

В. С. ТИТОВЪ.

---

# РАДИОАКТИВНАЯ ЭМАНАЦІЯ

ВЪ ВОДАХЪ и ГАЗАХЪ ТЕРМЪ

## ДЕРЕВНИ НОВАЯ БЪЛОКУРИХА

НА АЛТАѢ.

---

ТОМСКЪ.

Тиво-литографія Сибирскаго Товарищества печатнаго дѣла, уг. Дворянской и Ямск. пер. с. д.

1913.

ИЗДАНИЕ ВАНТРАДИАН

---

Печатано по распоряженію Директора Гомскаго Технологическаго Института  
ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.

---

Радиоактивная эманация въ водахъ и газахъ термъ деревни  
Новая Бьлокуриха на Алтаѣ.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	Стр.
Введение . . . . .	1
<i>Глава I. Затуханіе радиоактивной эманации, заключающейся въ водахъ и газахъ термъ деревни Новая Бьлокуриха.</i>	
§ 1. Ионизация воздуха, производимая водой изъ колодца № 1, и измѣненія этой ионизации со временемъ . . . . .	3
§ 2. Ионизация въ газѣ, собранномъ надъ колодцемъ № 2, и измѣненіе этой ионизации со временемъ . . . . .	10
§ 3. Сравненіе константъ затуханія ионизаций въ воздухѣ, продутомъ черезъ воду изъ колодца № 1, и газѣ, собранномъ надъ колодцемъ № 2 . . . . .	15
§ 4. Сравненіе константъ затуханія ионизации въ воздухѣ, продутомъ черезъ воду изъ колодца № 1, съ таковыми же константами эманации радія . . . . .	16
<i>Глава II. Радиоактивная индукція, производимая изслѣдуемой эманацией.</i>	
§ 1. „Нормальный“ электроскопъ Schmidt'a и наблюдаемое имъ затуханіе радиоактивной индукции эманации радія . . . . .	20
§ 2. Изученіе наведенной активности изслѣдуемой эманации при помощи электроскопа Schmidt'a при малыхъ временахъ активированія . . . . .	23
§ 3. Изученіе наведенной активности изслѣдуемой эманации при помощи колокола Elster'a—Geitel'я при большихъ временахъ активированія и независимо отъ градуировки шкалы электроскопа . . . . .	31
<i>Глава III. Измѣреніе количества эманации, заключающейся въ изслѣдуемыхъ газахъ и водахъ.</i>	
§ 1. Методы Mache и Schmidt'a для измѣренія количества эманации . . . . .	35
§ 2. Измѣреніе величины $x/K$ для газовъ по методу Mache и Duane'a—Schmidt'a . . . . .	40
§ 3. Измѣреніе величины $x/K$ для изслѣдуемой воды по методу Mache . . . . .	47
§ 4. Измѣреніе величины $x/K$ для воды изъ колодца № 1 по методу Schmidt'a . . . . .	49
Заключеніе . . . . .	52

## Радіоактивна еманация въ водахъ и газахъ термъ деревни Новая Бѣлокуриха на Алтаѣ.

В. С. Титова.

Деревня Новая Бѣлокуриха находится у сѣверныхъ отроговъ Томскаго Алтая, въ 63 верстахъ отъ г. Бійска, подь  $54.9^{\circ}$  О. отъ Пулкова и  $52.6^{\circ}$  N, на высотѣ 251 метровъ надъ моремъ, въ мѣстности, гдѣ степь рѣзко переходитъ въ горы,—у рѣчки того же названія, какъ и деревня.

Выше деревни рѣчка представляется быстрымъ потокомъ, текущимъ по узкой долинѣ, часто заваленной огромными валунами. Но у самой деревни рѣчка прорѣзываетъ послѣднюю грядку холмовъ и сейчасъ же теряетъ свой горный характеръ. Въ этомъ мѣстѣ на правомъ берегу имѣются два колодца съ деревянными срубамы, въ которыхъ и скопляется теплая вода. Одинъ изъ колодцевъ находится подь деревяннымъ навѣсомъ, а другой подь открытымъ небомъ. Первый имѣетъ около 4 квадратныхъ аршинъ поперечнаго сѣченія и около 1 сажени глубины, такъ что дно его едва-ли не ниже дна протекающей рядомъ рѣчки;—а другой около  $2\frac{1}{2}$  квадратныхъ аршинъ въ сѣченіи и до  $\frac{1}{2}$  аршина глубиной. Дно этого второго колодца очень засорено, и отъ колодца иногда чувствуется слабый запахъ сѣро-водорода. Оба колодца тѣсно примыкаютъ къ небольшому деревянному зданію, гдѣ изготовляются пріѣзжимъ больнымъ ванны. Въ послѣдующемъ изложеніи бѣльшій колодецъ мы будемъ называть колодцемъ № 1, а мѣньшій—колодцемъ № 2.

По самому берегу рѣчки (правому) внизъ отъ колодцевъ шаговъ на 50 всюду можно найти просачивающуюся черезъ слой глины и гравія теплую воду. Кромѣ того, выходы теплой воды можно установить въ нѣсколькихъ пунктахъ дна рѣчки противъ колодцевъ и ниже; въ этихъ пунктахъ вода на днѣ теплая, и замѣтно выдѣленіе пузырьковъ газа, какъ и со дна обоихъ колодцевъ.

Мнѣ неоднократно приходилось собирать эти поднимающіеся со дна колодцевъ газы, и я могу сообщить, что съ одного квадратнаго метра поверхности воды въ колодцѣ въ среднемъ въ 1 часъ можно собрать до 110 литровъ находящагося при атмосферномъ давленіи газа.

Тѣ порціи газовъ, какія я собиралъ, никогда не пахли сѣрководородомъ, и вообще не были пахучи. Они не оказывали замѣтнаго дѣйствія на металлы. Химическая природа этихъ газовъ совершенно никѣмъ не изслѣдована. Но все-таки можно думать, что газы эти, главнымъ образомъ, состоятъ изъ углекислоты.

Вода колодца № 1 по моимъ наблюденіямъ всегда имѣла температуру 31.6° С., а во второмъ колодцѣ температура колебалась отъ 31.4° С до 31.6° С. Вода изъ колодца № 1 пріятна на вкусъ, постоянно употребляется для питья и приготовленія пищи. Уже изъ этого можно заключить, какъ ничтожно должно быть количество растворенныхъ въ ней минеральныхъ веществъ. Объ этомъ проф. Леманъ („Научные очерки Томскаго края“, Томскъ, 1898 г.) сообщаетъ слѣдующее: „Единственный болѣе или менѣе подробный анализъ, знакомящій насъ съ химическимъ составомъ Бѣлокурихинскихъ источниковъ, произведенъ еще въ 1869 г. По даннымъ этого анализа вода имѣетъ удѣльный вѣсъ 1.0012, слабо щелочную реакцію и содержитъ 0.033% плотныхъ солей“. Принимая во вниманіе такое ничтожное содержаніе минеральныхъ солей, проф. Леманъ причисляетъ Бѣлокурихинскіе источники „къ совершенно индифферентнымъ термамъ“.

Тѣмъ не менѣе Бѣлокурихинскія воды пользуются среди населенія Томской губерніи, въ особенности въ Барнаульскомъ и Бійскомъ уѣздахъ, репутаціей цѣлебныхъ водъ, и въ теченіе іюня и іюля на этихъ водахъ отпускается пріѣзжимъ больнымъ до 100 ваннъ въ сутки.

Я имѣлъ возможность изучать на содержаніе радиоактивныхъ эманаций воды и газы Бѣлокурихинскихъ термъ въ теченіе іюля 1907 года и съ 14 іюня по 13 іюля 1908 года. Въ организациі первой моей поѣздки въ Бѣлокуруху мнѣ существенную помощь оказалъ проф. А. И. Ефимовъ. Выразить ему здѣсь свою глубокую благодарность я считаю своимъ долгомъ. Въ 1908 году Совѣтъ Томскаго Технологическаго Института удостоилъ меня командировки для изслѣдованія на радиоактивность нѣкоторыхъ алтайскихъ термъ и отпустилъ мнѣ для этой цѣли 300 рублей. Это дало мнѣ возможность кромѣ изслѣдованій въ д. Н. Бѣлокуриха произвести соотвѣтствующія наблюденія надъ водами и газами Рахмановскихъ источниковъ въ Арасанской долиинѣ (описаніе результатовъ этихъ послѣднихъ наблюденій я откладываю до болѣе удобнаго времени). Я позволю себѣ принести здѣсь глубокую благодарность Совѣту Томскаго Технологическаго Института. Въ обѣ мои поѣздки въ д. Н. Бѣлокуриха мнѣ сопутствовалъ студентъ В. П. Марковъ. Онъ интересовался работой не менѣе, чѣмъ я самъ, и оказалъ мнѣ многочисленныя услуги по организациі и веденію наблюденій и не только въ д. Н. Бѣлокуриха, но и въ Томскѣ. Считаю своимъ пріятнымъ долгомъ и здѣсь выразить В. П. Маркову мою глубокую благодарность.

## Глава I.

## Затуханіе радіоактивної еманациі, заключающейся въ водахъ и газахъ термъ деревни Н. Бѣлокуриха.

## § 1. Ионизація воздуха, производимая водой изъ колодца № 1, и измѣненія этой ионизаціи со временемъ.

Желая знать, насколько воды Бѣлокурихинскихъ источниковъ способны дѣлать электропроводнымъ продуваемый черезъ нихъ воздухъ, я примѣнялъ предложенную впервые *Himstedt*'омъ (*Ann. d. Physik.* Bd. 12, 1903, p. 107 и Bd. 13, 1904, p. 573) методу циркуляціи черезъ испытываемую воду воздуха, заключеннаго внутри нѣкоторой замкнутой цѣпи. Я осуществлялъ эту методу близко къ тому, какъ она описана у *H. Mache* (*Wiener Berichte*, Bd. 113, 1904, p. 1329 и Bd. 114, 1905, Heft III, IV, V) и весьма близко къ тому, какъ эта метода описана *проф. А. П. Соколовымъ* въ его статьѣ „Радіоактивность нѣкоторыхъ русскихъ минеральныхъ водъ, грязей и почвъ“. (*Журналъ Р. Ф. Х. Общества*, часть физическая, томъ 37, 1905, стр. 101.). Моя замкнутая цѣпь состояла изъ извѣстнаго колокола *Elster'a-Geitel'*я съ электроскопомъ и разсѣятелемъ (отъ фирмы *Günter-Tegeitmeier'a*; этотъ инструментарій описанъ *Elster'*омъ и *Geitel'*емъ въ *Phys. Zeitschr.*, 1904, p. 321 и *Zeitschrift f. Instrumentenkunde*, 24, 1904, p. 193), каучуковаго насоса-груши, стеклянной бутылки емкостью 8.4 литра, дрекселевой стклянки съ бусами съ сѣрной кислотой, башенки съ хлористымъ кальціемъ, стеклянной трубки съ чистой ватой и, наконецъ, опять колоколь. Емкость колокола 8.555 литра при высотѣ 35 сантиметровъ и діаметрѣ въ 17.5 сантиметровъ. Размѣры насоса-груши были таковы, что послѣ 120 ударовъ насоса весь воздухъ въ цѣпи могъ совершить одну циркуляцію. Въ дальнѣйшемъ мы будемъ называть токомъ разсѣянія величину

$$\frac{\Delta v \times \text{емкость электроскопа}}{\Delta t},$$

гдѣ  $\Delta v$  есть измѣненіе потенциала заряженнаго электроскопа въ теченіе времени  $\Delta t$ . Если циркуляція въ цѣпи была произведена въ отсутствіе испытываемой воды или газа, то наблюдаемый послѣ циркуляціи токъ разсѣянія мы будемъ называть токомъ натурального разсѣянія и обозначать черезъ  $i_N$ . Если же циркуляція воздуха происходила черезъ испытываемую воду или газъ, то наблюдаемый послѣ циркуляціи токъ разсѣянія мы будемъ называть токомъ полного разсѣянія и обозначать черезъ  $i$ . Примемъ далѣе емкость нашего электроскопа, когда онъ стоитъ подъ колоколомъ, отведеннымъ къ землѣ, за особую единицу емкости, а за 1 времени одинъ часъ. При этихъ условіяхъ токъ натурального разсѣянія въ моихъ опытахъ въ Бѣлокурихѣ въ полѣ 1907 года

колебался въ предѣлахъ 3.9—3.4  $\frac{\text{вольтъ} \times \text{емкость}}{\text{часъ}}$ , между тѣмъ какъ токъ полного разсѣянія во много разъ превосходилъ эти предѣлы. Вотъ, на примѣръ, наблюденіе 4-го іюля.

Въ 2<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> *p* начата циркуляція воздуха въ цѣпи черезъ 6.09 литра воды, только что взятой изъ колодца № 1. (Мѣсто наблюденія находилось въ 100 шагахъ отъ колодца). Циркуляція продолжалась 23 минуты, послѣ чего колоколь былъ изолированъ отъ остальной цѣпи, и начато было наблюденіе тока полного разсѣянія. При помощи секундометра наблюдалось время паденія праваго листочка электроскопа отъ 16 до 9-го дѣленія шкалы, что приблизительно соотвѣтствуетъ паденію потенціала на 62.2 вольта.

Нижеслѣдующая таблица I представляетъ нѣсколько данныхъ этого наблюденія тока полного разсѣянія. Изъ этой таблицы видно, что черезъ 25<sup>min.</sup> отъ начала циркуляціи токъ полного разсѣянія превышаетъ токъ натурального разсѣянія въ 883 раза; что величина *i* возрастаетъ, достигая приблизительно черезъ 2½ часа отъ начала циркуляціи maximum'a, чтобы затѣмъ медленно падать. Отношеніе  $i/i_N$  въ maximum'ѣ равно 1237. Максимальное увеличеніе *i* составляетъ 40% того значенія *i*, которое имѣло мѣсто тотчасъ послѣ окончанія циркуляціи.

Таблица I.

Моментъ наблк-денія.	Время отъ начала циркуляціи.	Время паденія отъ 16 до 9 дѣленій.	$i = \frac{62.2 \text{ вольтъ} \times \text{емкость}}{t \text{ часъ.}}$
VII. 4. 3 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> <i>p</i>	25 <sup>m</sup>	65. <sup>s</sup> 0	3445
3 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	35 <sup>m</sup>	59. <sup>s</sup> 0	3795
3 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>	41 <sup>m</sup>	56. <sup>s</sup> 5	3961
3 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	51 <sup>m</sup>	55. 8	4013
3 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	1 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>	53. 5	4185
3 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	1 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>	51. <sup>s</sup> 5	4348
4 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	1 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	48. <sup>s</sup> 3	4636
5 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>	2 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	46. <sup>s</sup> 4	4826
6 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>	3 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>	46. <sup>s</sup> 7	4794
7 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	5 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup>	48. <sup>s</sup> 3	4636
9 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> <i>p</i>	7 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>	49. <sup>s</sup> 5	4523
5. 8 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> <i>a</i>	17 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	53. <sup>s</sup> 9	4154
10 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> <i>p</i>	31 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	66. <sup>s</sup> 1	3388
6. 8 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> <i>a</i>	41 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	70. <sup>s</sup> 6	3172
9 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> <i>p</i>	54 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>	89. <sup>s</sup> 5	2502
7. 10 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> <i>a</i>	68 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	97. <sup>s</sup> 0	2309

Та же самая картина повторилась и въ другомъ продѣланномъ мною опытѣ (начать 8-го іюля) съ циркуляціей воздуха черезъ новую порцію воды изъ колодца № 1. Токъ  $i$ , соотвѣтственно такой же величины какъ и въ первомъ опытѣ, въ теченіе первыхъ часовъ послѣ циркуляціи (на этотъ разъ въ теченіе 3-хъ часовъ) возрасталъ до maximum'a (на этотъ разъ на 46% своей первоначальной величины), чтобы затѣмъ медленно падать. Такіе результаты двухъ моихъ опытовъ измѣренія тока  $i$  въ воздухѣ, продутомъ черезъ воду изъ колодца № 1, дѣлаютъ вѣроятнымъ предположеніе, что въ испытуемой водѣ заключается въ растворѣ радиоактивный газъ, подобный, а можетъ быть и тождественный радіевой эманации; что этотъ газъ въ замкнутой цѣпи, содержащей воду и воздухъ, распредѣляется между водой и воздухомъ до нѣкотораго стаціонарнаго состоянія соотвѣтственно законамъ *Dalton*'а и *Henry*, совершенно такъ, какъ это доказано для подлинной радіевой эманации *Himstedt*'омъ и *R. v. Traubenberg*'омъ, (*Phys. Zeitschr.*, 5, 1904, p. 210 и 6, 1905, p. 820). Въ виду такого предположенія представляло большой интересъ изученіе измѣненія разности  $i - i_N$  въ зависимости отъ времени. Для этой цѣли я продолжалъ наблюденія, начатыя 8 іюля, по 17-ое іюля включительно. Условія, въ которыхъ производились эти наблюденія, не благопріятствовали ихъ точности. Во-первыхъ, имѣлось опасеніе, что герметичность колокола могла пострадать отъ тряской перевозки инструмента; во-вторыхъ, мой колоколь я могъ установить для наблюденій только на окнѣ, да къ тому-же обращенномъ на югъ, и потому, хотя окно, насколько можно было въ жиломъ помещеніи, держалось закрытымъ, приборъ нагрѣвался солнечными лучами. Такое нагрѣваніе могло усиливать утечку газовъ изъ подъ колокола. Дѣйствительно до 14-го іюля я наблюдалъ, что въ теченіе дня уменьшеніе тока разсѣянія совершалось замѣтно быстрѣе, чѣмъ въ теченіе ночи; а съ 14 іюля такое явленіе обнаруживалось уже гораздо менѣе рѣзко. Какъ разъ съ 14 іюля погода стала и долго оставалась пасмурной, а до 14-го стояли ясные солнечные дни. Было еще одно обстоятельство, которое могло усложнить выясненія связи между  $i - i_N$  и  $t$ . Дѣло въ томъ, что только съ 13-го іюля токъ  $i$  настолько ослабѣлъ, что сталъ „токомъ насыщенія“. (Въ этомъ я убѣждаюсь, сравнивая свои наблюденія съ наблюденіями *проф. А. П. Соколова* надъ затуханіемъ электропроводности газа изъ источника „Нарзанъ“ въ таблицѣ I его статьи „Радиоактивность нѣкоторыхъ русскихъ минеральныхъ водъ, грязей и почвъ“, I. с. Колоколь и электроскопъ, которыми пользовался *проф. А. П. Соколовъ*, были почти тождественны съ моими), а связь между  $i - i_N$  и  $t$ , конечно, будетъ измѣняться въ зависимости отъ *измѣненія* условій образованія тока  $i$ . Поэтому въ нижеслѣдующемъ я рассматриваю только тѣ измѣренія тока  $i$ , которыя произведены послѣ 7 часовъ вечера 13-го іюля.

