

## Зіставлення електроенцефалограм до і після дії на мозок слабких імпульсних струмів і постійного струму

**М. Д. Стеценко**

Електричні потенціали, що виникають у відповідь на подразнення кори головного мозку, вивчали Едріан [20], І. С. Берітов [2], А. І. Ройтбак [11], Чанг [29], Бернс і Графштейн [27], Бернс [28]. Активування у відповідь на подразнення виникала на відстані від електрода не більше як 10 мм. Причиною цього, як показав А. І. Ройтбак [12], був стан глибокого наркозу. У ненаркотизованих тварин, а також при слабкому наркозі відповідна активність поширюється на всю кору мозку [див. також 1]. Д. С. Воронцов [4] вивчав електричні реакції кори на різній глибині. Електричні реакції кори мозку на подразнення струмом [32, 33, 34] звичайно не можуть обмежитись тільки корою мозку і проявляються також у підкоркових структурах, зокрема в сітчастій формaciї [21, 41, 42]. Крім того, припускають [41, 42], що є два типи кортикалних нейронів — «анодочутливий» і «катодочутливий».

Численні автори вивчали зміни ЕЕГ в зв'язку з лікувальним застосуванням електрошоку і в дослідах на тваринах [23, 31, 30, 36, 37, 44 та ін.]. Юс, Карпович і Юс [35] через два роки після припинення електрошокової терапії спостерігали у людей тяжкі зміни ЕЕГ, а саме—відсутність альфа-ритму чи бета-ритму, а також виникнення великих повільних хвиль. Після смертельного електрошоку у собак з вживленими електродами Робертс [43] через 12 сек. спостерігав виникнення великих повільних хвиль, а через 17 сек. електрична активність мозку припинялась.

Є. В. Сульє [19] для лікування гіпертонії у людей застосував вплив постійного струму на мозок. Електрична реакція на струм однакової сили і тривалості була різною. В роботі В. В. Бобкової [3] анодична гальванізація головного мозку у здорових людей спричинялася до зниження амплітуди коливань та їх почастішання, а також до появи низькоамплітудних повільних хвиль. Катодична гальванізація викликала пожвавлення бета-активності та появу високоамплітудних повільних хвиль.

Буреш [24, 25, 26] повідомляє про зниження електричної активності мозку у мишей і щурів внаслідок дії на мозок постійного струму. М. Н. Ліванов спільно з Г. А. Корольковою [9] у 1951 р. показав, що ритмічні подразнення кори електричним струмом приводять до виникнення в корі електричних ритмів, які за своєю частотою близькі до частоти подразнень. В роботі показана можливість утворення тимчасових зв'язків прямим подразненням кори. Прямі електричні подразнення, як вважають автори, подібні до адекватних. Зміни збудливості, як і хвиля збудження, зв'язані з метаболічними зрушеннями.

Питання про відповідь мозку в умовах дії мінімальної роенцефалограм (ЕЕГ) [40].

Ще в роботах Бека [8] було показано, що в мозку електронегативна, тивна. В дослідженнях про існування стійкої рілярно значні ділянки моз

Виконуючи ряд нашими над мозком електро- ниці потенціалів у різни- тори [39, 24], пропускаючи зміни електротонічних сп

Як показали досліди струму на кору мозку електричного течу мозку. Є. К. Жуков [5] підтверджує адаптаційну здатність нервової тканини. П. П. Лазарєва [7] можна засудити, що використання стосуванні переривистих струмів, які характеризуються великими амплітудами та короткими періодами, є ефективним методом лікування. Важливо зазначити, що використання струмів, які характеризуються великими амплітудами та короткими періодами, є ефективним методом лікування.

Тому в цьому досліді внаслідок дії постійного імпульсних струмів. О [15, 16, 17, 18] була виникнення низьких і високих частот в ЕЕГ, чи їх нема. Це активності мозку, зареєстровані в низькочастотних та більш високочастотних зонах.

Реєстрація ЕЕГ приступала після встановлення електродів, у яких вимірювалися потенціали Тварина перебувала в заспокоєній стані. В кожному дослідженні здійснювалася ЕЕГ. Другу ЕЕГ знімали після струму.

Отже, в цих дослідів  
графічну картину після,  
ріанти сили струму: 100  
тязі 5 хв., збільшувала  
Імпульси випрямленого  
ня тривалості дії струм  
слідів становило 1:4, а  
струм двох частот: 100  
електрод, розташований  
анодом — електрод, вжи  
ку, тобто напрямок стру  
мок струму звичайно за  
потенціалу при цьому  
повідніх ділянок мозку

Під час дії на мозок в наших умовах обидва пороговими, тобто не впливом імпульсного с

Питання про відповідність біохімічних змін в ізольованій тканині мозку в умовах дії мінливого електричного потенціалу змінам електроенцефалограм (ЕЕГ) *in vivo* висвітлюється в роботі Мак-Іллуейн [40].

Ще в роботах Бека і Цибульського [22], а також В. Є. Ларіонова [8] було показано, що в нормальніх умовах задня (чутлива) половина мозку електронегативна, а передня (рухова) відповідно електропозитивна. В дослідженнях останнього часу [39, 38, 24] висловлена думка про існування стійкої різниці потенціалів, що охоплюють екстрацеллярно значні ділянки мозку.

Виконуючи ряд наших дослідів на собаках і кроликах з вживленими над мозком електродами, ми переконалися в існуванні стійкої різниці потенціалів у різних частинах кори мозку. Можна гадати, що автори [39, 24], пропускаючи через мозок постійний струм, прагнули до зміни електротонічних співвідношень у корі.

Як показали досліди В. С. Русінова [13, 14], місцева дія постійного струму на кору мозку електротонічно викликає зміни збудливості в корі мозку. Є. К. Жуков [5] показав, що анодічна поляризація значно знижує адаптаційну здатність нервових центрів. Однак на основі досліджень П. П. Лазарева [7] можна зробити висновок, що явища адаптації при застосуванні переривистих, тобто імпульсних струмів, матимуть інший характер, ніж при дії постійного струму.

Тому в цьому дослідженні ми порівнюємо зміни ЕЕГ, що сталися внаслідок дії постійного струму, і зміни, які є наслідком застосування імпульсних струмів. Оскільки в попередніх наших дослідженнях [15, 16, 17, 18] була виявлена відмінність у дії імпульсних струмів низьких і високих частот, стає цікавим з'ясувати, чи є відповідні зміни в ЕЕГ, чи їх нема. Це тим більш важливо, що в самій електричній активності мозку, зареєстрованій на ЕЕГ, розрізняють групи відносно низькочастотних та більш високочастотних коливань, фізіологічне значення яких не однакове.

Реєстрація ЕЕГ провадилась у тих самих собак з вживленими електродами, у яких вивчали зміни умовнорефлекторної діяльності. Тварина перебувала в звукоізольованій та електрично екраниованій камері. В кожному досліді увімкненню струму передувала реєстрація ЕЕГ. Другу ЕЕГ знімали в середньому через 18 хв. після припинення дії струму.

Отже, в цих дослідах ми спрямували всю увагу на електрофічну картину післядії застосованих струмів. Випробувано два варіанти сили струму: 100 мка і 500 мка. Сила струму повільно, на протязі 5 хв., збільшувалася до необхідної. Струм діяв протягом 25 хв. Імпульси випрямленого струму були прямокутної форми. Відношення тривалості дії струму до паузи між імпульсами в одній частині дослідів становило 1 : 4, а в іншій — 1 : 10. Був застосований імпульсний струм двох частот: 100 і 10 гц. Катодом у всіх дослідах був вживлений електрод, розташований над лобною руховою ділянкою кори мозку, анодом — електрод, вживлений над потиличною чутливою ділянкою мозку, тобто напрямок струму в усіх дослідах був висхідним. Такий напрямок струму звичайно застосовується при електронаркозі, крім того, знак потенціалу при цьому протилежний звичайному знаку потенціалу відповідних ділянок мозку.

Під час дії на мозок імпульсного струму частотою 100 гц (1 : 4) в наших умовах обидва варіанти сили струму — 500 і 100 мка були дорогоцінними, тобто не викликали помітних рухів тварини. Однак під впливом імпульсного струму частотою 10 гц (1 : 4) силою 500 мка в

42% дослідів виникає епілептоїдний припадок, а при дії струму меншої сили — 100 мка — припадок спостерігався у 20% дослідів. Вплив струмів частотою 10 гц і з більш вузьким імпульсом (1 : 10) викликає при силі струму від 100 до 400 мка епілептоїдні припадки в 100% дослідів.

