 1971, М.
  34. Koefoed-Johnsen V., Ussing H., Zerahn K.—Acta physiol. Scand., 1952, 27, 38.
  35. La Torre I.—Exptl. Neurology, 1968, 22, 493.
  36. Long C., Fry E.—Proc. Soc. Exptl. Biol. Med., 1945, 59, 67.
  37. Muirhead E., Goth A., Jones F.—Am. J. Physiol., 1954, 179, 1, 1.
  38. O'Brien J., Murphy Q., Meek W.—J. Pharmacol. Exptl., 1953, 109, 453.
  39. Paoletti R., Maikel R., Smith R.—Biochem., Pharmac., 1961, 8, 139.
  40. Recant L., Forsham P., Thorn G.—Feder. Proc., 1948, 7, 99.
  41. Robertson W., Peyser P.—Am. J. Physiol., 1951, 166, 277.
  42. Rosenzweig M., Lowe W., Bennet E.—Physiology a. Behavior, 1968, 3, 819.
  43. Sayers G.—Physiol. Rev., 1950, 30a, 241.
  44. Sayers G., Royce P.—Clin. Endocrinol., 1960, 1, 332.
  45. (Селье Н.) Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме, М., 1950.
  46. D'Silva J.—J. Physiol. (L), 1936, 86, 219.
  47. Strark E., Acs Z., Makara G., Mihaly K.—Canad. J. Physiol., Pharmacol., 1968, 46, 567.
  48. Stoner H., Westerholm B.—Acta physiol., Scand., 1969, 75, 552.
  49. Ussing H., Zerahn K.—Acta physiol. Scand., 1951, 23, 110.
  50. Waddell A.—J. Physiol. (L), 1961, 155, 2, 209.
  51. Woodbury D.—J. Pharm. exptl. Therap., 1955, 115, 74.
  52. Woodbury D., Esplin D.—In.: The Effect of Pharmacologic Agents of the Nervous System, Baltimore, 1959, 24.

Надійшла до редакції  
5.VII 1974 р.

## ВПЛИВ РІЗНИХ ОПРОМІНЕНЬ ДЕЯКИХ МІКЕР

Р. Д. Габович, И.  
Кафедра за

Експериментальний ультрафіолетової забарвленості мікроелементів —  
В умовах ультрафіолетової депонується в кісці лишковому опромінені окремими органами та посиленням виведенню розрізняються більш сприяючими живацями.

Ультрафіолетова  
діякіх вітамінів [13,  
ших харчових продук-  
тового опромінення с-  
елементів досі мало д

Інтенсивність операції географічної широти ких межах — від улья Крім того, на ступіні нічі (наприклад, робота комунальних умов) [4, 11].

Вивчаючи вплив радіацією на його структурних факторів зовнішніх обміні мікроелементів дії, ми вивчали одену і нікелю при різ-