Какъ уже выше сказано, наблюдалось при помощи секундомѣра время паденія праваго листочка электроскопа съ 16 по 9 дѣленіе шкалы, причемъ каждый разъ продѣлывалось одно за другимъ три опредѣленія этого времени. Затуханіе электропроводности шло сравнительно такъ медленно, а три послѣдовательныхъ измѣренія происходили такъ быстро, что за это время затуханіе электропроводности, конечно, никакъ не могло быть замѣчено. Изъ трехъ послѣдовательныхъ измѣреній времени паденія листочка отъ 16 до 9 дѣленія бралось среднее и относилось къ среднему моменту начала перваго наблюденія и конца третьяго. При помощи полученнаго средняго значенія времени паденія листочка вычислялся для средняго момента токъ разсѣянія  $i$ , причемъ элестроемкость электроскопа въ условіяхъ опыта принималось за 1;  $\Delta v$ , уменьшеніе потенціала, соответствующее вышеупомянутому паденію листочка, принято равнымъ 21991 нѣкоторыхъ единицъ потенціала, а время выражалось въ секундахъ. Разность  $i - i_N$  мы будемъ обозначать въ дальнѣйшемъ черезъ  $J_t$ , гдѣ  $t$  обозначаетъ моментъ, къ которому относится токъ  $i$ . Комплексъ  $(J_t, t)$  мы будемъ называть „наблюденной точкой“. Всѣхъ наблюденныхъ точекъ имѣется въ нашемъ распоряженіи 17, причемъ  $i_N$  при вышеуказанныхъ единицахъ потенціала будетъ представляться числомъ 0.3, первое значеніе тока  $i$  числомъ 143.6, а послѣднее (17-ое) числомъ 62.9. Такъ какъ при опредѣленіи  $i$  максимально-возможная ошибка можетъ достигать 5% измѣряемой величины, то ясно, что величина  $i_N$  въ нашемъ случаѣ теряется въ ошибкахъ наблюденій, и ей вполне можно пренебречь. Изъ 17 наблюденныхъ точекъ я образовалъ 11 паръ (1—7, 2—8, 3—9, 4—10, 5—11, 6—12, 7—13, 8—14, 9—15, 10—16, 11—17) и для каждой пары соответствен-но равенству

$$J_t = J_{t'} e^{-\lambda(t - t')}$$

вычислимъ величину  $\log(e^{-\lambda})$ . Результаты этихъ вычисленій оказались слѣдующіе

—0.00414	—0.00382	—0.00432
450	401	378
406	393	375,
411	374	

откуда среднее будетъ—0.00401. Наибольшее отклоненіе отдѣльныхъ величинъ  $\log(e^{-\lambda})$  отъ средняго составляетъ 12%. Но если при опредѣленіи величины  $J_t$  максимально-возможная ошибка можетъ достигать 5%, то по формулѣ

$$\frac{10\% \cdot \lg e}{\lg\left(\frac{J_{t'}}{J_t}\right)} \cdot \dots \dots \dots (1)$$

представляющей максимально-возможную ошибку для  $lg(e^{-\lambda})$ , такая ошибка может достигать 20% с лишком. Отсюда слѣдуетъ, что всѣ 11 значеній  $lg(e^{-\lambda})$  можно считать отличающимися другъ отъ друга лишь благодаря случайнымъ ошибкамъ наблюдений, и что для каждой пары наблюденныхъ точекъ  $lg(e^{-\lambda})$ , есть величина постоянная, равная

$$-0.00401 \pm 0.00005,$$

гдѣ  $\pm 0.00005$  представляетъ вѣроятную погрѣшность среднего результата вычисленія  $lg(e^{-\lambda})$ . Но въ такомъ случаѣ для всякой наблюденной нами точки справедливо въ предѣлахъ ошибокъ наблюдений соотношеніе

$$J_t : e^{-\lambda} = \text{constans},$$

при чемъ  $\lambda$ , вычисленное изъ условія  $lg(e^{-\lambda}) = -0.00401$ , будетъ ровно  $0.00923 \frac{1}{\text{часъ}}$ . Примемъ за начало счета времени моментъ начала циркуляціи, и обозначимъ вышеведенную константу (constans) черезъ  $J_0$ . Тогда получается равенство

$$J_t = J_0 e^{-\lambda t} \dots \dots \dots (2)$$

Величину  $J_0$  можно найти по любой изъ нашихъ „точекъ наблюдений“. Я вычислилъ  $J_0$  по каждой изъ этихъ точекъ, взялъ среднее и получилъ число 466,6. Принимая  $J_t$  и  $t$  за переменныя, мы можемъ разсматривать равенство (2), какъ уравненіе нѣкоторой кривой. Всѣ наблюденныя нами точки будутъ отклоняться отъ этой кривой лишь вслѣдствіе ошибокъ наблюдений. Чтобы нагляднѣе представить всѣ отклоненія наблюденныхъ точекъ отъ кривой съ уравненіемъ (2) и съ вышенайденными константами  $\lambda$  и  $J_0$ , я по равенству (2) вычислилъ  $J_{120}$ ,  $J_{130}$ , ...,  $J_{220}$ , нанесъ на діаграмму 11 точекъ, откладывая по оси абсциссъ время въ часахъ, а по оси ординатъ величины  $J_{120}$  и т. д., и по этимъ точкамъ вычертилъ кривую. По этой кривой я разыскалъ 17 ординатъ для всѣхъ тѣхъ  $t$ , для которыхъ имѣются „наблюденныя точки“. Полученныя такимъ образомъ величины  $J_t$  я сравнилъ съ дѣйствительно найденными.

Результаты такого сравненія заключаются въ нижеслѣдующей таблицѣ II, а на діаграммѣ 1 изображена кривая

$$J_t = 466,6 e^{-0.00923 t}$$

и всѣ „наблюденныя точки“.

## ДІАГРАММА 1.

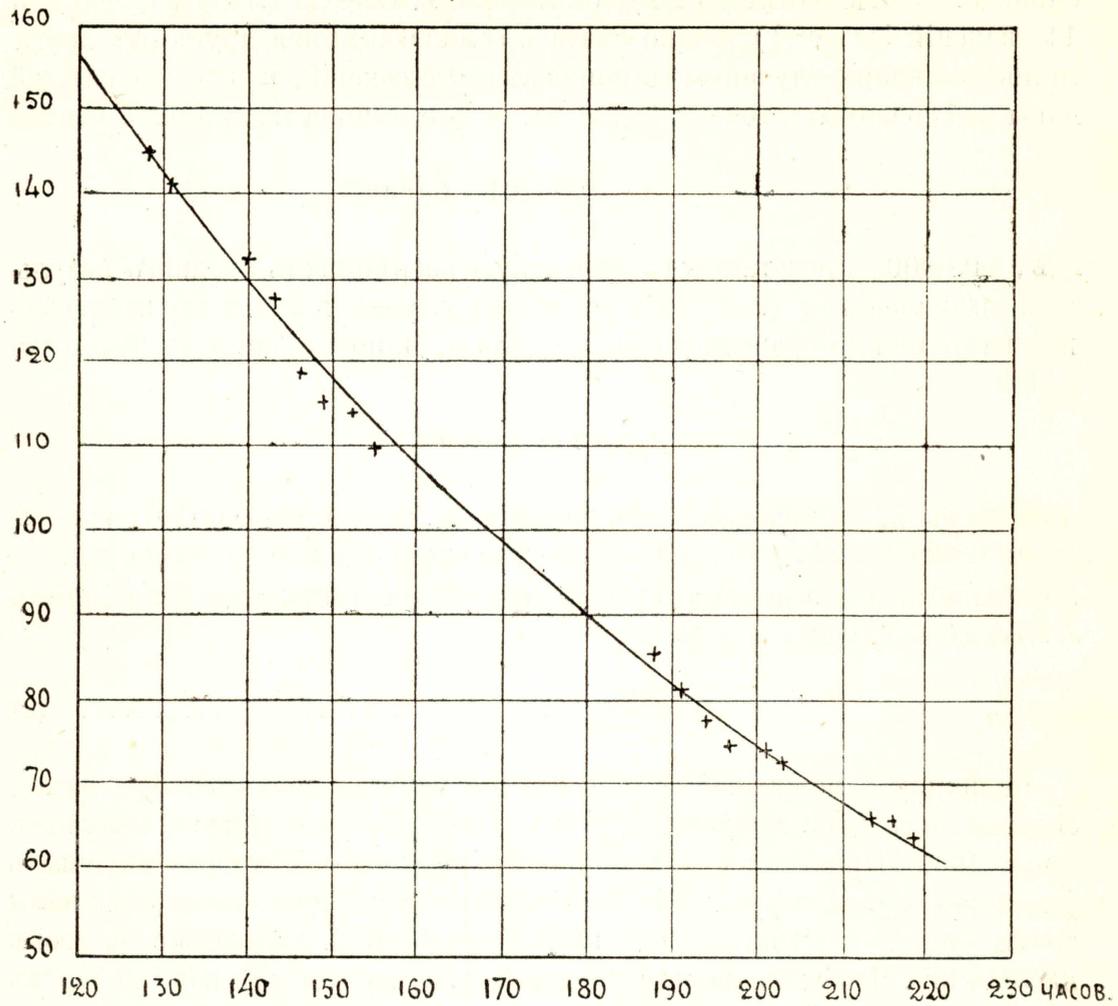


Таблица II.

№№	Время отъ начала цир- куляціи въ часахъ.	Наблюден- ное $J_t$ .	Вычислен- ное $J_t$ .	Разность.
1	128.3	143.6	143.2	+0.4
2	130.0	140.5	140.9	-0.4
3	140.3	132.8	128.2	+4.6
4	143.3	126.9	125.0	+1.9
5	146.2	118.1	121.8	-3.7
6	149.2	114.9	118.5	-3.6
7	152.25	114.1	115.0	-0.9

№№	Время отъ начала циркуляціи въ часахъ.	Наблюденное $J_t f.$	Вычисленное $J_t$	Разность.
8	154.7	108.7	112.6	-3.9
9	188.2	84.8	82.2	+2.6
10	191.3	80.6	80.0	+0.6
11	194.3	77.3	78.0	-0.7
12	197.2	73.7	76.0	-2.3
13	200.9	73.4	73.5	-0.1
14	202.75	71.8	72.0	-0.2
15	212.95	66.2	66.0	+0.2
16	215.45	65.3	64.2	+1.1
17	218.3	62.9	62.8	+0.1

Итакъ наблюденныя нами величины  $J_t$  въ своихъ измѣненіяхъ со временемъ несомнѣнно слѣдуютъ простому экспотенціальному закону, какъ ему слѣдуетъ всякое простое радиоактивное превращеніе, и соотвѣтствующее этому превращенію измѣненіе электропроводности газа, поглощающаго тѣ радиакціи, которыя сопутствуютъ радиоактивному превращенію. Такимъ образомъ несомнѣнно подъ нашимъ колоколомъ мы имѣемъ радиоактивный газъ и при томъ близкій по своимъ свойствамъ къ эманации радія. Дѣйствительно, для нашего случая величина  $\theta$ , опредѣляемая равенствомъ  $\theta = \frac{\ln 2}{\lambda}$ , и представляющая время, въ теченіе котораго  $J_t$  уменьшается на  $\frac{1}{2}$  своей величины, оказывается равной 3.13 сутокъ (изъ  $\lambda = 0.00923 \frac{1}{\text{часъ}}$ ), а для радіевой эманации наиболѣе вѣроятнымъ считается для  $\theta$  значеніе, найденное *Rümelin*'омъ (*Phys. Zeitschr.*, 8, 1907, p. 803) и равное 3.75 сутокъ (при  $\lambda = 0.00788$ ). Такъ какъ нельзя сомнѣваться, что изъ нашего колокола во время продолжительнаго наблюденія токовъ  $i$  радиоактивный газъ могъ утекать наружу, то надо считать, что полученное нами число для  $\lambda$  превышаетъ дѣйствительное значеніе  $\lambda$ , а найденное число для  $\theta$  меньше дѣйствительнаго. Дѣло въ томъ, что медленное утеканіе радиоактивнаго газа, если только условія утечки не мѣняются, не маскируетъ экспотенціального закона затуханія активности, а лишь увеличиваетъ  $\lambda$ , соответственно уменьшая  $\theta$ . Такое свойство малыхъ утечекъ радиоактивнаго газа было установлено, напр., проф. *А. П. Соколовымъ*, который наблюдалъ затуханіе активности газа изъ источника „Нарзанъ“, и оно становится совершенно понятнымъ, если допустить,

что количество утекающего радиоактивного газа въ элементъ времени  $\Delta t$  пропорціально  $\Delta t$  и количеству всего газа, имѣющагося въ моментъ  $t$  въ нашемъ резервуарѣ. Такимъ образомъ возникаетъ предположеніе, что тотъ радиоактивный газъ, который можно извлечь изъ изслѣдуемой нами воды, есть эманация радія, тотъ самый радиоактивный газъ, который открытъ *Dorn*'омъ, изученъ *P. Curie*, *Rutherford*'омъ и *Soddy* и другими. Для подтвержденія этого предположенія нужно было бы наблюсти затуханіе подлинной радіевой эманации тѣмъ же самымъ инструментомъ и въ тѣхъ же условіяхъ, въ которыхъ произведено наблюденіе надъ измѣненіями  $i$  со временемъ. Но такъ какъ у меня не было подъ рукой солей радія, то я рѣшилъ вышеуказанное сравненіе съ эманацией радія произвести по возвращеніи въ Томскъ, привезя туда порцію воды изъ колодца № 1. Эта вода оказалась настолько „крѣпкой“ по содержанію радиоактивной эманацией, что точки  $i$ , производимые этой эманацией, можно было удобно наблюдать и дней чрезъ 10—14 послѣ взятія порціи воды изъ колодца № 1.

§ 2. *Ионизація въ газъ, собранномъ надъ колодцемъ № 2, и измѣненіе этой ионизаціи со временемъ.*

Желая знать, насколько рѣзко выражены радиоактивныя свойства газовъ, поднимающихся со дна колодцевъ № 1 и № 2, мы (В. П. Марковъ и я) собрали подъ водой въ деревянное ведро газъ, выдѣляющійся надъ колодцемъ № 2, въ количествѣ 16 литровъ приблизительно и затѣмъ черезъ осушители и трубку съ чистой ватой засосали этотъ газъ подъ нашъ колоколь, осторожно принесенный для этой цѣли къ колодцу № 2. Мы начали засасывать газъ подъ колоколь въ 4<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> *p* (19-го іюля), а въ 5<sup>h</sup> 35<sup>m</sup> *p* мы были уже на мѣстѣ нашей постоянной работы и приступили къ наблюденіямъ тока разсвѣнія, наблюдая при помощи секундомѣра время паденія праваго листочка электроскопа отъ 16 до 9 дѣленія шкалы. Эти наблюденія продолжались болѣе 8 сутокъ (по 28 іюля). ниже въ таблицѣ III приведены нѣсколько первыхъ наблюденій.

Таблица III.

Моменты наблюденія.	Время отъ начала засасыванія.	Время паденія съ 16 до 9 дѣленія шкалы.	$i = \frac{62.2 \text{ вольтъ} \cdot \text{емкость}}{t \text{ часъ.}}$
VII. 19. 5 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> <i>p</i>	0 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	5. <sup>s</sup> 5	40713
5 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> <i>p</i>	1 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>	5. <sup>s</sup> 0	44784
6 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> <i>p</i>	1 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	4. <sup>s</sup> 9	45698
6 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> <i>p</i>	1 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	4. <sup>s</sup> 7	47642
7 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> <i>p</i>	2 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	4. <sup>s</sup> 6	48678
7 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> <i>p</i>	2 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	4. <sup>s</sup> 4	50891

Моментъ наблюденія.	Время отъ начала засасыванія.	Время паденія съ 16 до 9 дѣленія шкалы.	$i = \frac{62.2}{t}$ вольтъ—емкостъ—часъ.	
	8 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> p	3 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	4.4	50891
	8 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> p	3 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	4. <sup>s</sup> 4	50891
	9 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> p	4 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	4. <sup>s</sup> 5	49760
	9 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> p	4 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	4. <sup>s</sup> 5	49760
VII. 20.	8 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> a	15 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	5. <sup>s</sup> 1	43906
	5 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> p	24 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	6. <sup>s</sup> 2	36116
VII. 21.	7 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> a	39 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>	6. <sup>s</sup> 7	33421
	2 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> p	45 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	7. <sup>s</sup> 5	29856
	9 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> p	52 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	7. <sup>s</sup> 9	28344
VII. 22.	7 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> a	62 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	8. <sup>s</sup> 3	26978

Изъ этой таблицы видно, что первое наблюденіе даетъ для  $i$  величину въ 11975 разъ превосходящую токъ натурального разсѣянія ( $i_N=3.4$ ), а наблюденный приблизительно спустя 2½ часа максимальный токъ разсѣянія превосходитъ  $i_N$  въ 14970 разъ. Такимъ образомъ мы имѣемъ возрастаніе тока разсѣянія до нѣкотораго maximum'a, наступившаго приблизительно черезъ 3½ часа отъ начала засасыванія и превосходящаго первоначально измѣренный токъ  $i$  на 25% его величины—а затѣмъ медленное паденіе. Изучая это медленное паденіе, я установилъ съ VII. 21.—7<sup>h</sup>50<sup>m</sup> a по VII. 28.—7<sup>h</sup>53<sup>m</sup> a 40 точекъ наблюденія ( $J_t, t$ ), совершенно такъ же, какъ я дѣлалъ это въ соотвѣствующихъ наблюденіяхъ въ воздухѣ, продутомъ черезъ воду; только  $\Delta v$ , паденіе потенциала, соотвѣствующее паденію листочка отъ 16 до 9 дѣленія, я оцѣнилъ на этотъ разъ въ 1000 произвольныхъ единицъ потенциала. Но вотъ одна существенная разница въ условіяхъ наблюденія затуханія токовъ  $i$  прежде—съ водой и теперь—съ газомъ: теперь для всѣхъ 40 „точекъ наблюденія“ токи  $i$  были далеки отъ насыщенія.

Собственно говоря дѣло не въ токѣ насыщенія, а въ томъ, чтобы въ теченіе всей серіи наблюденій токовъ  $i$  для образованія тока затрачивала всегда одна и та же часть  $\alpha$  имѣющихся на лицо въ данный моментъ іоновъ. Для случая насыщеннаго тока  $\alpha=1$ , для ненасыщеннаго  $\alpha < 1$ . Вдали отъ точки насыщенія и въ теченіе нѣкотораго промежутка времени величина  $\alpha$  при постоянномъ начальномъ потенциалѣ  $v$  и при постоянномъ  $\Delta v$  могла измѣняться настолько незначительно, что это измѣненіе не могло ни затупевать дѣйствительнаго закона затуханія предполагаемый радіактивный эманации, ни сколько нибудь значительно измѣнить константы  $\lambda$ . Это предположеніе, какъ увидимъ ниже, оказалось правильнымъ. Образовавъ изъ 40 наблюденныхъ точекъ 30 паръ (1—11, 2—12, ..., 30—40) и вычисливъ для каждой пары соотвѣт-

ственно равенству  $J_t' = J_t e^{-\lambda(t'-t)}$  величину  $\log(e^{-\lambda})$ , я получилъ въ среднемъ

$$-0.003891 \pm 0.000044,$$

при чемъ наибольшее отклоненіе отъ средняго составляло 18%, въ то время какъ максимально возможное, вычисленное по формулѣ (1), было 30% съ лишкомъ. Величина  $J_0$ , вычисленная какъ среднее по всѣмъ 40 наблюдаемымъ точкамъ согласно равенству

$$J_t = J_0 e^{-\lambda t}$$

оказалась равной 206.8. Въ нижеслѣдующей таблицѣ IV можно видѣть, насколько наблюдаемыя точки отступаютъ отъ кривой

$$J_t = 206.8 e^{-0.008959 t},$$

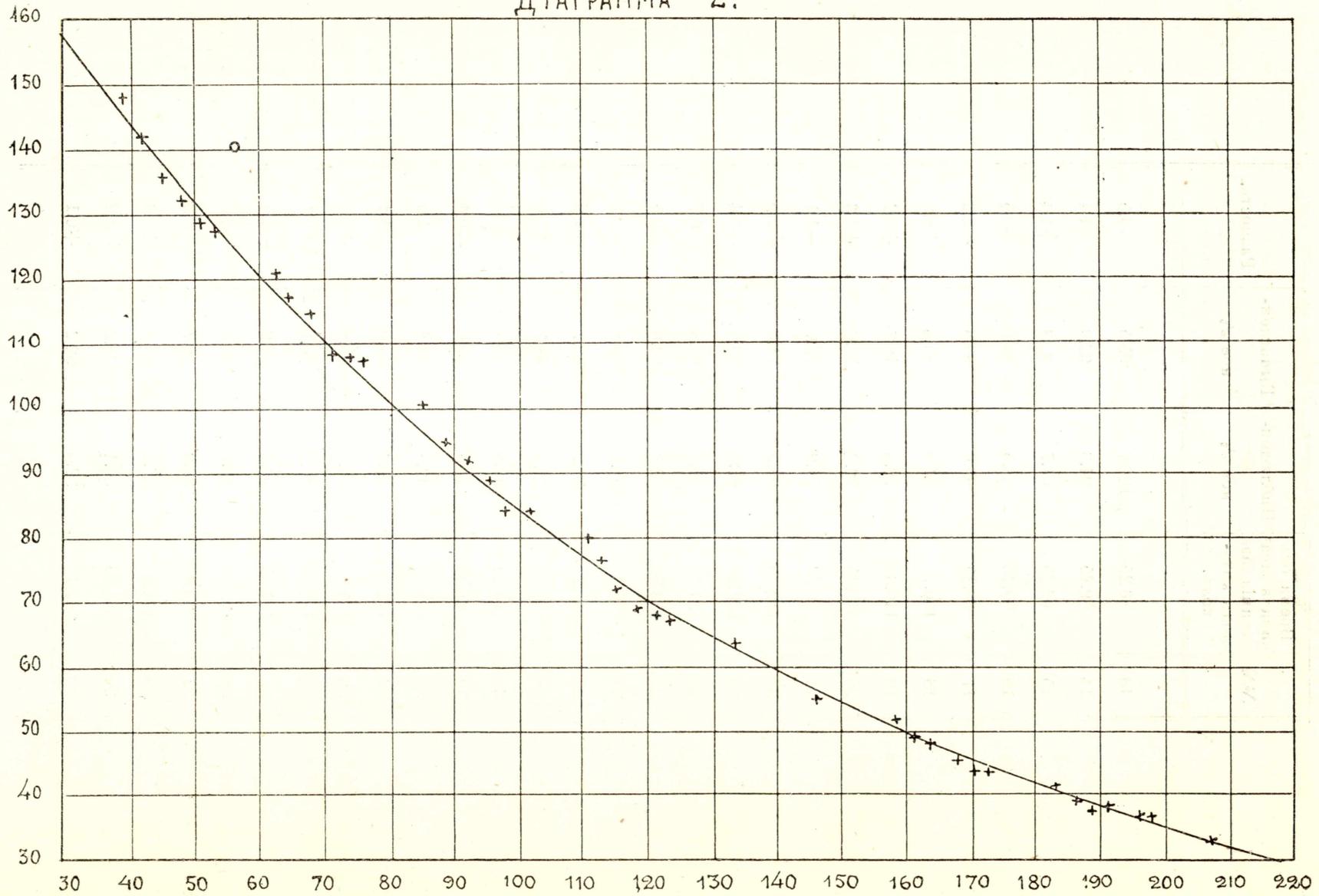
которая вмѣстѣ со всѣми наблюдаемыми точками изображена на діаграммѣ № 2. Разсматривая таблицу, мы видимъ, что максимальное уклоненіе вычисленныхъ и наблюдаемыхъ величинъ  $J_t$  составляетъ 4.5%, въ то время какъ ошибки въ опредѣленіи  $i$  могли достигать 5% и даже 6%. Такимъ образомъ, простой экспотенціальный законъ затуханія величинъ  $J_t$  вполне выясняется.