В кожному з двох кадрів, знятих до дії струму, і двох кадрів, знятих в середньому через 18 хв. після припинення струму, розшифрували

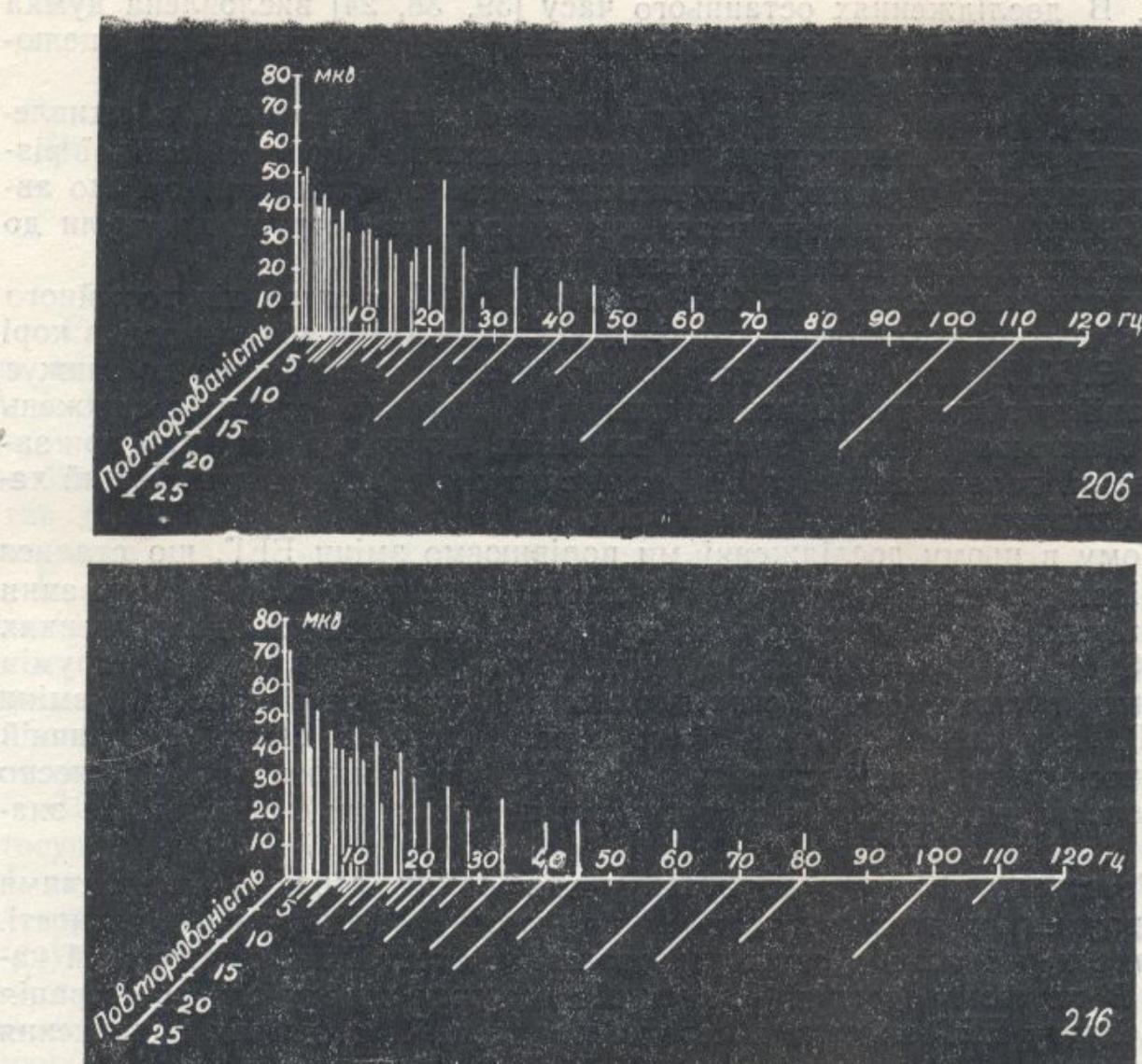


Рис. 1. Дослід № 331, 8.XII 1955 р. Собака Шарик. Вплив постійного струму силою 500 мка. Графік № 206 — до дії струму, графік № 216 — після дії струму.

Таблиця 1

До графіків № 206 і 216, дослід № 331, 8.XII 1955 р.  
Собака Шарик. Діяв постійний струм силою 500 мка

Групи частот в гц	Графік № 206 — до дії струму — повторюваність частот	Графік № 216 — після дії струму — повторюваність частот
1 — 3	3	2
4 — 7	12	11
8 — 12	15	15
13 — 45	64	73
60 — 120	64	65

Примітка. Деяке збільшення амплітуд частот від 1 до 12 гц. є відповіді на всі умовні подразники.

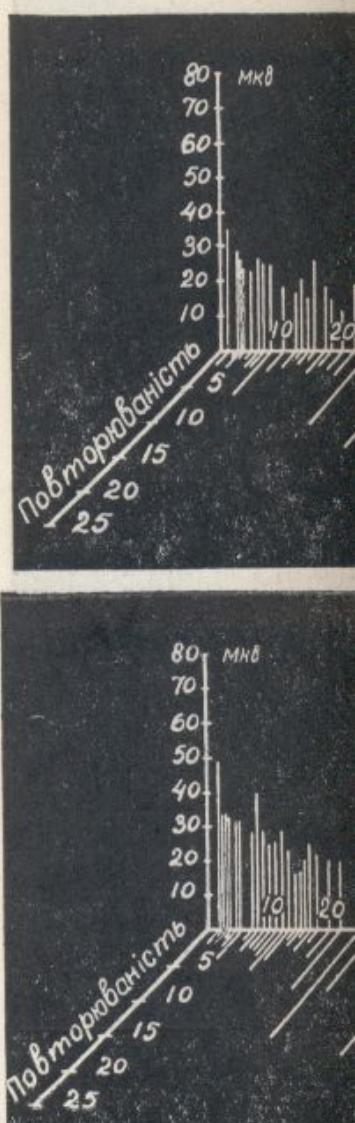


Рис. 2. Дослід № 626, струму частотою 100 гц. після дії струму.

До графіків № 626.  
Собака Рябко.

Групи частот  
в гц

1 — 3  
4 — 7  
8 — 12  
13 — 45  
60 — 120

Примітка.  
12 гц. є відповіді

характерні відрізки ЕЕГ за час у 2 сек. На основі результатів побудовані графіки, де на горизонтальній вісі відкладені частоти в герцах, на вертикальній вісі — їх середні амплітуди в мікровольтах, а по похилій вісі — повторюваності цих частот. Частоти до 50 гц показані індивідуально і досить близько до номіналу, частоти вищі за 50 гц показані у вигляді груп частот, що наближаються до 60, 70 гц і т. ін. Отже, в кож-

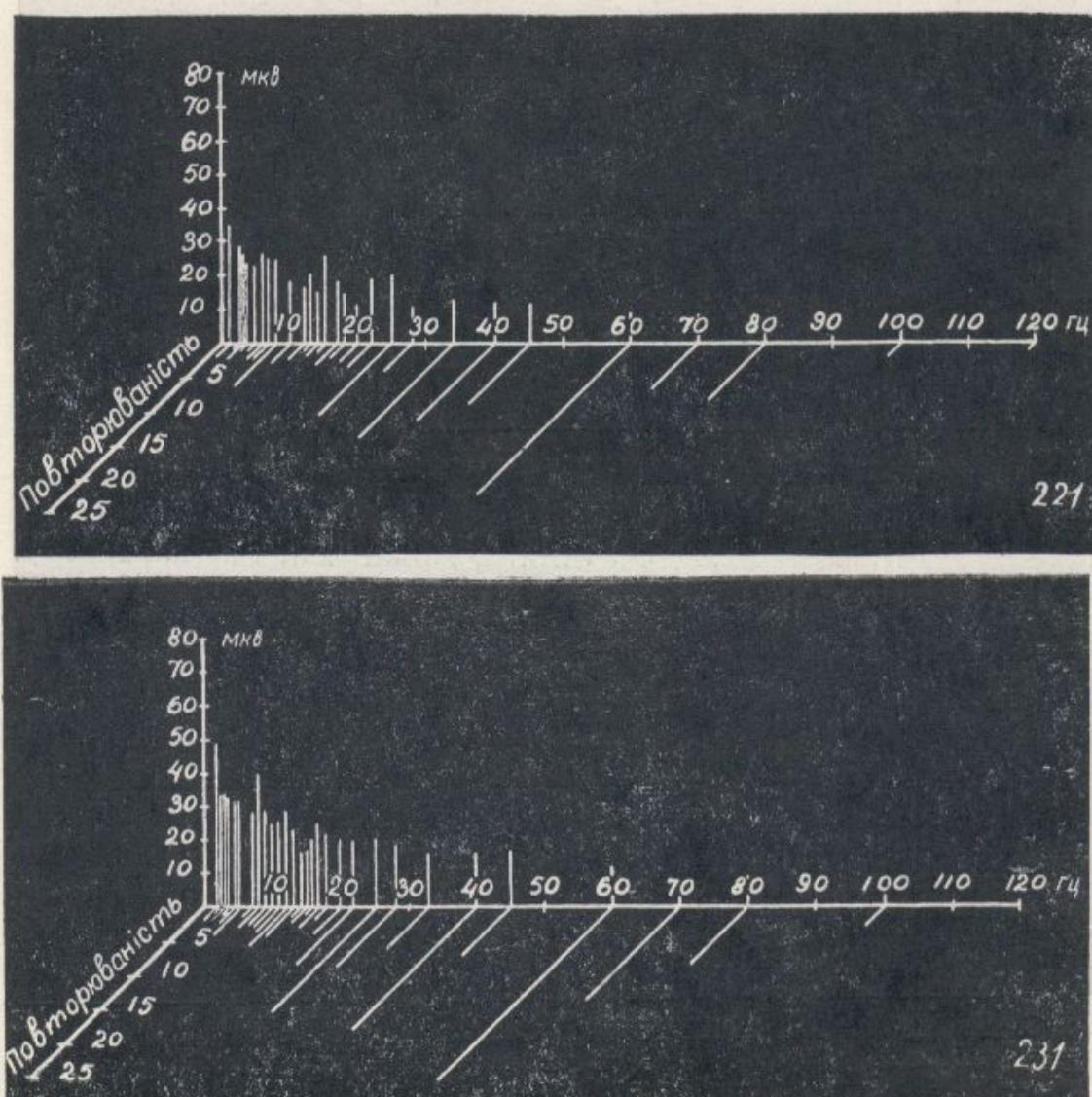


Рис. 2. Дослід № 626, 19.XI 1955 р. Собака Рябко. Вплив імпульсного струму частотою 100 гц (1 : 4), силою 500 мка. Графік № 221 — до дії струму, графік № 231 — після дії струму.

