5(04)

ПРОВЕРЕНО 1957 г.

# ИЗВЕСТИЯ

## ТОМСКОГО

# ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.

ПРОВЕРЕНО 1948 г.

Том семьдесят четвертый (74).

Томск 1924 г.

47093-90

# BERICHTE

## der Tomsker Staats—Universität.

**Band. 74. = Tomsk. 1924.**

# TRANSACTIONS

## of Tomsk State University.

**Uolume 74. = Tomsk. 1924.**

Томск. 1924.

# Оглавление:


| | Стр. |
|---|---|
| Проф. Б. В. Тронов. О природе атомного ядра | 1—15 |
| Проф. В. Д. Кузнецов. Сравнительное изучение коллекторов для измерения потенциала земного электрического поля | 16—34 |
| Л. Н. Дьяконова-Шульц. Действие третичных аминов на хлоругольные эфиры | 35—45 |
| Проф. В. В. Тронов. К вопросу о движении Электронов в атомах | 46—47 |
| Проф. Н. Н. Горячев Способ подыскивания Певцовских пар звезд (с каталогом их для Томской обсерватории) | 48—69 |
| Проф. Н. Н. Горячев. Резюме обработки диаграмм Томской геодинамической станции с 2 августа 1919 г. по 28 января 1920 г. | 70—72 |
| Проф. В. А. Малеев. К теории уравнения 3-й степени | 73—79 |
| Е. Аравийская. К вопросу о геодезическом изображении поверхностей | 80—83 |
| В. А. Соколова. Определение вещественных минимальных поверхностей переноса и изучение линий переноса | 84—89 |
| Л. С. Богословская. О системе минимальных поверхностей | 90—94 |
| В. М. Кудрявцева. О столкновениях медленных электронов с молекулами | 95—102 |
| Проф. П. П. Орлов. К вопросу радиоактивности сибирских минеральных вод | 103—125 |
| Е. Никитина. Материалы по изучению кормовой площади Алтая | 126—132 |
| Л. Ревердатто. Очерк растительности юго-восточной части Томской губернии | 133—143 |
| А. Ф. Вашкевич. Новая форма муравья из Семиреченской области. | 144—145 |
| А. Ф. Вашкевич. К фауне муравьев севера Тобольской губерн. | 146—149 |
| Проф. Г. Э. Иоганзен. К вопросу о происхождении веерохвостых птиц | 150—151 |
| Проф. М. Д. Рузский. Новый вид муравья-лептоторакса в Сибири. | 152 |
| В. В. Ревердатто. Луговая растительность долины р. Томи в пределах Кузнецкого и Щегловского уездов | 153—200 |


# Inhalt:


| | Seite. |
|---|---|
| Prof. B. W. Tronow Über die Natur des Atomkerns | 1—15 |
| Prof. W. D. Kusnezow. Vergleichende Untersuchung der Kollektoren zur Messung des Potentials des elektrischen Feldes der Erde | 16—34 |
| L. N Djakonowa—Schulz. Die Wirkung der tertiären Amine auf chlorkohlensaure Ester | 35—46 |
| Prof. B. W. Tronow Zur Frage nach der Bewegung der Elektronen in Atomen | 46—47 |
| Prof. N. N Gorjatschew Die Methode der Auswahl der Sternpsare von Piewzow (mit ihrem Katalog für die Tomsker Sternwarte) | 48—69 |
| Prof. N N. Gorjatschew. Das Resumè der Diagramm bearbeitung der Tomsker geodynamischen Station vom 2. august 1919 bis zum, 28 Januar 1920. | 70—72 |
| Prof W. A. Malejew. Zur Theorie der Gleichung 3 er Potenz | 73—79 |
| E. Arawijskaja. Zur Frage nach der Geodätischen Darstellung von Flächen. | 80—83 |
| W. A Ssokolowa. Die Bestimung der realen Translationsminimalflächen und Erforschung der Translationslinien | 84—89 |
| L. S. Bogosslowskaja. Über das System der Minimalflächen | 90—94 |
| W. M. Kudrjawzewa. Über Zusammenstösse langsamer Elektronen mit Molekülen | 95—102 |
| Prof. P. P. Orlow. Zur Frage nach der Radioaktivität sibirischer Mineralwässer | 103—125 |
| E. Nikitina Materialien zur Erforschung der Futterfläche der Altai | 126—132 |
| L. Reverdatto Übersicht der Vegetation des südöstlichen Teils des Gouvernements Tomsk | 138—143 |
| A. F. Waszkiewicz. Eine neue Ameisenform aus dem Ssemiretschje-Gebiet | 144—145 |
| A F Waszkiewicz. Zur Myrmekofauna des nördlichen Teils des Gouvernements Tobolsk | 146—149 |
| Prof. Herm Iohansen. Zur Frage nach der Entstehung der ornithuren Vögel | 150—151 |
| Prof. M. D Ruzsky. Eine neue Leptothorax art aus Sibirien | 152 |
| W. W. Reverdatto. Die Wisenvegetation des Tales des Flusses Tomj innerhalb des Kusneczker und Schtschegłowsker Kreises | 153—200 |

Проф. **В. Д. Кузнецов** и **М. А. Большанина**. Уменьшение силы электрического тока, проходящего через керосин при его движении параллельно электродам . . . 201—208

Проф. **В. Д. Кузнецов** и **Е. Ф. Короткова**. Влияние установки дождемера на количество регистрируемых им осадков . . . . 209—214

Проф. **В. Д. Кузнецов**. Влияние температуры на внутреннее трение парафина . . . . . 215—216

Проф. **Б. В. Тронов** и **М. В. Тронов**. Исследования в южном Алтае . . . . . 217—240

Prof. **W. D Kusnezow** und **M A. Boljschanina**. Die Verminderung der Stromstärke eines durch Petroleum bei dessen Bewegung parallel den Elektroden verlaufenden elektrischen Stromes . . . . . 201—208

Prof. **W. D Kusnezow** und **E. F. Korotkowa**. Der Einfluss der Aufstellung des Regenmessers auf die Quantität der von ihm registrierten Niederschläge . . . . . 209—214

Prof. **W. D. Kusnezow**. Der Einfluss der Temperatur auf die innere Reibung des Paraffins . . . . . 215—216

Prof. **B. W. Tronow** und **M. W. Tronow** Untersuchungen im Südlichen Altai . . . . . 217—240

Б. В. Тронов.

# О ПРИРОДЕ АТОМНОГО ЯДРА.

В настоящее время можно считать общепринятой так называемую ядерную теорию строения атома, предложенную впервые Рёзерфордом в 1911 г.

Атом всякого химического элемента состоит из положительно заряженного центрального ядра и некоторого числа вращающихся около него отрицательных электронов. Природой, числом, расположением и движением этих составных частей обусловливаются все химические и физические свойства вещества, и обратно, изучая какое-нибудь свойство, мы можем вывести то или иное заключение о той части атома, от которой данное свойство зависит.

В этом отношении в каждом атоме можно различить внешний электронный слой, более внутренние электроны и ядро. Понятно, что наружная часть атома более соприкасается с внешним миром и сама легче доступна наблюдению. От этой части непосредственно зависят прежде всего химические отношения элемента; в частности его валентность прямо определяется числом внешних электронов атома. Эти же электроны своими движениями (перескоками между различными устойчивыми орбитами по Бору) вызывают излучение световых волн. Отсюда: химические свойства и видимый спектр (и еще некоторые физические свойства—можно сказать, более грубые, как сжимаемость и др.) позволяют нам судить о числе и расположении наружных электронов, которые находятся примерно на растоянии $10—^{8}$ см. от ядра.

Рентгеновские лучи дают возможность заглянуть глубже, они подходят к ядру до расстояния менее $10—^{9}$ см. Напротив, внешние электроны на них оказывают очень мало влияния. Изучая Рентгеновские спектры элементов, установили, что общее число электронов в атоме равно порядковому числу элемента в периодической системе, от 1 для водорода до 92 у урана. Приблизительно удалось определить и расположение электронов (хотя об этом до сих пор существуют очень различные мнения.

Благодаря наблюдениям над отдельно движущимися электронами, мы имеем также некоторые сведения о массе, заряде и размерах электронов. Масса электрона в спокойном состоянии $m_0=8{,}996.10—^{28}$ гр., т. е. в 1843 раза меньше массы атома водорода; заряд равен— $4{,}774.10—^{10}$ эл. стат. единиц, диаметр электрона принимается равным $4.10—^{13}$ см.

---

Пространство внутри радиуса около 0,3– 0.5.$10—^{9}$см. и лежащее в нем ядро остаются наиболее темной областью атома.

Из свойств вещества от ядра зависят: масса (масса всех электронов сравнительно ничтожна, не более $^{1}/_{20}$ массы атома водорода, так что атомный вес элемента определяется почти исключительно ядром [1])

[1]) Если не принимать во внимание возрастание массы ближайших к ядру электронов, которые могут двигаться с очень большой скоростью. Однако ничто не указывает, чтобы даже эти электроны заметно влияли на атомный вес.

и радиоактивные явления, т. е. испускание $\alpha$ — и $\beta$—лучей с одновременным изменением свойств элемента.

Из внешних факторов, которые могут проникнуть глубоко внутрь атома и вызвать разрушение его ядра, мы пока знаем только один: $\alpha$—лучи, т. е. летящие с большой скоростью (до 20000 км. в сек.) свободные ядра гелия.

Исследования, производившиеся в этих трех направлениях, пока дали такие результаты:

1) Астон производил точные определения атомных весов по методу каналовых лучей. Здесь каждый атом летит совершенно независимо от других и потому, определив направление движения каналовых частиц в электрическом и магнитном поле, можно узнать массы отдельных атомов, хотя бы их нельзя было разделить обычными способами. Оказалось, что истинные атомные веса всех элементов выражаются целыми числами в принятых кислородных единицах. Элементы с нецелыми атомными весами оказались смесями изотопов (напр., хлор с ат. в. 35,46 составлен из изотопов с массами атомов 35 и 37). Исключение—водород, для которого этот метод дает так же, как и химические анализы, число 1,008. Объяснение такого уклонения мы увидим дальше.

Есть еще два возражения против правила Астона. Сделанные Ричардсом и др. определения атомных весов элементов, взятых из разных минералов, разного геологического возраста, иногда с противоположных точек земной поверхности и даже из метеоритов,—всегда давали для каждого элемента одно и то же число, при том часто нецелое[1]). Это можно объяснить так: элементы превращаются друг в друга чрезвычайно медленно; образовавшись еще в то время в то время, когда земля была в жидком или газообразном состоянии, изотопы успели совершенно равномерно перемешаться. Поэтому раздельно встречаются и дают возможность анализом констатировать разницу в атомном весе только изотопы свинца, который происходит из урана и тория, можно сказать, на наших глазах (Атомный вес свинца из урановых руд подходит к 206, из ториевых—около 208; обыкновенный свинец, вероятно, смесь, имеет ат. в. 207,2). К элементам, взятым из метеоритов, это объяснение не подходит; но возможно, что хотя они образовались за пределами нашей планеты, однако их синтез из более первичной материи совершался все таки по тем же законам, так что во многих случаях получались такие же относительные количества изотопов.

Затем замечается несогласие между атомными весами урана (238,2) и радия (225,94) [2]). Разница 12,26, а не ровно 12. Это, может—быть, приходится объяснить примесью к урану более тяжелого, еще не открытого изотопа.

Во всяком случае правило целого числа оправдалось для такого подавляющего большинства элементов, [3]) что с ним необходимо считаться, как с опытным выводом.

2) Атомное ядро несет на себе заряд положительного электричества, пропорциональный порядковому номеру элемента и по абсолют-

[1]) См. Э. В. Шпольский „Возрождение гипотезы Проута"—„Успехи физ. наук" т. II, вып. 2, стр. 240—257.

[2]) К. Фаянс „Радиоактивность".

[3]) Еще невыясненное противоречие замечено у Sn и Sb. Здесь разницы в атомных весах между изотопами оказались в точности целыми, а сами атомные веса уклоняются от целых чисел на 0,2—0,3. См. 3 й отчет немецкой комиссии по атомным весам.—ZS. f. angew Chem. **36**, 221—3 (1923 г).

ной величине равный (в нейтральном атоме) сумме зарядов всех электронов

$$E = + 4{,}774.10^{-10}. N \text{ эл.—стат. единиц.}$$

К такому заключению приводят все возможные определения заряда: путем измерения Рентгеновских спектров (наиболее близкое отношение к ядру имеют лучи с малой длиной волны) и изучения столкновений α—частиц с ядрами других атомов [1]) (самый прямой метод; он дал совпадение до 1%.

3) О размерах и форме ядра нам дают понятие только опыты с α—частицами. Ядра гелия подлетают к ядрам тяжелых атомов [2]) золота, платины) на расстояние до $2.10^{-12}$ см. Значит, радиус ядра должен быть не больше этой величины

Более точные измерения могут быть произведены, конечно, для тех ядер, которые наблюдаются в свободном состоянии (без электронов), т. е. для водорода и гелия. Изучая их взаимные столкновения, Чэдвик и Байлер [3]) пытались определить величину и форму α—частицы. По их мнению, она, вероятнее всего, представляет сплющенный эллипсоид вращения с полуосями $8.10^{-13}$ и $4.10^{-13}$ см., летящий по направлению малой оси. (Недостатком этой работы я считаю то, что авторы без всяких доказательств принимают водородное ядро за точку).

4) Изменения ядра при радиоактивном распаде элементов заключаются в следующем:

При α—превращении из атома вылетает ядро гелия с двумя элементарными положительными зарядами и массой равной 4 (в принятых единицах атомного веса); остается ядро с массой на 4 меньше и зарядом на 2 меньше первоначального. При β—превращении вылетает электрон и остается ядро прежней массы и с зарядом большим на 1.

При искусственном разложении атомов ударами быстрых α—частиц с достоверностью замечены только водородные ядра. Рёзерфорд при распаде азота, углерода и кислорода нашел—было какие-то частички с массой 3 и зарядом +2, т. е. ядра изотопа гелия [2]), но потом сам признал свое наблюдение ошибочным [4]). Это оказались обыкновенные α—частицы, происходившие притом вовсе не из атомов азота и др., а из радиоактивного вещества, которым пользовались для опытов.

На основании всех приведенных данных различные ученые пытаются строить модели атомного ядра.

Согласно наиболее распространенному представлению, высказанному впервые Рёзерфордом, ядра всех атомов построены из одинаковых составных частей: простейших ядер водорода (положительные электроны, „протоны", „гидрионы") число которых определяет атомный вес элемента, и электронов. Последние нужны прежде всего для того, чтобы объяснить разницу между атомным весом и зарядом ядра. Ядро урана, напр., имеет массу 238 : 238 водородных ядер должны иметь соответствующий заряд, а он равен всего 92; значит 238—92=146 положительных зарядов должны нейтрализоваться таким же количеством электронов, т. е. ядро урана содержит 146 электронов. Кроме того положительные составные части должны чем то сцепляться между собой, и это также требует присутствия между ними электронов. Наконец,

[1]) J. Chadwick. Phil. Mag. 40, 734 (1920 г.); реферат: „Усп. физ. наук", II, вып. 2, стр. 304.

[2]) Э. Рёзерфорд „Нуклеарное строение атома" - „Усп. физ. наук", II, вып. 2, стр. 194—221.

[3]) Chadwick, Beier C. 1922. I, 609.

[4]) E. Rutherford Nature 109, 614—617 (1922 г.).

при радиоактивном распаде иногда прямо вылетают электроны (β—частицы), которые берутся, как думают, из ядра.

Уклонение массы свободного „протона", т. е. водородного ядра, от единицы, установленной по атомным весам других элементов, объясняют тем, что приближении друг к другу противоположных электрических зарядов их электро магнитная масса должна уменьшиться. Поэтому протон, входя в сложные системы других ядер, уменьшает свою массу с 1,008 до 1.

Ядро следующего за водородом элемента гелия строят так (Ленц) [1]):

Два электрона и между ними движутся по общей орбите 4 водородных ядра (См. чер. 1).

Предполагаемому изотопу гелия с атомным весом 3 приписывают структуру: (чер. 2).

Электрон и вокруг него 3 водородных ядра.

Из этих частей, а также из свободных электронов и, в случае надобности, новых водородных ядер строят ядра всех остальных атомов. Напр., ядра трех возможных изотопов лития представляют состоящими из электроиа и двух ядер гелия, изогелия или одного гелия и одного изогелия (рис. 3).