Таблица IV.

№№	Время отъ начала засыванія газа подѣ колоколь.	Наблюдаемое $J_t$	Вычисленное $J_t$	Разность.
1	39.1	149.2	146.0	+3.2
2	42.25	142.9	141.5	+1.4
3	45.25	135.1	137.8	-2.7
4	47.25	131.6	134.8	-3.2
5	50.25	128.2	131.8	-3.6
6	52.75	126.6	128.0	-1.4
7	62.75	120.5	117.5	+3.0
8	65.25	116.3	115.0	+1.3
9	68.25	114.9	112.0	+2.9
10	11.25	108.7	109.0	-0.3
11	74.25	107.5	106.5	+1.0
12	76.25	107.5	104.8	+3.3

№№	Время отъ начала заса- сыванія газа подъ коло- коль.	Наблюден- ное $J_t$	Вычислен- ное $J_t$	Разность.
13	86.25	100.0	95.5	+4.5
14	89.25	94.3	92.9	+1.4
15	92.25	91.7	90.3	+1.4
16	95.25	88.5	88.0	+0.5
17	98.25	83.6	85.8	-2.2
18	100.7	84.0	83.4	+0.6
19	110.8	79.4	76.2	+3.2
20	113.25	76.3	75.0	+1.3
21	116.25	71.9	73.0	-1.1
22	119.25	68.5	71.0	-2.5
23	122.25	67.6	69.0	-1.4
24	124.25	67.1	67.8	-0.7
25	134.3	62.5	62.0	+0.5
26	146.3	53.7	55.8	-2.1
27	158.7	50.7	49.7	+1.0
28	161.3	49.3	48.7	+0.6
29	164.25	47.4	47.4	0
30	167.25	45.5	46.0	-0.5
31	170.25	42.9	44.8	-1.9
32	172.6	42.9	44.0	-1.1
33	183.8	40.3	39.8	+0.5
34	185.25	39.2	39.1	+0.1
35	188.25	36.7	38.2	-1.5
36	191.3	36.7	37.0	-0.3
37	195.6	36.9	35.7	+1.2
38	196.6	36.4	35.3	+0.9
39	196.75	36.1	35.2	+0.9
40	207.1	32.3	32.2	+0.1

ДІАГРАММА 2.



Уже при первомъ взглядѣ на діаграмму № 2 можно замѣтить, что наблюденныя точки располагаются въ отдѣльныя гнѣзда. Идя по кривой въ сторону увеличивающихся временъ, мы проходимъ четыре гнѣзда, каждое по 6 точекъ; затѣмъ двѣ отдѣльныя точки, затѣмъ опять два гнѣзда по 6 точекъ и, наконецъ, одна точка. Оказывается, что каждое гнѣздо соотвѣтствуетъ особому дню: первое гнѣздо—это наблюденія 21-го іюля, затѣмъ 22, 23 и 24 іюля; 25-го было сдѣлано всего два наблюденія: одно утромъ и одно вечеромъ. Далѣе мы имѣемъ гнѣзда за 26 и 27 іюля, и одно наблюденіе 28 іюля. Всѣ гнѣзда обладаютъ слѣдующими свойствами: первыя точки каждаго гнѣзда расположены всегда выше кривой и при томъ значительно выше, чѣмъ всѣ другія точки гнѣзда. Второе свойство, наиболѣе рѣзко выраженное у гнѣздъ 1, 4 и 5-го, состоитъ въ томъ, что первая половина гнѣзда лежитъ выше кривой, а вторая ниже. Эти свойства нашихъ гнѣздъ указываютъ на то, что въ теченіе дня затуханіе тока разсѣянія шло быстрѣе, чѣмъ въ теченіе ночи. Такимъ образомъ гнѣзда иллюстрируютъ то явленіе, которое въ предыдущемъ параграфѣ на страницѣ 5 мною было отмѣчено при описаніи наблюденій надъ токомъ затуханія въ періодъ съ 8 по 13 іюля включительно, когда стояла хорошая погода съ солнечными днями. Въ періодъ времени съ 21 по 28 іюля нашъ колоколь стоялъ на томъ же окнѣ какъ и раньше, но за это время погода была переменная, чаще пасмурная, благодаря чему явленіе болѣе быстро днемъ, чѣмъ ночью затуханія тока  $i$  хотя и замѣтно вполне опредѣленно, тѣмъ не менѣе всетаки менѣе рѣзко, чѣмъ это было въ періодъ 8—13 іюля.

§ 3. Сравненіе константъ затуханія іонизацій въ воздухѣ, продутомъ черезъ воду изъ колодца № 1, и газѣ, собранномъ надъ колодцемъ № 2.

Большой интересъ представляетъ для насъ сравненіе константъ  $\log(e^{-\lambda})$ ,  $\lambda$  и  $\theta$ , полученныхъ нами при изученіи эманации, заключающейся въ водѣ колодца № 1, и эманации, заключающейся въ газѣ, который мы собрали надъ колодцемъ № 2. Нижеслѣдующая таблица V содержитъ эти константы для того и другого случая. Въ третьей горизонтальной графѣ таблицы показано, насколько вѣроятныя погрѣшности среднихъ результатовъ позволяютъ сблизить соотвѣтствующія константы.

Таблица V.

	$\log(e^{-\lambda})$	$\lambda \frac{1}{\text{часъ}}$	$\theta$ сутокъ.
Эманация въ газѣ . . . . .	$-0.00389 \pm 0.00004$	$0.00896 \pm 0.00010$	$3.22 \pm 0.035$
Эманация въ водѣ . . . . .	$-0.00401 \pm 0.00005$	$0.00923 \pm 0.00011$	$3.13 \pm 0.04$
Возможное сближеніе константъ . . . . .	$0.003935 - 0.00396$	$0.00906 - 0.00912$	$3.185 - 3.17$

изъ этой таблицы видно, что разности соотвѣствующихъ константъ хотя и очень малы, но все же лежатъ внѣ вѣроятныхъ ошибокъ средняго результата, при чемъ  $\theta$  для эманации въ газѣ больше, чѣмъ  $\theta$  для эманации въ водѣ. Это обстоятельство, однако, отнюдь не можетъ свидѣтельствовать о разности природы той и другой эманации, такъ какъ при изученіи затуханія эманации въ газѣ мы пользовались ненасыщенными токами, въ слѣдствіе чего  $\theta$  должна была оказаться нѣсколько больше чѣмъ оно есть на самомъ дѣлѣ, а  $\lambda$  меньше. Итакъ надо считать, что эманация, найденная нами въ водѣ колодца № 1, и эманация, найденная въ газѣ, собранномъ надъ колодцемъ № 2, представляютъ одну и ту же эманацию.

§ 4. Сравненіе константъ затуханія ионизаціи въ воздухѣ, продутомъ черезъ воду изъ колодца № 1, съ таковыми же константами эманации радія.

3-го августа въ 7 часовъ утра стеклянная бутылъ въ  $\frac{1}{4}$  ведра была наполнена водой изъ колодца № 1, закупорена пробкой и менделѣевской замазкой и увезена въ Томскъ, гдѣ съ 13-го августа я и изучалъ измѣненіе токовъ разсѣянія подъ колоколомъ *Elster'a—Geitel'я* послѣ циркуляціи воздуха въ замкнутой цѣпи черезъ привезенную порцію воды. Предварительно были приняты всѣ возможныя мѣры къ тому, чтобы уничтожить погрѣшности въ герметичности колокола. Цѣпь была составлена совершенно такъ же, какъ и въ Бѣлокурихѣ. Натуральное разсѣяніе до введенія въ цѣпь испытуемой воды было таково, что правый листочекъ отъ 18 до 17 дѣленія шкалы падалъ въ теченіе 69 минутъ. Когда всѣ наблюденія надъ токами  $i$  были закончены, и можно было снова измѣрить натуральное разсѣяніе, то оказалось, что листочекъ падалъ въ томъ же промежуткѣ въ теченіе 72 минутъ. Для вычисленія  $i_N$  я взялъ среднее изъ 72 и 69. Помѣщеніе, въ которомъ были установлены цѣпь и колоколь, хорошо защищено отъ солнечныхъ лучей и вообще отъ всякихъ колебаній температуры. Совершенно такъ же какъ въ Бѣлокурихѣ, было установлено 32 точки наблюденія ( $J_t, t$ ), только теперь уже нельзя было пренебрегать токомъ  $i_N$ , да наблюдалось паденіе листочка не отъ 16 до 9, а отъ 18 до 17 дѣленія шкалы, и соотвѣствующее такому паденію листочка паденіе потенціала оцѣнивалось въ 50000 нѣкоторыхъ единицъ потенціала (на вольты это 8,1). Электроемкость заряженной системы подъ колоколомъ по прежнему принималась равной 1. При такихъ условіяхъ  $i_N$  оказалось равнымъ 11,8, первый наблюденный токъ  $i_1$  представлялся числомъ 268, максимальный наблюденный (черезъ 4<sup>h</sup> 28<sup>m</sup> отъ начала циркуляціи) числомъ 342,5 и послѣдній наблюденный,  $i_{32}$ , числомъ 81,2. Всѣ токи  $i$  были токами насыщения. Изъ 23 послѣднихъ точекъ ( $J_t, t$ ). Я взялъ произвольно 5 точекъ (№№ 10, 14, 18, 26, 28), составилъ изъ нихъ всѣ возможныя группы сочетаній по 2 и для каждой группы соотвѣственно формулъ

$$J_t' = J_t e^{-\lambda(t-t')}$$

вычислилъ величину  $\log (e^{-\lambda})$ . Десять результатовъ этихъ вычислений дали въ среднемъ

$$-0.003507 \pm 0.000041,$$

гдѣ  $\pm 0.000041$  есть вѣроятная погрѣшность средняго результата. Наибольшее отклоненіе отъ средняго результата достигало 15%, въ то время какъ максимальная возможная ошибка при вычисленіи  $\log (e^{-\lambda})$ , если оцѣнивать возможную максимальную ошибку при опредѣленіи  $i$  въ 5%, могла достигать даже 40%. Постоянная  $J_0$ , вычисленная по пяти вышеуказаннымъ точкамъ согласно равенству

$$J_t = J_0 e^{-\lambda t}$$

оказалась равной 296 при  $\lambda$  равномъ  $0.008075 \pm 0.000095 \frac{1}{\text{часъ}}$ . Въ ниже слѣдующей таблицѣ VI можно видѣть, насколько наблюденныя точки отступаютъ отъ кривой

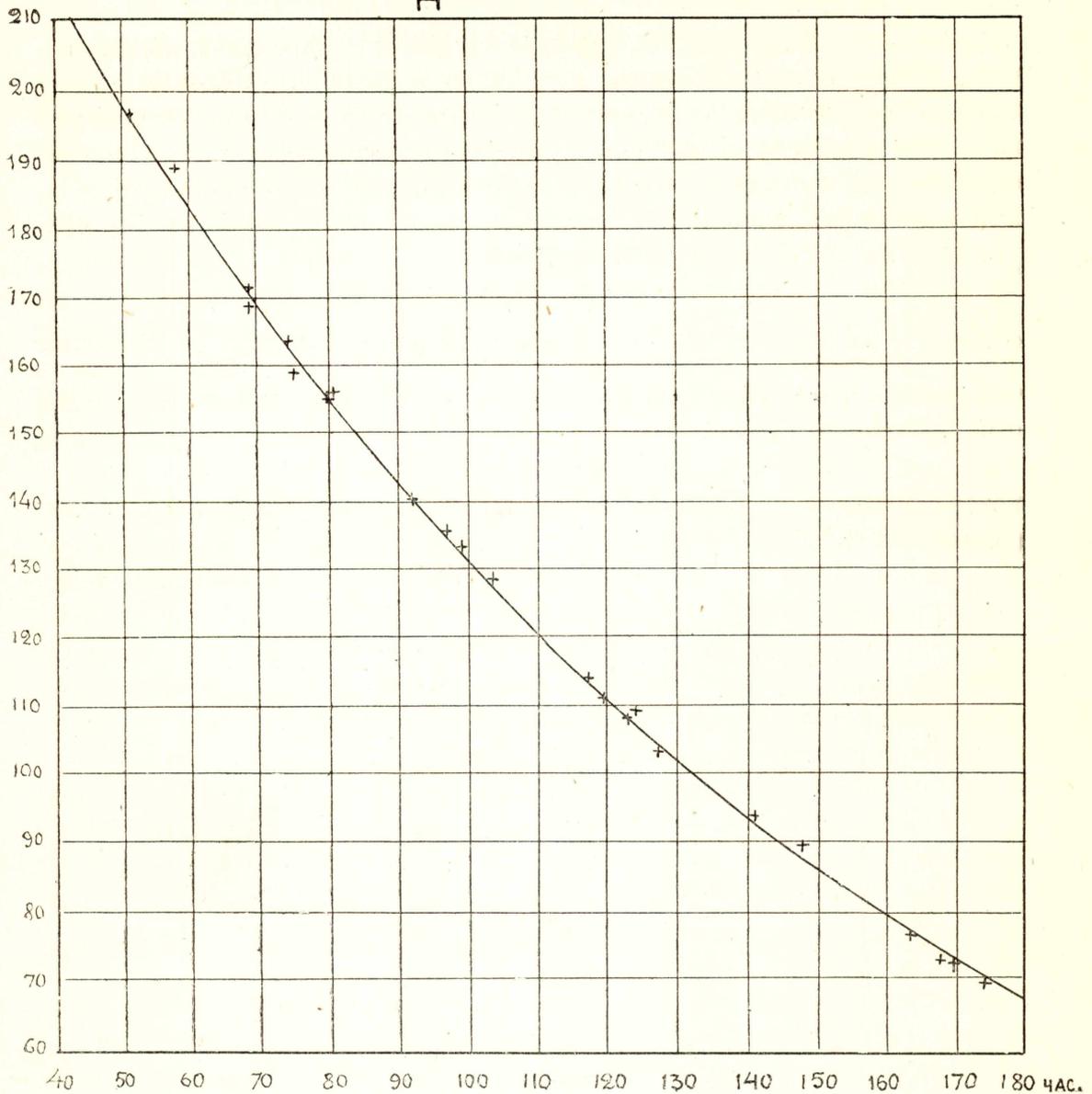
$$J_t = 296 \cdot e^{-0.008075 t},$$

которая вмѣстѣ со всѣми наблюденными точками изображена на диаграммѣ № 3.

Таблица VI.

№№	Время отъ начала циркуляціи въ часахъ.	Наблюденное $J_t$	Вычисленное $J_t$	Разность.
1	0.49	257.0	296.0	-39
2	2.465	310.8	290.0	+20.8
3	4.443	330.7	285.0	+45.7
4	5.478	315.0	283.0	+32.0
5	6.478	312.9	280.4	+32.5
6	19.495	267.5	251.3	+16.2
7	26.08	247.2	240.0	+7.2
8	32.03	236.9	228.4	+8.5
9	44.55	209.4	205.5	+3.9
10	50.4	196.5	196.4	+0.1
11	56.87	189.0	185.7	+3.3
12	67.53	168.7	170.2	-1.5
13	68.05	170.0	169.8	+0.2
14	73.81	162.4	161.8	+0.6
15	75.12	157.7	159.0	-1.3
16	80.5	154.3	153.2	+1.1
17	80.62	155.4	152.8	+2.6
18	92.2	139.7	139.0	+0.7
19	97.23	135.2	133.0	+2.2
20	99.18	132.7	131.2	+1.5
21	103.41	129.0	126.8	+2.2
22	117.45	113.8	113.0	+0.8
23	120.00	110.8	110.8	0
24	123.93	107.5	107.2	+0.3
25	124.45	190.0	107.0	+2.0
26	127.5	103.1	104.1	-1.0
27	140.78	93.9	93.0	+0.9
28	147.95	89.0	88.0	+1.6
29	164.10	76.4	77.0	-0.6
30	168.31	72.7	74.5	-1.8
31	170.05	72.7	73.6	-0.9
32	174.78	69.4	70.2	-0.8

## ДІАГРАММА 3.



Разматривая таблицу, видимъ, что для послѣднихъ 23 точекъ разность между наблюдаемыми и высленными  $J_t$  нигдѣ не превосходитъ 2.5%, и, слѣдовательно, послѣднія 23 точки вполне слѣдуютъ простому экспоненціальному закону, въ то время какъ первыя точки такому закону не слѣдуютъ. Прежде чѣмъ разсуждать о причинахъ этого послѣдняго обстоятельства, мы сравнимъ полученныя нами константы  $\lambda$  и  $\theta$  съ таковыми же радіевой эманации. Какъ уже было замѣчено ранѣе, наибѣроятнѣйшимъ значеніемъ этихъ послѣднихъ константъ считаютъ найденныя *Rümelin*'омъ (1. с.)  $\lambda=0.00788 \frac{1}{\text{часъ}}$  и  $\theta=3.75$  сутокъ. Между тѣмъ изъ только что описаннаго наблюденія мы получили

$$\theta = 3.58 \pm 0.04 \text{ сутокъ и } \lambda = 0.008075 \pm 0.000095 \frac{1}{\text{часъ}}$$

Полагая, что число 3.75 определено съ той же вѣроятной погрѣшностью, какъ и число 3.58, приходимъ къ заключенію, что разность между сейчасъ найденными константами и соотвѣтствующими константами *Rümelin*'а выходитъ за предѣлы вѣроятныхъ погрѣшностей средняго результата. То же самое выходитъ при сравненіи моихъ константъ и съ константами, найденными для радіевой эманации *Rutherford*'омъ ( $\theta = 3.71$  сутокъ и  $\lambda = 0.00779$ ). Я не знаю, могу ли я объяснить такое несовпаденіе утечкой изъ колокола изслѣдуемой мною эманации, такъ какъ не знаю, достигъ я или нѣтъ полной герметичности колокола. Но даже при положительномъ рѣшеніи вопроса о герметичности отступленіе моихъ константъ отъ константъ, данныхъ для радіевой эманации *Rutherford*'омъ и *Rümelin*'омъ, еще не говоритъ противъ предположенія, что изучаемая мною эманация есть именно эманация радія, такъ какъ когда радиоактивная константа опредѣляется наблюдениями надъ іонизаціей, вызываемой въ атмосферѣ замкнутого сосуда очень сложными по составу радіациями  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , то трудно вмѣсто кажущагося значенія, зависящаго отъ метода изслѣдованія и въ частности отъ сосуда, содержащаго радиоактивное тѣло, получить истинное значеніе константы. Такимъ образомъ, занимающій насъ вопросъ можетъ быть рѣшенъ путемъ сравненія найденныхъ нами константъ лишь съ такими значеніями константъ радіевой эманации, которыя найдены такимъ же (или лучше тѣмъ же самымъ) экземпляромъ колокола *Elster*'а-*Geitel*'я. Такія измѣренія константъ радіевой эманации были сдѣланы *R. Schenk*'омъ (*Richard Schenk*, *Radioactive Eigenschaften der Luft, des Bodens und des Wassers in und um Halle*, *Jahrbuch d. Radioaktivität*, Bd. 2, 1905, p. 19), и имъ было найдено для  $\lambda$  число  $0.008072 \frac{1}{\text{часъ}}$ . Это число вполнѣ совпадаетъ съ найденнымъ мною.