Таблиця 2  
До графіків № 221 і 231. Дослід № 626, 19.XI 1955 р.  
Собака Рябко. Діяв імпульсний струм частотою 100 гц  
(1 : 4), силою 500 мка

Групи частот в гц	Графік № 221 — до дії струму — повторюваність частот	Графік № 231 — пі- сля дії струму — повторюваність частот
1 — 3	5	5
4 — 7	6	8
8 — 12	11	19
13 — 45	64	80
60 — 120	40	51

Примітка. Деяке збільшення амплітуд частот від 1 до 12 гц. Є відповіді на всі умовні подразники.

ному досліді з метою зіставлення ЕЕГ до і після застосування струмів розшифровували ЕЕГ на протязі 8 сек., відображеніх у чотирьох графіках. Зіставлення двох графіків до дії струму, а також двох графіків

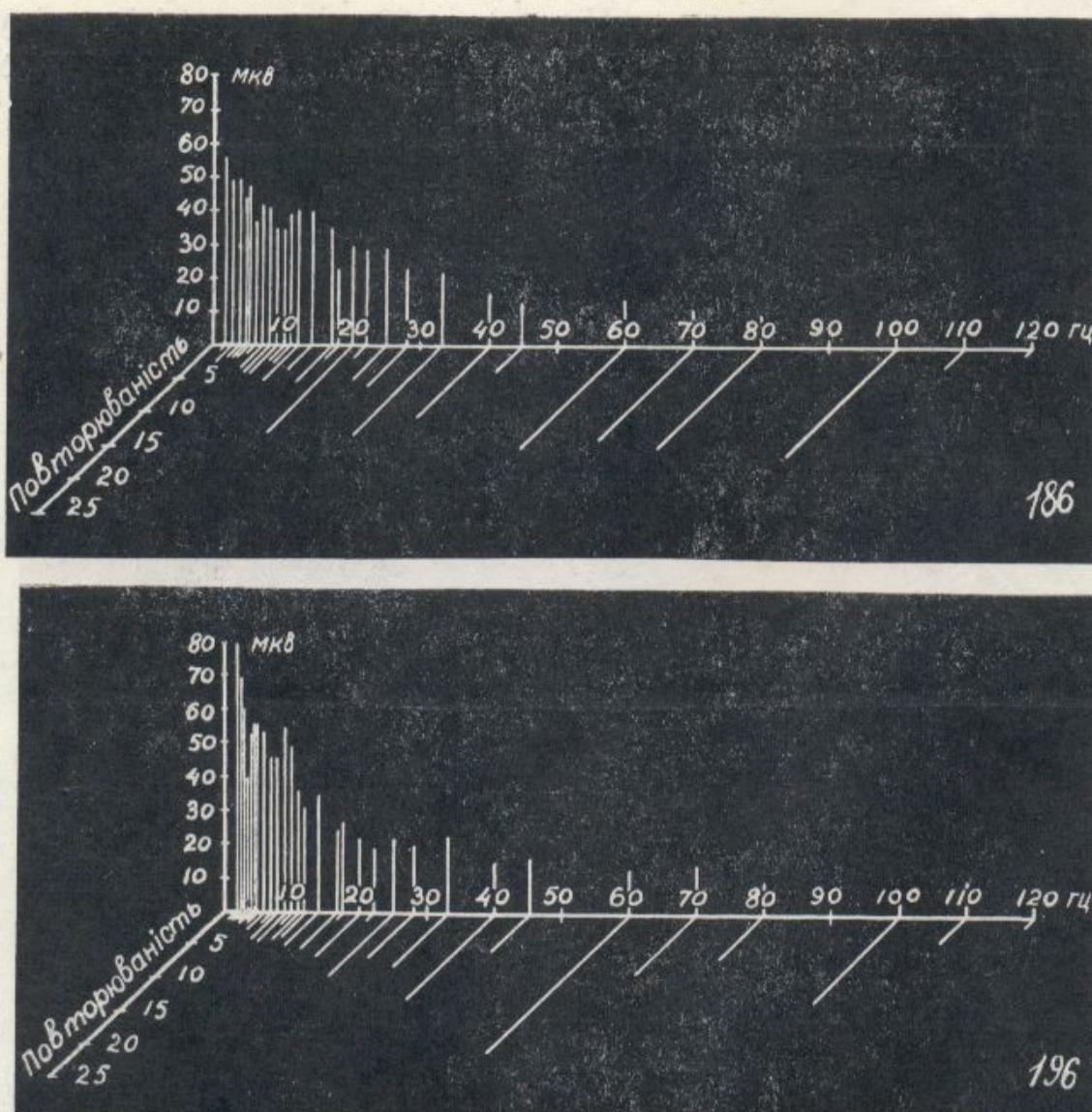


Рис. 3. Дослід № 318, 20.XI 1955 р. Собака Шарик. Вплив імпульсного струму частотою 10 гц (1 : 4), силою 500 мка. Графік № 186 — до дії струму, графік № 196 — після дії струму.

Таблиця 3

До графіків № 186 і 196. Дослід № 318, 20.XI 1955 р.  
Собака Шарик. Діяв імпульсний струм частотою 10 гц  
(1 : 4), силою 500 мка

Групи частот в гц	Графік № 186 — до дії струму, повторюваність частот	Графік № 196 — після дії струму — повторюваність частот
1 — 3	3	4
4 — 7	9	11
8 — 12	17	18
13 — 45	63	62
60 — 120	64	56

Примітка. Значне збільшення амплітуд частотою 1—10 гц. Дисоціація ритмів в інтервалі 1—5 гц. Поява повільніших хвиль в ЕЕГ. Був епілептоїдний припадок. На всі позитивні умовні подразники відповіді нема. Є відповідь після застосування негативного метронома.

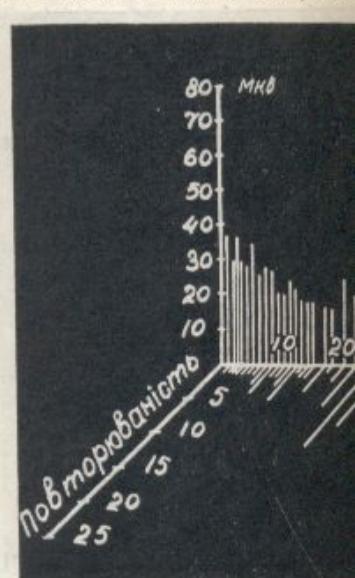


Рис. 4. Дослід № 627, 20.XI 1955 р. Собака Рябко. Вплив імпульсного струму частотою 10 гц (1 : 4), силою 500 мка. Графік № 627 — до дії струму, графік № 628 — після дії струму.

До графіків № 627 і 628. Собака Рябко.

Групи частот в гц
1 — 3
4 — 7
8 — 12
13 — 45
60 — 120

Примітка. Особливо 1—3 гц, слабкий умовний ровки після дії н падку не було.

після припинення струму показало їх достатню подібність у тому самому досліді. На додаток до графіків складені таблиці, в яких частоти згруповано майже так, як це прийнято при аналізі ЕЕГ людини.