Рёзерфорд [2]) приводит схемы строения ядер углерода, азота и кислорода. Нейбургер [3]) распространил такие же представления на всю периодическую систему. Он даже вычисляет [4]) для простейших ядер (напр., лития) потенциальную и кинетическую энергию, размеры, скорость движения составных частей и т. д.

---

Однако такое понимание природы атомного ядра, очевидно, не признается вполне удовлетворительным, так как некоторые ученые предлагают другие модели ядра, иногда довольно странные.

Укажу на Крегора [5]), который строит водородное ядро из положительного ядра с зарядом +2 и одного электрона, не отрываемого ни при каких процессах. По форме электрон есть плоский эллипсоид вращения с осями $2{,}13.10^{-13}$ см. и $6{,}5.10^{-13}$ см.; ядро сравнительно с ним очень мало. Автор принимает еще независимые ядра $He = 4$ с зарядом + 4 и гипотетическое ядро с зарядом + 3 и массой 2,333; из них и из электронов он строит все остальные ядра.

Тейдт [6]) считает более вероятным, что атомное ядро имеет вытянутую форму

Никольсон [7]) в последней своей работе также высказывается против гипотезы, что ядра всех атомов составлены всецело из водородных ядер.

Такое разногласие во мнениях показывает, конечно, что представления Рёзерфорда—Ленца—Нейбургера не все считают возможным принять. Я укажу на следующие недостатки Рёзерфордовской схемы:

---

[1]) См. A. Smekal C. 1922. I, 310.

[2]) „Успехи физ. наук", т. II, вып. 2 стр. 194—221.

[3]) M. C. Neuburger. ZS. f. phys. Ch. **99**, 454—73 (1922 г.); Phys. ZS. 1922 г., № 6 стр. 135.

[4]) Ann. d. Phys. **68**, 574—82 (1922 г.).

[5]) A. Crehore. Nature **110**, 587 (1922)

[6]) H. Teudt. C. 1922. III IV, 461.

[7]) J. W. Nicholson. Phil. Mag. **45**, 801—818 (1923).

1) Прежде всего она отличается сложностью. Уже для ядра третьего элемента периодической системы—лития получается построение, сходное с Птоломеевской планетной системой. Что же будет у урана? Нейбургер [1]) насчитал для него 53 возможных структуры.

2) В то же время ни одно из простых следствий этой теории не подтверждено опытом. Не удалось найти на одной из простейших возможных систем.

Безуспешно пытались, напр., путем столкновений водородных ядер с электронами получить так называемые нейтроны, т. е системы из одного протона и одного электрона, очень тесно сближенных между собой [2]).

Совершенно не обнаружен также возможный изотоп водорода с атомным весом 2 (чер. 4) (электрон и два водородных ядра).

Констатирование изотопа гелия с атомным весом 3 (чер. 5) оказалось ошибкой. (А между тем он входит, как очень важная составная часть, в строение атомных ядер по Нейбургеру. Даже после того как Резерфорд сам обнаружил свою ошибку, Нейбургер продолжает уверять [3]), что хотя этих частиц не наблюдали в свободном виде, но внутри атомов они все таки существуют). Нет также изотопа $H = 3$: (чер. 6) (два электрона, к между нами движутся 3 водородных ядра).

Существующей оказывается только система из 6 зарядов—двух электронов и четырех протонов, т. е. ядро обыкновенного гелия.

Следующую устойчивую комбинацию мы находим у лития, но и здесь, если принять приведенную выше схему, т. е. электрон и два ядра гелия (с атомным весом 4) можно получить только такой изотоп, которого нет. Чтобы построить найденные на опыте атомы лития (с массами 6 и 7), необходимы ядра изогелия, которого в свою очередь не удалось обнаружить. Если же принять в ядре лития ядро обыкновенного гелия и еще два или три отдельных протона, то странно, что Резерфорд и Чэдвик, [4]) несмотря на тщательные поиски, при бомбардировке лития $\alpha$—частицами никак не могли вышибить $H$—частиц.

3) Ленцовская модель ядра гелия, конечно, вполне согласна с данными Чэдвика относительно формы $\alpha$—частицы (эллипсоид вращения; и летит он как раз по направлению оси вращения, как пуля из винтовки). Но Смекаль [5]) попробовал вычислить энергию этой системы и сравнил ее с тем, что должно быть по теории относительности. Масса $4H = 4{,}031$, масса $He = 4{,}002$. Разница 0,029 эквивалентна определенному количеству энергии ($E = mc^2$, где c—скорость света). Оказалось, что это количество превышает потерю энергии, вычисленную по зарядам (сближение с бесконечного расстояния четырех ядер водорода и двух электронов), приблизительно в 1000 раз. Очевидно, где-нибудь тут есть ошибка: или неверна теория относительности, или неправильна модель ядра, или, закон Кулона (по которому вычислялась энергия) недействителен для таких малых расстояний. Автор останавливается на последнем предположении; он считает, что в формуле взаимодействия зарядов:

$$F = \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2}$$

---

[1]) Phys. ZS. 1922 г., № 6, стр. 133—6.
[2]) Glasson. C. 1922 г. I, 167; Phil. Mag. 42, 596.
[3]) Phys. ZS. 1922 г., № 19, стр. 389.
[4]) E. Rutherford, J. Chadwick. Phil. Mag. 44, 417-433 (1922).
[5]) A. Smekal. C. 1922. I, 310.

надо вместо показателя 2 поставить другое число (2,11). Я думаю, что и принцип относительности и закон Кулона являются более общими и более подтверждены опытом, чем Рёзерфордовская модель ядра, и не следует их слишком поспешно отвергать или изменять.

Такая же невязка получилась у Тольмана [1]) при термодинамической обработке предполагаемой реакции образования ядра гелия из водородных ядер и электронов. Вышло, что весь водород должен был бы превратиться в гелий, а на самом деле оба эти элемента существуют совместно и на земле и на небесных светилах (где несомненно происходит синтез элементов), вообще при всяких известных нам условиях. Автор предлагает различные довольно искусственные объяснения, опять—таки не допуская, чтобы атомные ядра могли быть устроены как нибудь иначе

4) Резерфорд и Чэдвик [2]), изучая разрушение атомов $\alpha$—частицами, заметили, что иногда пробег получаемых $H$—частиц далеко превосходит ту величину, какая для него полагается при полном обмене скоростями, т. е. если кинетическая энергия $\alpha$—частицы вся перейдет к $H$—частице. Вместо 30 см (в воздухе) найдено для многих элементов 40—45, а для алюминия даже 90 см., что соответствует количеству энергии раза в $1^1/_2$ больше. Кроме того некоторые частицы летят в обратном направлении, с пробегом до 67 см. Это заставило авторов даже допустить, что в ядре алюминия и других атомов некоторые протоны расположены отдельно и вращаются как спутники, вокруг более сплоченной группы остальных зарядов. Выходит, что положительный заряд вертится вокруг положительного, а, ведь, вращение возможно только при взаимном притяжении Чтобы выйти из противоречия, авторы направляются опять в сторону Кулоновского закона. Они говорят, что, может-быть, на очень малом расстоянии отталкивание сменяется притяжением [3]). Однако, если так, то и притяжение должно бы смениться отталкиванием, т. е. находящиеся в ядре отрицательные электроны должны были бы вылететь, а это опять противоречит фактам.

5) Одним из главных оснований схемы Резерфорда послужило то, что заряды всех атомных ядер оказываются целыми кратными наименьшего положительного заряда—который наблюдается у ядра водорода. Для объяснения такого факта самым естественным, действительно, является предположение, которое сделал Резерфорд, т. е. что все ядра состоят из того или иного количества водородных ядер Однако заряд водородного ядра по абсолютной величине равен заряду отрицательного электрона. Этим фактом теория пользуется для дальнейших заключений, но его она совершенно не объясняет.

Лодж [4]) высказывает мысль, что первичными частями материи нужно считать не водородные ядра и электроны, а совершенно одинаковые по массе и по размерам положительные и отрицательные электроны. Те и другие представляют вихри в эфире и различаются только направлением вращения Они являются зеркальными изображениями друг друга. Поэтому заряды их имеют противоположные знаки. „Протон“ есть сложная система, составленная из многих сотен положительных и отрицательных первичных частичек, с избытком одной по-

[1]) R. C. Tollmann C. 1923. I/II. 20; J Am Ch. Soc. **44**, 1902—8 (1922).
[2]) Phil. Mag **39**, 809 (1921); „Успехи физ. наук“, т. III, вып. 1, стр 115.
[3]) См. также: E. Rutherford. Nature, **109**, 614—617 (1922).
[4]) O. Lodge. Nature **110**, 696 (1922); дальнейшее развитие этой мысли: H. H. Poole Nature **111**, 15 (1923).

ложительной. Но этот обязательный избыток положительного заряда в атомных ядрах и полное отсутствие в природе свободных положительных электронов все-таки остаются совершенно непонятными и, по моему, еще раз указывают, что теория зашла в тупик.

---

Структурная теория Кекуле—Вант—Гоффа, которая говорит о расположении атомов в молекуле, имела очень большой успех в химии, так как не только объясняла почти все известные факты, но и предсказания ее во многих тысячах случаев оправдались на опыте. Целые классы соединений были сначала выведены теоретически, а потом приготовлены в лаборатории. Предложенная Резерфордом и Бором теория строения атома (из ядра и электронов) тоже предсказала кое-что новое, подтвердившееся потом экспериментально. О теории строения атомного ядра, ни в каком ее видоизменении, этого совершенно нельзя сказать. Многих фактов она не может объяснить, а самые простые предсказания почему то никогда не подтверждаются опытом.

Поэтому я считаю необходимым попытаться найти какое нибудь существенно иное представление о природе атомного ядра, которое осветило бы вопрос с новой точки зрения. Это новое понимание прежде всего должно охватить все существующие в природе элементарные, т. е. до сих пор не разложенные, заряды, а такими с несомненностью нужно признать электрон и некоторые атомные ядра, по крайней мере первых элементов системы.

Наименьшие наблюдавшиеся заряды того и другого знака—заряды электрона и водородного ядра—в точности равны между собой. Это не может быть случайностью и, значит, между обоими родами электричества должна быть зависимость. Ядро водорода не может быть сложным, состоять из нескольких электронов, так как сложение отрицательных величин никогда не даст положительной суммы. Следовательно, между ними должна быть какая-то другая связь; а если так, то не могут ли находиться в таком же соотношении между собой и с электроном и все остальные атомные ядра, и тогда допускать сложность ядер,—это значит, создавать новый вид зависимости между зарядами и только усложнять дело. Надо постараться обойтись только одним объяснением; другие, может—быть, и не понадобятся.

В чем же может заключаться зависимость между электроном и атомными ядрами, в первую очередь ядром водорода?

Здесь я обращаю внимание на другой факт: положительное электричество, как говорят, неотделимо от материи. Наименьший положительный заряд имеет массу почти в 2000 раз больше массы электрона (в состоянии покоя). Мы знаем, что по теории относительности масса эквивалентна энергии (может превращаться в энергию и обратно); кроме того знаем, что при движении электрического заряда, в частности электрона, его электромагнитная масса увеличивается.

Напрашивается мысль, не представляет ли атомное ядро тот же электрон, только обладающий большим количеством энергии, и нельзя ли эту энергию мыслить в виде какого-нибудь движения.

При движении электрона его масса, как принимают, меняется так:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

(где $m_0$—масса в покое, $m$—масса движущегося электрона, $v$—его скорость).

Согласно этой формуле электрон не может двигаться со скоростью света, так как тогда его масса станет безконечно большой и, следовательно, никакая сила не может вызвать такого движения. При больших скоростях для массы получается мнимая величина.

Опыт, насколько это было возможно, подтверждает формулу. Но дело в том, что существующий способ определения массы электрона не может дать окончательного результата Измеряется отклонение движущегося электрона под влиянием электрических и магнитных сил. И то и другое отклонение зависит от трех величин: массы, заряда и скорости. Получаются два уравнения, а неизвестных три. Пока можно было определить только скорость и отношение заряда к массе.

Обыкновенно считают заряд не изменяющимся ни при каких условиях, но это никоим образом нельзя считать доказанным и, напр., Н. А. Морозов [1]) думает, что, наоборот, массу лучше принять неизменной, а заряд меняющимся и превращающимся в $0$ при достижении скорости света.

Все электрические действия распространяются со скоростью света и, по-моему, не исключена возможность, что если бы электрон достиг такой скорости, то электрические действия его, по крайней мере в некоторых направлениях, будут равны $0$, т. е. электрон будет казаться электрически нейтральным: $e = 0$. При дальнейшем увеличении скорости электрон может казаться положительно заряженным, при чем понятно, чем больше скорость, тем больше будет положительный заряд.

Правда, опыт как-будто подтверждает, что движение со скоростью, превосходящей скорость света, невозможно. Действительно, $\beta$—лучи, т. е. электроны, вылетающие из атомов, достигают скорости 0,996 с., т. е. скорость света, с очень большим вероятием, представляет предел. Но это относится только к поступательному движению.

Что касается движения вращательного, то Я. И. Френкель [2]) вывел, что равномерно наэлектризованная сфера может вращаться (вокруг своего диаметра) с любой угловой скоростью, при чем линейная скорость точек сферы может как угодно превосходит скорость света. В конце статьи автор оговаривается, впрочем, что его выводы неприложимы к реальным телам, так как требуется равномерная, т. е. непрерывная электризация, а электричество имеет прерывистое строение; что же касается элементарного электрического заряда—электрона, то о его вращении мы не имеем никаких экспериментальных данных.

Но отсутствие экспериментальных данных еще нельзя считать доказательством невозможности вращения электрона.

Если электрон имеет конечные размеры (а это все признают), то вполне можно себе представить, что он вращается вокруг оси, проходящей через центр. Мы пока токько не знаем способа непосредственно обнаружить это вращение А может-быть, оно проявляется как раз в перемене заряда?

Однако, вращение возможно со всякой скоростью, а заряды известны не всех величин, а только—1 (в единицах элементарного электрического заряда), + 1, + 2, + 3 и т. д., т. е. прерывистый ряд.

[1]) „Периодические системы строения вещества", 1907 г. (Это—единственное встреченное мной указание на возможность изменяемости заряда).

[2]) Ж. Р. Ф. О., 1918 г., стр. 143—153 (вып. 7—9).

Объяснение такого факта можно видеть в следующем выводе Френкеля:

Равномерно наэлектризованная сфера [1]) может не только вращаться, но и совершать вращательные колебания гармонического типа, если только

$$\frac{\nu a}{c} = tg\frac{\nu a}{c}.$$

($\nu$—число колебаний в единицу времени, $a$—амплитуда).

Если амплитуда и частота удовлетворяют такому условию, то изменения электромагнитного поля, производимые отдельными точками сферы, так интерферируют между собой, что внешнего магнитного поля нет. Колебания могут происходить без потери энергии и система будет устойчива.

Предыдущее уравнение можно написать так:

$$\frac{v\ max.}{c} = tg\frac{v\ max.}{c},$$

где $v\ max.$—максимальная линейная скорость точек (на экваторе) сферы.

Этому уравнению удовлетворяет только определенный ряд значений $v$: $v_1 = 0$; $v_2 = 4\,4948$ с.; $v_3 = 7{,}7253$ с. и т д., постепенно приближающихся к $\left(n + \frac{1}{2}\right) \pi c$, где $n$—целое число, $v_1$ отвечает покоющемуся электрону с зарядом—1.

$v_2$ значительно больше с и если при переходе за скорость света заряд должен переменить знак, то очень вероятно, что общий заряд электрона в этом втором возможном состоянии должен быть уже положительным. Если масса при движении возрастает [2]), то и она должна быть значительно больше массы электрона, т. е. вполне может соответствовать ядру водорода. При $v_3$ положительный заряд и масса еще увеличатся—ядро гелия, и т. д.

---

[1]) Здесь, как и при простом вращении, требуется равномерная электризация не по всему объему или поверхности, а только равномерность относительно оси вращения, т. е возможен и эллипсоид вращения, и диск, и даже кольцо.