Оно было найдено *Schenk*'омъ, какъ и мною, лишь послѣ извѣстныхъ усилій уничтожить погрѣшности въ герметичности колокола.

Такимъ образомъ надо считать установленнымъ, что найденная въ водѣ колодца № 1 эманация, а слѣдовательно, и эманация, найденная въ газѣ, собранномъ надъ колодцемъ № 2, по истеченіи извѣстнаго времени отъ начала постепеннаго проникновенія этихъ эманаций подъ колоколь, замираютъ въ немъ совершенно такъ же и съ тѣми же константами, какъ и радіева эманация послѣ того, какъ она пришла въ радиоактивное равновѣсіе съ продуктами своего распада. Такимъ образомъ, предположеніе о тождественности найденной нами эманации и эманации радія дѣлается еще болѣе вѣроятнымъ. Для окончательнаго же выясненія вопроса о природѣ изучаемыхъ эманаций, я счелъ необходимымъ сдѣлать наблюденія надъ явленіями наведенной активности, воспользовавшись для этой цѣли своимъ пребываніемъ въ д. Н. Бѣлокуриха, лѣтомъ 1908 года.

## Глава II.

**Радиоактивная индукция, производимая изслѣдуемой эманацией.**

§ 1. „Нормальный“ электроскопъ *Schmidt'a* и наблюдаемое имъ затуханіе радиоактивной индукціи эманации радія.

Въ 1905 году *H. W. Schmidt* описалъ (Phys. Zeitschr., 6, 1905. p. 561) построенный имъ электроскопъ съ алюминіевымъ листочкомъ, съ разсѣятелемъ, заключеннымъ въ особую отъ листочка камеру, и съ микроскопомъ для отсчитыванія показанія электроскопа. Этотъ простой инструментъ (на русскомъ языкѣ вкратцѣ описанный у проф. *Клоссовскаго* въ его „Курсѣ метеорологіи“) при надлежащемъ выборѣ листочка (листочекъ не долженъ давать *Cri-Cri*-явленія, *Ebert*, Phys. Zeitschr., 6, p. 642) и надлежащей градуировкѣ (см. *H. W. Schmidt*, Phys. Zeitschr., 7, p. 157). и въ особенности послѣ того, какъ *K. Kurz* (Phys. Zeitschr., 7, p. 375) снабдилъ алюминіевый листочекъ кварцевой нитью,—оказывается весьма удобнымъ электрометромъ и въ такомъ качествѣ былъ примененъ *Schmidt'*омъ въ его большомъ изслѣдованіи о распадѣ радія *A, B* и *C* (*H. W. Schmidt*, Ueber den Zerfall von Radium *A, B* und *C*, *Ann. d. Physik*, Bd. 21, 1906, p. 609). Въ этой работѣ рѣшенъ между прочимъ слѣдующій интересующій насъ вопросъ. Нѣкоторое твердое тѣло *Z* въ теченіе времени  $\vartheta$ , которое въ послѣдующемъ мы будемъ называть временемъ активированія, оставалось въ атмосферѣ радіевой эманации, а затѣмъ сколь можно быстро удалено изъ этой атмосферы и внесено въ ту камеру вышеуказаннаго электроскопа *Schmidt'a*, которая содержитъ въ себѣ разсѣятель. Эту камеру мы будемъ называть въ послѣдующемъ „пространствомъ разсѣятеля“ и обозначать черезъ *R*. Спрашивается, каковъ будетъ токъ разсѣянія, вызванный въ этомъ пространствѣ активированнымъ тѣломъ, и какъ этотъ токъ будетъ измѣняться со временемъ. Если предположить, что въ атмосферѣ эманации на наше тѣло *Z* осаждался только *RaA*, а *RaB* и *RaC* могли появиться на этомъ тѣлѣ лишь въ результатѣ распада осѣвшаго на *Z* радія *A*, то руководствуясь извѣстной теоріей *Rutherford'a* и *Soddy* о распадѣ радиоактивныхъ атомовъ, количество радія *A*, которое будетъ еще оставаться на нашемъ тѣлѣ *Z* въ пространствѣ *R* черезъ время *t* по прекращеніи активированія, можно представить слѣдующимъ образомъ:

$$A = qe^{-\lambda_1 t} (1 - e^{-\lambda_1 \vartheta}), \quad \dots \dots \dots (3)$$

гдѣ *A* обозначаетъ количество атомовъ радія *A* въ моментъ времени *t*,  $\lambda_1$ —константа превращенія радія *A*, а *q* обозначаетъ количество атомовъ *RaA*, которые имѣлись бы на тѣлѣ *Z* въ моментъ прекращенія активированія, т. е. при  $t=0$ , если бы  $\vartheta$ , время активированія, продолжалось вплоть до момента наступленія радиоактивнаго равновѣсія между эма-

націей радіа і радіемъ  $A$ , съ какового момента количества атомовъ радіа  $A$  і радіевоі эманациі измѣняются въ дальнѣйшемъ такъ, что остаются строго пропорціональными. Обозначая черезъ  $\lambda_2, \lambda_3$  соотвѣтствующія константы превращенія  $RaB$  и  $RaC$ , а черезъ  $B$  и  $C$  соотвѣтствующія количества атомовъ этихъ веществъ на тѣлѣ  $Z$  въ тотъ же моментъ времени  $t$ , для котораго написано равенство (3), мы можемъ написать два другихъ равенства:

$$B = q \left[ \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot e^{-\lambda_1 t} (1 - e^{-\lambda_1 \vartheta}) + \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} \cdot e^{-\lambda_2 t} (1 - e^{-\lambda_2 \vartheta}) \right] \dots (4)$$

$$C = q \left[ \frac{\lambda_2 \lambda_3}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_1 - \lambda_3)} \cdot e^{-\lambda_1 t} (1 - e^{-\lambda_1 \vartheta}) + \frac{\lambda_3 \lambda_1}{(\lambda_2 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_1)} \cdot e^{-\lambda_2 t} (1 - e^{-\lambda_2 \vartheta}) + \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_3 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_2)} \cdot e^{-\lambda_3 t} (1 - e^{-\lambda_3 \vartheta}) \right] \dots (5)$$

Теперь для краткости мы перепишемъ всѣ три равенства слѣдующимъ образомъ:

$$A = q \cdot a, \quad B = q \cdot b, \quad C = q \cdot c,$$

гдѣ значенія  $a, b, c$  легко понять изъ рассмотрѣнія равенства (3), (4) и (5).

Ионизація, которую произведутъ въ пространствѣ разсѣятеля  $Ra A, Ra B$  и  $Ra C$ . будетъ слагаться изъ дѣйствій каждаго изъ этихъ веществъ въ отдѣльности,—дѣйствій, пропорціональныхъ количествамъ  $A, B$  и  $C$ . Но вслѣдствіе того, что эти вещества іонизуютъ воздухъ радіаціями, различающимися не только количественно, но и качественно, факторы пропорціональности между  $A, B$  и  $C$  и вызванными ими іонизаціями  $J_1, J_2, J_3$  будутъ для всѣхъ трехъ тѣлъ различны, и будутъ зависѣть кромѣ того отъ формы и величины пространства разсѣятеля. Обозначая эти факторы черезъ  $k_1, k_2, k_3$ , а полную іонизацію въ пространствѣ  $R$  въ какой-либо моментъ времени черезъ  $J$ , имѣемъ равенство

$$J = k_1 A + k_2 B + k_3 C,$$

или

$$J = q k_2 (k'' a + b + k' c),$$

гдѣ

$$k'' = \frac{k_1}{k_2} \quad \text{и} \quad k' = \frac{k_3}{k_2}.$$

Наблюдая  $J$  для цѣлаго ряда моментовъ времени  $t$ , и зная  $a, b, c$  для соотвѣтствующихъ  $t$  по извѣстнымъ константамъ  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  и  $\vartheta$ , какъ показываютъ равенства (3), (4) и (5), можно найти значенія величинъ  $k''$  и  $k'$  для даннаго экземпляра электроскопа *Schmidt*'а. Для того эк-

земляра, которымъ пользовался *Schmidt* въ своей вышеуказанной работѣ, и который ниже мы будемъ называть „нормальнымъ“ экземпляромъ, оказалось  $k''=6.0$  и  $k'=8.0$ . По этимъ  $k'$  и  $k''$  можно вычислить частное

$$\frac{J}{qk_2}$$

для любого момента  $t$  и для любого времени  $\vartheta$ . *H. W. Schmidt* продолжалъ эти вычисления для  $\vartheta=1, 5, 15, 30, 60, 90, 120, 150$  и  $\infty$  минутъ и для 24 различныхъ моментовъ  $t$ , начиная отъ 0 и кончая 240 минутами. Результаты этихъ вычислений въ видѣ мантиссъ трехзначныхъ логарифмовъ представлены *Schmidt*'омъ въ таблицѣ 11 на 662 стр. *Ann. d. Physik*, Bd. 21, 1906, въ его вышеназванной работѣ. Размѣры пространства разсѣятеля „нормального“ экземпляра, для котораго составлена эта таблица, слѣдующіе: діаметръ 7.2 см., высота 7.5 см., діаметръ разсѣятеля 0.5 см., высота его 4.5 см. При уменьшеніи пространства разсѣятеля  $k'$  остается постояннымъ, а  $k''$  возрастаетъ, приближаясь къ  $k'$ , т. е. къ 8.0. При увеличеніи же этого пространства и  $k'$ , и  $k''$  уменьшаются. Какъ велики эти измѣненія  $k'$  и  $k''$  при измѣненіи пространства разсѣятеля, мы неизвѣстно въ точности, но во всякомъ случаѣ они не должны быть велики.

Пусть при помощи „нормального“ экземпляра мы производимъ рядъ измѣреній тока разсѣянія  $J_t$ , вызваннаго тѣломъ  $Z$ , предварительно активированнымъ въ теченіе  $\vartheta$  минутъ въ атмосферѣ, заключающей радіеву эманацию. Пусть концентрація эманации такова, что выше определенная величина  $q$  имѣетъ значеніе  $q_1$ . Затѣмъ въ другой разъ пусть мы активировали наше тѣло  $Z$  въ теченіе того же самаго времени  $\vartheta$  и тоже въ атмосферѣ радіевой эманации, но уже при другой ея концентрации,—при такой, для которой величина  $q$  имѣетъ значеніе  $q_2$ . Затѣмъ помѣстивъ тѣло  $Z$  въ пространство разсѣятеля, производимъ рядъ измѣреній тока разсѣянія  $j_t$  и при томъ въ тѣ же самые моменты, считая за начальный моментъ—моментъ прекращенія активированія. Тогда ясно, что для всякой пары соответствующихъ моментовъ въ двухъ серияхъ наблюденій величины  $J_t$  и  $j_t$  должны относиться какъ  $q_1$  и  $q_2$ , такъ что

$$\frac{J_t}{j_t} = \text{constans}$$

или

$$\lg J_t - \lg j_t = \text{constans}.$$

Отсюда совершенно ясно, какимъ образомъ, пользуясь „нормальнымъ“ экземпляромъ электроскопа *Schmidt*'а, можно рѣшить вопросъ, представляетъ ли радиоактивная индукція, какую можетъ дать вода и газъ изслѣдуемыхъ термъ, радиоактивную индукцію радія, или болѣе сложное явленіе, или даже совсѣмъ другое явленіе.

§ 2. Изученіе наведенной активности изслѣдуемой эманации при помощи электроскопа *Schmidt'a* при малыхъ временахъ активированія.

У меня былъ одинъ экземпляръ электроскопа *Schmidt'a* отъ *Sprindler'a—Hoyer'a* (въ Геттингенѣ). Полная поверхность пространства разсѣятеля въ этомъ экземплярѣ была 253.7 см.<sup>2</sup>, а объемъ 274.6 см.<sup>3</sup>. (Диаметръ 7.2 см., высота 6.85 см.; диаметръ разсѣятеля 1.15 см., высота разсѣятеля 4.2 см.), между тѣмъ какъ у нормального экземпляра соответствующія величины были 258.7 см.<sup>2</sup> и 304.6 см.<sup>3</sup>. Въ виду такой большой близости размѣровъ пространства разсѣятеля у моего и у нормального экземпляра вполне возможно данныя въ таблицѣ 11-й въ вышеуказанной работѣ *Schmidt'a* о распадѣ радія *A*, *B* и *C* относить и къ моему экземпляру электроскопа *Schmidt'a*.

Для изученія явленій наведенной активности электроскопомъ *Schmidt'a* очень важно знать относительное значеніе дѣлений шкалы этого инструмента. Строго говоря въ этомъ отношеніи шкала должна изучаться вновь послѣ каждой перевозки прибора. Но въ томъ режимѣ „путешествія“, въ которомъ мнѣ пришлось работать въ д. Н. Бѣлокуриха, я счелъ возможнымъ пользоваться той градуировкой шкалы, которая была произведена мною по возвращеніи въ Томскъ, [по методу *Schmidt'a*, при помощи тока насыщенія, производимаго крупинкой радіевой соли, запаянной въ стеклянную трубочку (H. W. Schmidt, Ueber die Eichung und Gebrauch von Blattenelektrometern, Ph. Z., 7, 1906, p. 157)]—тѣмъ болѣе, что въ нѣкоторомъ обширномъ интервалѣ шкалы разница между результатами моей градуировки и данными таблицы, присланной мнѣ отъ *Sprindler'a—Hoyer'a*, была невелика, какъ это видно изъ нижеслѣдующей таблички VII.

Таблица VII.

Интерваллы шкалы.	Значенія интервала въ вольтахъ	
	по присланной таблицѣ.	по моей градуи- ровкѣ.
0.5—4.0	20.6	23.1
1.0—4.5	21.0	23.2
1.5—5.0	22.0	23.4
2.0—5.5	22.4	23.5
2.5—6.0	22.7	23.7
3.0—6.5	23.3	23.6
3.5—7.0	23.4	23.4
4.0—7.5	23.5	23.5
4.5—8.0	23.7	23.5
5.0—8.5	23.4	23.9
5.5—9.0	23.3	23.9
6.0—9.5	23.3	23.8
6.5—10.0	23.2	24.0

Изъ этой таблицы видно, что въ интерваллѣ 3.0—10.0 нѣтъ разницъ, превосходящихъ 3.33%, а въ интерваллѣ 2.0—10.0 нѣтъ разницъ, превосходящихъ 4.7%. Вслѣдствіе того, что заряжать электроскопъ приходилось эбонитовой палочкой, невозможно было избѣжать большихъ вариацийъ начальныхъ потенциаловъ электроскопа, а въ такомъ случаѣ неизбѣжны хотя и небольшія, но замѣтныя вариации цѣны дѣленій шкалы, что могло повести къ вариациямъ и относительныхъ значеній интервалловъ шкалы. Кромѣ того въ нѣкоторомъ интерваллѣ шкалы иногда замѣчалось явленіе, названное *Ebert'омъ* (*Phys. Zeitschrift*, 6, 1905, р. 642) *Cri-Cri*—явленіемъ: листочекъ при своемъ движеніи начинаетъ замедлять свой ходъ, чтобы затѣмъ его ускорить. Иногда все это явленіе протекало довольно медленно, а иногда такъ быстро, что въ ходѣ листочка замѣчался небольшой скачекъ.

Въ качествѣ тѣла *Z* мнѣ служили сами стѣнки пространства разсѣятеля. Изслѣдуемая эманация продувалась въ пространство разсѣятеля, оставалась тамъ въ теченіе  $\vartheta$  времени и затѣмъ быстро выдувалась. Назову черезъ *T* время, протекшее отъ момента взятія изслѣдуемой воды изъ колодца до начала активированія, а въ случаѣ газовъ черезъ *T* буду называть время отъ начала собиранія газа до начала активированія. Такъ какъ газъ собирался сравнительно медленно, то *T* въ этомъ случаѣ не могло быть менѣе  $1^h 24^m$  (наблюденіе 25-го іюня). Въ случаѣ же воды я могъ варьировать *T* начиная отъ 40<sup>sec</sup>. Здѣсь интересно было брать *T* возможно меньшимъ, такъ какъ такимъ образомъ можно было надѣяться уловить слѣды какой-либо быстро затухающей эманации, если бы таковая была въ изслѣдуемыхъ водахъ и могла бы давать явленіе радиоактивной индукціи.

Вотъ результаты перваго наблюденія затуханія наведенной активности воздуха, продутаго черезъ воду изъ колодца № 1. Наблюденіе произведено 23-го іюня во дворѣ ваннаго зданія въ полузакрытомъ помѣщеніи. Благодаря близости къ колодцу (колодецъ находился отъ мѣста наблюденія шагахъ въ двадцати) *T* возможно было сдѣлать равнымъ всего 40<sup>sec</sup>. Продолжительность активированія  $\vartheta$  была равна 12<sup>min</sup>. Всѣ стадіи этого наблюденія и вычисленія результатовъ наблюденія представлены въ нижеслѣдующей таблицѣ VIII, раздѣленной на 15 колоннъ.

Въ колоннѣ 1 указанъ № отдѣльнаго наблюденія, въ колоннѣ 2 указанъ отсчитанный по хронометру моментъ прохожденія нити листочка

электроскопа черезъ указанныя въ третьей колоннѣ давленія шкалы. Въ колоннѣ 4 указаны интерваллы, время прохожденія которыхъ нитью листочка указано въ колоннѣ 6, а въ пятой колоннѣ указаны значенія  $v$  этихъ интервалловъ въ вольтахъ. Въ колоннѣ 7 даны средніе моменты прохожденія нити листочка черезъ соотвѣтствующій интерваллъ, въ 8-й указанъ токъ полного разсѣянія  $i$  въ милливольтгахъ на секунду при емкости электроскопа 1, въ 9-й величины  $J_t = i - i_N$ , гдѣ  $i_N$  есть токъ натурального разсѣянія, выраженный въ тѣхъ же единицахъ, какъ не  $i$ . Въ 10-й колоннѣ дано время, протекшее отъ момента прекращенія активированія до соотвѣтствующаго средняго момента; въ колоннѣ 11 приведены  $lg_{10} J_t$ , въ 12-й соотвѣтствующіе  $lg_{10} j_t$ , взятые изъ таблицы на 622 страницѣ *Annalen der Physik*, Bd. 21, причемъ характеристика положена равной нулю. Въ колоннѣ 13 указаны разности  $lg_{10} J_t - lg_{10} j_t$ . Въ колоннѣ 14 величины  $lg_{10} J_t$  приведены къ  $lg j_t$  при помощи средняго значенія разностей, заключающихся въ колоннѣ 13. Эти, приведенные логариёмы мы будемъ обозначать черезъ  $lg J'_t$ . Въ колоннѣ 15 указаны разности  $lg J'_t - lg j_t$ .

Въ вышеуказанной таблицѣ 11 на стр. 622 *Ann. d. Physik*, Bd. 21 нѣтъ данныхъ для  $\vartheta = 12^{\text{min}}$ . Въ такомъ случаѣ я поступилъ слѣдующимъ образомъ. Я подыскалъ числа къ логариёмамъ, даннымъ для  $\vartheta = 5^{\text{min}}$  и  $\vartheta = 15^{\text{min}}$ ; по этимъ числамъ интерполировалъ числа для случая  $\vartheta = 12^{\text{min}}$ . По логариёмамъ этихъ найденныхъ интерполяціей чиселъ и по соотвѣтствующимъ временамъ вычерчивалась кривая, при помощи которой и надены числа колонны 12. Такимъ образомъ я поступалъ всякій разъ, когда имѣлъ  $\vartheta$ , не заключающееся въ таблицѣ *Schmidt'a*.