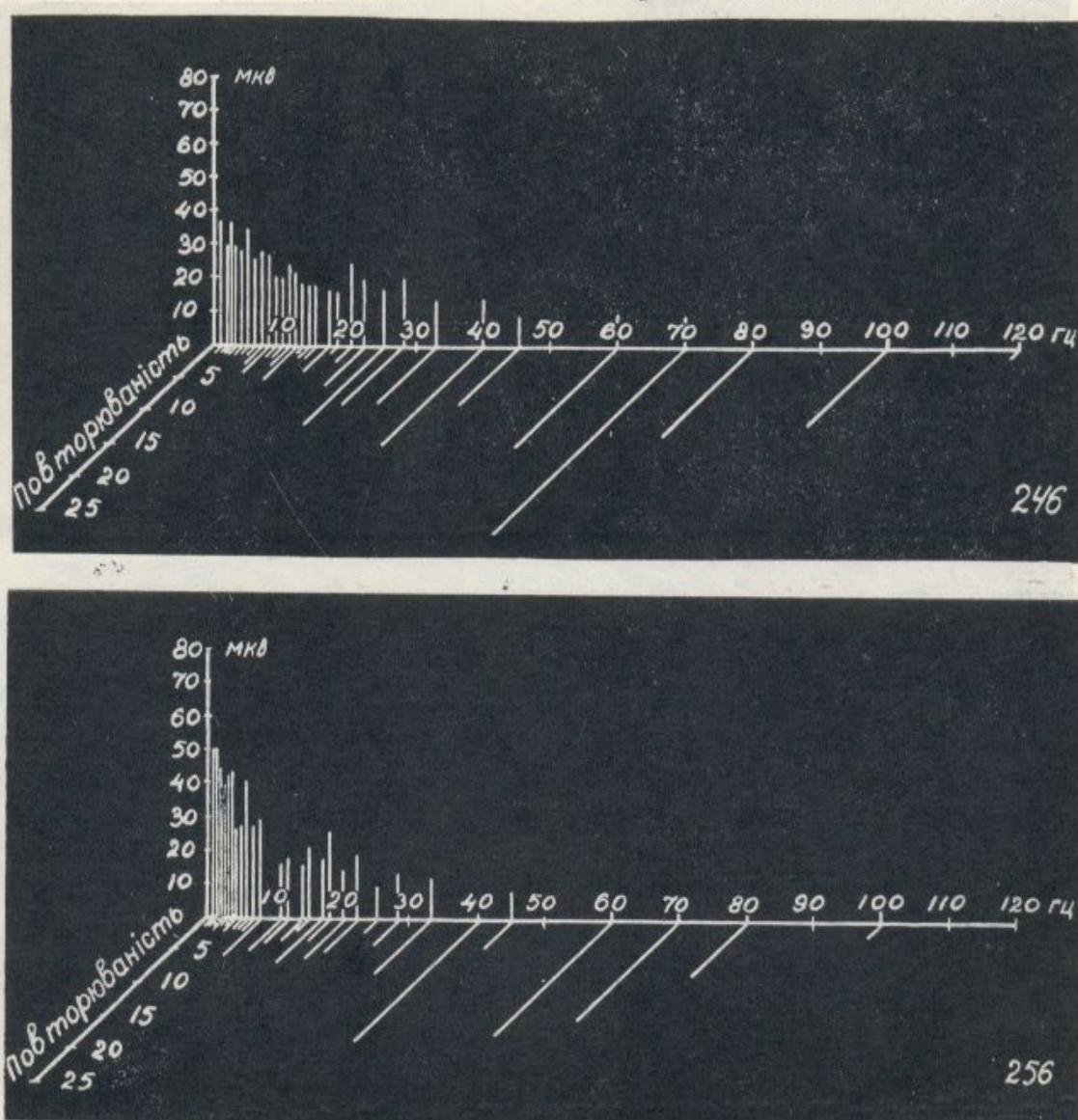


Рис. 4. Дослід № 627, 20.XI 1955 р. Собака Рябко. Вплив імпульсного струму частотою 10 гц (1 : 4), силою 500 мка. Графік № 246 — до дії струму, графік № 256 — після дії струму.

Таблиця 4  
До графіків № 246 і 256. Дослід № 627, 20.XI 1955 р.  
Собака Рябко. Діяв імпульсний струм частотою 10 гц  
(1 : 4), силою 500 мка

Групи частот в гц	Графік № 246 — до дії струму, повто- рюваність частот	Графік № 256 — пі- сля дії струму — повторюваність частот
1 — 3	4	5
4 — 7	6	9
8 — 12	16	15
13 — 45	72	62
60 — 120	69	42

П р и м і т к а. Збільшення амплітуд частотою 1—8 гц, особливо 1—3 гц. Дисоціація ритмів. Відсутня відповідь на слабкий умовний подразник — світло. Порушення диференціровки після дії негативного подразника. Епілептоїдного припадку не було.

Нагадаємо, що дальші зіставлення проведені на основі всіх розшифрованих нами ЕЕГ і візуального вивчення інших фільмів, що сто-

суються дослідів на чотириєдні дублюючі кадри в тому самому післядії постійного с

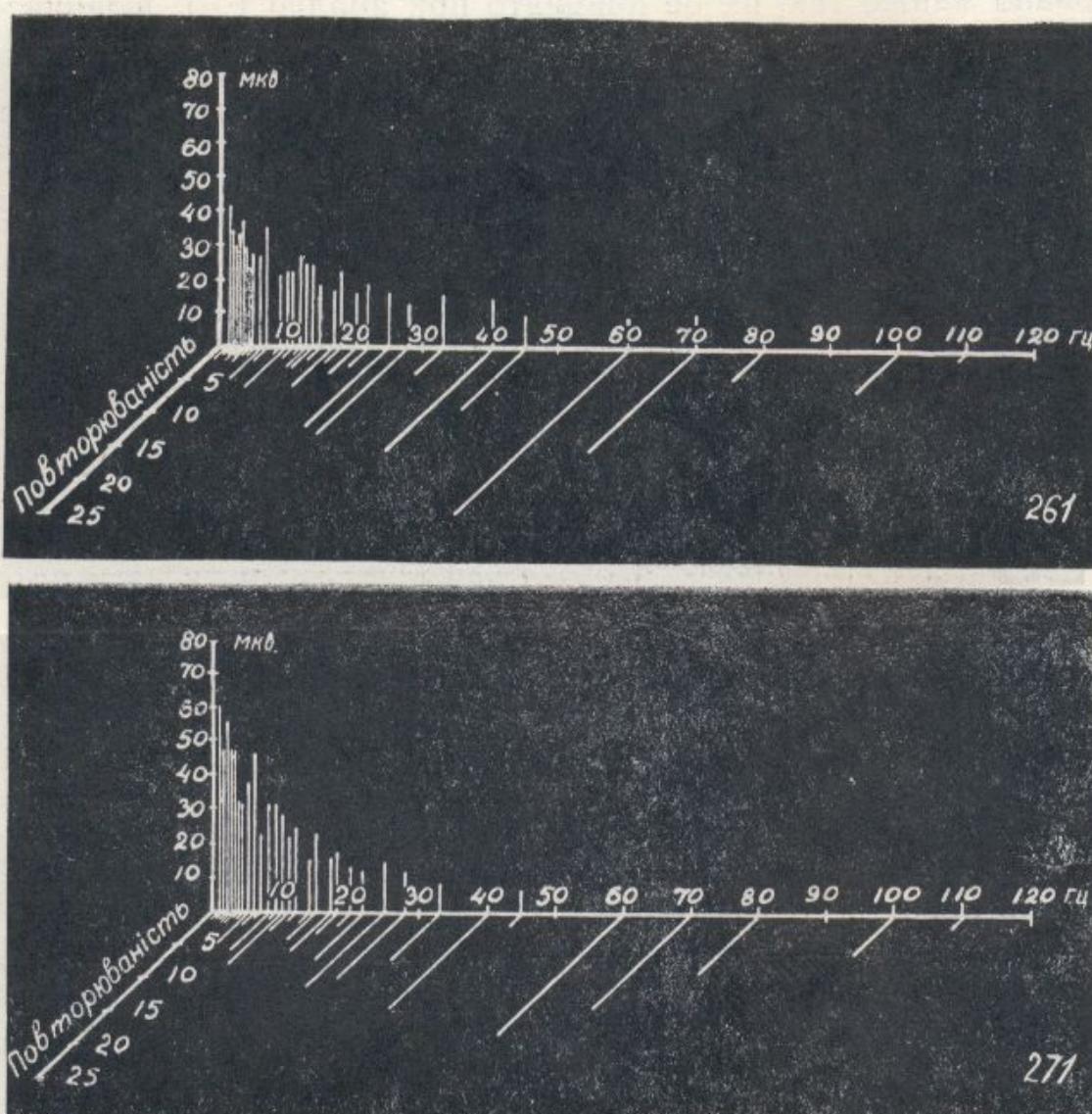


Рис. 5. Дослід № 628, 21.XI 1955 р. Собака Рябко. Вплив імпульсного струму частотою 10 гц (1 : 10), силою 400 мка. Графік № 261 — до дії струму, графік № 271 — після дії струму.

Таблиця 5

До графіків № 261 і 271. Дослід № 628, 21.XI 1955 р.  
Собака Рябко. Діяв імпульсний струм частотою 10 гц (1:10)  
силою 400 мка

Групи частот в гц	Графік № 261—до дії струму—повторюваність частот	Графік № 271—після дії струму—повторюваність частот
1—3	6	7
4—7	11	9
8—12	10	19
13—45	76	68
60—120	51	49

Примітка. Значне підвищення амплітуд частотою 1—8 гц, особливо 1—3 гц. Деяка дисоціація ритмів. Незначно збільшилась повторюваність частоти 10 гц. На ЕЕГ виразні повільні хвилі. Відповідей на всі умовні подразники нема. Був епілептоїдний припадок.

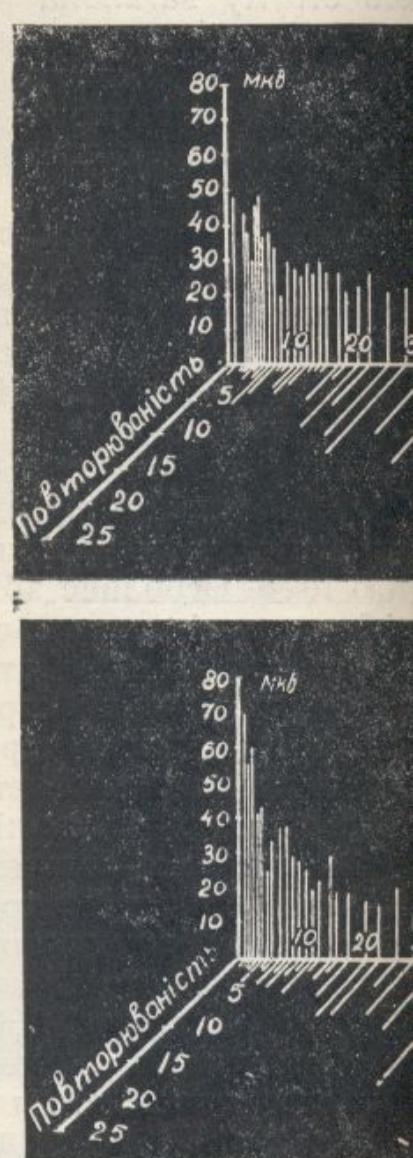


Рис. 6. Дослід № 620, 13.III 1955 р. Собака Рябко. Вплив імпульсного струму частотою 10 гц (1 : 10), силою 400 мка. Графік № 261 — до дії струму, графік № 271 — після дії струму.

До графіків № 281  
Собака Рябко. Діяв

Групи частот в гц	Графік струму—
1—3	
4—7	
8—12	
13—45	
60—120	

Примітка. Підвищена дисоціація ритмів частотою 10 гц дуже виражені. Відповідей на всі умовні подразники нема. Був епілептоїдний припадок.

суються дослідів на чотирьох тваринах. В першу чергу ми зіставляли дублюючі кадри в тому самому досліді.