[2]) Массу приходится считать все-таки возрастающей с увеличением скорости, но по другому закону, вероятно, более сложному, чем формула

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}.$$

Кроме того, что было сказано о невозможности измерить отдельно массу и заряд и, следовательно, точно проверить закон изменения миссы, добавлю еще следующее:

Может-быть, эта формула применима для прямолинейного и равномерного движения (как полет $\beta$—частицы в пустоте), а при движении с ускорением, да еще при сильно искривленной траектории, масса, быть-может, зависит, кроме скорости, еще, напр, от ускорения, и при очень большом ускорении (как при быстром вращении с очень малым радиусом) эта зависимость может стать заметной. См A. Eucken „Theorie der Strahlung und der Quanten“ (Сольвеевский конгрес 1911 г, замечания Нернета и Пуанкаре. Нернет предложил формулу такого вида:

$$m = m_0 \frac{\frac{a}{vr}}{lg\left(1 + \frac{a}{vr}\right)},$$

где $a$—ускорение, $v$—скорость, $r$—радиус искривления пути).

Тогда делается понятным не только существование прерывистого ряда величин элементарных зарядов, но и то, что есть лишь одно отрицательное значение заряда (электрон) и много положительных.

---

Остается объяснить кратность всех ядерных зарядов и масс заряду и массе водородного ядра. Лет 15—20 тому назад это надо было бы считать несомненным доказательством сложности атомных ядер. Но теперь появилась теория квант. Она все более и более проникает и физику и химию и всецело господствует в учении о строении атомов. Пожалуй, все величины в мире атомов и электронов меняются не непрерывно, а скачками. Согласно атомной модели Бора,—радиусы электронных орбит, скорость электрона, его энергия, углы наклона друг к другу плоскостей орбит, их эксцентрицитет и т. д.—все это меняется прерывисто. Непосредственным фактическим доказательством прерывности в изменении состояний атома могут служить линейчатые спектры.

Очень многие величины при этом меняются не только прерывисто, но и квантами, т. е. равными скачками. Как давно установил Планк, лучистая энергия испускается порциями, равными $h\nu$ ($h$—константа, равная $6{,}55\,10^{-27}$ эрг. $\times$ сек., $\nu$—частота колебаний). По Бору момент количества движения электрона в атоме:

$$mvr = n.\frac{h}{2\pi},$$

где $n$—целое число.

Угол между плоскостями электронных орбит определяется уравнением: $\cos\alpha = \frac{n_1}{n_1+n_2}$; отсюда: $(n_1 + n_2)\cos\alpha = n_1$, и если, напр., $n_1 + n_2 = 10$, то $10\cos\alpha = n_1$, где $n_1 = 0,1,2.\ldots.9,10$.

Однако, никто не будет утверждать, что момент количества движения электрона на 3 й орбите составлен из трех таких величин для первой орбиты, чем-то между собой сцепленных. Никто не скажет, что выражение $10\cos\alpha$ для 5-го положения электронных орбит состоит из четырех единиц, удерживаемых какой-то силой.

Точно также при моем толковании заряд и масса электрона зависит от его движения или, общее, от его состояния. Они представляют функции (может-быть, очень сложные) скорости, энергии и т. п. Значения каждой из этих функций для всех устойчивых состояний электрона являются кратными ее значения в одном из этих состояний. Но если какая нибудь величина подчиняется закону кратных отношений, то отсюда не следует, что эта величина реально сложена из каких-то составных частей; она может быть просто квантуемой величиной.

Атомизм перестал быть единственным объяснением явлений прерывности. В некоторых случаях он явно неприменим и пришлось прибегнуть к другому методу—квантованию. Где возможны оба способа понимания, необходимо попробовать, какой из них окажется лучше.

---

Рассмотрим теперь с новой точки зрения радиоактивный распад атомов и изотопию.

Чем больше заряд атомного ядра, тем с большой силой оно притягивает электроны. Атом водорода, с однозарядным ядром, легко отдает свой единственный электрон [1]; расстояние этого электрона от

ядра на первой орбите принимают равным $0{,}55\,10^{-8}$ см. От двухзарядного ядра гелия электроны уже не отрываются при химических реакциях; их может отдернуть только электрическая сила. Ядро лития вовсе неизвестно в свободном состоянии; два ближайших к нему электрона не отрываются ни при каких известных нам условиях; находятся они примерно на расстоянии $0{,}35.10^{-8}$ см от ядра.

У более тяжелых атомов внутренние электроны притягиваются еще сильнее и ближе подходят к ядру. Для примера укажу цезий (заряд ядра 55), где принимают [2]) радиус ближайшей к ядру орбиты равным $0{,}0173.10^{-8}$ см.

С дальнейшим возрастанием ядерного заряда должен, наконец, наступить момент, когда электроны начнут довольно часто падать на ядро. Это кладет предел накоплению положительного электричества (и массы). Действительно, все элементы последнего ряда периодической системы и некоторые из предпоследнего радиоактивны.

Если электрон соприкоснется с ядром, то атом должен претерпеть какое-то изменение. По поему, это изменение будет заключаться в следующем: столкнулись два тела; одно не имеет вращательного движения, другое очень быстро вращается. Произойдет некоторый обмен скоростями (или вообще энергией). Первый шар—электрон—отнимет у второго часть энергии, сам завертится, получит благодаря этому положительный, заряд, оттолкнется и улетит в виде ядра одного из легких атомов—водорода или гелия. Второе тело, лишившись некоторой доли энергии, начнет вращаться медленнее и потеряет, значит, часть своего заряда и массы, т. е. станет ядром несколько более легкого атома.

То же самое происходит при искусственно вызванном столкновении ядра какого-нибудь атома с очень быстро летящей $\alpha$—частицей. Последняя может налететь, действительно, на самое ядро и притом так, что ее вращательное движение, замедлится (а энергия примет другой вид); или $\alpha$—частица столкнется с каким-нибудь из сгустившихся около ядра электронов; или, наконец, она произведет такое возмущение в электронной оболочке, что один из электронов упадет на ядро. Какой из названных процессов преобладает,—об этом пока ничего нельзя сказать, но во всех случаях могут возникать водородные ядра.

Может показаться странным, что при распаде радиоактивных атомов выделяются исключительно $\alpha$—частицы, т. е. ядра гелия с двумя зарядами, а при разрушении атомов легких элементов очень часто наблюдаются $H$—частицы с одним зарядом. Но ведь, вполне естественно, что ядро с очень большим запасом энергии легче ее отдает и при столкновении с электроном успевает передать ему большую порцию, чем ядро со сравнительно малой скоростью вращения (а если происходит столкновение между $\alpha$—частицей и электроном, то при обмене энергией ничего кроме водородных ядер и не может образоваться.

Отдача и получение заряда и массы происходит, конечно, квантами. Система, имеющая нецелое число квант, не устойчива и должна выделить некоторую долю энергии или в виде лучей (может быть, отсюда иногда происходят $\gamma$—лучи) или в виде кинетической энергии поступательного движения.

$\beta$—частицы возникают в тех случаях, когда из атома почему-либо вылетает электрон, не получивший достаточного количества энергии,

[1]) Правильнее сказать: электроны (в молекулах).

[2]) См. В. Р. Бурсиан „Электрическая природа молекулярных сил в кристаллах“—„Успехи физ. наук“, т. III, вып. 1 (1922 г.), стр. 65—88.

чтобы стать положительным ядром. Разница с общепринятым мнением та, что, помоему, этот электрон берется не из самого ядра, а только из ближайшей к нему области атома.

---

Изотопами были названы элементы, тождественные (вернее, почти тождественные) по химическим и по многим физическим свойствам, но с разными атомными весами и радиоактивными свойствами (некоторые даже имеют одинаковый атомный вес и различаются только по ходу радиоактивного распада).

Это фактическое определение. К нему обыкновенно прибавляют, что изотопы имеют одинаковые заряды ядер. Такое утверждение уже является гипотезой, с которой можно не согласиться.

Химические свойства элемента непосредственно зависят только от самого внешнего слоя его атома. Немного на них влияет предыдущий электронный слой, но не далее. Но почему же одинаковым наружным слоям должно отвечать и одинаковое устройство более внутренних частей атома, вплоть до равенства ядерных зарядов?

Предполагать это—значит, считать возможным при данном числе электронов только одно их расположение. Между тем мы знаем из химии, что, напр., для 10 углеродов и 22 водородных атомов в декане ($C_{10}H_{22}$) возможно 75 различных построений молекулы. Странно было бы, если бы 92 электрона в атоме урана могли располагаться только одним способом. А если при одинаковых составных частях (ядре и электронах) атом может быть устроен различно, то может быть различно и число, а тем более размещение электронов в наружном слое. Этим можно вполне об'яснить изотопию.

Возьмем, напр., следующие примеры (чер. 7).

(Здесь все электроны изображены в одной плоскости, но это сделано только для простоты чертежа; на самом деле они, конечно, распределены более равномерно в пространстве).

I) ядро с 10-ю положительными зарядами; вокруг него в первом слое 3 электрона, во втором 7.

II) Такое же 10-ти зарядное ядро, но во внутреннем слое только 2 электрона, в наружном 8.

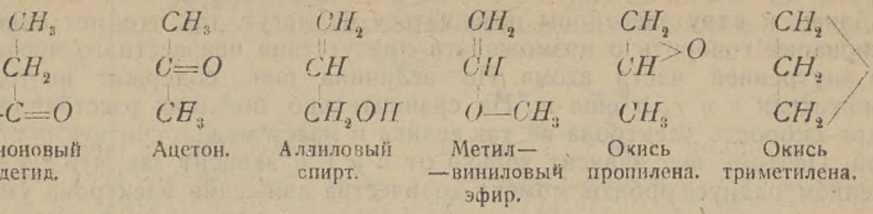
III) В ядре 11 зарядов: внутренний слой содержит 4 электрона, внешний 7.

IV) 11-ти зарядное ядро; первый слой 3 электрона, второй 8.

V) 11-ти зарядное ядро; в первом слое 2 электрона, во втором 8 и 1 электрон вынесен в третий слой.

При моем понимании, т. е. если каждому заряду ядра соответствует определенная масса, I и II будут элементы с одинаковым атомным весом, но разными свойствами (галоид фтор и инертный газ неон); III, IV и V—тоже имеют одинаковые массы, а по свойствам: III—галоид, IV—интерный газ, V—щелочной металл. I и III по своим свойствам должны помещаться в одной клетке периодической системы; так же II и IV (такова может быть структура изотопов неона).

Как соединение, составленное, напр., из трех атомов углерода, шести водородов и одного кислорода может смотря по строению молекулы, быть альдегидом, кетоном, спиртом, эфиром, окисью:



Пропионовый альдегид. Ацетон. Аллиловый спирт. Метил—винило-вый эфир. Окись пропилена. Окись триметилена.

—так и элемент, атом которого составлен из 11—зарядного ядра и 11 электронов, может быть по химическим свойствам галоидом, инертным газом, щелочным металлом Сколько возможных структур будет при каждом данном числе электронов и насколько каждая из них устойчива,— об этом пока ничего нельзя сказать, но во всяком случае более приемлемо искать причину изотопии не в гипотетической сложности устройства ядра, а в действительной сложности строения атома.

---

Можно возразить, что равенство ядерных зарядов изотопов доказано опытами с Рентгеновскими лучами.

Резерфорд и Андраде[1]) нашли у обыкновенного свинца с атомным весом 207,2 и у радия B, с предполагаемой массой атома 214, почти или совершенно одинаковый Рентгеновский спектр (разница в пределах ошибки измерения). То же оказалось для свинца из урановых и ториевых руд[2]) (атомные веса 206 и 208).

Однако, наблюдений в этом направлении сделано очень мало. Кроме того, тождество Рентгеновских спектров еще не обозначает, по моему, равенства ядерных зарядов. Уже возможность существования самых разнообразных моделей атома, разнообразных представлений о размещении в нем электронов (Бор, Лангмюир, Ланде и др.) показывает, что еще не найдено способа по Рентгеновским лучам вполне узнать структуру атома. Некоторые авторы[3]) прямо признают, что они не могут определить, расположены ли электронные орбиты каждого слоя в одной плоскости или в разных (и так и так хорошо выходит). Рентгеновские лучи непосредственно дают возможность только узнать, какой энергией обладает тот или иной электрон в атоме; разница между энергиями электрона на двух орбитах $W_n - W_m = h\nu$, где $\nu$—частота колебаний света, излучаемого при перескоке между этими орбитами— и только.

Затем Рентгеновские лучи, как уже говорилось раньше, не могут дойти до самого ядра атома. Баркла[4]) нашел, что электроны, отстоящие от ядра менее, чем на $^1/_4$ длины волны подающих лучей, действуют на эти лучи нераздельно с ядром, уменьшая только его заряд.

Правда, тут могут сказать, что первая возможная орбита отвечает условию:

$$mvr = \frac{h}{2\pi}$$

---

[1]) Rutherford, Andrade. Phil. Mag. 27, 854—68 (1914 г.).

[2]) C. D. Cooksey, D. Cooksey. Phys Ber. 1922 г., 1082.

[3]) Напр., S. C. Bradford (Nature 105, 41 [1920 г.]; Phys. Ber. 1921 г., 681); R Glocker. Z. f. Phys. 5, 54—60; Phys. Ber 1921 г., 738.

[4]) См. Я. И. Френкель „строение атомов в свете радиоактивных излучений" Ж. Р.-Ф О. 1918 г., вып. 3—6 стр. 73—100.

и ближе к ядру электроны помещаться не могут, так что нет никаких оснований говорить о возможности присутствия неизвестного числа их во внутренней части атома. Но величина $mvr$ содержит не только множители $v$ и $r$, а еще $m$. На сравнительно больших расстояниях от ядра скорость электрона не так велика и массу можно считать постоянной. Поэтому $mvr$ зависит только от $v$ и $r$ и зависит так, что с уменьшением радиуса орбиты момент количества движения электрона уменьшается. После орбиты, отвечающей $\frac{h}{2\pi}$, с дальнейшим приближением к ядру $mvr$ становится меньше $\frac{h}{2\pi}$. Однако это уменьшение имеет предел. Наступает момент, когда масса электрона начинает заметно возрастать; ее увеличение превзойдет уменьшение произведения $vr$ и вся величина $mvr$ опять начнет расти

(по формуле $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ находим:

при $v$ = 0,9 с ; 0,95 с ; 0 99 с ; 0,995 с ; 0 999 с.
$m = 2{,}3m_0$ ; $3.21m_0$ ; $7{,}09m_0$ ; $10{,}0m_0$ ; $22\,37m_0$;
наибольшей наблюдавшейся скорости $\beta$—частицы—0,996 с.—отвечает масса около $11m_0$).

Момент количества движения может опять достичь значений $\frac{h}{2\pi}$, $2\frac{h}{2\pi}$ и т. д. Значит, если даже изучена орбита с $mvr = \frac{h}{2\pi}$, то все-таки не исключена возможность, что очень близко к ядру есть еще несколько электронов, которых ни Рентгеновскими лучами, ни измерением рассеяния $\alpha$—лучей нельзя нащупать. Сколько этих электронов,—мы не знаем и не можем, следовательно, пока найти истинный заряд ядра.

---

Таким образом, я, как и другие авторы, тоже допускаю некоторую сложность „ядерной области"—понимая под этим всю ту центральную часть атома, раздельность которой нельзя обнаружить современными методами исследования. Но между общепринятыми воззрениями и моими есть весьма существенная разница.

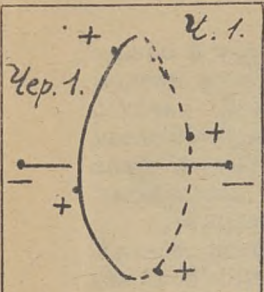
У Резерфорда и других ядро содержит прежде всего в середине более сплоченное скопление зарядов, положительных и отрицательных, с избытком первых Ни те ни другие не улетают, так что приходится допустить, что электрические силы здесь действуют по каким то новым и как—будто иногда противоречащим друг другу законам. Затем, уже на большем удалении, идут в некоторых атомах положительные „протоны", вращающиеся вокруг положительного же центра. Еще дальше вокруг того же положительного ядра вертятся отрицательные электроны.

Сложно, странно и местами противоречиво.

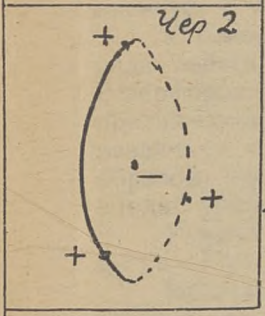
Моя идея о природе атомного ядра, насколько я могу заметить, не противоречит ни сама себе, ни фактам. Странным здесь может показаться только одно: электрон может находиться в каком—то особенном состоянии, в котором имеет больший запас энергии; я не могу настаивать, что это состояние есть вращательное колебание (может—быть,

К статье Б. В. Троицова.