Если ошибка измѣренія величины  $i$  можетъ достигать 5%, то максимальная возможная ошибка при опредѣленіи  $lg J_t$ , вычисляемая по формулѣ

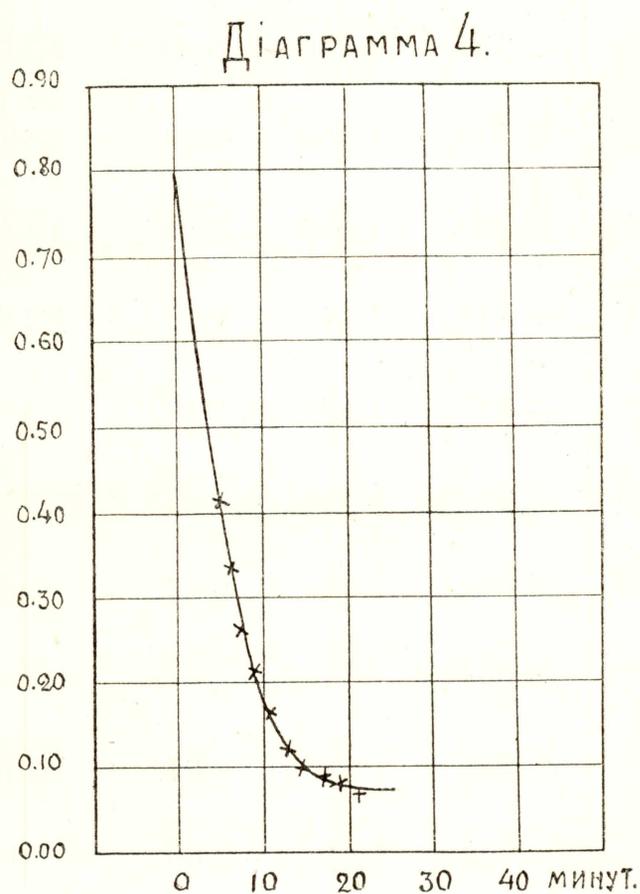
$$\frac{5\% \lg_{10} e}{\lg_{10} J_t},$$

можетъ въ настоящемъ случаѣ достигать тоже 5%. Между тѣмъ разности, указанные въ 15 колоннѣ таблицы VIII, нигдѣ не превосходятъ 1.5% логариёма наблюдаемой величины  $J_t$ . Отсюда можно заключить, что числа колонны 13 оказались различающимися между собой только въ слѣдствіе случайныхъ ошибокъ наблюденія, и затуханіе наблюдаемой нами наведенной активности вполне слѣдуетъ законамъ затуханія вре-

Таблица VIII.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>	2.8	2.8—3.3	3.05	350 <sup>s</sup> .0	4 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup>	8.71	7.19	4 <sup>m</sup> .65	0.857	0.420	0.437	0.415	+0.005
2	17 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup>	2.9	2.9—3.4	3.05	408 <sup>s</sup> .5	20 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>	7.47	5.95	5.92	0.774	0.340	0.434	0.335	+0.005
3	18 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup>	3.0	3.0—3.5	3.10	472 <sup>s</sup> .0	22 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> .0	6.57	5.05	7.42	0.703	0.270	0.433	0.261	+0.009
4	19 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>	3.1	3.1—3.6	3.10	515 <sup>s</sup> .5	23 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> .0	6.01	4.49	9.03	0.652	0.200	0.452	0.210	—0.010
5	20 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	3.2	3.2—3.7	3.10	561.5	25 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .0	5.52	4.00	10.76	0.602	0.151	0.450	0.160	—0.008
6	22 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> .0	3.3	3.3—3.8	3.10	601.0	27 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> .0	5.16	3.64	12.57	0.561	0.120	0.441	0.019	+0.001
7	23 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> .5	3.4	3.4—3.9	3.15	626.5	29 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> .0	5.03	3.51	14.55	0.545	0.100	0.445	0.103	—0.003
8	26 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup> .0	3.5	3.5—4.0	3.20	649.5	31 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> .0	4.93	3.41	16.80	0.533	0.083	0.450	0.091	—0.008
9	27 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> .5	3.6	3.6—4.1	3.30	683.0	33 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .0	4.83	3.31	19.00	0.520	0.078	0.442	0.078	0.000
10	30 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup> .5	3.7	3.7—4.2	3.30	695.0	35 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> .0	4.75	3.23	21.23	0.509	0.076	0.433	0.067	+0.009
11	32 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> .0	3.8												
12	34 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .0	3.9									среднее	0.442		
13	36 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> .5	4.0												
14	39 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .5	4.1												
15	41 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> .5	4.2												

менной активности твердых тѣлъ, производимой радіевой эманацией. Это наглядно представлено на діаграммѣ № 4, въ которой по оси абсциссъ отложены протекшія отъ момента прекращенія активированія времена въ минутахъ, а по оси ординатъ отложены  $\lg j_t$  соответствующіе моментамъ 0, 2, 5, 8, 10, 12, 15, 18, 20 и 25 минутъ. По полученнымъ, такимъ образомъ, точкамъ вычерчена кривая затуханія наведенной активности эманации радія для  $\vartheta=12$  минутъ, и затѣмъ крестиками нанесены точки  $(\lg J_t', t)$ , причемъ величины  $\lg J_t'$  взяты изъ колонны 14 таблицы VIII. Мы видимъ, что крестики всюду располагаются по кривой.

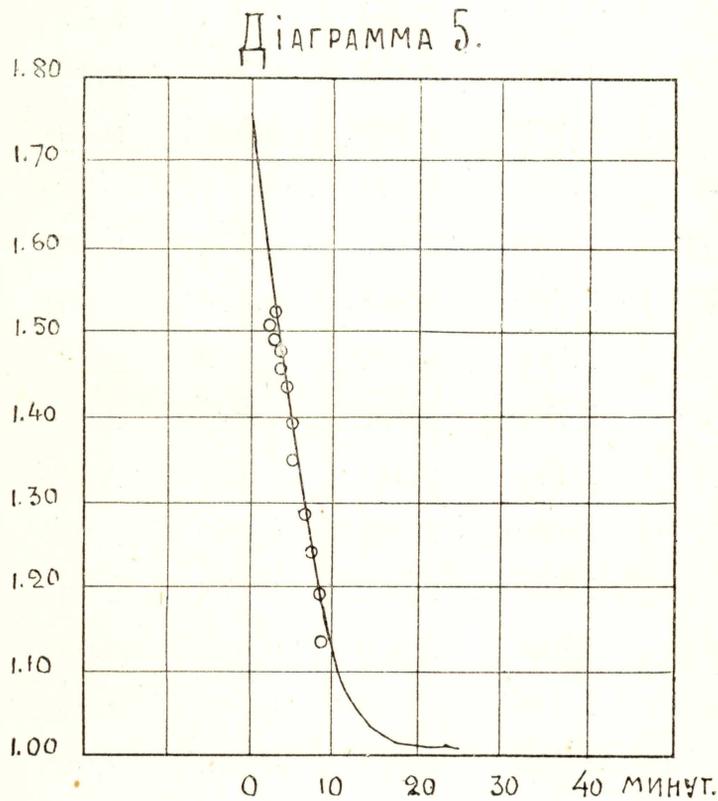


Въ нижеслѣдующей таблицѣ IX я сообщаю результаты наблюденій затуханія наведенной активности газа, собраннаго надъ колодцемъ № 2. Это наблюдение произведено 25-го іюня во дворѣ ваннаго зданія въ томъ же помѣщеніи, какъ и вышеуказанное наблюдение 23 іюня. Въ настоящемъ случаѣ  $T=1^h 24^{min}$ ,  $\vartheta=10^m 23^{sec}$ ,  $i_N=0.9$  милливольтъ въ секунду, при емкости, принятой за 1. Я не привожу на этотъ разъ тѣхъ свѣдѣній, какими были заполнены колонны 2—9 въ таблицѣ VIII.

Таблица IX.

№№	Время отъ тона активиро- ванія.	$\lg J_t$	$\lg j_t$	$\lg J_t - \lg j_t$	$\lg J'_t$	$\lg j_t - \lg J'_t$
1	2 <sup>m</sup> 21 <sup>sec</sup>	2.168	1.540	0.628	1.510	+ 0.030
2	2 <sup>m</sup> 39 <sup>sec</sup>	2.177	1.530	0.647	1.519	+ 0.011
3	2 <sup>m</sup> 59 <sup>sec</sup>	2.149	1.500	0.649	1.491	+ 0.009
4	3 <sup>m</sup> 21 <sup>sec</sup>	2.133	1.480	0.653	1.475	+ 0.005
5	3 <sup>m</sup> 46 <sup>sec</sup>	2.114	1.440	0.674	1.456	- 0.016
6	4 <sup>m</sup> 13 <sup>sec</sup>	2.087	1.420	0.667	1.429	- 0.009
7	4 <sup>m</sup> 39 <sup>sec</sup>	2.053	1.380	0.673	1.395	- 0.015
8	5 <sup>m</sup> 08 <sup>sec</sup>	2.002	1.380	0.673	1.344	- 0.014
9	5 <sup>m</sup> 42 <sup>sec</sup>	1.984	1.305	0.679	1.326	- 0.021
10	6 <sup>m</sup> 19 <sup>sec</sup>	1.941	1.270	0.671	1.283	- 0.013
11	7 <sup>m</sup> 01 <sup>sec</sup>	1.903	1.240	0.663	1.245	- 0.005
12	7 <sup>m</sup> 49 <sup>sec</sup>	1.845	1.200	0.645	1.187	+ 0.013
13	8 <sup>m</sup> 38 <sup>sec</sup>	1.796	1.165	0.631	1.138	+ 0.023
			среднее	0.658		

Какъ видно изъ этой таблицы наибольшее значеніе разности  $lg j_t - lg J_t'$  составляетъ 1.4% соответствующаго значенія  $lg J_t$  (№ 1). Между тѣмъ максимальная возможная ошибка при опредѣленіи  $lg J_t$  будетъ 1.5%, считая, что максимальная возможная ошибка при опредѣленіи  $i$  составляетъ 5%. Отсюда слѣдуетъ, что затуханіе наблюдаемой нами наведенной активности совершенно слѣдуетъ законамъ затуханія наведенной активности эманации радія. Это наглядно представлено діаграммой № 5, составленной совершенно такъ же, какъ предыдущая діаграмма № 4. И здѣсь мы видимъ, что наблюденныя точки (отмѣчены кружками) хорошо слѣдуютъ за кривой, представляющей затуханіе наведенной активности эманации радія.



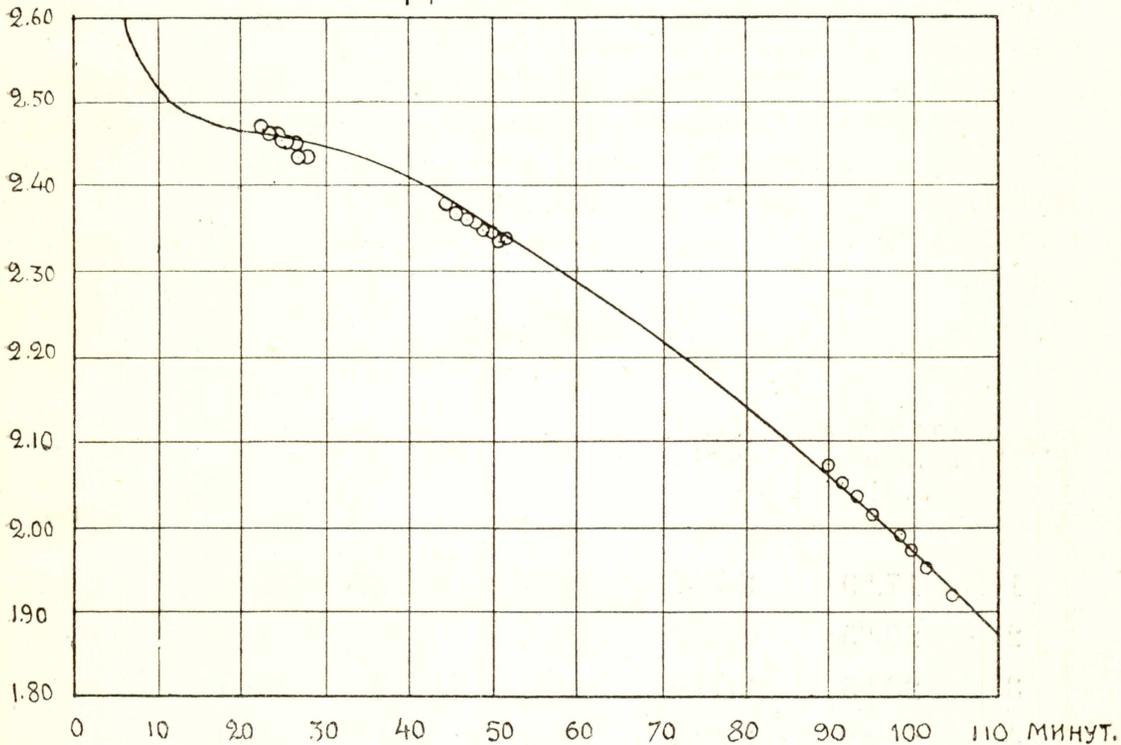
Нижеслѣдующая таблица X представляетъ результаты наблюденія наведенной активности газа, собраннаго надъ колодцемъ № 2, но при другомъ времени активированія, а именно: при  $\vartheta = 30\frac{1}{4}$  минутъ,  $T$  около 2 часовъ,  $i_N = 2.0$  милливольтъ въ секунду (принимая емкость электроскопа за 1.). Наблюденіе произведено 27-го іюня вечеромъ въ полу закрытомъ помѣщеніи.

Таблица X.

№№	Время отъ конца активиро- ванія.	$\lg J_t$	$\lg j_t$	$\lg j_t - \lg J_t$	$\lg J'_t$	$\lg j_t - \lg J'_t$
1	22 <sup>m</sup> 48 <sup>sec</sup>	1.900	2.460	0.560	2.471	—0.011
2	23 <sup>m</sup> 30 <sup>sec</sup>	1.894	2.458	0.564	2.465	—0.007
3	24 <sup>m</sup> 13 <sup>sec</sup>	1.890	2.457	0.567	2.461	—0.004
4	24 <sup>m</sup> 55 <sup>sec</sup>	1.886	2.456	0.570	2.457	—0.001
5	25 <sup>m</sup> 37 <sup>sec</sup>	1.878	2.454	0.576	2.449	+0.005
6	26 <sup>m</sup> 22 <sup>sec</sup>	1.877	2.451	0.574	2.448	+0.003
7	27 <sup>m</sup> 07 <sup>sec</sup>	1.864	2.450	0.580	2.435	+0.015
8	27 <sup>m</sup> 53 <sup>sec</sup>	1.863	2.449	0.580	2.434	+0.015
9	45 <sup>m</sup> 12 <sup>sec</sup>	1.805	2.377	0.572	2.376	+0.001
10	46 <sup>m</sup> 03 <sup>sec</sup>	1.795	2.272	0.576	2.367	+0.005
11	46 <sup>m</sup> 57 <sup>sec</sup>	1.790	2.368	0.578	2.361	+0.007
12	47 <sup>m</sup> 50 <sup>sec</sup>	1.783	2.362	0.579	2.354	+0.008
13	48 <sup>m</sup> 46 <sup>sec</sup>	1.779	2.356	0.577	2.350	+0.006
14	49 <sup>m</sup> 39 <sup>sec</sup>	1.774	2.351	0.577	2.345	+0.006
15	50 <sup>m</sup> 33 <sup>sec</sup>	1.763	2.348	0.585	2.334	+0.014
16	51 <sup>m</sup> 31 <sup>sec</sup>	1.763	2.342	0.579	2.334	+0.008
17	89 <sup>m</sup> 39 <sup>sec</sup>	1.494	2.050	0.559	2.065	—0.015
18	91 <sup>m</sup> 25 <sup>sec</sup>	1.474	2.035	0.561	2.045	—0.010
19	93 <sup>m</sup> 19 <sup>sec</sup>	1.456	2.018	0.562	2.028	—0.010
20	95 <sup>m</sup> 14 <sup>sec</sup>	1.435	2.002	0.567	2.006	—0.004
21	97 <sup>m</sup> 13 <sup>sec</sup>	1.425	1.984	0.559	1.996	—0.012
22	99 <sup>m</sup> 13 <sup>sec</sup>	1.401	1.965	0.564	1.972	—0.007
23	101 <sup>m</sup> 30 <sup>sec</sup>	1.371	1.946	0.575	1.942	+0.004
24	103 <sup>m</sup> 52 <sup>sec</sup>	1.346	1.020	0.574	1.917	+0.003
				<u>0.571</u>		

Наибольшее значение разности  $\log j_t - \log J_t'$  въ таблицѣ X составляетъ (№ 17) 1% величины  $\log J_t$ , между тѣмъ какъ при 5% возможной ошибки въ опредѣленіи  $i$  ошибка въ  $\log J_t$  можетъ достигать 2%. Слѣдовательно и изъ таблицы X надо заключить, что затуханіе наблюдаемой нами наведенной активности вполнѣ слѣдуетъ законамъ затуханія наведенной активности эманации радія. Это наглядно представлено діаграммой 6, составленной совершенно такъ же, какъ діаграммы 4 и 5.

ДІАГРАММА 6.



§ 3. Изученіе наведенной активности изслѣдуемой эманации при помощи колокола *Elster'a Geitel'a* при большихъ временахъ активированія и независимо отъ градуировки шкалы электроскопа.

Кромѣ вышеизложенныхъ наблюденій, сдѣланныхъ электроскопомъ *Schmidt'a*, у меня имѣется еще два наблюденія затуханія наведенной активности изслѣдуемой эманации. Но на этотъ разъ я пользовался колоколомъ и электроскопомъ *Elster-Geitel'a*, при чемъ въ качествѣ тѣла  $Z$  служила внутренняя поверхность колокола. Время  $\delta$  въ одномъ случаѣ было  $5\frac{1}{2}$  часовъ, а въ другомъ 7 часовъ. Благодаря большому времени активированія, большимъ порціямъ воды и газа и большой поверхности тѣла  $Z$ , токи разсѣянія  $i$  оказались настолько сильными, что изученіе ихъ затуханія со временемъ можно было сдѣлать независимымъ

отъ градуировки шкалы электроскопа: какъ при изученіи затуханія эманации, такъ и теперь наблюдалось паденіе листочка (праваго) всегда въ одномъ и томъ же интервалѣ шкалы (отъ 17 до 10 дѣленія, каковой интервалъ соотвѣтствовалъ паденію потенциала на 61.06 вольтъ). Не смотря на огромную разницу размѣровъ пространства разсѣятеля подъ колоколомъ (поверхность 2987 см<sup>2</sup>, объемъ 8555 см<sup>3</sup>) и такового же пространства у „нормального“ электроскопа затуханіе тока разсѣянія наведенной активности подъ колоколомъ въ описываемыхъ наблюденіяхъ очень хорошо согласовалось съ данными *Schmidt*'овой таблицы. Слѣдуетъ замѣтить, что въ этихъ наблюденіяхъ колоколь во время активированія былъ изолированъ и заряженъ до отрицательнаго потенциала 800 вольтъ (приблизительно).