У післядії постійного струму (500 мка), а також і переривистого

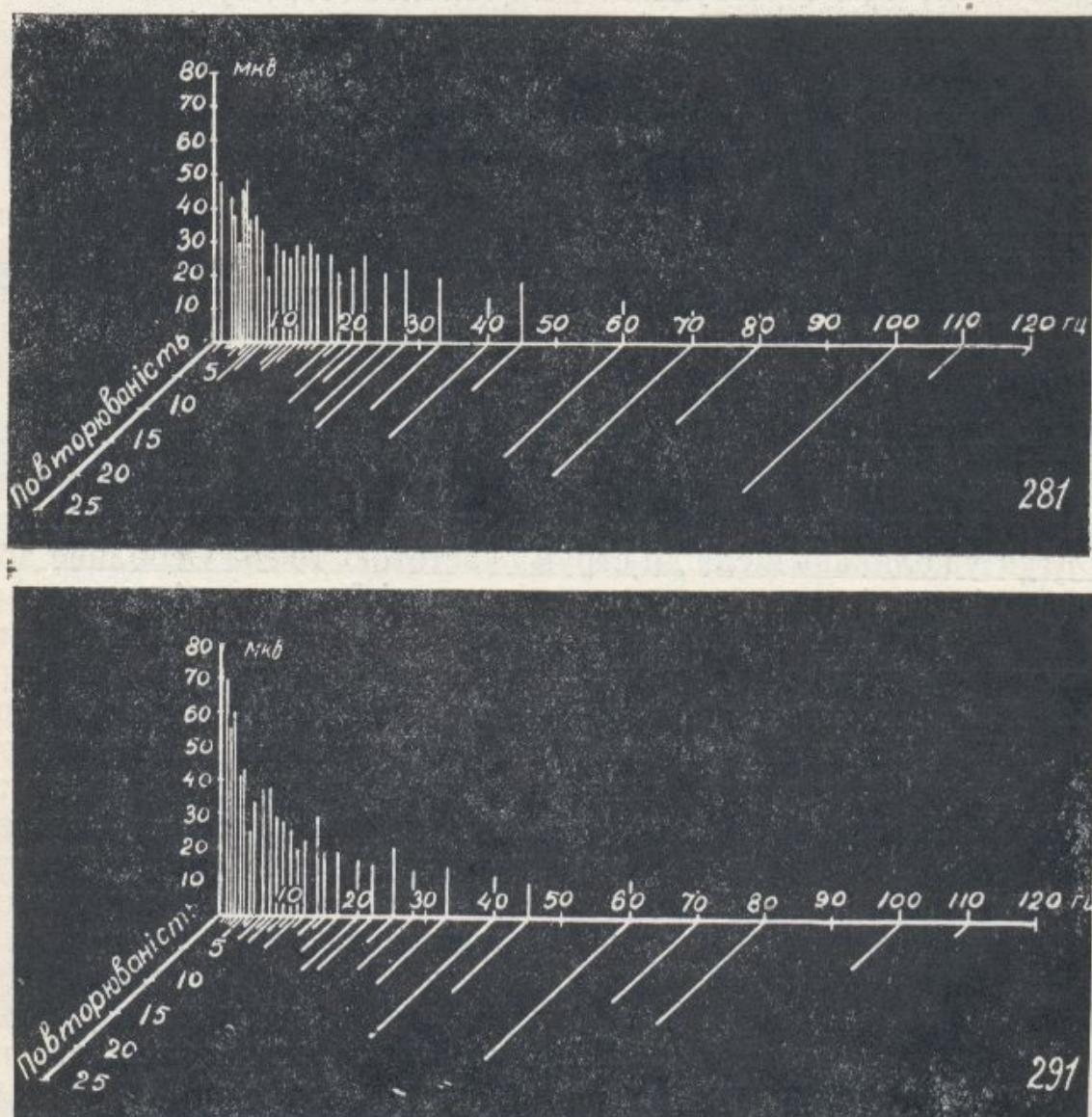


Рис. 6. Дослід № 620, 13.XI 1955 р. Собака Рябко. Вплив імпульсного струму частотою 10 гц (1:10), силою 100 мка. Графік № 281 — до дії струму, графік № 291 — після дії струму.

#### Таблиця 6

До графіків № 281 і 291. Дослід № 620, 13.XI 1955 р.  
Собака Рябко. Діяв імпульсний струм частотою 10 гц (1:10)  
силою 100 мка

Групи частот в гц	Графік № 281—до дії струму—повторюваність частот	Графік № 291—після дії струму—повторюваність частот
1—3	4	9
4—7	12	9
8—12	12	16
13—45	79	77
60—120	77	57

Примітка. Підвищення амплітуд частотою 1—3 гц. Деяка дисоціація ритмів частотою 1—3 гц. Повільні хвилі в ЕЕГ не дуже виражені. Відповідей на умовні подразники нема. Був епілептоїдний припадок.

постійного струму частотою 100 гц (1 : 4, 500 мка) збільшуються амплітуди коливань від 1 до 12 гц. Однак тимчасом як після дії постійного струму загальна кількість коливань в інтервалі 1—12 гц однозначно зменшується,— після застосування імпульсного струму загальна кількість коливань також однозначно збільшується. Кількість коливань з частотою від 13 до 45 гц в обох випадках збільшується. Кількість коливань в інтервалі 60—120 гц в обох випадках або незначно відхиляється в напрямі збільшення чи зменшення, або найчастіше чітко збільшується.

Таке саме порівняння таблиць і графіків для ЕЕГ, знятих після дії струму частотою 100 гц, але різної сили — 500 і 100 мка — показує, що нема лінійної залежності між збільшенням сили струму і збільшенням змін ЕЕГ. Про відсутність прямої пропорціональності між змінами умовнорефлекторної діяльності і силою струму в тих самих дослідах ми повідомляли в раніше опублікованій роботі.

Порівнюючи зміни ЕЕГ після дії імпульсних струмів частотою 100 і 10 гц при одинакових значеннях  $I_{ef}$ , відзначаємо деяке звуження інтервалу низьких частот, під час якого спостерігається чітке збільшення амплітуд у коливань після дії струму частотою 10 гц. Особливе збільшення амплітуд після застосування струму цієї частоти відзначається в інтервалі 1—3 гц. Там же виникла дисоціація або розщеплення ритмів. Сума числа коливань в інтервалі з частотою 1—3 гц після дії струму частотою 10 гц однозначно збільшується, а після застосування струму частотою 100 гц залишається постійною або ж незначно зменшується чи збільшується. Сума числа коливань в інтервалі частот 8—12 гц після дії струму частотою 10 гц залишається постійною, або ж збільшується в меншій мірі, ніж після застосування імпульсного струму частотою 100 гц. В інтервалі 13—45 гц після дії імпульсного струму частотою 10 гц здебільшого спостерігається зменшення сумарної кількості коливань, тоді як після застосування імпульсного струму частотою 100 гц відзначається збільшення кількості коливань і нарешті, в інтервалі частот 60—120 гц кількість коливань також зменшувалась після дії імпульсного струму частотою 10 гц (500 мка), а після застосування струму частотою 100 гц вона збільшувалась. Зменшення сумарної кількості коливань після дії імпульсного струму частотою 10 гц (500 мка) в інтервалах 13—45 гц і 60—120 гц не залежало від того, стався чи не стався епілептоїдний припадок під час дії струму. Однак при застосуванні струму тієї самої частоти 10 гц (1 : 4), але силою 100 мка в інтервалі частот 60—120 гц відбулося не зменшення, а чітке збільшення кількості коливань. Отже, це явище залежало від сили застосованого струму.

Так само і повільні хвилі високої амплітуди з непостійним ритмом, що надають кривій ЕЕГ характерного вигляду, добре виражені після дії імпульсного струму частотою 10 гц, силою 500 мка (рис. 7) і слабо виражені після дії струму тієї самої частоти, але меншої сили (100 мка) навіть тоді, коли під час дії струму був епілептоїдний припадок. Водночас дія умовного подразника в ряді випадків приводила до посилення цих коливань після закінчення дії умовного подразника. Рис. 8 ілюструє це явище в досліді № 627 на собакі Рябку; епілептоїдного припадку в цьому досліді не було. Порівняння змін ЕЕГ після застосування струму тієї самої частоти 10 гц, але при відношенні тривалості дії струму до паузи як 1 : 4 і як 1 : 10, показує, що більше підвищення сумарної кількості коливань в інтервалах 1—3 і 8—12 гц спостерігається після дії струму з вужчим імпульсом (1 : 10). Збільшення амплітуди коливань відбувається також у вужчому інтервалі низьких частот. В

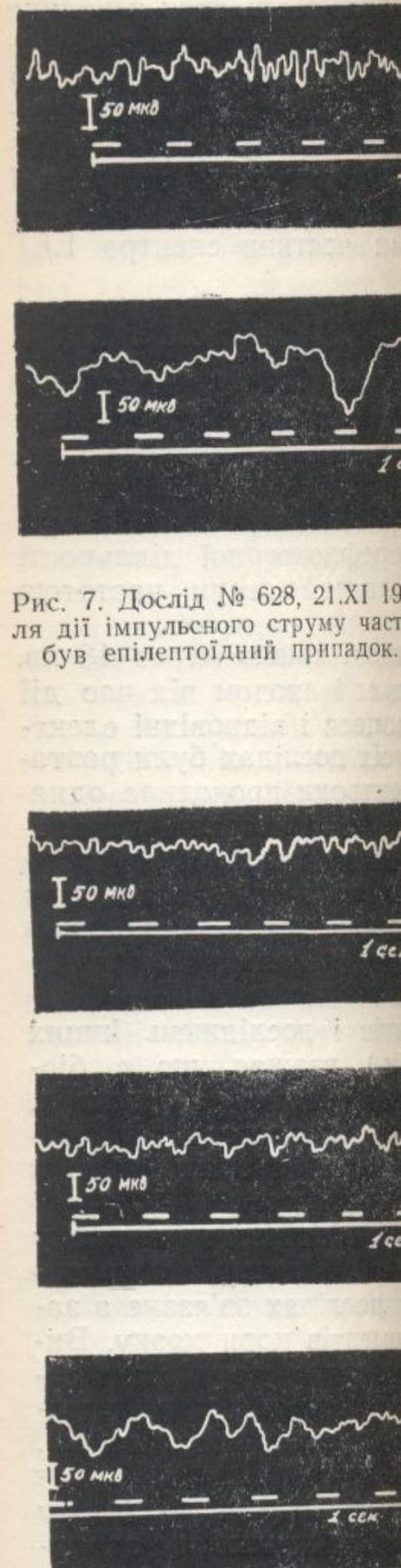


Рис. 7. Дослід № 628, 21.XI 19...