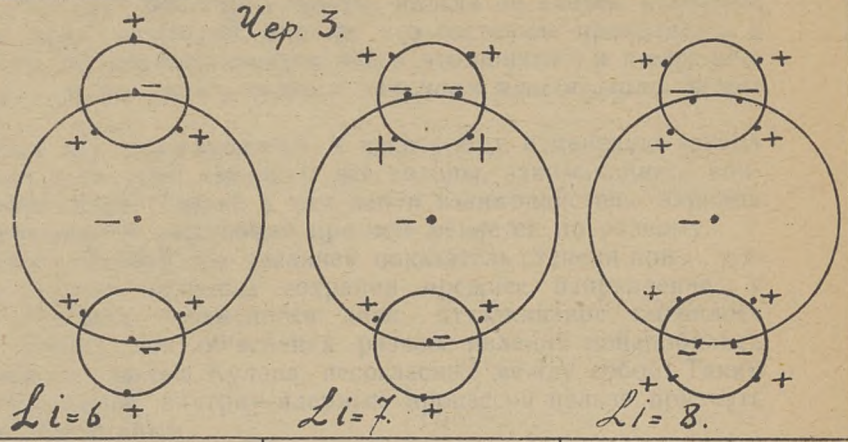
Чер. 1.



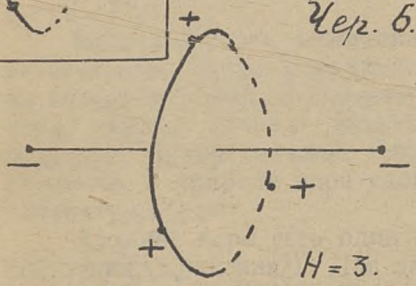
Чер. 2



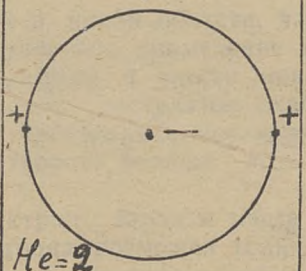
Чер. 3.



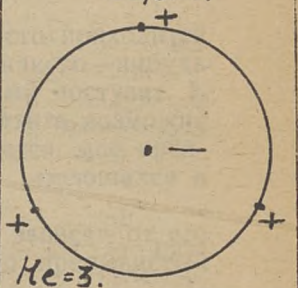

Чер. 6.



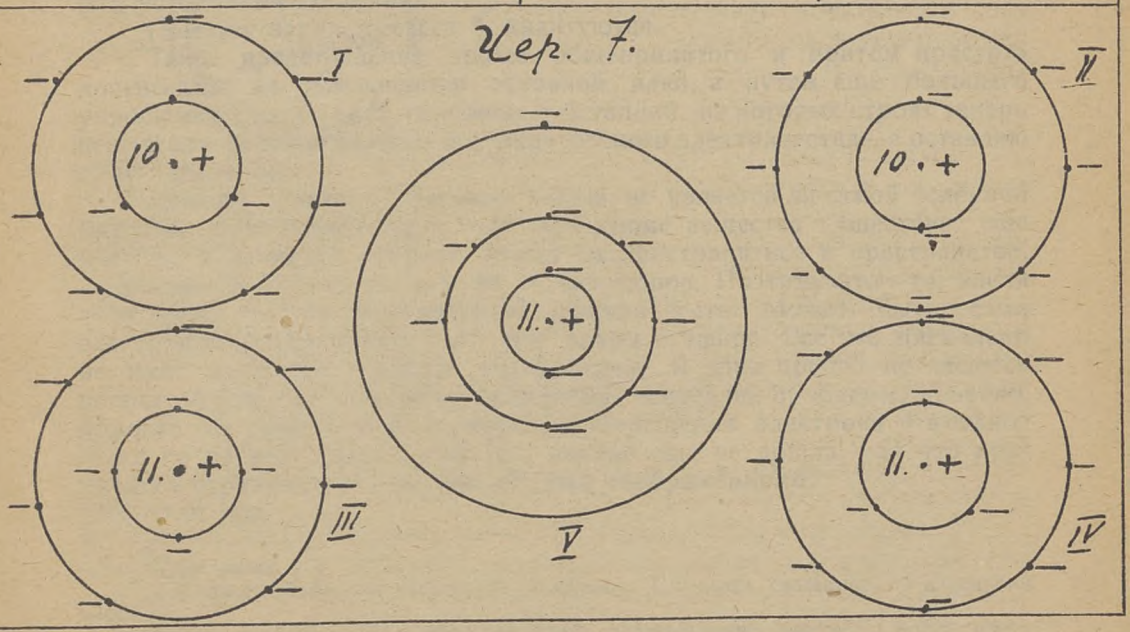

Чер. 4.




Чер. 5.




Чер. 7.



можно придумать что-нибудь другое), но надо сказать, что именно такая модель лучше об'ясняет некоторые факты, иногда не совсем понятные с точки зрения прежних теорий; внешне это состояние проявляется в увеличении массы (по теории относительности это понятно) и в перемене знака заряда, т. е. в том, что *электрон начинает притягивать другие электроны.*

По существу тут дело сводится к некоторому изменению закона Кулона, который и так уже изменяют все авторы, занимающиеся вопросом о строении ядра. Только у них закон взаимодействия зарядов меняется с уменьшением расстояния при чем меняется по разному.

У Смекаля[1]) и Нейбургера увеличен показатель степени при $r$, т. е. сила действия только возросла сохранив прежнее направление ; у Резерфорда и Чэдвика переменился знак, отталкивание сменилось притяжением Значит, для об'яснения разных явлений понадобились различные изменения закона Кулона, несогласные между собой. Таким образом, это толкование внутри—ядерных процессов нельзя признать вполне удовлетворительным.

У меня закон взаимодействия зарядов меняется с увеличением скорости[2]).

Исследователю, работающему в новой области, часто приходится встречаться с необходимостью ограничить применение какого—нибудь из известных раньше законов природы и ввести новый постулат. В таких случаях главная задача—одним постулатом охватить возможно большую группу явлений. Этому требованию, мне кажется, мое представление о природе ядра удовлетворяет больше всех имеющихся в литературе.

Атомное ядро есть один электрон ; заряд и масса зависят от его состояния (движения?). Для электрона возможен только прерывистый ряд устойчивых состояний.

Поэтому заряд и масса [3]) квантуются.

Такое представление проще общепринятого и притом простота достигается не усложнением основной идеи, а путем еще большего упрощения. Вместо двух основных субстанций, из которых строят теперь вещество—положительного и отрицательного электричества—я оставляю одну—электроны.

Дальше, конечно, возникает мысль, не является ли самой основной мировой субстанцией эфир, так как кроме вещества существует еще энергия, и лучистая энергия может распространяться в пространстве, лишенном не только атомов, но и электронов. Поэтому что—то, какая —то среда в этом пространстве должна быть. Может—быть, сами электроны представляют узлы или вихри в эфире. Все это нисколько не идет в разрез с моими воззрениями. Я пока просто не касаюсь вопроса о природе электрона. Разрешение последней проблемы, конечно, помогло бы уяснить и возможность превращения электрона в атомное ядро; но до этого наука, кажется, далеко еще не дошла, так что приходится ограничиться самыми общими соображениями.

Томск 27/VI 1923.

---

[1]) См. выше.

[2]) А может—быть, оно зависит от ускорения. См. выше сказанное об изменении массы.

[3]) Так как ближайшие к ядру электроны вертятся очень быстро и могут иметь довольно значительную электромагнитную массу, то возможно, что квантуемой величиной является масса не одного ядра, а всего атома.

В. Д. Кузнецов.

# Сравнительное изучение коллекторов для измерения потенциала земного электрического поля.

## *§ 1. Важность электрометеорологических наблюдений.*

Наблюдения над земным электрическим полем, всестороннее его изучение и выяснение причин, производящих пертурбации в этом поле, весьма важны не только в теоретическом, но и в практическом отношении. Очень часто в газетах вместо радио-телеграмм приходится читать сообщение о том, что вследствие атмосферных разрядов радиотелеграммы не могли быть приняты. Каждому радиотелеграфисту хорошо известно, что часто при видимом благоприятном состоянии погоды в приемном телефоне слышится непрерывный или перемежающийся треск, который заглушает сигналы и лишает возможности принимать телеграммы. Теоретически сравнительно просто подсчитать дальность распространения электромагнитных волн и количество передаваемой энергии, но те простые формулы, которые дает теория, иногда совершенно не отвечают действительности. Было предложено несколько эмпирических формул, но и они очень часто оказываются несправедливыми. Ежедневные наблюдения показывают, что на дальность распространения волн и на количество передаваемой энергии оказывает большое влияние электрическое состояние атмосферы.

Оказывается, что в приемном телефоне часто возникают разнообразные звуки в виде треска, шипения и т. п., которые делают невозможной передачу сигналов. Интенсивность этих явлений имеет годовую периодичность с максимумом в июне и августе и с минимумом в июле. Звуки усиливаются с увеличением прозрачности воздуха, с уменьшением относительной влажности и с увеличением скорости ветра. Напротив они уменьшаются с увеличением облачности, с появлением тумана и с увеличением влажности[1]). Кроме того параллельные наблюдения над нарушениями в передаче радио и электрическим состоянием атмосферы показали, что существует очень тесная связь между этими явлениями. Ценнек и Икльс (Eccles) усматривают главную причину звуков в изменении степени понизации и электропроводности атмосферы.

По рассматриваемому вопросу на русском языке есть несколько обзоров[2]).

В настоящее время „можно считать твердо установленным что радиотелеграфия, особенно на большие расстояния, самым тесным об-

---

[1] А. Вознесенский. Зап. по гидрографии. **38**, 709, (1915).

[2]) Почтово-телеграфн. журнал **26**. 1—10, 255—258 и 665—681, (1913) и 30 (1917). А. Вознесенский. L. c; А. Чернышев. Ж. Р. Ф. О. **48** (2), 77—100, (1916).

разом связана с метеорологическими и атмосферными условиями, при чем особенно тесна должна быть связь с электрическим состоянием атмосферы" [3]). Поэтому изучение электрического состояния атмосферы и в частности изучение потенциала земного электрического поля, помимо чисто теоретического интереса, имеет огромное практическое значение. В Сибири, можно сказать, совершенно нет наблюдений над атмосферным электричеством, между тем как для рациональной постановки дела радиотелеграфии они существенно необходимы.

### *§ 2. Необходимость сравнительного изучения коллекторов.*

Для измерения потенциала земного электрического поля употребляются коллекторы или уравнители потенциала. Несмотря на важность изучения электрического поля атмосферы, на электрические коллекторы не обращалось до сих пор того внимания, которого они заслуживают. Хотя и было предпринято несколько исследований степени пригодности различных коллекторов, но этот вопрос и по настоящее время является далеко не исчерпанным. Судя по тем данным, которыми я располагаю, изучение коллекторов находится почти в первоначальной стадии, и я полагаю, что исследование их в лабораторной обстановке при создании различных искусственных условий, напр., ветра, влажности, температуры, давления и т. п., является очень своевременным, так как пока не будут изучены во всех деталях существующие коллекторы и пока не будет выработан наиболее пригодный для практики тип коллектора, до тех пор все наблюдения над земным электрическим полем не будут иметь большой цены. Уже одно то, что нет единообразия в постоянных установках на главных обсерваториях Европы и применяются различные типы коллекторов, указывает на необходимость подобных исследований и разработки точной инструкции для производства наблюдений—подобно инструкции для наблюдений некоторых метеорологических элементов.

Исследование коллекторов должно разрешить следующие вопросы: 1) как принимается коллектором потенциал данной точки—полностью или только отчасти; 2) какое возмущение в электрическое поле вносит тот или иной коллектор; 3) сколь быстро происходит уравнивание между потенциалом данной точки и потенциалом коллектора и в какой степени коллекторы следуют за изменениями потенциала данной точки; 4) не создают ли коллекторы собственной электродвижущей силы, которая дает ложное представление о потенциале атмосферы; 5) как влияют различные метеорологические факторы на показания коллекторов.

### *§ 3. Цель настоящей работы.*

Обстоятельства, высказанные в предыдущих §§ побудили меня заняться сравнительным изучением коллекторов. Мне важно было получить ответы на поставленные выше вопросы и, кроме того, мне хотелось с практической целью подойти к моей работе: выработать такой тип коллектора, который можно было бы легко осуществить, который был бы удобен в обращении и давал бы вполне надежные показания. Я обратил внимание только на такие коллекторы, которые,

[3]) П. Тверской. Радиотехник. Вып. 10, 426, (1920).

по своей простоте и портативности могли бы применяться не только на станциях, но и в экспедициях и которые не требовали бы постоянной, сложной установки. Этим об'ясняется то, что я почти не рассматриваю сложные коллекторы, предложенные в последние годы различными учеными, тем более, что они построены на тех же самых принципах и не могут дать по существу лучших результатов. Напротив, мне кажется, что в конструкции коллекторов нужно стремиться к возможно большей простоте, как и во всех метеорологических приборах

Часть настоящей работы посвящена 1) теории коллекторов, 2) беглому обзору трех основных групп коллекторов: водяных, пламенных и радиоактивных и 3) краткому обзору работ по сравнительному изучению коллекторов. Эту часть я считаю существенно необходимой, так как она может оказать помощь лицам, которые пожелают конструировать и испытывать коллекторы, тем более, что мне не удалось найти в литературе сколько нибудь полного обзора о коллекторах[4]), хотя иностранных журналов за последние годы я не имел полностью в своем распоряжении.

Вторая часть работы содержит описание моих экспериментальных исследований. В ней я описываю исследованные мною коллекторы и привожу—не полностью—полученные результаты.

В экспериментальной части работы принимала большое участие студентка Томского Университета Е Ф. Короткова которая под моим руководством или вместе со мной производила установки и наблюдения. В некоторых наблюдениях принимала участие студентка того же Университета А. Т. Пшеничникова.

### *§ 4. Теория коллекторов.*

Свойство коллектора принимать потенциал той точки поля, в которой он помещен, основывается на следующем.

Положим, что электрическое поле образовано между двумя горизонтальными плоскостями, из которых нижняя заряжена отрицательно, а верхняя положительно. Если поместить в это поле какое либо изолированное тело с проводящею поверхностью, то оно зарядится индукцией так, что на нижней стороне появится положительный, а на верхней отрицательный заряд Появление этих зарядов обусловлено тем, что проводящая поверхность помещенного в поле тела принимает во всех своих точках потенциал V, соответствующий той эквипотенциальной поверхности, которая проходит приблизительно через средину тела—в случае шара она проходит точно через его центр. От этой поверхности уровня потенциал поля изменяется: он возрастает кверху и уменьшается книзу. Для компенсации этого изменения потенциала и достижения одинакового его значения, на всей поверхности тела необходимо указанное перераспределения электричества.

---

[4]) Отрывочные сведения о коллекторах можно найти в следующих книгах и статьях: 1) Сперанский. Исследования атмосферного электричества по наблюдениям в Москве. М 1911, р. 8—25; 2) Клоссовский. Основы метеорологии. Одесса, 1914, р. 409—412; 3) Оболенский Обзор современного состояния учения об атмосферном электричестве. Геофизич. сборник I, 1914; 4) Оболенский. Установки по атмосф эл—ву в Константиновской обсерватории. Геофиз. сб III, вып. 2 Птг. 1917; 5) Келер. Атмосферное эл—во 1920, р. 8—11; 6) Mache und Sehweidler Die atmosphärische Elektrizität. 1909 p. 6—8 и другие источники, указанные в сносках этой работы.

Итак, пусть тело приняло средний потендиал V данного места поля. Если теперь это тело соединить с землей, т. е. сделать его потенциал равным нулю, то на теле появится заряд Q, распределенный по его поверхности в таком количестве и с таким знаком, чтобы нейтрализовать потенциал V. В случае шара заряд Q можно считать равномерно распределенным по его поверхности. Известно, что потенциал заряженного шара равен его заряду, деленному на радиус R, следовательно, если шар соединен с землей, то его потенциал

$$V+\frac{Q}{R}=0. \qquad (1)$$

Если теперь этот шар соединим с электрометром емкости C, то последний покажет потенциал:

$$V'=\frac{Q}{R+C} \qquad (2)$$

Из (1) и (2) получаем значение потенциала последуемого места поля:

$$V=-\frac{R+C}{R}\,V' \qquad (3)$$

Этим методом можно воспользоваться для определения потенциала земного поля, но он неудобен практически.