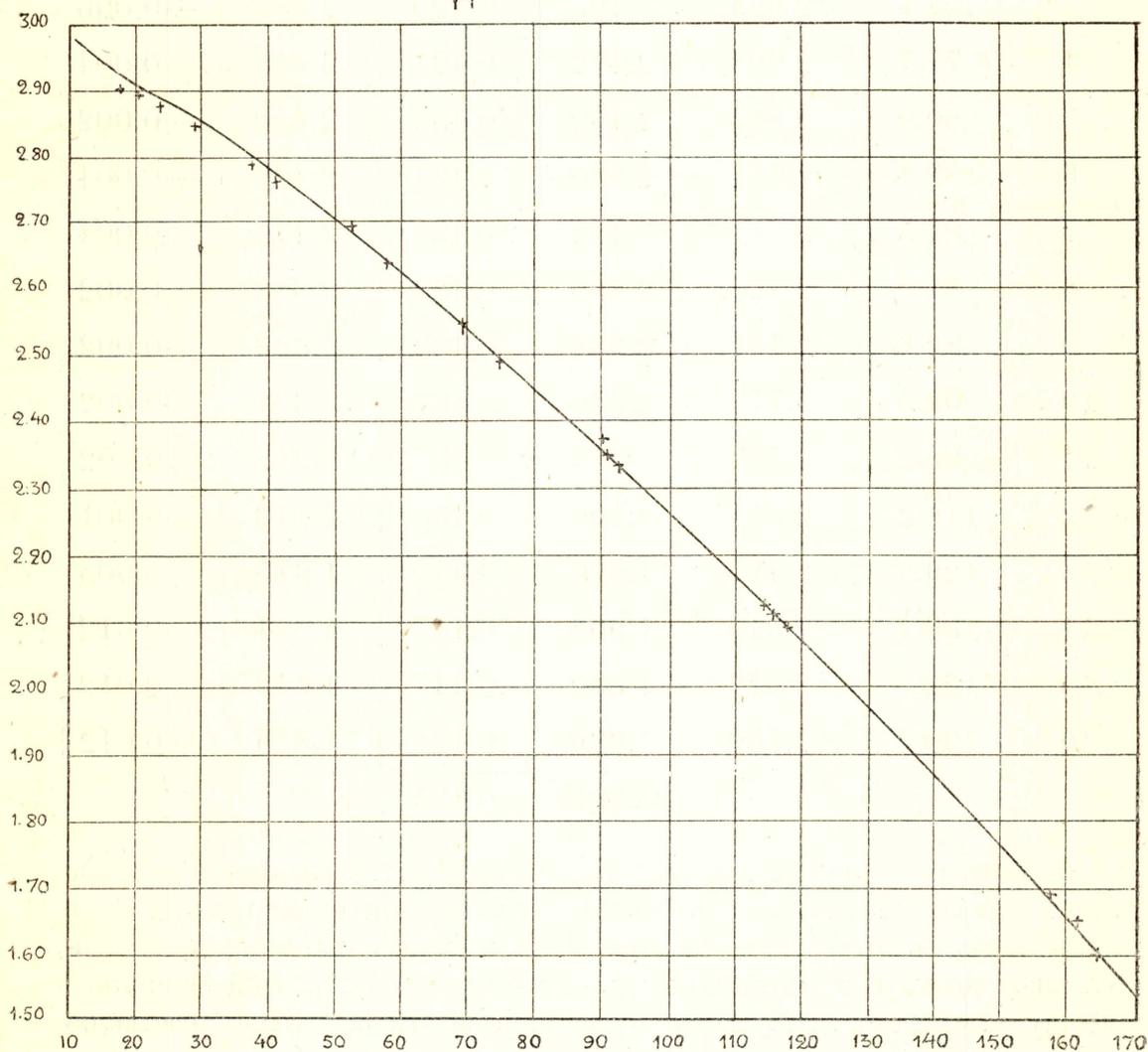
Ниже слѣдующая таблица XI представляетъ результаты наблюденія надъ затуханіемъ активности, наведенной при продуваніи воздуха черезъ воду изъ колодца № 1. Наблюденіе сдѣлано 25-го іюня,  $T=16$  минутамъ,  $\vartheta=5\frac{1}{2}$  часовъ,  $i_N=4.8$  милливольтъ въ секунду при емкости 1. Величины  $J_t$ ,  $j_t$  и  $J'_t$  имѣютъ тоже самое значеніе, какъ и раньше.

Таблица XI.

№№	Время отъ конца активиро- ванія.	$\lg J_t$	$\lg j_t$	$\lg j_t - \lg J_t$	$\lg J'_t$	$\lg j_t - \lg J'_t$
1	17. <sup>m</sup> 9	2.737	2.914	0.177	2.898	+0.016
2	20. <sup>m</sup> 5	2.727	2.901	0.174	2.888	+0.013
3	23. <sup>m</sup> 5	2.714	2.885	0.171	2.875	+0.010
4	29. <sup>m</sup> 2	2.683	2.855	0.172	2.844	+0.011
5	37. <sup>m</sup> 9	2.630	2.796	0.166	2.791	+0.005
6	41. <sup>m</sup> 6	2.606	2.770	0.164	2.767	+0.003
7	52.7	2.529	2.685	0.156	2.690	-0.005
8	58.0	2.481	2.640	0.159	2.642	-0.002
9	69.4	2.388	2.545	0.157	2.549	-0.004
10	76.6	2.328	2.484	0.156	2.489	-0.005
11	91.6	2.191	2.344	0.153	2.352	-0.008
12	116.6	1.950	2.103	0.153	2.111	-0.008
13	163.3	1.480	1.622	0.142	1.641	-0.019
			среднее	0.161		

Максимальная возможная ошибка при определении  $\lg J_t$  составляет 1.5% этой величины. Между тем наибольшая величина разности  $\lg j_t - \lg J_t'$  составляет лишь 1.2%. Следовательно затухание наблюдаемой нами наведенной активности совершается совершенно так же, как и затухание наведенной активности эманации радия при том же времени активирования. Это наглядно представлено диаграммой 7: мы видим, что наблюдаемые точки (отмечены крестиками) хорошо следуют за кривой, представляющей затухание наведенной активности эманации радия.

ДИАГРАММА 7.



Нижеследующая таблица XII представляет результаты наблюдений над затуханием активности, наведенной газомъ, собраннымъ надъ коллоидомъ № 2. Наблюдение сдѣлано 26-го іюня,  $T$  около 3-хъ часовъ,

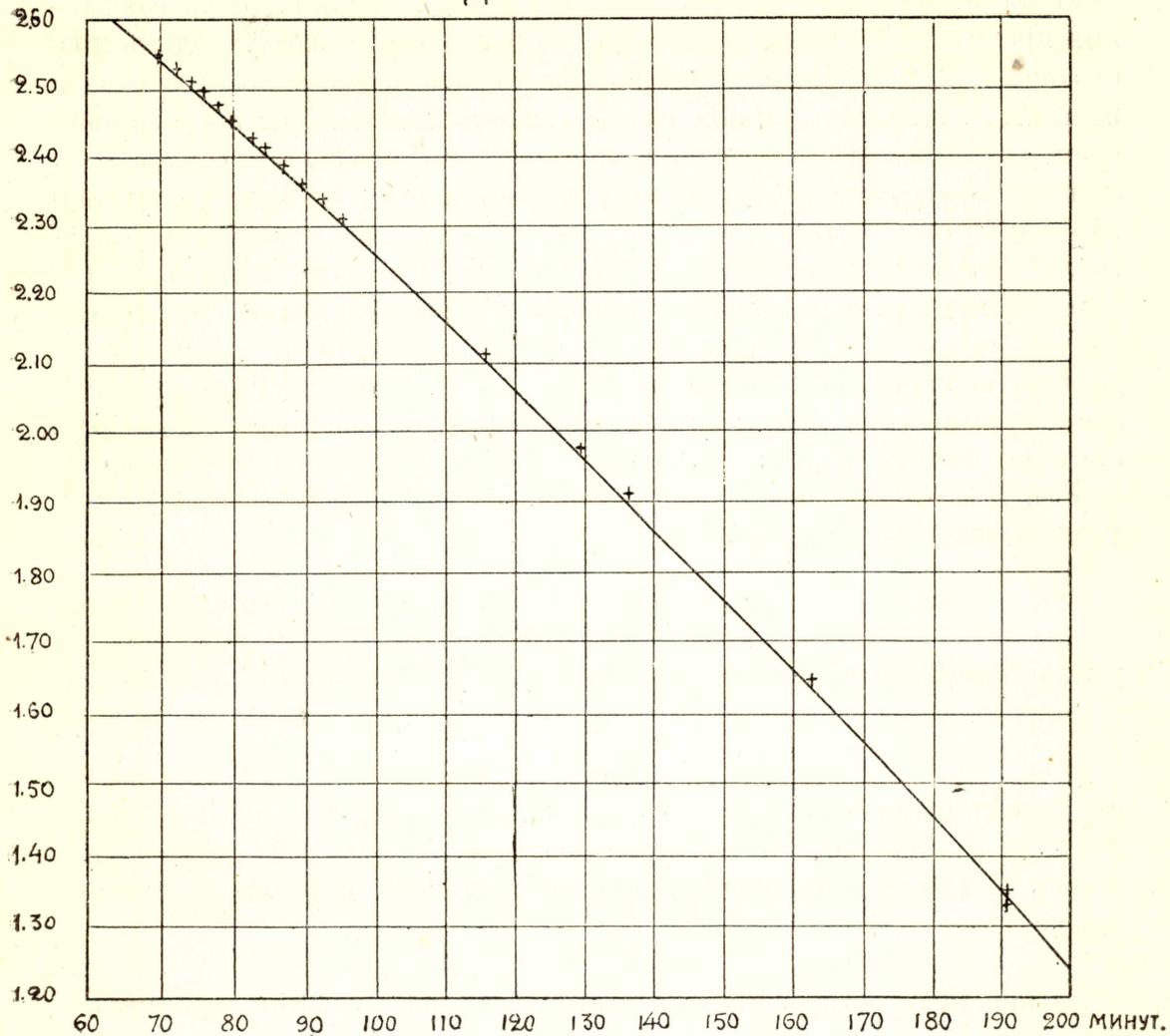
$$i_N = 9.0 \frac{\text{Millivolt} + \text{емкость } 1}{\text{sec}}, \quad \vartheta = 7 \text{ часовъ.}$$

Таблица XII.

№№	Время отъ конца активиро- ванія.	$\lg J_t$	$\lg j_t$	$\lg J_t - \lg j_t$	$\lg J'_t$	$\lg j_t - \lg J'_t$
1	71. <sup>m</sup> 5	2.962	2.525	0.437	2.527	—0.002
2	73. <sup>m</sup> 4	2.942	2.506	0.436	2.507	—0.001
3	75. <sup>m</sup> 4	2.924	2.495	0.429	2.489	+0.006
4	77.7	2.903	2.472	0.431	2.468	+0.004
5	80.0	2.885	2.452	0.433	2.450	+0.002
6	82.4	2.861	2.430	0.431	2.426	+0.004
7	84.5	2.851	2.412	0.439	2.416	—0.004
8	87.0	2.823	2.390	0.433	2.388	+0.002
9	89.6	2.797	2.364	0.433	2.362	+0.002
10	92.5	2.773	2.336	0.437	2.338	—0.002
11	95.2	2.747	2.310	0.437	2.312	—0.002
12	116.2	2.545	2.109	0.436	2.110	—0.001
13	129.9	2.410	1.970	0.440	1.975	—0.005
14	136.4	2.349	1.902	0.447	1.914	—0.012
15	162.7	2.077	1.630	0.447	1.642	—0.012
16	190.3	1.760	1.339	0.421	1.325	+0.012
			среднее	0.435		

Первое внесенное въ таблицу XII измѣреніе тока разсѣянія сдѣлано лишь спустя 71.5 минутъ отъ момента прекращенія активированія, такъ какъ лишь съ этого момента токи  $i$  стали токами насыщенія. Максимальная возможная ошибка въ  $\log J_t$  достигаетъ 1.2% этой величины, между тѣмъ какъ наибольшее значеніе разности  $\lg j - \lg J'_t$  составляеть лишь 0.8% величины  $\lg J_t$ . Слѣдовательно, и на этотъ разъ затуханіе наблюдаемой нами наведенной активности совершается совершенно такъ же, какъ затуханіе наведенной активности эманации радія. Это наглядно представлено диаграммой 8; мы видимъ, что наблюденныя точки (отмѣчены крестиками) хорошо слѣдуютъ за кривой, представляющей затуханіе наведенной активности эманации радія.

ДІАГРАММА 8.



### Глава III. Измѣреніе количества эманациі, заключающейся въ изслѣдуемыхъ газахъ и водахъ.

#### § 1. Методы Mache и Schmidt'a для измѣренія количества эманациі.

Пусть  $J_0$  представляетъ величину тока разсѣянія, производимаго въ пространствѣ разсѣятеля  $R$  радіевой эманацией тотчасъ по ея введеніи въ это пространство. Конечно,  $J_0$  есть разность  $i_0 - i_N$ , гдѣ  $i_N$  есть токъ натурального разсѣянія, а  $i_0$  есть токъ полнаго разсѣянія въ тотъ же самый моментъ, къ которому относится  $J_0$ . Пусть  $y$  обозначаетъ количество введенной эманациі. Тогда мы можемъ записать равенство

$$y = K' J_0,$$

гдѣ  $K'$  есть для даннаго пространства разсѣятеля величина постоянная и обозначаетъ количество эманациі, необходимое для возбужденія

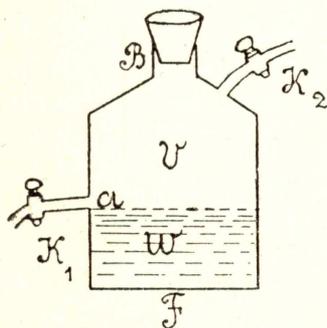


измѣренія, каковыми, напр., являются электростатическія единицы тока. Какъ извѣстно, токъ разсѣянія, производимый радіевой эманацией послѣ ея введенія въ пространство разсѣятеля начинаетъ быстро возрастать. Его величину въ моментъ  $t$ , считая за нулевой моментъ моментъ введенія, мы обозначили черезъ  $J_t$ . Такъ какъ очень трудно непосредственно измѣрить токъ полного разсѣянія  $i_0$ , то величину  $J_0$  приходится вычислять по нѣсколькимъ величинамъ  $J_t$ . Этимъ не только обходятся трудности измѣренія  $i_0$ , но и выигрывается точность опредѣленія  $J_0$ . Въ теченіе небольшого промежутка времени  $t$  послѣ введенія радіевой эманации въ пространство разсѣятеля, количество ея, благодаря медленности ея радиоактивного превращенія, не успѣваетъ уменьшаться настолько, чтобы это уменьшеніе было доступно измѣренію. Въ такомъ случаѣ величину  $J_t$  можно представить такой функціей времени:

$$J_t = J_0 + Bf(t), \quad . . . . . (7)$$

гдѣ  $Bf(t)$  будетъ обозначать токъ разсѣянія, производимый уже только активностью, возбужденной радіевой эманацией на стѣнкахъ пространства разсѣятеля. *Duane* въ вышецитированной работѣ нашелъ видъ функціи  $Bf(t)$ , воспользовавшись для этой цѣли формулой, данной *P. Curie* и *Danne*’омъ для затуханія наведенной активности радіевой эманации (С. В. 1904, t. 138, p. 685), и введя двѣ константы, зависящія отъ размѣровъ цилиндрическаго пространства разсѣятеля. Наблюдая рядъ величинъ  $J_{t_1}, J_{t_2}, \dots$ , можно съ достаточной точностью найти и константы, и  $J_0$ . Нѣсколько раньше появленія вышеуказанной работы *Duane*’а *H. Mache* (l. c.), исходя изъ того же соображенія, что членъ  $Bf(t)$  въ равенствѣ (7) зависитъ исключительно отъ появленія наведенной активности, а іонизація, производимая эманацией, остается постоянной, предложилъ слѣдующій графическій методъ опредѣленія  $J_0$ . Въ теченіе нѣкотораго времени послѣ введенія въ пространство разсѣятеля наблюдается, какъ и въ методѣ *Duane*’а рядъ величинъ  $J_{t_1}, J_{t_2}, \dots, J_{t_n}$ ; затѣмъ возможно быстро послѣ опредѣленія величины  $J_{t_n}$  пространство разсѣятеля вскрывается, сильно провѣтривается, закрывается вновь, послѣ чего возможно быстро приступаютъ къ наблюденію затуханія наведенной активности. Пусть  $\tau_0$  обозначаетъ моментъ вскрытія пространства  $R$ , а  $J'_{\tau_1}, J'_{\tau_2}, \dots, J'_{\tau_m}$ —рядъ токовъ разсѣянія, вызванныхъ затухающею наведенною активностью. Времена  $t_1, t_2, \dots, t_n, \tau_0, \tau_1, \dots, \tau_m$  отсчитаны отъ момента введенія эманации въ пространство разсѣятеля. Наблюденія, произведенныя до момента  $\tau_0$ , позволяютъ образовать  $n$  точекъ съ координатами  $(J_t, t)$ , а наблюденія, произведенныя послѣ  $\tau_0$ , позволяютъ образовать  $m$  точекъ съ координатами  $(J'\tau, \tau)$ . По первымъ  $n$  точкамъ вычерчивается кривая возрастанія токовъ разсѣянія до вскрытія колокола, а по  $m$  вторымъ точкамъ вычерчивается кривая затуханія наведенной активности. Затѣмъ та и другая кривая экстраполируются къ моменту  $\tau_0$ . Разность  $J_{\tau_0} - J'_{\tau_0}$  и будетъ представлять искомое  $J_0$ . Успѣхъ примѣненія этого метода *Mache* зависитъ отъ того, насколько

опредѣлено выясняются кривыя возрастанія и затуханія тока. Но самый критическій моментъ метода—это экстраполяція кривыхъ, такъ какъ теченіе кривой между данными точками вообще еще не характеризуетъ ея теченія внѣ этихъ точекъ, особенно въ случаѣ кривой затуханія наведенной активности эманации радія. Эта кривая, какъ извѣстно, дважды мѣняетъ свой характеръ: быстрое паденіе въ первые 15 минутъ по прекращеніи активированія смѣняется почти постоянствомъ ординатъ въ теченіе приблизительно 20 минутъ, а затѣмъ новое паденіе, хотя и не такое быстрое какъ первое. Тѣмъ не менѣе въ одномъ отношеніи методъ *Mache* имѣетъ преимущество передъ методомъ *Duane*'а. Методъ *Duane*'а примѣнимъ только тогда, когда введеніе эманации въ пространство разсѣятеля совершается настолько быстро, что моментъ начала этого введенія безъ замѣтной погрѣшности можно считать за моментъ самого введенія. Въ противномъ случаѣ функція  $Bf(t)$  будетъ совсѣмъ иная, чѣмъ указалъ *Duane*, а въ такомъ случаѣ пользованіе этимъ методомъ теряетъ свой смыслъ. Между тѣмъ метода *Mache* не зависитъ отъ специальныхъ представленій о видѣ функціи  $Bf(t)$  и не теряетъ своего смысла и тогда, когда введеніе эманации въ пространство разсѣятеля происходитъ медленно, какъ, напр., это имѣетъ мѣсто при изученіи радиоактивности воды по методу циркуляціи въ замкнутой цѣпи. Только послѣ сравнительно продолжительной циркуляціи (отъ 20 до 30 минутъ) воздуха цѣпи черезъ изслѣдуемую воду и мало по малу эманация вводится въ пространство разсѣятеля, напр., подъ колоколь *Elster*'а—*Geitel*'я. Лишь при изученіи радиоактивности газовъ методъ циркуляціи позволяетъ быстро ввести изслѣдуемую эманацию подъ колоколь. Въ этомъ случаѣ въ замкнутую цѣпь, содержащую „пространство разсѣятеля“, насосъ—грушу и осушители, вводятся сосудъ съ изслѣдуемымъ газомъ, который благодаря циркуляціи быстро распредѣляется по всей цѣпи, и тѣмъ болѣе быстро, чѣмъ объемъ пространства разсѣятеля ближе къ объему насоса-груши, производящаго циркуляцію: два—три удара насоса, и введеніе эманации въ пространство разсѣятеля совершилось. Въ 1905 году *H. W. Schmidt* (*Phys. Zeitschr*, 6, p. 561) показалъ, какъ и въ случаѣ воды



введеніе эманации въ пространство разсѣятеля произвести такъ быстро, чтобы можно было при опредѣленіи  $J_0$  пользоваться рациональной методой *Duane*'а. Сущность метода *Schmidt*'а состоитъ въ слѣдующемъ: въ сосудъ *F*, снабженный двумя кранами, какъ показано на рисункѣ, наливается изслѣдуемая вода такъ, чтобы ея уровень былъ ниже внутренняго отверстія *a* нижняго крана  $K_1$ , послѣ чего краны  $K_1$  и  $K_2$  и горло *B* запираются, а жидкость въ сосудѣ подвергается сильному встряхиванію. Вслѣдствіе встряхиванія уже черезъ  $1/2$  минуты устанавливается равновѣсіе въ распредѣленіи эманации между воздухомъ, занимающимъ

объемъ  $V$ , и водой, занимающей объемъ  $W$ . Такимъ образомъ надъ водой получается содержащій эманацию газъ въ количествѣ  $Vcm^3$ . Этотъ газъ при помощи крановъ  $K_1$  и  $K_2$  вводится въ одну цѣпь съ пространствомъ разсѣятеля и насосомъ—грушей. Такимъ образомъ въ методѣ *Sshmidt*'а изслѣдуемая вода остается внѣ цѣпи, въ которой происходитъ циркуляція воздуха. Благодаря этому оказалось возможнымъ совершенно устранить изъ цѣпи осушители и трубку съ водой: предварительные опыты *Schmidt*'а показали, что не смотря на продолжительное и сильное встряхиваніе сосуда  $A$  съ дистиллированной водой послѣдующее продуваніе воздуха изъ  $V$  въ пространство разсѣятеля не вызывало тамъ никакого замѣтнаго увеличенія тока натурального разсѣянія, слѣдовательно не возникало ни порчи изоляціи, ни какой либо іонизаціи.