ленням повільних хвиль післ...

Графік № 627-1 — до д...

після дії струму. ЕЕГ знят...

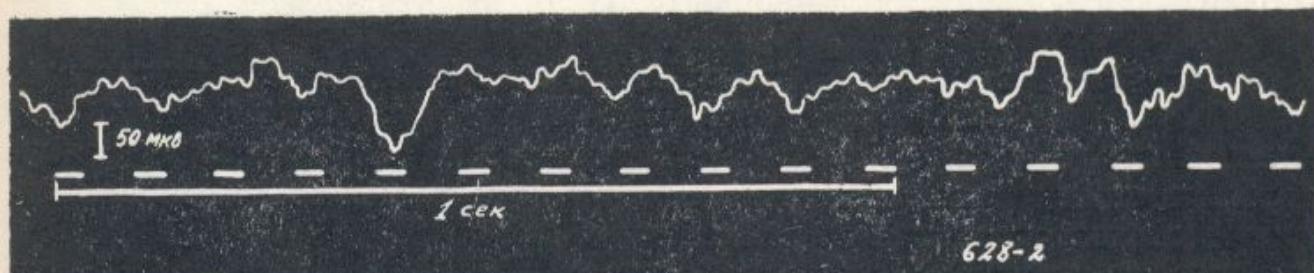
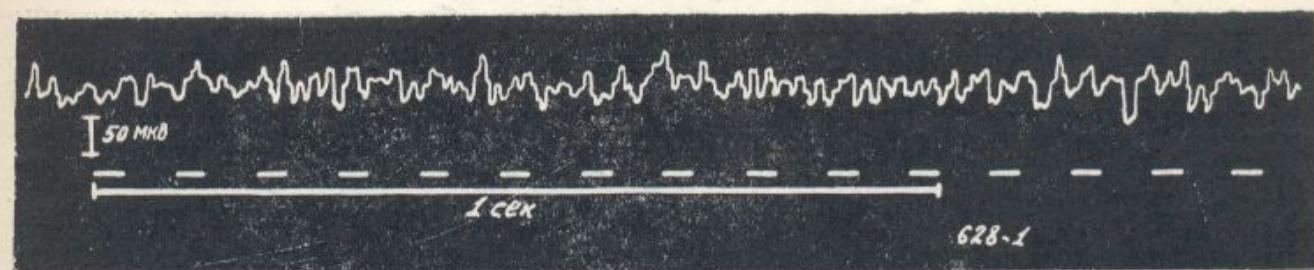


Рис. 7. Дослід № 628, 21.XI 1955 р. Собака Рябко. Характерний вигляд ЕЕГ до і після дії імпульсного струму частотою 10 гц (1 : 10), силою 400 мка. Під час дії струму був епілептоїдний припадок. Графік № 628-1 — до дії струму, графік № 628-2 — після дії струму.

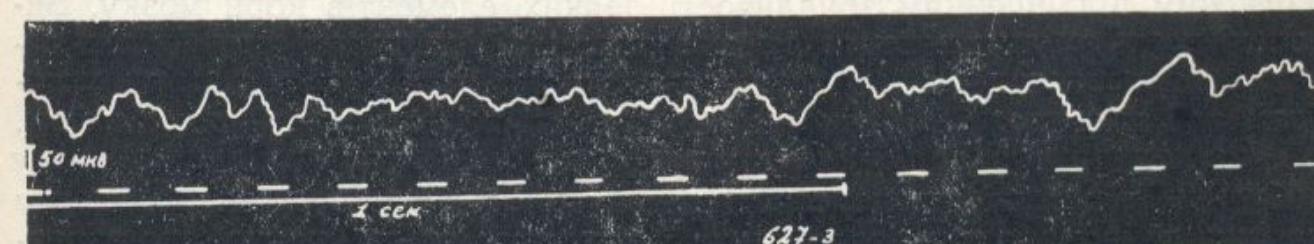
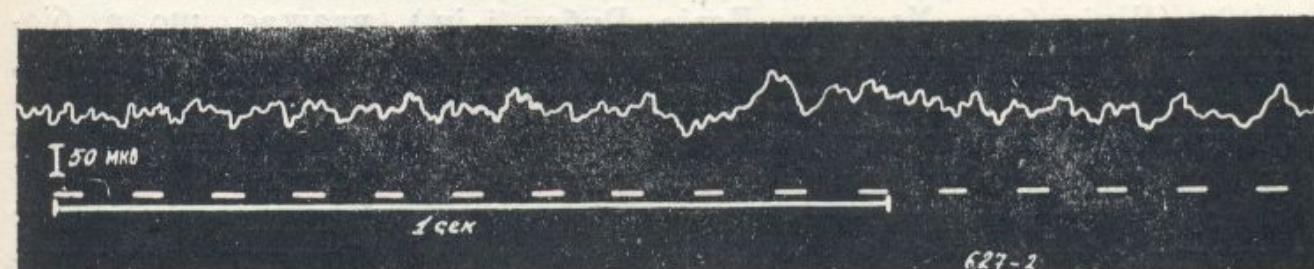
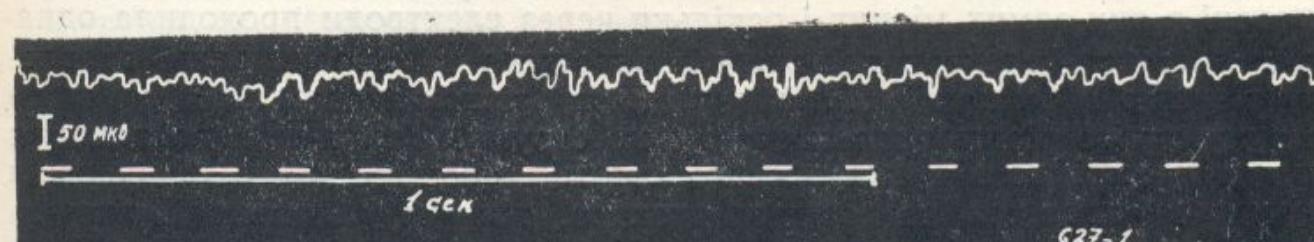


Рис. 8. Дослід № 627, 20.XI 1955 р. Собака Рябко. Характерний вигляд ЕЕГ з посиленням повільних хвиль після дії умовного подразника. Імпульсний струм частотою 10 гц (1 : 4), силою 500 мка.

Графік № 627-1 — до дії струму, № 627-2 — після дії струму, № 627-3 — після дії струму. ЕЕГ знято негайно після припинення дії умовного подразника.

наших умовах досліду закономірного зростання повторюваності частоти 10 гц ми не спостерігали, хоч іноді можна було відзначити невелике її збільшення. Отже, на основі наших дослідів ми можемо впевнено говорити про різницю в змінах ЕЕГ після дії імпульсного струму низької частоти 10 гц і високої частоти 100 гц, а також після застосування імпульсного і постійного струму. Як відомо, частота 10 гц відповідає ділянці альфа-хвиль, а частота 100 гц — ділянці гамма-хвиль природної електричної активності мозку людини і, в усікому випадку, обидві частоти лежать в межах досліджуваної нами частини спектра ЕЕГ собаки.

Ми маємо підстави вважати, що різниця в дії основана на вибірному втручанні в біохімічні реакції, що відбуваються в різних структурах мозку і насамперед в його корі. Ці нові дані, виявлені методом електроенцефалографії, добре узгоджуються з попередніми, раніше опублікованими нашими даними про різницю в змінах умовнорефлексторної діяльності, а також температури мозку при дії струмів тих самих характеристик в однакових умовах [17, 18]. Імпульсний струм частотою 10 гц викликає більші зміни умовнорефлексторної діяльності і більші зміни температури мозку, ніж імпульсний струм частотою 100 гц.

Слід нагадати, що ми спостерігали залишкові явища через 18 хв. після вимкнення струму. Як відомо, під катодом і анодом під час дії струму виникають відмінні один від одного процеси і відповідні електричні явища. Однак, оскільки анод і катод в усіх дослідах були розташовані в тих самих місцях і оскільки через електроди проходила одна-кова кількість електричної енергії, виражена в мікрокулонах, виявлену різницю в змінах ЕЕГ слід пояснити різною якістю застосованого струму, тобто різною характеристикою струму. Загальним явищем для післядії постійного і імпульсного струмів обох частот є підвищення амплітуди коливань на початку спектра, причому в післядії струму між коливаннями збудливості і перебігом повільних ритмів.