Допустим, что наше тело-коллектор при помощи гибкой проволоки находится в постоянном соединении в электрометром, который остается на одном месте, а коллектор может быть помещен в любое исследуемое место поля. Установим коллектор и соединим его с землей, электрометр покажет потенциал равный нулю. Изолируем коллектор с электрометром и будем изолированным металлическим шариком, с емкостью $c$, прикасаться к коллектору и затем разряжать шарик. Такую операцию будем повторять n раз в секунду. Тогда заряд Q системы будет постепенно уменьшаться, а вместе с ним будет уменьшаться разность потенциалов U между потенциалом данной исследуемой точки и потенциалом коллектора до тех пор, пока не сделается равной нулю.

Количество электричества dQ, которое отнимается шариком у коллектора в течение времени dt равно:

$$dQ=nc\,Udt, \qquad (4)$$

Так как каждый раз шарик уносит заряд cn. С другой стороны dQ равно произведению емкости C системы на изменение разности dU:

$$dQ=-CdU \qquad (5)$$

из (4) и (5) имеем:

$$dU=-\frac{nc}{C}\,Udt. \qquad (6)$$

Обозначим через $t_0=0$ момент разъединения коллектора от земли и через $U_0=V$ значение разности в этот момент, тогда для значения $U_t$ разности в любой момент t мы получим, интегрируя (6), выражение:

$$U_t=Ve^{-\frac{nc}{C}t} \qquad (7)$$

Отсюда видно, что $U_t=0$ при $t=\infty$, т. е. только через безконечно большой промежуток времени потенциал коллектора становится равным V.

Для практических целей достаточно, чтобы $U_t$ уменьшилось до 0·01 своей первоначальной величины. Обозначим через T тот промежуток времени, в течение которого $U_t$ уменьшается до 1% своего первоначального значения, тогда

$$\frac{U_t}{V} = 0{\cdot}01 = e^{-\frac{nc}{C}T},$$

откуда, логарифмируя, получаем

$$T = \frac{2}{0{\cdot}4343} \cdot \frac{C}{nc}, \qquad (8)$$

где 0·4343 есть десятичный логарифм e.

Время T характеризует скорость принятия потенциала коллектором. В силу этого T называется коэффициентом заряжения (Ladungskoefficient) Чем меньше T т. е. чем меньше C и чем больше nc, тем удобнее и лучше коллектор.

Следовательно, от каждого, автоматически действующего, коллектора должен исходить поток каких либо телец или частиц, которые бы уносили заряд Q. Чем больше их слетает в единицу времени и чем больше их емкость, тем меньше T. В водяном капельном коллекторе роль телец играют капли, а в коллекторе-пульверизаторе—водяная пыль. Согласно (8) коллектор-пульверизатор должен скорее принимать потенциал, чем коллектор капельный. Действие других коллекторов также может быть представлено по этой схеме с тою разницею, что роль капель в них играют струи воздуха, создаваемые электрическим ветром от острея, струи газов от пламени или поток лучей радиактовного вещества.

### § 5. *Водяные коллекторы.*

Водяной коллектор был предложен В. Томсоном в 1859 г. Этот коллектор состоит из металлического изолированного сосуда, наполненного водой, со сточной, тонкой, горизонтальной, металлической трубкой, из которой вытекает вода. Если соединить коллектор с электрометром и заставить воду вытекать через трубку, то последний будет показывать потенциал того места, где вытекающая струйка разбивается на капли. Воду можно заменить какою либо другою жидкостью или сыпучим телом.

Пусть в течение одной секунды из коллектора вытекает n капель с радиусом r; масса этих капель равна:

$$M = \frac{4}{3}\pi r^3 n;$$

их электроемкость равна

$$nc = nr = \frac{3M}{4\pi} \cdot \frac{1}{r^2} = \frac{A}{r^2},$$

где A—постоянная величина. Подставляя nc в (8), получаем для T выражение

$$T = B \cdot r^2 C, \qquad (9)$$

где B—постоянная. Выражение (9) показывает, что время T тем меньше, чем меньше радиус вытекающих капель. Следовательно выгодно, чтобы вытекающая струя распылялась на возможно мелкие капли.

Водяные колекторы обладают тем существенным недостатком что зимой при температуре ниже 0° ими нельзя пользоваться. Неудобство коллектора заключается в том, что, при постоянном его действии, необходимо все время доливать в него чистую воду. Пополнение водой должно быть совершенно равномерное, чтобы давление, под которым вытекает вода, не изменялось и чтобы струя разбивалась на капли на одном и том же месте.

Ветер сильно влияет на положение точки разбивания струи и, следовательно, на показания электрометра.

Чтобы избежать замерзания воды зимой, на постоянных станциях, сосуд ставится в отопляемое помещение, а металлическая трубка выводится через стену или окно наружу и обертывается войлоком, к воде же прибавляется спирт. При сибирских морозах, когда температура доходит до —50°, особенно трудно предохранить воду от замерзания и для водяного коллектора потребуется слишком большое количество спирта, что удорожит наблюдения.

Для поддержания уровня воды в коллекторе на постоянной высоте можно воспользоваться приспособлением в виде бутылки Мариотта. Шпрунг[5]) предложил довольно сложное устройство, которое состоит в том, что при опускании воды до определенного уровня при помощи поплавка замыкается ток, открывается кран у запасного резервуара с водой и часть воды переливается в коллектор. Во время наполнения водой коллектор соединяется с землей и в записи самопишущего прибора получаются перерывы.

Шмидт[6]) предложил пополнять коллектор непрерывно падающими из водопроводного крана каплями. но, вследствие трудности регулирования притока воды, этот способ не нашел себе применения.

Действие водяного коллектора тем лучше, он принимает потенциал тем скорее, чем меньше его емкость С и чем меньше вытекающие капли. Такое требование привело к устройству особого рода водяных коллекторов, которые получили название шприц-коллекторов и коллекторов-пульверизаторов. Они весьма быстро принимают потенциал.

Фирма Mosdorf und Hochhäusler В Берлине изготовляла коллектор „холодный источник" (Kühleborn), представляющий из себя шар диаметром 18 см. со шприцем длиною 8 см. В этом коллекторе через мельчайшие отверстия шара под давлением вытекает около поллитра воды в минуту. По исследованию Линке[7]) этот коллектор принимает потенциал в течение 9 секунд. Линке[8]) построил особый шприц—коллектор, из которого вода вытекает под сильным давлением в длинной вертикальной трубке. Количество вытекающей в одну минуту воды незначительно.

Д. А. Смирнов[9]) предложил коллектор-пульверизатор, в котором вода, вытекающая под давлением воздуха, сжатаго насосом, разбивается на мельчайшую пыль.

Конрад[10]) в Вене построил коллектор, из которого вода вытекает под сильным давлением воздуха, нагнетаемого резиновым баллоном; в

---

[5]) A. Sprung. Terr. Magn. 12, 91, (1907).
[6]) W. Schmidt. Phys. ZS. 9, 217 (1908).
[7]) F. Linke. Phys. ZS. 4, 663 (1903).
[8]) F. Linke. Abhandl. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 3, 672 (1904).
[9]) Изв. Акад. Наук. 20, 107 (1904); Phys. ZS. 5, 597 (1904).
[10]) V. Conrad. Phys. ZS. 8, 672 (1907).

течение одной минуты расходуется около 4 см.$^3$; время принятия потенциала 13-20 секунд; его емкость около 70 см.

Будиг[11]) устроил шприц-коллектор в виде пульверизатора. Коллектор вмещает около 500 см.$^3$ воды, в минуту расходует 10 см$^3$, принимает потенциал, несмотря на большую емкость в 76 см., в течение 4 секунд. Следовательно, не добавляя воды, им можно сделать около 700 наблюдений.

Коллектор пульверизатор был усовершенствован Лютцем[12]).

В Павловской обсерватории[13]) установлен водяной шприц-коллектор, из которого вытекают струйки воды под давлением 4 метров водяного столба Трубка коллектора на конце загибается вниз и оканчивается шариком с тремя отверстиями в 0·1 мм. диаметром. Струйки разбиваются на капельки на расстоянии 1 см. от отверстий. Они как бы омывают эквипотенциальную поверхность и коллектор этим отличается от других коллекторов, в которых струйки перпендикулярны к поверхностям уровня Влияние ветра при таком устройстве значительно ослаблено. Коллектор имеет запас воды на 25 часов непрерывного действия; в минуту расходует 30 см.$^3$, его емкость 300 см и время принятия потенциала 20 секунд В обычном же капельном коллекторе В. Томсона, при емкости в 100 см. и при расходе воды 80—100 см.$^3$ в минуту, время заряжения доходит до 70 секунд

Водяные капельные и шприц-коллекторы принадлежат к таким коллекторам, которыми можно пользоваться при измерениях потенциала при под'емах на воздушных шарах, где, напр., пламенные коллекторы нельзя употреблять вследствие опасности взрыва.

### *§ 6. Пламенные коллекторы.*

Действие пламенного коллектора основано на следующем.

Высокая температура ионизирует газ. Пламя является проводником электричества и его проводимость тем больше, чем выше температура. Ионы, образующиеся в пламени, поднимаясь вместе с восходящим потоком, рассеиваются в воздухе и делают его проводником.

Пусть пламенный коллектор помещен в поле с отрицательным потенциалом и на мгновение соединен с землей, тогда на нем остается положительный заряд, который притягивает отрицательные ионы, нейтрализируется ими и коллектор принимает потенциал данного места поля.

Если коллектор помещен в точку с положительным потенциалом, то на нем будет отрицательный заряд и будут притягиваться положительные ионы. Так как подвижности положительных ионов меньше, чем—отрицательных, то в положительном поле уравнивание потенциала должно происходить медленнее, чем в отрицательном поле. Кроме того в точке с отрицательным потенциалом притекающие отрицательные ионы, вследствие своей большой подвижности сравнительно с положительными ионами, могут сообщать коллектору больший потенциал, чем потенциал данной точки.

---

[11]) W. Budig. Phys. ZS 11, 596 (1910).

[12]) Lutz Phys. ZS. 14. 1148 (1913)

[13]) Оболенский Геофиз сб. 3, вып. 2, стр. 1 (1917), а также П. Тверской. Радиотехник. 10, февраль 1920, стр 426.

В виду того, что пары щелочных металлов увеличивают проводимость пламени, можно ожидать, что введение в пламя солей этих металлов улучшит качество коллектора и интересно произвести опыты в этом направлении.

Устройство пламенных коллекторов весьма простое. Они бывают двух типов. Первый тип—это простая металлическая фитильная лампочка, наполняемая керосином или бензином, или смесью их. Второй тип—свеча, в пламя которой вставлена платиновая проволока, соединенная с электрометром. Обычно пламя окружается металлическим открытым цилиндром с боковым прорезом для притока воздуха. В большом распространении лампочка Эльстера и Гейтеля изготовляемая фирмой Günther und Tegetmeyer в Брауншвейге.

В Германии в большом ходу коллектор Лютца[14]) в котором пламя свечи при сгорании остается на одной и той же высоте и при том оно защищено от ветра.

Пламенные коллекторы можно было бы считать очень хорошими, если бы они не имели одного весьма крупного недостатка. При ветре коллектор почти невозможно зажечь и пламя тотчас же тухнет. Только при штиле пламя коллектора можно поддерживать. Во время морозов трудность зажигания еще более усложняется. Это обстоятельство делает пламенный коллектор почти не применимым на практике.

### § 7. *Радиоактивные коллекторы.*

Сначала появились коллекторы из бумаги, пропитанной раствором радиоактивного вещества. По предложению Экснера употреблялись полониевые бумажные коллекторы. Большую роль в распространении радиоктивных коллекторов сыграл Паульсен, который демонстрировал такой коллектор на международном Метеорологическом конгрессе в Париже в 1900 г. После этого коллекторы появились в продаже. Геннинг[14]) помещал радиоактивную соль в углубление металлического вертикального цилиндра. Затем коллектору стали придавать форму маленького металлического кружка, который электролитически покрывался радиоактивным веществом; этот кружок помещался под металлической воронкой, для защиты от осадков, действующей стороной книзу. Иногда радиоактивное вещество приклеивалось шеллаком, раствором сахара и т. п. В качестве радиоколлекторов можно брать просто проволоки, покрытые радиоактивным веществом.

В 1911 г. Бергвиц[15]) описал иониевый коллектор. Он брал медный диск (D=15 мм) с клеммой, прикрепленной в центре и прикреплял к одной его стороне иониевую соль при помощи эмали. Для этого он насыпал на диск эмаль в виде порошка и нагревал ее до превращения эмали в стекловидный пузырь. Затем насыпал на пластинку измельченный и прокаленный препарат иония и помещал коллектор в электрическую печь. Когда эмаль расплавлялась, диск вынимался и медленно охлаждался. Опытно установлено, что при температуре 960° радиоактивный препарат прилипает как раз к поверхности эмали. К диску припаивались шесть платиновых проволок в виде дужек, образовывавших как бы шалаш, под которым находилась эмаль. Проволоки были необ-

[14]) C. W. Lutz. Münch. Ber **36**, 507, 1906.
[14]) Henning. Ann d Phys. **7**, 893, (1902).
[15]) Bergwitz. Phys. ZS. **12**, 83 (1911).

ходимы для улучшения соединения. Ониевые коллекторы принимают потенциал примерно в два раза медленнее водяных.

Радиоколлекторы, которые иногда называются радиоэлектродами или просто электродами, имеют перед водяными и пламенными коллекторами то преимуюество, что они не требуют никаких материалов и всегда готовы к действию. Неудобство электрода состоит в том, что при его помощи не удается точно определить точку, потенциал которой воспринимается коллектором.

Действие радиоэлектродов основано на том, что они ионизируют окружающий воздух и индуктированное на коллекторе электричество рассеивается в воздух. Если вещество испускает одни только $\alpha$—лучи, то воздух вокруг коллектора ионизируется на небольшом расстоянии, которое равно пробегу $\alpha$—частиц в воздухе при нормальном давлении (для урана 1-го 2·50 см , для иония 3·00 см., для радия 3·30, для эманации радия 4·16, для тория $C_2$ 8 60 и т. д.) и положение точки, потенциал которой воспринимается коллектором, становится определенным. Если же вещество испускает еще $\beta$ и $\gamma$—лучи, то вследствие большой проникающей способности этих изучений, коллектор оказывается окутанным толстым слоем ионизированного воздуха и положение точки становится неопределенным. Сначала употреблялись соли радия, но от них пришлось отказаться именно потому, что они дают $\beta$ и $\gamma$—лучи. Если вещество дает эманацию, то оно не пригодно для коллектора, так как она нарушает правильность электрических измерений, сообщая проводимость электроскопам. Проф. Люделинг (Lüdeling[16]), описывая наблюдения в Подстаме, приводит случай, когда в комнату был внесен на несколько минут радиоэлектрод. Электрометры, находящиеся в этой комнате, успели настолько потерять свои изолирующие свойства, что вместо обыкновенных величин рассеяния от 0 55 до 1·57% они дали на следующий день 5·31% и даже через 2 недели дали 3·7%, несмотря на то, что их тщательно чистили и помещение выветривали. Чтобы задержать эманацию, вещество помещают в стеклянные трубочки, но при этом задерживаются $\alpha$—лучи, которые являются главным фактором ионизации и действие коллектора ухудшается.

Весьма важно иметь такой коллектор, действие которого не зависело бы от времени, а для этого нужно брать такое вещество, у которого бы период T—время, в течение которого вещество распадается на половину—было бы велико (уран 1-й $5.10^9$ лет, ионий $2\,10^5$ (?) лет, радий 1730 лет, эманация радия 3·85 дня, полоний (радий F) 136 дней и т. д.). Наиболее пригодным является ионий, так как он, имея большую продолжительность жизни, испускает только $\alpha$—лучи.

Радиоактивные коллекторы действуют значительно лучше при ветре, чем при штиле. Вообще сила ветра и его характер имеют большое влияние на действие этих коллекторов (см. § 9).