Експериментальні дослідження проводилися у самцях лінії Вістар, яких поділили на контрольну групу (І група) та північною орієнтацією відносно радіації протягом доби, а також у групах II, III, IV і V, яким надавали рентгенівську енергетичну лампу ЛЕ-1000 з суберitemними дозами (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 598, 599, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 698, 699, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 798, 799, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 898, 899, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 998, 999, 999, 1000, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1008, 1009, 1009, 1010, 1011, 1012, 1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 1018, 1019, 1019, 1020, 1021, 1022, 1023, 1024, 1025, 1026, 1027, 1028, 1029, 1029, 1030, 1031, 1032, 1033, 1034, 1035, 1036, 1037, 1038, 1039, 1039, 1040, 1041, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1047, 1048, 1049, 1049, 1050, 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1058, 1059, 1059, 1060, 1061, 1062, 1063, 1064, 1065, 1066, 1067, 1068, 1069, 1069, 1070, 1071, 1072, 1073, 1074, 1075, 1076, 1077, 1078, 1079, 1079, 1080, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1087, 1088, 1089, 1089, 1090, 1091, 1092, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1098, 1099, 1099, 1100, 1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106, 1107, 1108, 1109, 1109, 1110, 1111, 1112, 1113, 1114, 1115, 1116, 1117, 1118, 1119, 1119, 1120, 1121, 1122, 1123, 1124, 1125, 1126, 1127, 1128, 1129, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1139, 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144, 1145, 1146, 1147, 1148, 1149, 1149, 1150, 1151, 1152, 1153, 1154, 1155, 1156, 1157, 1158, 1159, 1159, 1160, 1161, 1162, 1163, 1164, 1165, 1166, 1167, 1168, 1169, 1169, 1170, 1171, 1172, 1173, 1174, 1175, 1176, 1177, 1178, 1179, 1179, 1180, 1181, 1182, 1183, 1184, 1185, 1186, 1187, 1188, 1189, 1189, 1190, 1191, 1192, 1193, 1194, 1195, 1196, 1197, 1198, 1198, 1199, 1199, 1200, 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207, 1208, 1209, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213, 1214, 1215, 1216, 1217, 1218, 1219, 1219, 1220, 1221, 1222, 1223, 1224, 1225, 1226, 1227, 1228, 1229, 1229, 1230, 1231, 1232, 1233, 1234, 1235, 1236, 1237, 1238, 1239, 1239, 1240, 1241, 1242, 1243, 1244, 1245, 1246, 1247, 1248, 1249, 1249, 1250, 1251, 1252, 1253, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1259, 1259, 1260, 1261, 1262, 1263, 1264, 1265, 1266, 1267, 1268, 1269, 1269, 1270, 1271, 1272, 1273, 1274, 1275, 1276, 1277, 1278, 1279, 1279, 1280, 1281, 1282, 1283, 1284, 1285, 1286, 1287, 1288, 1289, 1289, 1290, 1291, 1292, 1293, 1294, 1295, 1296, 1297, 1298, 1298, 1299, 1299, 1300, 1301, 1302, 1303, 1304, 1305, 1306, 1307, 1308, 1309, 1309, 1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316, 1317, 1318, 1319, 1319, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1328, 1329, 1329, 1330, 1331, 1332, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, 1339, 1339, 1340, 1341, 1342, 1343, 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1349, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1355, 1356, 1357, 1358, 1359, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1398, 1399, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429, 1429, 1430, 1431, 1432, 1433, 1434, 1435, 1436, 1437, 1438, 1439, 1439, 1440, 1441, 1442, 1443, 1444, 1445, 1446, 1447, 1448, 1449, 1449, 1450, 1451, 1452, 1453, 1454, 1455, 1456, 1457, 1458, 1459, 1459, 1460, 1461, 1462, 1463, 1464, 1465, 1466, 1467, 1468, 1469, 1469, 1470, 1471, 1472, 1473, 1474, 1475, 1476, 1477, 1478, 1479, 1479, 1480, 1481, 1482, 1483, 1484, 1485, 1486, 1487, 1488, 1489, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1494, 1495, 1496, 1497, 1498, 1498, 1499, 1499, 1500, 1501, 1502, 1503, 1504, 1505, 1506, 1507, 1508, 1509, 1509, 1510, 1511, 1512, 1513, 1514, 1515, 1516, 1517, 1518, 1519, 1519, 1520, 1521, 1522, 1523, 1524, 1525, 1526, 1527, 1528, 1529, 1529, 1530, 1531, 1532, 1533, 1534, 1535, 1536, 1537, 1538, 1539, 1539, 1540, 1541, 1542, 1543, 1544, 1545, 1546, 1547, 1548, 1549, 1549, 1550, 1551, 1552, 1553, 1554, 1555, 1556, 1557, 1558, 1559, 1559, 1560, 1561, 1562, 1563, 1564, 1565, 1566, 1567, 1568, 1569, 1569, 1570, 1571, 1572, 1573, 1574, 1575, 1576, 1577, 1578, 1579, 1579, 1580, 1581, 1582, 1583, 1584, 1585, 1586, 1587, 1588, 1589, 1589, 1590, 1591, 1592, 1593, 1594, 1595, 1596, 1597, 1598, 1598, 1599, 1599, 1600, 1601, 1602, 1603, 1604, 1605, 1606, 1607, 1608, 1609, 1609, 1610, 1611, 1612, 1613, 1614, 1615, 1616, 1617, 1618, 1619, 1619, 1620, 1621, 1622, 1623, 1624, 1625, 1626, 1627, 1628, 1629, 1629, 1630, 1631, 1632, 1633, 1634, 1635, 1636, 1637, 1638, 1639, 1639, 1640, 1641, 1642, 1643, 1644, 1645, 1646, 1647, 1648, 1649, 1649, 1650, 1651, 1652, 1653, 1654, 1655, 1656, 1657, 1658, 1659, 1659, 1660, 1661, 1662, 1663, 1664, 1665, 1666, 1667, 1668, 1669, 1669, 1670, 1671, 1672, 1673, 1674, 1675, 1676, 1677, 1678, 1679, 1679, 1680, 1681, 1682, 1683, 1684, 1685, 1686, 1687, 1688, 1689, 1689, 1690, 1691, 1692, 1693, 1694, 1695, 1696, 1697, 1698, 1698, 1699, 1699, 1700, 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706, 1707, 1708, 1709, 1709, 1710, 1711, 1712, 1713, 1714, 1715, 1716, 1717, 1718, 1719, 1719, 1720, 1721, 1722, 1723, 1724, 1725, 1726, 1727, 1728, 1729, 1729, 1730, 1731, 1732, 1733, 1734, 1735, 1736, 1737, 1738, 1739, 1739, 1740, 1741, 1742, 1743, 1744, 1745, 1746, 1747, 1748, 1749, 1749, 1750, 1751, 1752, 1753, 1754, 1755, 1756, 1757, 1758, 1759, 1759, 1760, 1761, 1762, 1763, 1764, 1765, 1766, 1767, 1768, 1769, 1769, 1770, 1771, 1772, 1773, 1774, 1775, 1776, 1777, 1778, 1779, 1779, 1780, 1781, 1782, 1783, 1784, 1785, 1786, 1787, 1788, 1789, 1789, 1790, 1791, 1792, 1793, 1794, 1795, 1796, 1797, 1798, 1798, 1799, 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, 1804, 1805, 1806, 1807, 1808, 1809, 1809, 1810, 1811, 1812, 1813, 1814, 1815, 1816, 1817, 1818, 1819, 1819, 1820, 1821, 1822, 1823, 1824, 1825, 1826, 1827, 1828, 1829, 1829, 1830, 1831, 1832, 1833, 1834, 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1839, 1840, 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846, 1847, 1848, 1849, 1849, 1850, 1851, 1852, 1853, 1854, 1855, 1856, 1857, 1858, 1859, 1859, 1860, 1861, 1862, 1863, 1864, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1869, 1870, 1871, 1872, 1873, 1874, 1875, 1876, 1877, 1878, 1879, 1879, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887, 1888, 1889, 1889, 1890, 1891, 1892, 1893, 1894, 1895, 1896, 1897, 1898, 1898, 1899, 1899, 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908, 1909, 1909, 1910, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924, 1925, 1926, 1927, 1928, 1929, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1998, 1999, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2039, 2040, 20

Вміст мікроелементі кісним спектрографічним МФ-1).