М. Н. Ліванов [9] на основі багатьох фактів і досліджень інших авторів (Шпільберг, Хогленд, Девіс, Рубен і ін.) вважає, що в біоелектричних ритмах знаходять своє відображення метаболічні процеси, які відбуваються в гангліозних елементах кори, зв'язані і з хвилею збудження, і з зміною збудливості. Він вказує також на тісний зв'язок між коливанням збудливості і перебігом повільних ритмів.

Подразнення мають викликати у відповідних ділянках кори мозку коливання збудливості. Отже, можна гадати, що збільшення амплітуди коливань ЕЕГ в інтервалі 1—12 гц в наших дослідах зв'язане з залишковим підвищением збудливості деяких елементів кори мозку. Виявлені нами зміни температури мозку при дії на нього струмів тих самих характеристик [18] ми також трактували як результат зміни метаболізму і зв'язували із змінами збудливості нейронних структур мозку.

За концепцією В. С. Русінова [14], місцеве збудження, що виникає в будь-якій клітині, не переходячи в імпульс, поширяється по аксону на інші нейрони, з ним ізолабільні, і викликає альфа-хвиллю, яка завдяки повторному перебігу по тій самій групі нейронів відтворюється у вигляді альфа-ритму. При зниженні функціонального стану центральної нервової системи, коли утворюються умови для стабілізації на більш низькому рівні лабільності більшої кількості нейронів, виникаюче місцеве збудження поширяється на більшу кількість нейронів, створюючи дельта-хвилі; при зменшенні кількості ізолабільних нейронів виникають бета- і гамма-хвилі.

З цієї точки зору можна гадати, що постійний, а також імпульсний

струм частотою 100 гц пр...  
і, поряд з цим, утворює на більшу кількість нейр...  
тільки альфа-, а й дельта-хвилі, якому спостерігалось пі...  
в ділянку дельта-хвиль пояснити стабілізацію н...  
ніж при інших характеристиках частот, що охоплює цих умовах розглядати, ритмії, що є наслідком синхронних коливань часі або ж підвищення I. П. Павловим, головно

Отже, дисоціація ритмів, хронізацію, може бути рефлекторної діяльності. Можливо, що повільні вібрації в крайнім виразом такої діяльності, також зв'язані А. Б. Когана [6], повільно місцеві зміни міжнейронів поширюються, відбивають

Отже, зміни в ЕЕГ зв'язких і високих частот, визначає порушення умов від діяльності різних нервових центрів, пряме подразнення кори, розгалуження апікальних глибині кори утворюють

Молліка і Росси [41] інші показали, що вплив електричні відповіді в післядії струму сітчастої формациї кової [9] подразнення кори, тривалу екзальтацію біоелектричну виражену в ділянці, відбувалось подразнення у взаємодію втягувались ві утворення, зокрема гі

Тому ми приходимо до висновку ЕЕГ, знятої безпосередньо після застосування умовного рефлексу, а також характеристик.

1. Постійний струм відповідає змінам, що виникають через вживлені електроди, а також імпульсні струми.

2. Імпульсний струм відповідає змінам, що виникають після застосування такого самий струм частотою 100 гц.

3. Як самі зміни, та

струм частотою 100 гц приводив нейрони в стан більшої ізолабільноті і, поряд з цим, утворював умови для поширення місцевого збудження на більшу кількість нейронів, що викликало збільшення амплітуд не тільки альфа-, а й дельта-хвиль. Тоді звуження інтервалу частот, в якому спостерігалось підвищення амплітуд коливань, і перехід його в ділянку дельта-хвиль під впливом струму частотою 10 гц можна пояснити стабілізацією на більш низькому рівні лабільноті більшої, ніж при інших характеристиках струму, кількості нейронів. Дисоціацією частот, що охоплює дельта-хвилі і частково тета-хвилі, можна в цих умовах розглядати, за М. Н. Лівановим, як вираз порушення ізоритмії, що є наслідком спрацьованості коркових структур, як порушення синхронних коливань збудливості. Однак погодженість збуджень в часі або ж підвищення збудливості відповідних ділянок кори є, за І. П. Павловим, головною умовою встановлення тимчасових зв'язків.

Отже, дисоціація ритмів, яку ми спостерігаємо, відбиваючи десинхронізацію, може бути в деякій мірі зв'язана з порушенням умовно-рефлекторної діяльності або з розвитком передумов до таких порушень. Можливо, що повільні хвилі великої амплітуди з несталим ритмом є крайнім виразом такої десинхронізації. Не виключено, що виявлене нами закономірне зменшення кількості бета- і гамма-хвиль у тих дослідах, в яких були відзначенні істотні порушення умовно-рефлекторної діяльності, також зв'язане з цими порушеннями. Згідно з концепцією А. Б. Когана [6], повільні локальні потенціали в ЕЕГ відображають місцеві зміни міжнейрональних контактів, а потенціали, що швидко поширяються, відбивають рух нервових імпульсів.

Отже, зміни в ЕЕГ в наших дослідах, відповідно в інтервалах низьких і високих частот, можуть стосуватись різних фаз процесу, що визначає порушення умовно-рефлекторної діяльності, і навіть залежати від діяльності різних нервових структур. Д. С. Воронцов [4] вважає, що пряме подразнення кори електричним струмом впливає не тільки на розгалуження апікальних дендритів, а й на аферентні волокна, які в глибині кори утворюють численні синаптичні зв'язки.

Молліка і Россі [41, 42], Баумгартен, Молліка і Моруцці [21] та інші показали, що вплив електричного струму на кору мозку викликає електричні відповіді в підкорці: в ділянці перехрестя пірамід і в клітинах сітчастої формaciї. В дослідах М. Н. Ліванова і Т. А. Королькової [9] подразнення коркового кінця зорового аналізатора викликало тривалу екзальтацію біострумів (збільшення амплітуд), особливо чітко виражену в ділянці рухового аналізатора кори, а не зорового, де відбувалось подразнення. Отже, нема сумніву, що в наших дослідах у взаємодію втягувались синаптичні зв'язки в глибині кори і підкоркові утворення, зокрема гіпоталамічна ділянка і сітчаста формaciя.

Тому ми приходимо до думки про необхідність розглянути динаміку ЕЕГ, знятої безпосередньо під час здійснення рухового захисного умовного рефлексу, а також зміни в ній внаслідок дії струмів тих самих характеристик.

### Висновки

- Постійний струм висхідного напрямку, впливаючи на кору мозку через вживлені електроди, в одинакових умовах викликає менші зміни, ніж імпульсні струми.
- Імпульсний струм частотою 100 гц викликає менші зміни, ніж такий самий струм частотою 10 гц.
- Як самі зміни, так і різниця між ними пояснюються електрото-

нічними зрушеннями збудливості і, поряд з цим, деякою вибірністю в стимуляції чи пригніченні певних метаболічних процесів у мозку.

4. Співвідношення в змінах ЕЕГ між постійним і імпульсним струмом, а також між імпульсними струмами більшої і меншої частоти повністю узгоджуються із співвідношеннями в змінах температури мозку як показника зрушення метаболічних процесів у мозку, а також із змінами умовнорефлекторної діяльності.

5. Деякі зміни ЕЕГ спостерігаються одночасно з порушеннями умовнорефлекторної діяльності і, мабуть, з ними взаємозв'язані.

6. Зміни ЕЕГ значно більше виражені після дії імпульсного струму з меншою тривалістю імпульсу (1 : 10), що пояснюється більшим амплітудним значенням струму в імпульсі.

7. В межах застосованих ефективних значень сили струму — 100 і 500 мка—немає лінійної залежності між силою струму і змінами в ЕЕГ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Артемьев, Труды Ин-та физиологии им. И. П. Павлова, т. I, 1957
2. Беритов И. С., Общая физиология мышечной и нервной систем, т. II, 1948.
3. Бобкова В. В., в сб. «Вопросы теории и практической электроэнцефалографии», ЛГУ, 1956, с. 183.
4. Воронцов Д. С., Журн. высшей нервной деят., т. VII, в. 6, 1957, с. 929.
5. Жуков Е. К., Бюлл. экспер. биол. и мед., № 9, 49, 1940.
6. Коган А. Б., Гагрские беседы, т. I, Тбилиси, 1949, с. 273.
7. Лазарев П. П., Исследования по адаптации, Изд-во АН СССР, 1947, с. 71.
8. Ларионов В. Е., Неврологический вестник, т. VII, в. 3, Казань, 1899.
9. Ливанов М. Н., и Корольков Т. А., Журн. высшей нервной деят., т. I, в. 3, 1951, с. 332.
10. Робинер И. С., Журн. высшей нервной деят., т. VI, в. 1, 1956, с. 10.
11. Ройтбак А. И., Труды Ин-та физиологии АН Грузинской ССР, т. 9, 1950.
12. Ройтбак А. И., Ученые записки ЛГУ, серия биол. наук, в. 37, 1954, с. 256.
13. Русинов В. С., Доклады на XIX Международном физиологическом конгрессе, Изд-во АН СССР, 1953, с. 147.
14. Русинов В. С., Ученые записки ЛГУ, серия биол. наук, в. 37, 1954, с. 235.
15. Стеценко М. Д., Фізіол. журн. АН УРСР, т. I, № 2, 1955, с. 30.
16. Стеценко М. Д., Фізіол. журн. АН УРСР, т. I, № 4, 1955, с. 40.
17. Стеценко М. Д., Фізіол. журн. АН УРСР, т. II, № 5, 1956, с. 35.
18. Стеценко М. Д., Фізіол. журн. АН УРСР, т. III, № 6, 1957, с. 92.
19. Сульє Е. В., Бюлл. экспер. биол. и мед., т. XXXIII, в. 4, 1952, с. 59.
20. Adgian E. D., J. Physiol., 88, 127, 1936.
21. Baumgartner Rudolf, Mollica Amilcare, Moguzzi Giuseppe, Pflügers Arch. ges. Physiol., 259, № 1, 1954, S. 56.
22. Век А., Субульский Н., 1877, цитир. по Кауфману П. Ю. в сб. «Первые отечеств. исслед. по электроэнцефалографии», Медгиз, 1949, с. 144.
23. Bergman Philip S., Impastato David I., Berg Seymoor, Feinstein Rhoda, Confinia neurol., 13, № 5—6, 1953, р. 271.
24. Вигеъ J., Ceskosl. fysiol., 3, № 3, 1954, S. 268.
25. Вигеъ J., Ceskosl. fysiol., 3, № 3, 1954, S. 254.
26. Вигеъ J., Ceskosl. fysiol., 4, № 1, 1955, S. 69.
27. Burns Delisle B., Grafstein Bergnise, Rev. Canad. Biol., 13, № 1, 1954, р. 55.
28. Burns Delisle B., J. Physiol., 125, № 3, 1954, р. 427.
29. Chang H. T., J. Neurophysiol., 14, 14, 1951.
30. Crigel E., Brosteani R., Studii Si cercetari fisiol. Si neurol., 4, № 3—4, 1953, S. 359.
31. Gastaut, Rev. neurol., 88, № 5, 1953, 310.