Наблюдения в Павловской обсерватории, где в зимнее время употребляется ониевый коллектор, показали, что он принимает потенциал значительно медленнее, чем водяной и вообще он более инертен. По исследованиям Бергвица, ониевый коллектор принимает потенциал приблизительно в два раза медленнее водяного

[16]) Сперанский. Исследования.... p. 25.

### *§ 8. Актино-электрические коллекторы.*

Исключительно для полноты картины современного состояния вопроса о коллекторах следует упомянуть еще о так называемых актино-электрических уравнителях, предложенных Эбертом для наблюдений при под'емах на воздушных шарах[17]). Этот коллектор состоит из свеже-амальгамированной цинковой пластинки, которая под влиянием солнечного света и даже—просто дневного освещения дает фотоэлектрический эффект. Благодаря этому эффекту происходит уравнивание потенциалов Коллектор, мало надежный вообще, совершенно перестает действовать при пасмурной погоде в нижних слоях атмосферы.

### *§ 9. Краткий обзор работ по сравнению коллекторов.*

Здесь я вкратце остановлюсь на тех исследованиях, которые имели целью провести сравнение коллекторов друг с другом.

Геннинг[18]) сравнивал коллекторы с радиоактивными веществами и пламенные коллекторы Он помещал радиоактивную соль в углубление вертикального металлического цилиндра, который был окружен охранным цилиндром Размеры радиоактивного и пламенного коллекторов были одинаковы. Соль закреплялась раствором шеллака или сахара. Полоний оказался не пригодным, так как давал лучи малой активности и сильно проницающие. Хлористый барий с активностью в 240 единиц Махе дал благоприятные результаты. Искусственное поле создавалось между двумя сетками, заряжаемыми батареей аккумуляторов в 202 вольта. Сетки помещались то горизонтально, то вертикально. Расстояние между ними изменялось от 51 до 68 см. Оказалось, что при горизонтальных сетках, когда верхняя сетка была заряжена +, пламенный коллектор давал потенциал точки, лежащей на 16 см. выше острея пламени, а коллектор с $BaCl_2$ —на 7-8 см. выше места соли. Геннинг пришел к заключению, что коллекторы с активным $Ba\,Cl_2$ пригодны для измерения потенциала.

Однако Линке[19]) пришел к заключению, что радиоактивные коллекторы хуже, чем водяные или пламенные. Он нашел, что шприц-коллектор „холодный источник" (Kühleborn) принимает потенциал в 9 секунд, коллектор с препаратом радия в оловянной оболочке —в 460 сек., палочки с висмутом и полонием—в 115—154 сек., лампочки Эльстера и Гейтеля (Гюнтер и Тегетмейер)—в 176—200 сек. Ветер оказывает большое влияние на скорость уравнивания радиоактивных коллекторов и меньшее влияние на пламенные коллекторы, так как пламя дает восходящий поток воздуха и отводит ионы, а для отвода ионов у радиевых коллекторов нужно внешнее течение воздуха.

Конрад[20]) изучал коллекторы по быстроте потери ими заряда. В течение 5 секунд бензиновая лампочка теряла 118 вольт, свеча 106 вольт и около 10—20 вольт теряли разные тлеющие коллекторы.

Мулен[21]) исследовал коллекторы в лаборатории и на второй площадке Эйфелевой башни. В лаборатории поле создавалось между дву-

---

[17]) Beiträge z. Geophysik 6 p. 77 (1903).
[18]) Henning. Ann d. Phys. 7, 893 (1903).
[19]) Linke. Phys. ZS. 4, 661 (1903).
[20]) V. Conrad. Wien. Ber. 111, 338 (1902).
[21]) M. Moulin. C. R. 143, 884 (1906).

мя плоскостями 2×1·5 метра, расположенными на расстоянии 1 метра. Разность потенциалов изменялась от 60 до 300 вольт. Во втором случае поле создавалось между металлическим полом и большой горизонтальной рамой около 90 м.², подвешенной на высоте 4·1 м., разность потенциалов равнялась 450 вольт. Он сравнивал показания различных коллекторов с показанием капельного коллектора.

Коллекторы с солями радия у Мулена имели форму дисков (D=6 см.), на поверхности которых приклеивалась лаком сернокислая соль радия. Когда поверхность диска устанавливалась перпендикулярно силовым линиям, т. е. параллельно сетке, то при затишьи, вследствие диссиметричного накопления ионов около действующей и недействующей поверхности, было значительное расхождение с водяным коллектором. При ветре около 1 м/сек. диск показывал потенциал поверхности, расположенной выше поверхности диска на 2·5 см. Когда сила ветра достигала 1·5 м./сек., тогда расхождение исчезало. Если плоскость диска была расположена ‖ силовым линиям, то отклонения зависели от расстояния от плоскости и в достаточно обширном поле они исчезали при малейшем движении воздуха. Оказалось, что вихревой ветер изменял показания на 10—15% в ту или другую сторону в зависимостм от того восходящим или нисходящим потоком воздуха он сопровождался.

Для избежания ошибок в показаниях Мулен рекомендует: 1) ставить диск в такое место, где ветры горизонтальны и без вихрей, 2) устанавливать шест, на котором прикрепляется диск, так, чтобы он доходил своим концом до эквипотенциальной поверхности, проходящей через центр диска и 3) располагать диск ‖ —но силовым линиям, активной стороной к шесту.

Коллекторы с пламенами при отсутствии ветра давали потенциал области, расположенной приблизительно на 20 см. выше пламени. Под влиянием ветра, вследствие изгиба пламени, отступления уменьшались. Вихревой ветер в общем оказывал такое же действие, как и на радиоактивные коллекторы.

Тлеющие коллекторы из бумаги пропитанной азотно кислой солью свинца, самопроизвольно принимали весьма непостоянный положительный заряд, который зависел от концентрации раствора для пропитывания бумаги и от качества пепла. Потенциал коллектора оказывался на несколько десятков вольт отличным от потенциала данной точки. Этот заряд происходил от того, что во время разложения азотно-кислого свинца, как известно испускаются отрицательные ионы Самопроизвольный заряд был близок к нулю при концентрации меньшей 5%. Он уменьшался, когда ветер усиливал горение и увеличивал скорость наступления равновесия.

Обычно при затишьи пользуются трутами из норвежской бумаги Берцелиуса в 5%, а при ветре—в 2%, чтобы избежать слишком быстрого сгорания.

### *§ 10. Установка и инструментарий.*

Для исследования коллекторов необходимо было создать по возможности однородное электрическое поле с горизонтальными эквипотенциальными поверхностями. На черт. 1 изображена схема установки. Здесь А—цинковый лист 60×60 см., В—железная рамка с параллельно натянутыми проволоками, расстояние между которыми 0·5 см. Лист А покоился на толстых парафиновых кусках, положенных на столе,

а сетка В была подвешена к двум стойкам на четырех нитях, из которых две $C_1$ и $C_2$ изображены на чертеже, с промежуточными стеклянными трубками $D_1$ и $D_2$ для изоляции. Расстояние между А и В равнялось 66·4 см. К ползушке Е катетометра был прикреплен эбонитовый стержень F с вертикальным металлическим цилиндром для насадки коллекторов G, у которых трубки прикрепленные к дну как раз подходили под цилиндр. Катетометр был установлен так, что коллектор при движении ползушки Е всегда находился в центре поля. А и В соединялись с полюсами осветительной сети в 220 вольт.

Для измерения потенциала служил электрометр Экснера в видоизменении Эльстера и Гейтеля. Кожух электрометра соединялся с листом А, а алюминиевые листочки соединялись, через переключатель J, или с А, или с коллектором.

Градуирование электрометра производилось по способу разделения постоянного напряжения 220 вольт осветительной цепи. Оба полюса цепи присоединялись к концевым зажимам магазина сопротивлений в один мегом с подразделениями на десятые доли. Листочки электрометра через переключатель соединялись с одним из зажимов—концевых или промежуточных—магазина. Во время градуирования вольтаж цепи наблюдался точным вольтметром и отсчеты производились лишь в те моменты, когда он равнялся 220 вольт.

### *§ 11. Описание исследованных коллекторов.*

Для сравнительного изучения было приготовлено 7 различных коллекторов и кроме того имелись 3 лампочки Эльстера и Гейтеля. Коллекторы изображены на черт. 2—7 в половину натуральной величины.

1. Коллектор—швейная игла. (Черт. 2). Под микроскопом была выбрана наиболее острая игла и была впаяна в кусок проволоки, который навинчивался на колпачек с клеммой.

2. Коллектор со свечей и платиновой проволокой. (Черт. 3). Через эбонитовую круглую пластинку *A* с закраиной для насаживания защитного цилиндра проходила латунная трубка *B*, перегороженная в одном месте дном. Тонкая платиновая проволока *E*, согнутая крючком, была припаяна к проволоке *C*, которая могла закрепляться на любой высоте при помощи винта *D*.

3. Лампочка Эльстера и Гейтеля (черт. 4) приобретена от Günther und Tegetmeyer. Фитиль плоский шириною 7 мм. Защитный цилиндр *B* не вполне смыкается—для притока воздуха. Наполнялась лампочка керосином.

4. Керосиновая лампочка. (Черт. 5) К маленькой лампочке для фотометра была припаяна державка для стеклянной трубки (длина 5·6 см., внутр. диаметр 2·0 см.). Фитиль круглый диаметром 5 мм.

5. Тлеющий коллектор. Вокруг медной звонковой проволоки обертывалась в несколько рядов фильтровальная бумага, пропитанная раствором азотно кислого свинца; получалась бумажная палочка в виде карандаша, которая привязывалась к изолирующей подставке; сердечник соединялся с электрометром; при измерении потенциала верхний конец палочки поджигался.

6. Коллектор с пульверизатором. (Черт. 6). Эбонитовый пульверизатор *C* вставлялся с резиновой прокладкой в горло *B* цилиндрического сосуда *A* из луженой жести. Нагнетание воздуха производилось при помощи ручного воздушного насоса, который соединялся с пульверизатором длинной каучуковой трубкой с эбонитовым промежуточным коленом для лучшей изоляции. При выходе из отверстия *D* струя воды сразу же разбивалась в пыль.

7. Коллектор с водяной струей. Такой же сосуд, как в предыдущем коллекторе, имел около дна в боковой стенке маленькое отверстие. В горло сосуда вставлялась резиновая пробка со стеклянной трубкой, которая каучуковой трубкой соединялась с ручным нагнетательным насосом, так что вода тонкой струей вытекала под давлением и на некотором расстоянии разбивалась в капельки.

8. Коллектор с радием. (Черт. 7). На эбонитовой розетке А был укреплен препарат с бромистым радием *Rz*. Над препаратом находился конец платиновой проволоки В, соединенный с электрометром. После получения от фирмы препарат содержал 1 мгр. бромистого радия, но потом, как мне передавали, был по неосторожности рассыпан и во время моих исследований он имел слабую активность.

### *§ 12. Предварительное испытание коллекторов.*

Уже предварительные испытания коллекторов в лаборатории и на открытом воздухе показали, что некоторые коллекторы совершенно не пригодны или очень неудобны на практике.

Коллектор с иглой не принимал вообще потенциала, но при поднесении радия или при предварительном опускании острея в радий, принятие потенциала происходило, но не удовлетворительно. На открытом воздухе при полном штиле электрометр совершенно не отклонялся, а при ветре, как и следовало ожидать согласно теории, острие принимало потенциал, но показания электрометра носили случайный характер. Все это говорит за то, что острее не может считаться уравнителем потенциала для земного электрического поля.

Тлеющий коллектор с бумагой, пропитанной азотно-кислым свинцом был признан неудобным тем, что его трудно было, особенно на ветру, зажечь и он скоро сгорал. Он давал настолько острый запах, что его нельзя было исследовать в лаборатории.

Далее, все пламенные коллекторы неудобны тем, как сказано выше, что их трудно, а иногда почти невозможно зажигать при ветре и они легко гаснут. Это является существенным недостатком и вряд ли они могут быть практически пригодными.

Коллекторы водяные (6 и 7) легко осуществимы, не боятся ветра и удобны тем, что не требуют ничего кроме воды, но зимой во время морозов совершенно не пригодны. Кроме того на их действие оказывает влияние влажность воздуха. Чем больше влажность, тем хуже они принимают потенциал.

Принципиально наиболее удобным мог бы быть коллектор с радиоактивным веществом. Он удобен тем, что не требует никаких добавочных материалов, всегда готов к употреблению и его действие не должно бы зависеть от морозов. Однако и этот коллектор имеет ряд недостатков и не может считаться совершенным. Прежде всего его трудно изготовить вследствие редкости радиоактивных веществ, хотя

в России и в частности в Сибири есть несколько местонахождений радиоактивных руд и этими рудами можно было бы воспользоваться для изготовления коллектора.

*§ 13. Результаты, полученные при исследовании и их обсуждение.*

Здесь я опишу результаты исследования, иллюстрируя их несколькими таблицами и чертежами. Для каждого случая я ограничусь приведением только одной таблицы.

I. Коллектор Эльстера и Гейтеля.

1) 25·4·22. Расстояние между плоскостями 66·4 см. Верхняя сетка соединена с +, нижняя пластинка с —, разность потенциалов v=220 в. Коллектор был укреплен на эбонитовом горизонтальном стержне, который мог перемещаться вдоль вертикального штатива Электроскоп № 1588 был изолирован, его футляр был соединен с —, а листочки с коллектором. Для определения потенциала в вольтах было предварительно произведено градуирование. Во время наблюдений нулевое положение $a_0$ листочка держалось постоянным ($a_0$=0·18 дел. шкалы). Катетометром определялось расстояние L от острея пламени до верхней сетки. Коллектор был без защитного цилиндра. Таблица I и черт. 9 дают результаты наблюдений.

ТАБЛИЦА I. 25·4 22.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L см. | 3 6 | 7·2 | 11 0 | 27·5 | 34·9 | 44·2 | 48·2 | 52·4 | 25 6 | 22·6 |
| $a - a_0$ | 0 65 | 0·62 | 0·52 | 0·32 | 0 27 | 0 17 | 0·12 | 0·07 | 0·35 | 0·40 |
| V вольт | 217 | 210 | 193 | 154 | 143 | 118 | 105 | 80 | 160 | 170 |
| L см. | 18·9 | 15 9 | 16 7 | 17·5 | 18 4 | 43·2 | 52·7 | 3·8 | | |
| $a - a_0$ | 0·42 | 0·52 | 0·52 | 0 49 | 0·37 | 0·17 | 0·07 | 0·62 | | |
| V вольт | 174 | 193 | 193 | 187 | 164 | 118 | 80 | 210 | | |

Здесь прежде всего бросается в глаза то, что точки кривой сильно „скачут“ и затем кривая имеет вогнутость в сторону оси абсцисс. Сильные скачки можно было бы приписать колебаниям пламени, если бы опыты производились на открытом воздухе, а не в спокойной лабораторной обстановке, где нет течений воздуха. Другие наблюдения дали такие же результаты.

Наблюдения приводят к следующему заключению: Лампочка Эльстера и Гейтеля без защитного цилиндра не может считаться удовлетворительным коллектором, так как она показывает потенциал, значительно отличный от действительного и при этом показания имеют случайный характер с уклонениями в разные стороны. Вообще коллектор дает значения потенциала выше действительного, в особенности эти отступления велики по средине поля между двумя сетками.

Опыты 8·5·22. Электроскоп № 1588 заменен электроскопом № 1590; произведено градуирование. На коллектор надет защитный цилиндр высотою 10 см. Установка изменена: горизонтальный эбонито-

вый стержень, на конце которого помещался коллектор, был прикреплен к ползушке катетометра.

Определялось расстояние L между верхним краем защитного цилиндра и верхней сеткой Измерения потенциала производились через 2 см. Наблюдались правый и левый листочки, но нулевое положение правого листочка смещалось и потому эти наблюдения здесь не приводятся Таблица II и черт. 10 представляют результаты. Верхняя сетка была соединена с +.