*Schmidt* производилъ эти опыты и съ теплой водой, температура которой доходила до  $50^\circ C$ , и результаты были тѣ же. Но *Schmidt* не дѣлалъ опытовъ съ водными растворами солей и съ водой, въ которой, болѣе чѣмъ обыкновенно, растворены газы, какъ это имѣетъ мѣсто во многихъ случаяхъ почвенныхъ и ювенальныхъ водъ. Между тѣмъ можно думать, что освобождающіеся при взбалтываніи газы окажутся іонизованными, какъ оказываются іонизованными газы, выдѣляющіеся при электролизѣ кислотъ и щелочей (Towsond, Phil. Mag., (5), 45, 125 и 149, 1898), и при нѣкоторыхъ химическихъ реакціяхъ (Bloch, Recherches sur la conductibilité électrique de l'air produite par le phosphore et sur les gaz récemment préparés, Annales de chimie et de physique, (8), t. 4, 1905, p. 25).

Подобная испотеза была высказана проф. *А. П. Соколовымъ* въ его уже неоднократно выше цитированной работѣ „Радиоактивность нѣкоторыхъ русскихъ минеральныхъ водъ, грязей и почвъ“ по поводу, газовъ, выдѣляющихся изъ жидкой углекислоты при пониженіи давленія.

Если при этомъ рождаются іоны, аналогичные іонамъ—пылинкамъ *Bloch*'а, то, конечно, они едва ли уничтожаются и тогда, когда въ цѣпь будутъ введены осушители и вата, и, значитъ, неизбѣжно повысятъ оцѣнку содержанія радиоактивной эманаціи въ изслѣдуемой водѣ. Но возможно, что существуютъ іоны со свойствами, такъ сказать промежуточными между іонами *Bloch*'а и обыкновенными быстро рекомбинирующими іонами. Въ такомъ случаѣ устройство изъ цѣпи осушителей и ваты можетъ вызвать въ цѣпи іонизацію, которая можетъ симулировать затуханіе торіевой эманаціи, и болѣе или менѣе сильно затемнять соответствующее радіевой эманаціи возрастаніе величинъ  $J$ , въ первые 2—3 часа послѣ введенія эманаціи въ пространство разсѣятеля. Возможность возникновенія этой „паразитной“, по выраженію проф. *А. П. Соколова*, іонизаціи, происходящей отъ причинъ, ничего общаго съ радиоактивностью не имѣющихъ, надо имѣть въ виду каждый разъ, когда желаютъ установить радиоактивность какой-либо воды по методу іонизаціи тѣсно соприкасающагося съ водой воздуха, или когда желаютъ установить природу несомнѣнно существующей радиоактивной эманаціи

только по измѣненіямъ величинъ  $J_t$  въ первое время по введенію эманации въ пространство разсѣятеля, или когда желаютъ оцѣнить количество заключающейся въ испытуемой водѣ эманации, природа которой уже извѣстна.

Во всякомъ случаѣ цѣль, которую поставилъ себѣ *Schmidt*: сдѣлать введеніе эманации въ пространство разсѣятеля возможно быстрѣе, такъ чтобы затраченное на эту операцію время безъ чувствительной погрѣшности можно было принять за одинъ моментъ,—достигнута и тѣмъ болѣе, что насосъ—грушу можно взять приблизительно такихъ же размѣровъ, какъ пространство разсѣятеля, а объемъ  $V$  можно сдѣлать значительно больше, чѣмъ это пространство  $R$ . Такимъ образомъ становится возможнымъ опредѣлять  $J_0$  рационально, вычисляя его изъ  $J_t$ , пользуясь зависимостью, указанной *Duane*'омъ. Этой же цѣли *H. W. Schmidt* достигъ, исходя изъ равенствъ (3), (4) и (5), представляющихъ течение радіоактивнаго прецесса въ  $RaA$ ,  $RaB$  и  $RaC$ , и при помощи константъ  $k''$  и  $k'$ , указанныхъ на стр. 22, *Schmidt* вычислилъ для „нормального“ экземпляра своего электроскопа отношенія  $J_0/J_t$  для моментовъ времени 0,  $\frac{1}{2}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2, 3 и т. д. до 15 минутъ, считая за нулевой моментъ моментъ введенія эманации въ пространство разсѣятеля. Результаты этихъ вычисленій *Schmidt*'а содержатся въ таблицѣ III его статьи *Übereine einfache Methode zur Messung des Emanationsgehalts von Flüssigkeiten* въ *Phys. Zeitsch.*, 6, 1905, p. 561. Мы будемъ называть заключающіеся въ этой таблицѣ величины  $J_0/J_t$  множителями *Schmidt*'а.

§ 2. Измѣреніе величины  $\frac{x}{k}$  для газовъ по методу *Mache* и *Duane*'а — *Schmidt*'а.

Для измѣренія количества эманации въ газѣ, собранномъ надъ колодцемъ № 2, составлялаъ земкнутая цѣпь изъ пространства разсѣятеля, объемъ какового пространства мы обозначимъ черезъ  $R$ , изъ насоса—груши, изъ резервуара, въ которомъ заключается испытуемый газъ при атмосферномъ давленіи, изъ системы осушителей и, снова пространство разсѣянія. Объемъ, взятый для истытанія порціи газа обозначимъ черезъ  $V$ , а объемъ насоса вмѣстѣ съ осушителями и соединительными трубками черезъ  $V'$ . Такимъ образомъ объемъ всей цѣпи будетъ  $V + V' + R$ . Для краткости обозначимъ эту сумму черезъ  $U$ . Пусть количество эманации въ литрѣ испытуемаго газа при атмосферномъ давленіи и при средней температурѣ наблюденій будетъ обозначено черезъ  $x$ , а  $y$ , какъ и выше, обозначаетъ количество эманации, введенной послѣ циркуляціи въ пространство разсѣятеля. Тогда количество эманации, введенной въ цѣпь, представляется черезъ  $\frac{xV}{1000}$ , а для  $y$  мы имѣемъ равенство

$$y = x \cdot \frac{V}{1000} \cdot \frac{R}{U}$$

откуда, подставляя вмѣсто  $y$  его значеніе изъ равенства (6), получимъ

$$x = K \cdot D J_0 \frac{1000}{V} \cdot \frac{U}{R}.$$

При этомъ предполагается, что  $U$ ,  $V$ ,  $V'$  и  $R$  выражены въ см<sup>3</sup>, а  $x$  и  $y$  въ мм<sup>3</sup>.

$J_0$  было опредѣлено дважды по методу *Mache* и трижды по методу *Duane'a-Schmidt'a*. Въ первомъ случаѣ я пользовался колоколомъ *Elster'a-Geitel'я*, а во второмъ электроскопомъ *Schmidt'a*. Чтобы измѣрить  $J_0$  въ электростатическихъ единицахъ *C. G. S.*, необходимо знать емкости при-мѣняемыхъ электроскоповъ и градуировать ихъ шкалы. Какъ произведена градуировка шкалы электроскопа *Schmidt'a*, объ этомъ уже сообще-но (ст. 23). Градуировка же шкалы электроскопа *Elster'a-Geitel'я* была произведена слѣдующимъ образомъ. Подъ колоколь вводился собран-ный надъ колодцемъ № 2 газъ, и послѣ того, какъ эманация пришла въ радиоактивное равновѣсіе съ продуктами ея распада, и токи разсѣянія стали насыщенными, въ теченіе большого промежутка времени (около 5 дней) опредѣлялись отношенія временъ прохожденія листочкомъ раз-личныхъ интерваловъ шкалы. Изъ такихъ (очень многочисленныхъ) наблюденій были установлены относительныя значенія интерваловъ шкалы. Для абсолютной ихъ оцѣнки оставалось опредѣлить значеніе въ вольтахъ какого-либо одного интервала. Таковъ былъ интервалъ между 13 и 10 дѣленіями шкалы. По сравненію изслѣдуемаго электроскопа съ электроскопомъ такого же типа, но еще никогда не бывшимъ въ употре-бленіи, этотъ интервалъ оцѣненъ въ 27.1 вольтъ. То же значеніе этого интервала было получено и по возвращеніи въ Томскъ при помощи ба-тарей малыхъ аккумуляторовъ. Что касается емкости электроскоповъ, то, по сравненіи ихъ съ конденсаторомъ *Harms'a*, онѣ оказались совершен-но такими же, какія были указаны изготовившими эти электроскопы фирмами: 12.5 см. для электроскопа подъ колоколомъ *Elster'a-Geitel'я* и 6.1 см. для электроскопа *Schmidt'a*. Нижеслѣдующая таблица XIII пред-ставляетъ данныя, относящіяся къ двумъ измѣреніямъ величины  $J_0$  и  $\frac{x}{K}$  по методу *Mache*. Величины  $t_1$ ,  $t_n$ ,  $\tau_0$ ,  $\tau_1$ ,  $\tau_m$ ,  $n$ ,  $m$ ,  $J_{\tau_0}$ ,  $J'_{\tau_0}$ ,  $J_0$ ,  $K$ ,  $x$  и  $V$  имѣютъ тоже самое значеніе, которое имъ приписано выше въ настоя-щемъ и предыдущемъ параграфахъ; при чемъ  $J_{\tau_0}$ ,  $J'_{\tau_0}$  и  $J_0$  въ колон-нахъ 9, 10 и 11 въ милливольтгахъ на секунду при емкости электроскопа 1, но при вычисленіи величины  $x/K$  (колонна 13)  $J_0$  выражено уже въ электростатическихъ единицахъ тока, для чего числа колонны 11 умно-жены на 12,5 (емкость электроскопа въ см.) и раздѣлены на  $300 \times 1000$ .

Таблица XIII.

Dama	$t_1$	$t_n$	$n$	$\tau_0$	$\tau_1$	$\tau_m$	$m$	$J_{\tau_0}$	$J'_{\tau_0}$	$J_0$	$V_{cm^3}$	$\frac{x}{k}$ эл.-ст. ед.
23.VI.08	8 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup>	12 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup>	8	12 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	19 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup>	44 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>	14	5593	1135	4460	4832	77.3+10 <sup>-3</sup>
24.IV.08	6 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup>	15 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup>	11	15 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup>	21 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup>	43 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup>	8	5539	1237	4302	4592	77,0+10 <sup>-3</sup>

Таблица XIV.

Dama.	Количество введеннаго въ цѣпь газа.	Число наблюдённыхъ точекъ.	$J_0$ въ милливольтахъ секундахъ при емкости 1.	$\frac{x}{k}$ эл.-ст. единицъ.	Сколько времени прошло отъ введенія эманации до наблюдения $J_t$ .	Сколько время продолжалось наблюдёние величинъ $J_t$ .	Сколько время эманация оставалась въ пространствѣ разсѣятеля.
25.VI.08	1700 ст <sup>3</sup>	11	445.0+1.5	(81.8+0.3)×10 <sup>-3</sup>	2 <sup>m</sup> 58 <sup>sec</sup>	1 <sup>m</sup> 25 <sup>sec</sup>	4 <sup>m</sup> 13.5 <sup>sec</sup>
27.VI.08	1700 ст <sup>3</sup>	8	422.4+1.1	(77.8+0.2)×10 <sup>-3</sup>	4 <sup>m</sup> 56 <sup>sec</sup>	1 <sup>m</sup> 17.5 <sup>sec</sup>	6 <sup>m</sup> 13.5 <sup>sec</sup>
1.VII.08	138 ст <sup>3</sup>	11	123.2+1.3	(79.1+0.8)×10 <sup>-3</sup>	0 <sup>m</sup> 55 <sup>sec</sup>	5 <sup>m</sup> 07.5 <sup>sec</sup>	6 <sup>m</sup> 02.5 <sup>sec</sup>

Вышеприведенная таблица XIV представляет данные, относящиеся къ тремъ измѣреніямъ величинъ  $J_0$  и  $x/K$  по методу *Duane'a-Schmidt'a*, а таблица XV представляетъ всѣ стадіи измѣреній и вычисленій величины  $J_0$  для 27. VI. 08. Таблица составлена совершенно такъ, какъ это указано *Schmidt'омъ* (*Phys. Zeitschr.*, 7, 1906, p. 209). Я привожу ее здѣсь для удобства моего дальнѣйшаго изложенія. Таблица раздѣляется на 12 колоннъ. Колонна 2 содержитъ отсчитанные по хронометру моменты прохожденія нити листочка черезъ дѣленія шкалы, указанные въ колоннѣ 3. Въ колоннѣ 4 указаны тѣ интервалы шкалы, время прохожденія которыхъ нитью листка сообщено въ колоннѣ 6. Въ колоннѣ 5 даны значенія интерваловъ въ вольтахъ, а въ 7-ой средній моментъ прохожденія нити черезъ эти интервалы. 8-ая колонна содержитъ величины  $i_t$  въ милливольтгахъ на секунду, 9-ая—величины  $J_t = i_t - i_N$ , 10-ая—моменты  $t$ , отсчитанные отъ момента введенія эманѳи въ пространство разсѣятеля; 11—соотвѣтствующіе этимъ моментамъ множители *Schmidt'a*  $J_0/J_t$ , а 12—произведенія найденныхъ  $J_t$  на соотвѣтствующіе множители *Schmidt'a*, т. е.  $J_0$ . Понятно, что при отсутствіи ошибокъ наблюденія всѣ числа колонны 12 должны быть одинаковы. Изъ найденныхъ чиселъ колонны 12 взято среднее ( $422.4 \pm 1.1$ ), которое и внесено въ 4-ую колонну таблицы XIV.

Таблица XV.

№№	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	4 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 41. <sup>s</sup> 0	3.0	3.0—6.5	23.6	30. <sup>s</sup> 0	4 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 00. <sup>s</sup> 5	605.1	603.1	5 <sup>m</sup> 15. <sup>s</sup> 5	0.699	421.5
	46.5	3.5	3.5—7.0	23.4	39. <sup>s</sup> 0	06. <sup>s</sup> 0	600.0	598.0	5 <sup>m</sup> 21. <sup>s</sup> 0	0.697	415.4
	52.0	4.0	4.0—7.5	23.5	39. <sup>s</sup> 0	11. <sup>s</sup> 5	602.6	600.0	5 <sup>m</sup> 26. <sup>s</sup> 5	0.696	417.6
	57.5	4.5	4.5—8.0	23.5	38. <sup>s</sup> 5	16 <sup>s</sup> 7	610.4	608.4	5 <sup>m</sup> 31. <sup>s</sup> 7	0.694	422.2
	10 <sup>m</sup> 03. <sup>s</sup> 0	5.0	5.0—8.5	23.9	38. <sup>s</sup> 5	22. <sup>s</sup> 2	620.8	618.8	5 <sup>m</sup> 37. <sup>s</sup> 2	0.693	428.7
	08. <sup>s</sup> 5	5.5	5.5—9.0	23.9	39.0	28. <sup>s</sup> 0	612.8	610.8	5 <sup>m</sup> 43. <sup>s</sup> 0	0.691	422.0
	14. <sup>s</sup> 5	6.0	6.0—9.5	23.8	38.5	33. <sup>s</sup> 7	618.2	616.2	5 <sup>m</sup> 48. <sup>s</sup> 7	0.689	424.5
	20. <sup>s</sup> 0	6.5	6.5—10.0	24.0	38.5	39. <sup>s</sup> 2	623.4	621.4	5 <sup>m</sup> 54. <sup>s</sup> 2	0.688	427.5
	25. <sup>s</sup> 5	7.0									
	31. <sup>s</sup> 0	7.5									
	36. <sup>s</sup> 0	8.0									
	41. <sup>s</sup> 5	8.5									
	47. <sup>s</sup> 5	9.0									
	53. <sup>s</sup> 0	9.5									
	58. <sup>s</sup> 5	10.0									
											среднее 422.4 ± 1.1

Если изъ всѣхъ найденныхъ нами пяти значеній величины  $\frac{x}{K}$  (двѣ изъ таблицы XIII и три изъ таблицы XIV) взять среднее, то мы получаемъ  $78.6 \times 10^{-3}$  эл.—ст. ед. Наибольшее отклоненіе отъ этого средняго вычисленія  $\frac{x}{K}$  составляетъ лишь 4%. Если принять во вниманіе, что величины  $\frac{x}{K}$  измѣрялись и совершенно различными методами, и совершенно различными инструментами, и при совершенно различныхъ условіяхъ наблюденія [при наблюденіи съ колоколомъ *Elster'a-Geitel'a* въ цѣпь вводилось около 4.5 литровъ газа, а при наблюденіяхъ съ электроскопомъ *Schmidt'a* 1.7 и 0.138 литра; въ первомъ случаѣ опытъ продолжался около 45 min, а во второмъ около 6 min; въ первомъ случаѣ наблюдалось паденіе потенціала въ 62 вольта, а во второмъ 17—20 вольтъ и т. д.], то согласіе полученныхъ результатовъ измѣренія слѣдуетъ отмѣтить, и особенно въ виду сообщенія, сдѣланнаго на 41 общемъ собраніи Американскаго Химическаго Общества въ Бостонѣ (28—31 декабря 1909 года) *Merle'емъ Randall'емъ*. [Реферировано въ *Chemiker Zeitung*, № 34, 1910]. Этотъ ученый желалъ при помощи тока разсѣянія измѣрить количество радіевой эманации, которое приходится на 1 gr урана въ урановой соли, полученной изъ *Pechblende*. Для этой цѣли онъ пользовался различными методами измѣренія и различными электроскопами. Оказалось, что полученные при этомъ токи разсѣянія, которые можно было бы считать мѣрой вышеуказаннаго количества эманации, сильно варьировали какъ въ зависимости отъ методы примѣннаго электроскопа (обыкновенно каждому типу выпускаемыхъ въ продажу электроскоповъ соотвѣтствуетъ лишь одна метода измѣренія), такъ и отъ полнаго количества соли, которая при раствореніи освобождаетъ радіевую эманацию. Въ зависимости отъ метода и примѣннаго электроскопа эти варьяціи заключались между  $2.36 \times 10^{-12}$  amp. ( $708.7 \times 10^{-3}$  электр.—ст. ед.) для электроскопа *Boltwood'a* и  $4.80 \times 10^{-12}$  amp. ( $1441.5 \times 10^{-3}$  эл.—ст. ед.) электроскопа *Schmidt'a*. Отсюда *Randall* выводитъ заключеніе, что „предположеніе многихъ европейскихъ ученыхъ“, будто бы результатъ измѣренія количества радіевой эманации токомъ разсѣянія не будутъ зависѣть отъ примѣннаго метода и электроскопа, если токъ разсѣянія выражать въ амперахъ или электростатическихъ единицахъ тока,—неправильно. Съ такимъ заключеніемъ совершенно не гармонируютъ вышесообщенные результаты измѣренія величины  $x/K$ . Та небольшая разница, которая получена между пятью найденными значеніями величины  $x/K$ , отнюдь не можетъ быть приписана ни большой разницѣ примѣнныхъ для измѣренія инструментовъ, ни большой разницѣ методовъ измѣренія величины  $J_0$ , ни большой разницѣ введенныхъ въ цѣпь количествъ эманации, такъ какъ въ таблицѣ XIV имѣется такое значеніе  $x/K$  (27. VI), которое отличается отъ результата наблюденія 23. VI лишь на 0.6%. Тѣмъ не менѣе коле

банія въ значеніяхъ величины  $\frac{x}{K}$  въ таблицѣ XIV нельзя приписать случайнымъ ошибкамъ наблюденія. Въ такомъ случаѣ надо признать, что либо количество эманаци, приходящееся на одинъ литръ изслѣдуемаго газа, въ разные дни наблюденія было различно;—либо число іоновъ, имѣвшихъ мѣсто въ пространствѣ разсѣятеля, могло быть больше, чѣмъ это соотвѣтствовало введенной эманаци, и такимъ образомъ имѣло мѣсто явленіе „паразитной“ іонизаци, при чемъ величина этой „паразитной“ іонизаци могла быть то больше, то меньше, и вообще должна уменьшаться со временемъ до полного уничтоженія. Такъ какъ въ измѣреніяхъ съ колоколомъ *Elster'a-Geitel'я* въ цѣпь были введены осушители и трубка съ ватой, то можно думать, что паразитной іонизаци въ этомъ случаѣ совсѣмъ не было. Она могла здѣсь исчезнуть еще и по той причинѣ, что къ наблюденіямъ величинъ  $J_t$  было приступлено лишь черезъ 8—9 минутъ послѣ введенія эманаци подѣ колоколь. Такъ какъ въ цѣпь съ электроскопомъ *Schmidt'a* осушители и вата введены не были, и наблюденія величинъ  $J_t$  начаты гораздо ранѣе (самое бѣльшее черезъ 4 м 56 sec. послѣ введенія эманаци), то согласно съ вышеизложенной гипотезой о „паразитной“ іонизаци надо ожидать, что результаты измѣреній, сдѣланныхъ по методу *Schmidt'a*, будутъ больше, чѣмъ результаты измѣреній, сдѣланныхъ съ колоколомъ *Elster'a-Geitel'я*. Что это такъ и есть, показываетъ таблица XIV. Точно такъ же вышеизложенная гипотеза объясняетъ, почему результатъ наблюденія 27.VI гораздо ближе къ числу 77, тѣмъ результатъ наблюденія 25.VI: вѣдь 27.VI измѣренія величины  $J_t$  были начаты лишь черезъ 4 м 56 sec послѣ введенія эманаци, въ то время какъ 25.VI. эти измѣренія были начаты спустя только 2 м 58 sec, вслѣдствіе чего „паразитная“ іонизаци должна сильнѣе сказаться въ наблюденіи 25.VI. Но какъ же объяснить, что результатъ наблюденія 1.VII ближе къ 77,—чѣмъ результатъ наблюденія 25.VI? Вѣдь 1.VII измѣреніе величинъ  $J_t$  начато только черезъ 55 sec послѣ введенія эманаци. Но на этотъ разъ наблюденіе продолжалось значительно дольше, чѣмъ ранѣе, а именно 5 м 07.5 sec, тогда какъ ранѣе около 1 м 20 sec. За 5 м 07.5 sec паразитная іонизаци, въ началѣ большая, могла затухнуть. Что это было дѣйствительно такъ, мы убѣждаемся разсматривая тѣ 11 значеній  $J_0$ , изъ которыхъ какъ среднее получено число 123.3. Таблица XVI представляетъ намъ для каждаго изъ трехъ наблюденій, сдѣланныхъ по методу *Schmidt'a*, тѣ свѣдѣнія, которыя для наблюденія 27.VI заключаются въ колоннахъ 10 и 12 таблицы XV. Въ колоннахъ 3, 6 и 9 таблицы XVI даны разности между среднимъ значеніемъ  $J_0$  и соотвѣтствующими значеніями  $J_0$ , вычисленными изъ  $J_t$  при различныхъ временахъ  $t$ .