32. Gualtierotti don), 125, № 2, 1954, 278.
33. Gualtierotti
34. Harrereld A 505.
35. Jus Andzev, Neurol., neurochirurg. i psyc
36. Kreidler A., соj., Nestianu V. Sru
37. Kreidler A., Nestianu V. Rev. neu
38. Loeschke H.
39. Matthews B.
40. Mc Ilwain H 93.
41. Mollica A., R 1953, 1018.
42. Mollica A., R
43. Roberts T. D
44. Walker A. E d o, j. Neurology, 6, № 9,

Інститут фізіології і  
Академії наук  
лабораторії

#### Сопоставление электр на мозг слабых

В работе сопоставлены зарегистрированных до в предыдущих наших действиям импульсных ставляет определенный ли или же отсутствует что в естественной эле относительно низкочастодинаковых по своему вании мы не изучали эжеение электрическими рографическую картину

Постоянный ток в ру мозга собак через ЭЭГ, которые в количестве в равных условиях же силы.

Импульсный ток в ЭЭГ, чем импульсный

Как сами изменяются электротоническими сдвигами избирательностью в стимулированных процессов в мозге, имеющие метаболические изменения от частоты, может пределах одних и тех же неодинаковых структу

32. Gualtierotti T., Paterson A., Spenser, J. Physiol. (London), 125, № 2, 1954, 278.  
 33. Gualtierotti T., Confinia neurol., 16, N 1, 1956, 38.  
 34. Harreveld A., Stamm I. S., J. Neurophysiol., 17, N 6, 1954, 505.  
 35. Jus Andzey, Karpowicz Regina, Jus Karolina, Neurol., neurochirurg. i psychiatr. polska, 4, № 6, 1954, 591.  
 36. Kreidler A., Voiculesco V., Brosteau R., Voinesco J., Nestianu V. Studii si cercetari neurol. Acad. R. P. R., 1, N 1, 1956, 33.  
 37. Kreidler A., Voiculesco V., Brosteau R., Voinesco J., Nestianu V. Rev. neurol., 94, № 2, 1956, 120.  
 38. Loeschke H. H., Pflügers Arch. ges. Physiol., 262, № 6, 1956, S. 517.  
 39. Matthews B. H. C., J. Physiol. (London), 122, N 1, 22, 1953.  
 40. Mc Ilwain H., Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol., 6, № 1, 93.  
 41. Mollica A., Rossi G. F., Boll. Soc. ital. biol. sperim., 29, № 5, 1953, 1018.  
 42. Mollica A., Rossi G. F., Arch. fisiol., 54, № 2-3, 1954, 219.  
 43. Roberts T. D. M., Veter. Rec., 66 № 39, 1954, 561.  
 44. Walker A. Earl, Poggio Gian Franco, Andy Orlando, J. Neurology, 6, № 9, 1956, 616.

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця

Надійшла до редакції

Академії наук УРСР,

лабораторія біофізики

20. VII 1958 р.

## Сопоставление электроэнцефалограмм до и после воздействия на мозг слабых импульсных токов и постоянного тока

Н. Д. Стеценко

### Резюме

В работе сопоставляются материалы расшифровки обзорных ЭЭГ, зарегистрированных до и после действия импульсных токов. Поскольку в предыдущих наших исследованиях устанавливается различие между действием импульсных токов более низких и более высоких частот, представляется определенный интерес выяснить путем сопоставления—имеются ли или же отсутствуют соответствующие различия в ЭЭГ. Тем более, что в естественной электрической активности мозга различают группы относительно низкочастотных и более высокочастотных колебаний, неодинаковых по своему физиологическому значению. В данном исследовании мы не изучали экстренного ответа коры мозга на прямое раздражение электрическими токами, а обратили все свое внимание на электрографическую картину последействия соответствующих токов.

Постоянный ток восходящего направления при его действии на кору мозга собак через вживленные электроды вызывает изменения в ЭЭГ, которые в количественном и качественном отношении меньше тех, что в равных условиях остаются после действия импульсных токов той же силы.

Импульсный ток частотой 100 гц вызывает меньшие изменения в ЭЭГ, чем импульсный ток частотой 10 гц в равных условиях.

Как сами изменения, так и различия в них могут объясняться электротоническими сдвигами возбудимости и, наряду с этим, некоторой избирательностью в стимуляции и подавлении определенных метаболических процессов в мозгу. При этом стимулирующее или же угнетающее метаболические процессы действие импульсных токов, в зависимости от частоты, может относиться либо к неодинаковым процессам в пределах одних и тех же структур, либо к метаболизму функционально неодинаковых структур. Метаболические сдвиги, вызываемые действием

токов, связанны с изменением возбудимости соответствующих структур мозга и находят свое выражение в изменениях ЭЭГ: увеличениях и уменьшениях количества колебаний в определенных участках спектра ЭЭГ, в изменениях амплитуды колебаний, в появлении диссоциации ритмов как выражения нарушения синхронизации, т. е. одинаковой возбудимости или совозбуждения различных участков коры мозга, связанных с подкорковыми образованиями.

Соотношения в изменениях ЭЭГ между постоянным и импульсным током, а также между импульсными токами большей и меньшей частоты находятся в полном согласии с такими же соотношениями в изменениях температуры мозга как показателя, связанного с течением метаболических процессов в мозгу, а также с аналогичными соотношениями условнорефлекторной деятельности.

Некоторые изменения в ЭЭГ наблюдаются одновременно с нарушениями условнорефлекторной деятельности и, вероятно, взаимосвязаны.

После действия импульсного тока одной и той же частоты, но различной длительности импульса, например при соотношении времени тока и паузы 1:4 и 1:10, изменения ЭЭГ значительно больше выражены после действия тока с более узким импульсом (1:10). Так как количество электрической энергии, выраженное в микрокулонах, в этих опытах, как и во всех остальных, сохраняется строго постоянным, то большая выраженность изменений ЭЭГ при применении тока с более узким импульсом объясняется большим амплитудным значением тока в импульсе.

В пределах применявшихся эффективных значений силы тока—100 и 500 мка—нет линейной зависимости между силой тока и изменениями ЭЭГ; при токе меньшей силы изменения достаточно хорошо выражены.

### Comparison of Electroencephalograms before and after Action on the Brain of Weak Impulse Currents and Direct Current

N. D. Stetsenko

#### Summary

Electroencephalogram data were compared before and after cessation of direct current action and of impulse currents of 100 and 10 Hz frequency, i. e. the current after-effect was studied.

Direct current acting on the cerebral cortex of dogs through inserted electrodes causes less quantitative and qualitative changes in the electroencephalogram than impulse currents under equal conditions.

A 100 Hz impulse current induces a slighter change in the electroencephalogram than a 10 Hz impulse current under equal conditions.

Both the changes themselves and the differences between them may be explained by electrotonic shifts in excitation and, in addition, by a certain selectivity in stimulation or depression of definite metabolic processes in the brain. The metabolic changes induced by the action of currents are connected with the change in excitability of the respective brain structures and are reflected in the electroencephalogram changes: in the increase and decrease of the number of vibrations in definite sections of the electroencephalogram spectrum, in the changes in the amplitude of the vibrations, in the desynchronization rhythms.

The ratios in the electrical currents, as well as of the amplitudes of the waves, are in perfect agreement with the indicator of metabolic changes in conditioned reflexes.

Certain changes in the electroencephalogram are connected directly with disturbances of the conditioned reflexes.

After the action of impulse currents with different durations the changes in the electroencephalogram are considerably greater with a lower duration and a greater amplitude value of the waves. The intensity of electricity was the same in all cases.

Within the limits of 100–500 microamperes — there was no change in the intensity and the changes in the electroencephalogram were

The ratios in the electroencephalogram changes of the direct and impulse currents, as well as of the impulse currents of higher and lower frequency, are in perfect agreement with those of the brain temperature changes, as an indicator of metabolic changes, as well as with similar ratios in the changes in conditioned reflex activity.

Certain changes in the electroencephalogram are observed simultaneously with disturbances of conditioned reflex activity and are probably interrelated.

After the action of impulse current of one and the same frequency, but with different durations of the impulse, the changes in the electroencephalogram are considerably more pronounced after the application of current with a lower duration of impulse, which may be explained by the greater amplitude value of the current in the impulse. The amount of electricity was the same in all cases.

Within the limits of the effective current intensity applied — 100 and 500 microamperes — there is no linear dependence between the current intensity and the changes in the electroencephalograms.