ТАБЛИЦА II. 2·5·22 г.

| L см. | 0·0 | 2·0 | 4·0 | 6·0 | 8·0 | 10·0 | 12·0 | 14·0 | 16·0 | 18·0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a $a_0$ | 0·75 | 0·73 | 0·69 | 0·70 | 0·66 | 0·65 | 0·61 | 0·60 | 0·58 | 0.55 |
| V вольт | 220 | 214 | 206 | 208 | 200 | 196 | 188 | 186 | 182 | 177 |
| L см. | 20·0 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 |
| $a-a_0$ | 0·52 | 0·48 | 0·45 | 0·44 | 0·40 | 0·40 | 0.36 | 0·35 | 0·33 | 0·31 |
| V вольт | 170 | 162 | 156 | 154 | 145 | 145 | 136 | 132 | 128 | 124 |
| L см. | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | | | | | |
| $a-a_0$ | 0·28 | 0·26 | 0·24 | 0·22 | 0·11 | | | | | |
| V вольт | 118 | 115 | 110 | 1.2 | 97 | | | | | |

Опыты 10·5·22. Установка такая же, как в предыдущих опытах, но направление поля изменено: верхняя сетка была соединена с —. Результаты в таблице III и на черт. 10.

ТАБЛИЦА III. 10·5·22 г.

| L см. | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a-a_0$ | 0·75 | 0·72 | 0·67 | 0·66 | 0·61 | 0·54 | 0·49 | 0·43 | 0·37 | 0·27 |
| V вольт. | 220 | 212 | 202 | 200 | 188 | 182 | 164 | 152 | 138 | 116 |

Если сравнить кривые чертежей 9 и 10, то ясно видно влияние защитного цилиндра. Без цилиндра точки скачут, а с цилиндром ложатся правильно Без защиты пламя колеблется в разные стороны, поток нагретого воздуха не имеет правильного течения и не получается стационарного состояния, при котором число притекающих к коллектору + и — ионов одинаково. В отдельные моменты получается преобладание тех или иных ионов, которые увеличивают или уменьшают потенциал коллектора.

Из сравнения кривых, полученных при + и — зарядах верхней сетки (черт. 10) видно, что при + заряде получается прямая линия, а при — заряде кривая обращена своей выпуклостью в сторону оси ординат, т. е. показания коллектора в последнем случае выше, чем в первом. Это становится понятным, если вспомнить, что подвижность в

воздухе + ионов меньше, чем отрицательных, а в последнем случае к коллектору притекают отрицательные ионы, сообщая ему более высокий потенциал.

Далее, следует заметить, что прямая черт. 10, если ее продолжить, пересечет ось абсцисс примерно в точке около 85 см., тогда как она должна пересечь ее в точке 66·4 см. (расстояние между электродами). Это показывает, что при приближении к оси абсцисс прямая должна изогнуться—к сожалению, вследствие значительной величины коллектора эту часть нельзя было исследовать,—а это означает, что коллектор показывает вообще более высокий потенциал, чем это имеет место в действительности и наибольшие отступления получаются при отрицательном потенциале.

Влияние защитного цилиндра с боковым прорезом сказывается в том, что, вследствие тяги воздуха, пламя становится шире и ярче: оно принимает форму пламени-бабочки, употребляющемся при освещении. Температура пламени повышается, копоть исчезает, ионизирующее действие усиливается и его показания становятся более надежными. С защитным цилиндром коллектор быстрее принимает потенциал, чем без него.

### II. Коллектор со свечей.

Этот коллектор существенно не отличается от предыдущего он действует также как лампочка, но имеет перед ней тот минус, что пламя не остается на постоянной высоте и величина самого пламени также изменяется. Для примера в таблице IV приведены результаты наблюдений для случая когда верхняя сетка соединена с +. Эти наблюдения изображены на черт. 11. Установка такая же, так в опытах 2·5·22 г L—расстояние между верхней сеткой и верхним краем защитного цилиндра.

ТАБЛИЦА IV. 29·5·22 г.

| L см. | 0·0 | 5·0 | 10·0 | 15·0 | 21·0 | 26·0 | 31·0 | 36·0 | 41·0 | 46·0 | 51·0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a-a_0$ | 0·81 | 0·75 | 0·70 | 0·62 | 0·52 | 0·46 | 0·42 | 0·35 | 0·28 | 0·23 | 0·16 |
| V вольт | >220 | 220 | 208 | 192 | 170 | 158 | 149 | 132 | 116 | 108 | 92 |

### III. Керосиновая лампочка. (Черт 5).

Коллектор значительно хуже двух предыдущих, дает неустойчивые показания и более медленно принимает потенциал. Отклонение листочка становилось постоянным при высоких потенциалах через 3 минуты, а при низких приходилось дожидаться 7—8 минут. Коллектор следует признать негодным.

В таблице V и на черт. 12 приведены результаты. Отмечалось отклонение левого листочка Знак + означает, что верхняя сетка соединена с +, знак—на оборот. На черт. 12 крестиками помечены точки для +V, кружками—точки для—V. Нулевое положение листочка оставалось неизменным.

ТАБЛИЦА V. 29·5·22 г.

| L см. | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a-a_0$ | + | 0·71 | 0·66 | ·63 | 62 | ·53 | ·45 | ·36 | ·34 | ·30 | ·26 | ·15 |
| | − | 0·72 | 0·67 | ·64 | 62 | ·54 | ·51 | ·44 | ·41 | ·37 | ·33 | ·21 |
| V | + | 210 | 198 | 194 | 192 | 172 | 156 | 136 | 132 | 122 | 114 | 90 |
| | − | 216 | 200 | 196 | 192 | 173 | 168 | 154 | 148 | 138 | 128 | 110 |

| L см. | | 0 | 5 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| $a-a_0$ | + | ·71 | ·70 | 67 |
| | − | ·72 | ·70 | ·74 |
| V | + | 210 | 208 | 200 |
| | − | 216 | 208 | 217 |

## IV. Коллектор—пульверизатор.

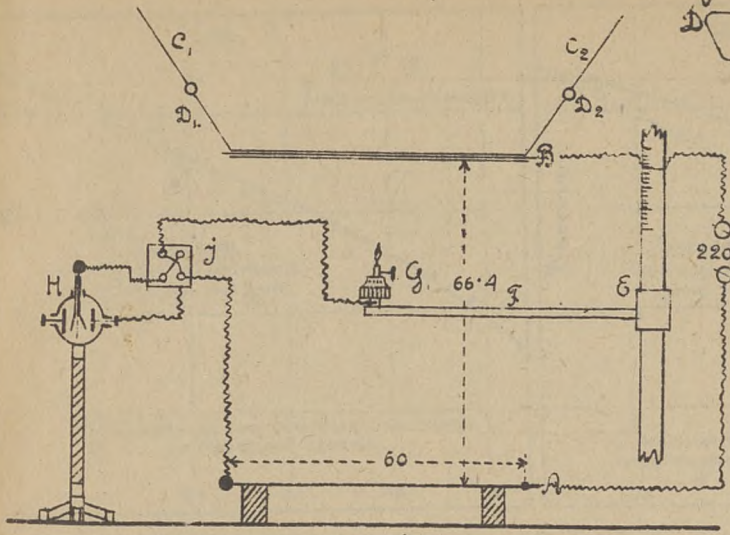
Установка такая же, как в других опытах. Измерялось расстояние L от верхней сетки до отверстия пульверизатора, из которого вылетала водяная пыль. Верхняя сетка была соединена с—, а нижняя пластина с+. В таблице VI приведены для примера, результаты опытов 10·5·22 г. и, кроме того, они изображены на черт. 13, где кривая, помеченная точками, получена при увеличении L, кривая, помеченная крестиками, получена при повторении в том же порядке, а отмеченная кружками— при уменьшении L.

ТАБЛИЦА VI. 10·5·22 г.

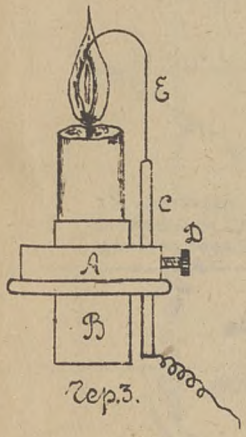
| L см. | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a-a_0$ | 0·76 | 0·84 | 80 | ·74 | ·70 | ·64 | ·54 | ·47 | ·37 |
| V вольт | 220 | 237 | 230 | 217 | 208 | 194 | 174 | 160 | 138 |
| L см. | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| $a-a_0$ | 0·74 | ·74 | ·69 | ·63 | ·59 | ·51 | ·44 | ·36 | ·28 |
| V вольт | 217 | 217 | 206 | 194 | 184 | 168 | 154 | 136 | 117 |
| L см. | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 | 1 | |
| $a-a^0$ | 0·35 | ·42 | 46 | ·58 | ·82 | ·79 | ·77 | ·74 | |
| V вольт | 132 | 148 | 157 | 182 | 233 | 228 | 223 | 218 | |

Прежде всего было замечено, что коллектор принимал потенциал почти мгновенно: после первого же нажатия на поршень насоса. Повидимому одним этим и ограничивается достоинство коллектора. Как видно из таблицы и черт. 13, коллектор не принимает потенциал точки, а дает весьма различные, и даже несуществующие в поле, потенциалы. То обстоятельство, что коллектор дает потенциалы большие 220 вольт, можно было бы об'яснить электризацией самого коллектора, получающейся от трения водяной струи об эбонитовый канал пульвери-

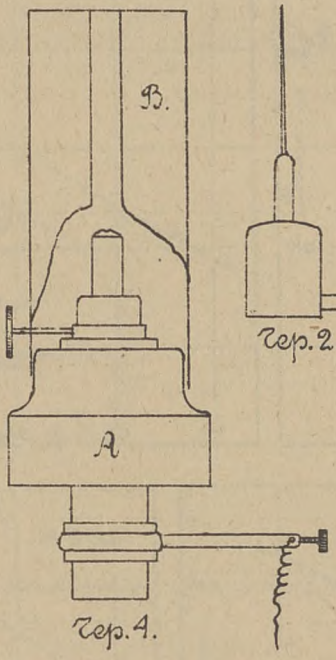
К работе В. Д. Кузнецова.



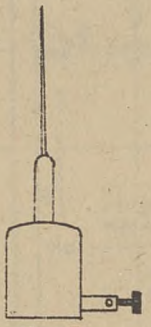

Тер. 1.



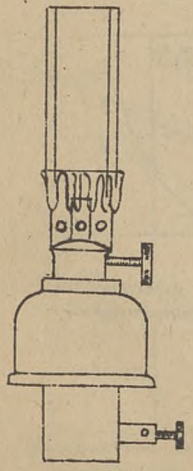

Тер. 3.



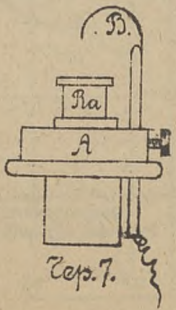

Тер. 4.



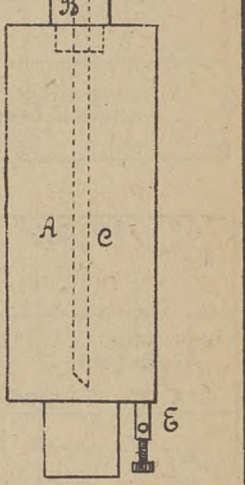
Тер. 2.



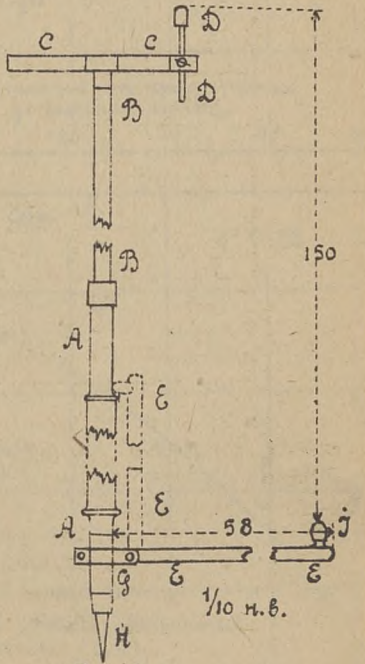
Тер. 5.




Тер. 7.

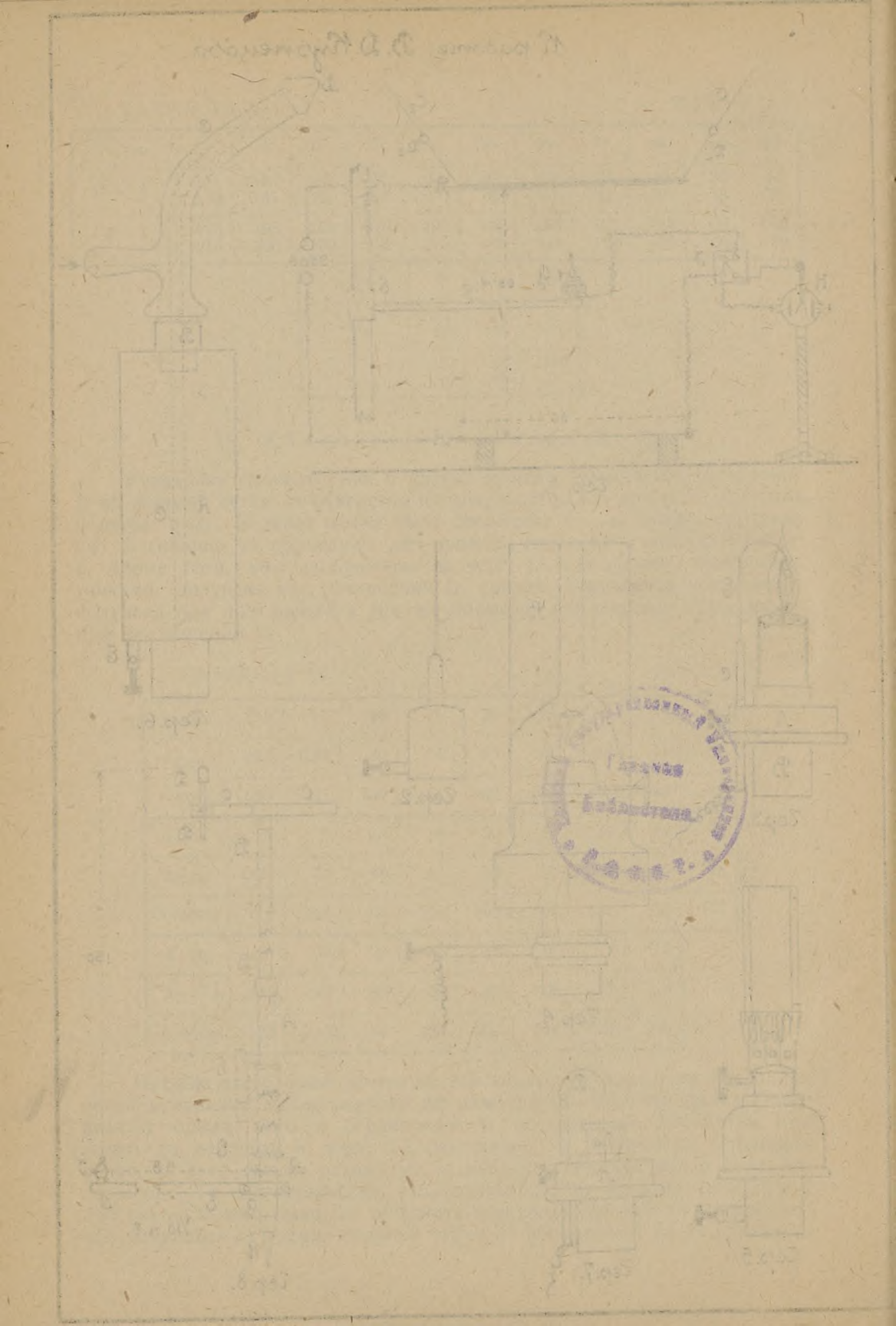



Тер. 6.