Таблица XVI.

25.VI.			27.VI.			1.VII.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Моменты отъ нача- ла акти- вированія	$J_0$	$\Delta J_0$	Моменты отъ нача- ла акти- вированія	$J_0$	$\Delta J_0$	Моменты отъ нача- ла акти- вированія	$J_0$	$\Delta J_0$
2. <sup>m</sup> 85	455	+10	5 <sup>m</sup> 15. <sup>s</sup> 5	421.5	-0.9	1 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup>	130.5	+7.3
2. <sup>m</sup> 97	453	+ 8	5 <sup>m</sup> 21. <sup>s</sup> 5	415.4	-7.0	2 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup>	126.7	+4.5
3. <sup>m</sup> 07	444	- 1	5 <sup>m</sup> 26. <sup>s</sup> 5	417.6	-4.8	2 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup>	124.8	+1.6
3. <sup>m</sup> 15	445	0	5 <sup>m</sup> 31. <sup>s</sup> 7	422.2	-0.2	2 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup>	125.5	+2.3
3. <sup>m</sup> 25	451	+ 6	5 <sup>m</sup> 37. <sup>s</sup> 2	428.7	+6.3	3 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup>	126.5	+3.3
3. <sup>m</sup> 34	456	+11	5 <sup>m</sup> 43. <sup>s</sup> 0	422.0	-0.4	3 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>	124.0	+0.8
3. <sup>m</sup> 44	439	- 6	5 <sup>m</sup> 48. <sup>s</sup> 0	424.5	+2.1	3 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup>	122.7	-0.5
3. <sup>m</sup> 54	438	- 7	5 <sup>m</sup> 54. <sup>s</sup> 0	427.5	+5.1	4 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	120.5	-2.7
3. <sup>m</sup> 63	443	- 2		422.4		4 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup>	117.4	-5.8
3. <sup>m</sup> 72	434	-11				4 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup>	118.9	-4.3
3. <sup>m</sup> 81	440	- 5				5 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	117.9	-5.3
	445						133.2	

Разсматривая эту таблицу, видимъ, что характеръ измѣненія чиселъ  $J_0$  въ колоннѣ 8 совсѣмъ не тотъ, какъ у чиселъ въ колоннахъ 2 и 5; въ колоннѣ 8 ясно выражено одностороннее измѣненіе величинъ  $J_0$ , именно ихъ убываніе. Наблюденіе 1.VII окончено черезъ 5 съ небольшимъ минутъ послѣ введенія эманации, приблизительно въ то время, когда наблюденіе 27.VI начато. Въ этомъ послѣднемъ наблюденіи систематическаго уменьшенія величинъ  $J_0$  уже не замѣтно. Оно должно бы быть еще замѣчено въ наблюденіи 25.VI. Если изъ колонны 8 взять только первыя пять значеній  $J_0$ , то среднее будетъ 126.8, соотвѣтственно которому для  $x/K$  получаемъ  $81.4 \times 10^{-3}$ ; а если взять пять послѣднихъ значеній  $J_0$ , то среднее будетъ 119.5; и для  $x/K$  имѣемъ  $76.7 \times 10^{-3}$ . Итакъ всѣ данныя таблицы XVI вполне согласуются съ гипотезой о „паразитной“ ионизации, исчезающей черезъ 5—6 минутъ послѣ введенія изслѣдуемаго газа въ пространство разсѣятеля. Надо еще замѣтить, что во всѣхъ пяти случаяхъ измѣненія  $x/K$  газъ вводился въ простран-

ство разсѣятеля приблизительно черезъ одно и то же время послѣ начала его собранія, въ среднемъ черезъ 1 h 20 m.

Такъ какъ въ литературѣ встрѣчались указанія, подтверждающія мнѣніе Эберта, что послѣ уменьшенія барометрическаго давленія выдѣленіе радиоактивныхъ эманаций изъ земной коры становится болѣе обильнымъ [напр., *J. Jaufmann*, *Meteorologische Zeitschrift*, 1905, p. 102], то я производилъ за все время работы въ деревнѣ Новая Бѣлокуриха отсчеты по анероиду въ 8 часовъ утра, 1 часъ дня и 9 ч. вечера. За время 22.VI—2.VII замѣчались медленныя колебанія барометра въ предѣлахъ 29.25—28.91 англійскихъ дюймовъ. Наблюдаемая мною колебанія величины  $x/K$  ни въ какую связь съ вышеуказанными колебаніями барометрическаго давленія поставлены быть не могутъ.

### § 3. Измѣреніе величины $x/K$ для изслѣдуемой воды по методу *Mache*.

Теперь мы переходимъ къ описанію измѣреній количества радіевой эманации, заключающейся въ 1 литрѣ воды изъ колодцевъ № 1 и № 2, по методу *Mache*. Пусть  $w$  обозначаетъ въ  $\text{см}^3$  количество вводимой въ цѣпь испытуемой воды, а  $U$ ,  $R$ ,  $x$ ,  $y$  имѣютъ, *mutatis mutandis*, то значеніе, которое имъ приписано въ предыдущихъ параграфахъ. Количество эманации, которое мы вводили съ водой въ нашу цѣпь, есть

$$\frac{xw}{1000}$$

Когда (послѣ циркуляціи) въ распредѣленіи эманации между воздухомъ и водой установится равновѣсіе, то въ  $w \text{ см}^3$  воды будетъ заключаться столько же эманации, сколько ея заключается въ  $\alpha \cdot w \text{ см}^3$  воздуха, гдѣ  $\alpha$  обозначаетъ такъ называемой коэффициентъ абсорбціи радіевой эманации въ водѣ. Отсюда для плотности эманации въ воздухѣ цѣпи мы получаемъ выраженіе

$$\frac{xw}{1000} : U - (1 - \alpha)w,$$

для  $y$  равенство

$$y = x \cdot \frac{w}{1000} \cdot \frac{R}{U - (1 - \alpha)w},$$

а для  $x$

$$x = K \cdot D \cdot J_0 \cdot \frac{1000}{w} \cdot \frac{U - (1 - \alpha)w}{R}.$$

Такъ какъ изслѣдуемая вода содержитъ весьма мало растворимыхъ солей, то для  $\alpha$  въ нашемъ случаѣ можно принять ту же величину какъ и для дистиллированной воды. *R. Hoffmann*, какъ сообщаетъ *M. Kofler* (*Phys. Z.*, 9, 1908., p. 6), нашель для дистиллированной воды при  $20^\circ\text{C}$ , для  $\alpha$  величину 0.28, а *M. Kofler* величину 0.27. При  $40^\circ$  по



§ 4. Измѣреніе величины  $x/K$  для воды изъ колодца № 1 по методу *Schmidt*'а. Принимая во вниманіе то описаніе метода *Schmidt*'а, какое дано въ § 1 настоящей главѣ, мы найдемъ, что количество вводимой въ цѣпь эманации будетъ представлено черезъ

$$\frac{w}{1000} \cdot \frac{xV}{V + \alpha w},$$

гдѣ  $w$ ,  $x$ ,  $\alpha$  имѣютъ то же значеніе, какъ и выше, а  $V$  обозначаетъ, согласно § 1, объемъ воздуха надъ водой въ сосудѣ  $F$ . Въ такомъ случаѣ для  $y$  и  $x$  мы получимъ такія равенства:

$$y = \frac{w}{1000} \cdot \frac{xV}{V + \alpha V'} \cdot \frac{R}{V + V' + R},$$

$$x = KDJ_0 \cdot \frac{1000}{w} \cdot \frac{V + V' + R}{R} \left( 1 + \alpha \cdot \frac{w}{V} \right),$$

гдѣ  $V'$  и  $R$  имѣютъ то же значеніе, какъ и въ § 2.

Въ случаѣ описываемыхъ измѣреній  $R=274,5$  см<sup>3</sup>,  $V'=204,1$  см<sup>3</sup> и  $w+V=1700$  см<sup>3</sup> (объемъ сосуда  $F$ ). Нижеслѣдующая таблица XVIII представляетъ данныя, относящіяся по всѣмъ произведеннымъ мною измѣреніямъ величины  $x/K$  по методу *Schmidt*'а для воды изъ колодца № 1, при чемъ  $T$  имѣетъ то же значеніе, какъ и въ таблицѣ XVII.

Разсматривая таблицу XVIII, мы видимъ, что 23.VI, 8.VII и 12.VII получены для  $x/K$  такія же значенія, какъ и по методу *Mache* съ колоколомъ *Elster-Geitel*'я. Но въ то время какъ въ таблицѣ XVII всѣ 7 значеній  $x/K$  очень согласны между собой, въ таблицѣ XVIII этого согласія нѣтъ: значенія  $x/K$  варьируютъ здѣсь отъ 24.4 до 16.9 г. Въ общемъ метода и инструментарій *Schmidt*'а даютъ для  $x/K$  бѣльшія значенія, чѣмъ метода *Mache* и инструментарій *Elster-Geitel*'я. Но это обстоятельство, замѣченное нами уже при измѣреніи  $x/K$  для газовъ, выражено здѣсь рѣзче. Разсматривая сообщенныя въ таблицѣ XVIII условія тѣхъ наблюденій, которыя дали  $x/K$  значенія, бѣльшія чѣмъ  $17.4 \times 10^{-3}$ , и когда продолжительность взбалтыванія не бѣльше 2 минутъ, мы находимъ, во-первыхъ, что эти наблюденія были начаты очень скоро послѣ введенія эманации въ пространство разсѣятеля, между тѣмъ какъ изъ разсмотрѣнія таблицы XIV мы заключили, что предполагаемая паразитная іонизация, повышающая находимыя для  $x/K$  значенія, исчезаетъ не ранѣе, какъ черезъ 5—6 минутъ послѣ введенія эманации въ пространствѣ разсѣятеля. Далѣе, разсматривая таблицу XVIII, мы видимъ, что во всѣхъ случаяхъ, когда для  $x/K$  получено бѣльше, чѣмъ 17.4, и когда взбалтываніе продолжалось не бѣльше 2 минутъ, въ графѣ „примѣчанія“ отмѣчено пониженіе величинъ  $J_0$ . Это пониженіе сначала идетъ быстро, а потомъ медленно. Такимъ образомъ высказанная въ § 2 гипотеза о паразитной іонизации имѣетъ мѣсто и въ настоящемъ случаѣ. Но здѣсь мы дополнимъ ее еще двумя слѣдующими положеніями.

Таблица XVIII.

Дата.	Т.	Продолжительность и характер взбалтывания.	$W_{см. 3}$	Время от начала активирования до начала наблюдения величины $J_t$ .	Сколько времени продолжалось наблюдение величины $J_t$ .	Сколько времени от начала активир. до конца наблюдения величины $J_t$ .	Число найденных величин $J_0$ .	Среднее значение $J_0 \frac{Mv.}{sec.}$	$\frac{x}{K} \times 10^3$ элек. стат. единиць	Примѣчания.
23.VI.58	40 <sup>s</sup>	Слабое не болѣе 30 <sup>sec</sup>	860	31 <sup>s</sup> .	7 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> .	7 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> .	21	60.8	16.9	Нѣтъ замѣтнаго уменьшенія величины $J_0$ .
5.VII.08	1 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	Сильн. въ теченіе 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> м. съ перерыв.	860	46 <sup>s</sup> .	4 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> .	4 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> .	24	89.1	24.4	Пониженіе величины $J_0$ отъ 90 въ началѣ до 85 въ концѣ.
7.VII.08	1 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup>	То же.	777	56 <sup>s</sup> .	3 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> .	4 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> .	18	65.0	20.4	Ясно выраженное пониженіе величины $J_0$ отъ 66.7 въ началѣ до 63 въ концѣ.
8.VII.08	2 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	То же въ теченіе 2 мин.	762	1 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> .	4 <sup>m</sup> 16.5 <sup>s</sup> .	5 <sup>m</sup> 53.5 <sup>s</sup> .	22	60.3	19.3	Замѣтно пониженіе величины $J_0$ отъ 65.5 въ началѣ до 60.4 въ концѣ.
				7 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> .	4 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .	11 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> .	14	54.2	17.4	Пониженія величины $J_0$ не замѣтно.
9.VII.08	1 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup>	То же въ теченіе 1-ой минуты.	767	54.5 <sup>s</sup> .	4 <sup>m</sup> 07.5 <sup>s</sup> .	5 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup> .	25	70.4	22.4	Пониженіе величины $J_0$ отъ 77.1 до 66.7.
10.VII.08	11 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>	Сильное и продолжительное 10 м.	955	1 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> .	5 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .	6 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> .	34	59.8	19.8	Пониженіе величины $J_0$ отъ 69.4 до 58.8.
				6 <sup>m</sup> 06.5 <sup>s</sup> .	2 <sup>m</sup> 14.5 <sup>s</sup> .	8 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> .	8	55.7	18.4	Пониженія величины $J_0$ не замѣтно.
11.VII.08	67 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	То же и еще болѣе продол. въ теч. 20 м.	737	2 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> .	2 <sup>m</sup> 47.5 <sup>s</sup> .	5 <sup>m</sup> 19.5 <sup>s</sup> .	13	60.7	20.3	Пониженіе величины $J_0$ не замѣтно.
12.VII.08	1 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup>	Сильное въ теченіе 1 м.	737	52.5 <sup>s</sup> .	4 <sup>m</sup> 13.5 <sup>s</sup> .	5 <sup>m</sup> 05.0 <sup>s</sup> .	22	57.4	18.2	Повыж. велѣч. $J_0$ отъ 63.7 въ нач. до 57.4 въ концѣ.
				5 <sup>m</sup> 23.5 <sup>s</sup> .	4 <sup>m</sup> 29.5 <sup>s</sup> .	9 <sup>m</sup> 52.5 <sup>s</sup> .	13	51.5	17.2	Повыженія величины $J_0$ не замѣтно.

1. Паразитная іонизація выражена при измѣреніи величинъ  $x/K$  въ случаѣ водъ гораздо рѣзче, чѣмъ случаѣ газовъ. Въ то время какъ въ первомъ случаѣ наибольшее расхожденіе величинъ  $x/K$  найденныхъ по методамъ *Mache* и *Schmidt*'а, достигаетъ 32%, въ случаѣ газовъ максимальное наблюденное расхожденіе составляетъ лишь 6% величины  $x/K$ , найденной по методу *Mache*.

2., Чѣмъ энергичнѣе и продолжительнѣе взбалтываніе воздуха и испытуемой воды, тѣмъ упорнѣе сохраняется паразитная іонизація, при чемъ стадія ея быстрого уменьшенія въ этомъ случаѣ почти отсутствуютъ.

Обращая вниманіе на наблюденіе 23.VI, мы находимъ, что здѣсь паразитная іонизація отсутствуетъ не смотря на то, что къ наблюденіямъ величинъ  $J_t$  приступлено очень скоро послѣ введенія эманации въ пространство разсѣятеля (черезъ 31 sec отъ начала активированія). Это отсутствіе въ указанномъ наблюденіи „паразитной“ іонизаціи, можетъ быть, надо приписать тому, что здѣсь взбалтываніе воды и воздуха было кратковременно и слабо. Во всякомъ случаѣ изъ вышеизложенной гипотезы о „паразитной“ іонизаціи отнюдь не слѣдуетъ, чтобы это явленіе необходимо всегда имѣло мѣсто въ первые 5—6 минутъ послѣ введенія эманации въ пространство разсѣятеля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Въ заключеніи я позволю себѣ резюмировать результаты настоящей моей работы въ слѣдующихъ положеніяхъ.

1. Какъ въ водахъ, такъ и въ газахъ, термъ деревни Новая Бѣлокуриха вполне установлено присутствіе эманации радія.

2. Никакихъ другихъ эманаций, напр., эманации торія, въ этихъ термахъ не найдено.

3. Методъ и инструментарій *Schmidt*'а (Phys. Zeitschr. 6, 1905, p. 561; 7, 1906, p. 209) могутъ дать какъ для газа, такъ и для воды выше-названныхъ термъ тѣ же значенія величины  $x/K$ , какъ и методъ *Mache* и инструментарій *Elster-Geitel*'я.

4. Въ зависимости отъ условій наблюденія методъ *Schmidt*'а можетъ дать для величины  $x/K$  значенія, превосходящія таковыя же значенія, найденныя по *Mache*.

5. Но отсюда отнюдь нельзя вывести заключенія, что насыщенный токъ іонизаціи не можетъ быть мѣрой количества эманации,—мѣрой, независимой отъ орудія и метода измѣренія и отъ взятой для измѣренія порціи эманации.

6. Объясненіе возможнаго расхожденія результатовъ измѣренія величины  $x/K$  по методу *Schmidt*'а и по *Mache* можетъ дать гипотеза о „паразитной“ іонизаціи, имѣющей мѣсто въ пространствѣ разсѣятеля и исчезающей не ранѣе 5—6 минутъ послѣ введенія туда эманации. При измѣреніи величины  $x/K$  въ водахъ паразитная іонизація сохраняется тѣмъ упорнѣе, чѣмъ энергичнѣе и продолжительнѣе было взбалтываніе изслѣдуемой воды и воздуха.

7. Вопросъ о причинахъ возникновенія и природѣ явленія „паразитной“ іонизаціи требуетъ спеціальнаго лабораторнаго изслѣдованія.

8. Вѣроятнѣйшее значеніе величинъ  $x/K$  для изслѣдованныхъ мною газовъ есть  $77.1 \times 10^{-3}$  электростат. единицъ, а для водъ  $17.2 \times 10^{-3}$  такихъ же единицъ. Отсюда для  $\alpha$ , коэффициента абсорбціи радіевой эманации въ водахъ термъ деревни Новая Бѣлокуриха, мы получаемъ число 0.22.

Москва, январь, 1911.