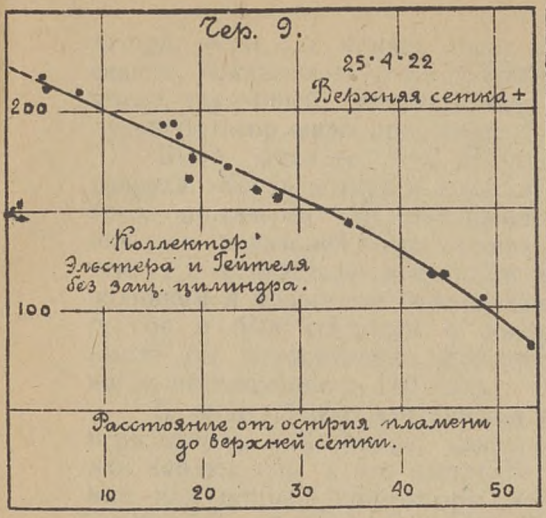


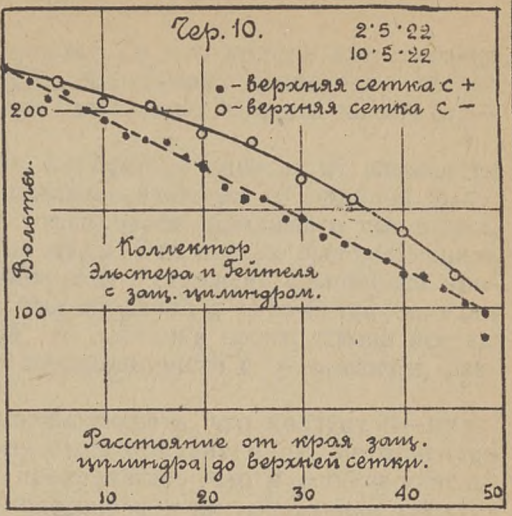

1/10 н. в.

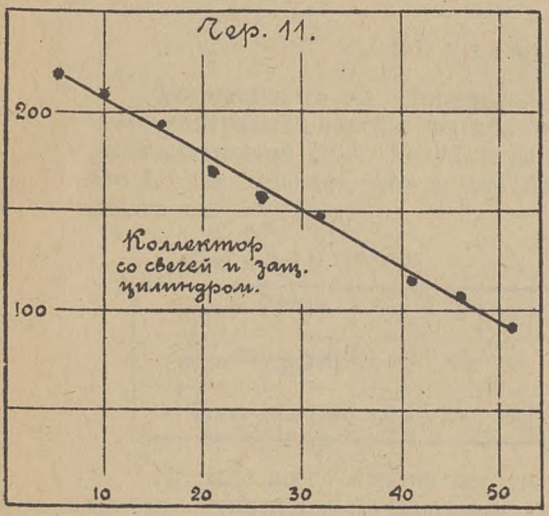
Тер. 8.

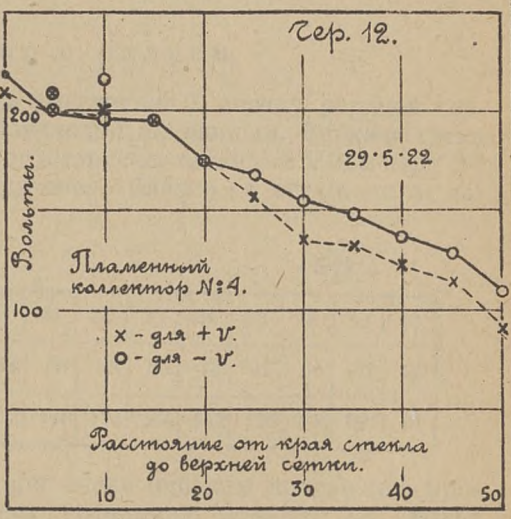


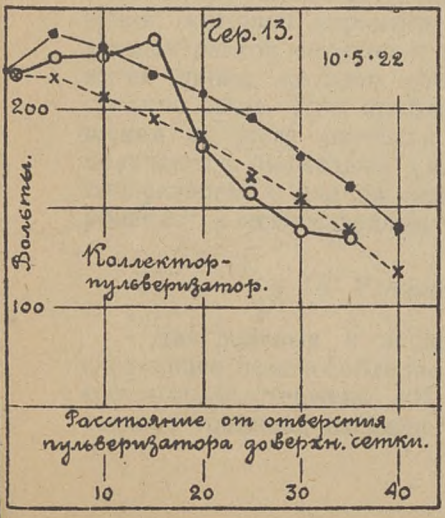
# К работе В. Д. Кузнецова.

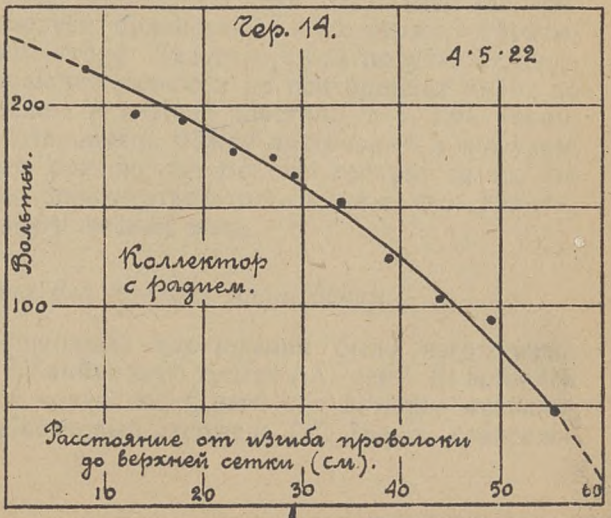


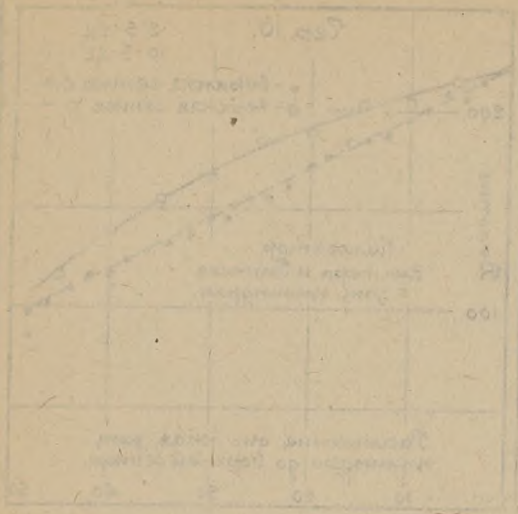



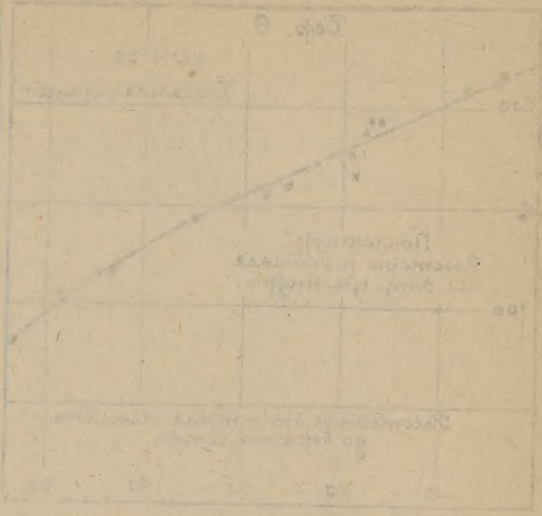



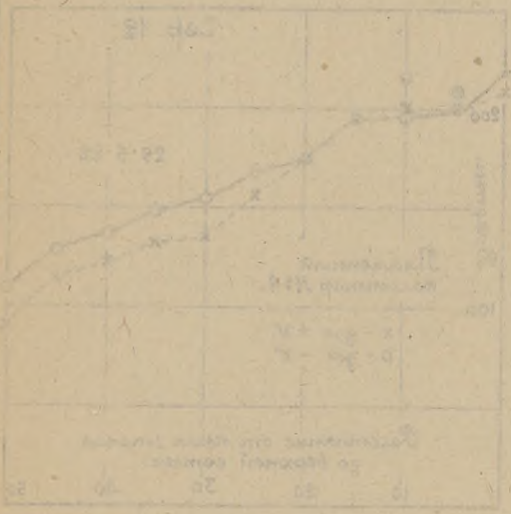



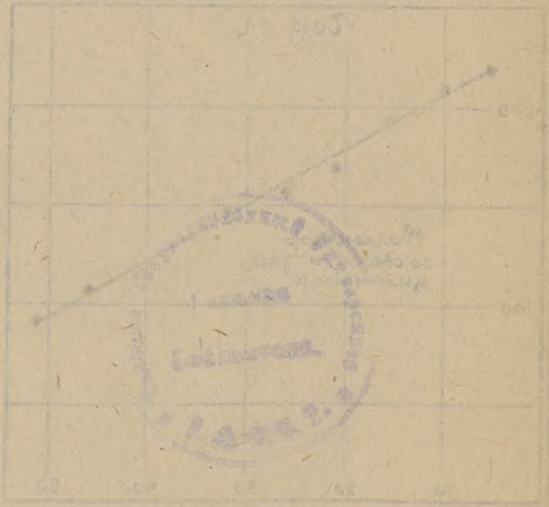



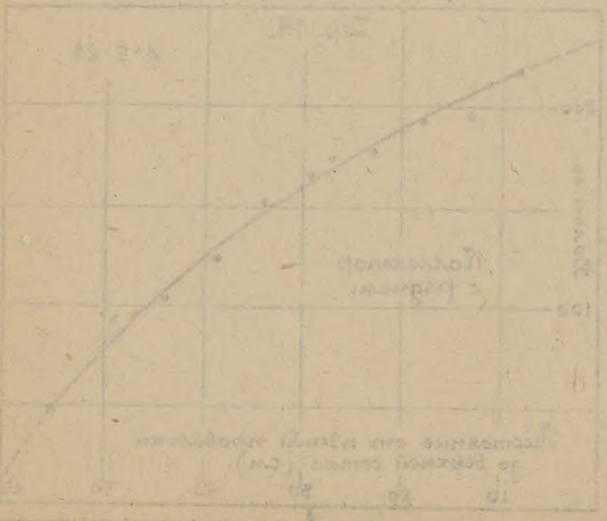



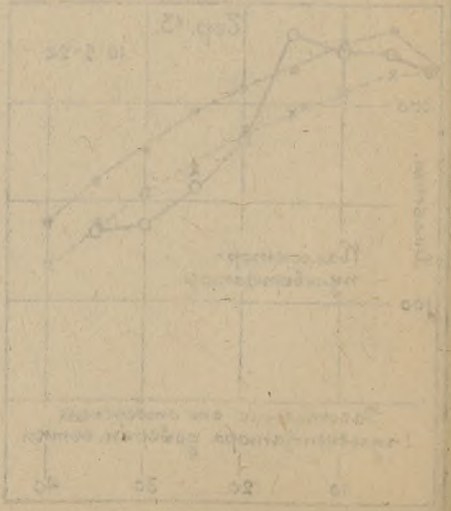












затора, если бы кривая была плавная. То, что кривая имеет резкие скачки, показывает, что электризация, повидимому происходит, но она имеет случайный характер. Все это заставляет считать коллектор—пульверизатор мало пригодным.

Было замечено, что действие коллектора зависит от влажности воздуха. Когда воздух в комнате сделался влажным от водяной пыли, тогда коллектор или совершенно отказывался принимать потенциал, или его показания были аномально малы. Это нельзя было об'яснить тем, что вследствие влажности эбонитовый стержень становился проводником и коллектор фактически был соединен с землей, так как если бы он и был соединен с землей, то листочки электроскопа все же имели бы относительно футляра соединеннного с + полюсом, разность потенциалов в 110 вольт.

В виде общего заключения можно сказать, что коллектор—пульверизатор в той форме, какая ему была придана мною, не пригоден для наблюдений а это заставляет предполагать, что и вообще капельные или шприц—коллекторы не надежны и к их показаниям следует относиться с большою осторожностью.

### V. Коллектор с радием.

Установка та же. Определялось расстояние L между верхней сеткой и верхней частью изгиба платиновой проволоки. Верхняя сетка была соединена с +. Результаты представлены таблицей VIII и черт 14 где L = 0 означает, что дужка была очень близко от сетки, но не касалась ее.

ТАБЛИЦА VII. 4·5·22 г.

| L см. | 0 | 3 | 8 | 13 | 18 | 23 | 27 | 29 | 34 | 39 | 44 | 49 | 55 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a-a_0$ | 0·80 | ·80 | ·75 | 65 | ·63 | ·56 | 53 | 50 | ·43 | ·39 | ·36 | ·31 | 20 |
| V вольт | >220 | >220 | 220 | 196 | 192 | 178 | 174 | 166 | 152 | 126 | 104 | 92 | 48 |

Прежде всего непонятно, что при очень близком положении проволоки относительно верхней сетки потенциал больше 220 вольт (около 235). Следовательно здесь происходит самостоятельная электризация, которую вероятно следует приписать $\alpha$—частицами, отбрасываемым сеткой обратно к коллектору. Вместо прямой получается изогнутая линия, которая наибольшие разности по оси ординат имеет по средине поля. При приближении к нижней пластине, т. е. при уменьшении до нуля разности потенциалов между листочками и кожухом, получаются аномально малые отклонения. Все это говорит за то, что коллектором с радием можно пользоваться только после его „градуирования" в искусственном электрическом поле.

### *§ 14. Установка для полевых наблюдений.*

Для полевых и экспедиционных наблюдений было изготовлено следующее приспособление. В бамбуковую трость AA черт 8) вставлен эбонитовый стержень BB, на конец последнего при помощи металлического тройника насажен эбонитовый стержень CC. Через отверстие

в металлической насадке на конце стержня CC проходит стержень D с металлическим цилиндрическим наконечником для насаживания коллекторов. На нижнюю часть трости надета обойма G с шарниром, к которой прикреплен эбонитовый стержень EE с насадкой J для коллекторов. На конце трости имеется железный конусообразный гвоздь для втыкания в почву Во время перевозки или переноски стержень EE откидывается и подвязывается к трости, стержень BB вставляется внутрь трости AA.

При наблюдениях употребляются два одинаковых коллектора, из которых один насаживается на D, а другой—на J Верхний коллектор соединяется с листочками электрометра, а нижний—с изолированным кожухом. При таком устройстве электроскоп дает разность потенциалов в двух точках атмосферы, находящихся на определенном вертикальном расстоянии друг от друга. Между тем, как при наблюдении с одним коллектором, когда кожух электрометра соединяется с землей, а листочки с коллектором, положение точки потенциал который дает коллектор, является неопределенным и кроме того самое заземление может быть ненадежно.

## § *15. Заключение.*

Из всей настоящей работы видно, что вопрос о коллекторах является далеко неразрешенным и на рациональную конструкцию коллекторов физикам следует обратить особое внимание. Наиболее надежными являются пламенные коллекторы, наименее—коллекторы—пульверизаторы. Следует, по моему мнению испытать коллектор с накаливаемой электрическим током платиновой проволокой, так как теоретически этот коллектор должен действовать лучше других.

Томск.

Из лаборатории органической химии Томского Технологического Института.

Л. Н. Дьяконова-Шульц.

# Действие третичных аминов на хлор-угольные эфиры.

Занявшись, по предложению профессора Т. Т. И., Я. И. Михайленко, исследованием реакции разрыва пиридинового кольца под влиянием различных реагентов, я перепробовала несколько десятков галоидных органических соединений с целью узнать, какие из них дадут пиридиновые краски. При этом было подтверждено, подмеченное уже Reitzenstein'ом и Breuning'ом[1]), правило, что расщепление пиридинового кольца легко происходит в том случае, если оба присоединенные к азоту радикала имеют электроотрицательный характер. Однако метиловый и этиловый эфир хлор-угольной к-ты, несмотря на то, что их молекула сложена из достаточно электроотрицательных частей: Cl и $COOCH_3$ или $COOC_2H_5$ при реакции с пиридином и со щелочью или ароматическими аминами—совершенно не дали окрашенных продуктов. Между тем взаимодействие с пиридином протекает очень бурно. Такое уклонение от общего правила, заставило меня изучить эту реакцию подробнее, и испытать действие на хлор-угольные эфиры, также других третичных аминов: хинолина, триэтиламина и диметиланилина.

При действии третичных аминов, именно: пиридина, хинолина, триэтиламина и диметиланилина на метиловый и этиловый эфир-хлор-угольной кислоты, образуется продукт присоединения который затем распадается на третичный амин, $CO_2$ и $CH_3Cl$ или $C_2H_5Cl$. Реакция может быть проведена в форме катализа. Достаточно двух капель третичного амина, чтобы при обыкновенной температуре разложить сравнительно большое количество хлор-угольного эфира.

*Действие пиридина на этиловый эфир хлор-угольный к-ты.* При сливании пиридина (1 мол) и этилового эфира хлор угольной к-ты (1 мол) при комнатной температуре было замечено энергичное выделение газа и появление сначала розовой, затем красной окраски. Выделяющийся газ горел зеленым пламенем По окончании выделения газа на дне сосуда выпало масло желтого цвета, которое через $^1/_2$ часа закристаллизовалось. Дальнейшее изучение реакции показало, что выделение газа в присутствии эфира и бензола происходит не так энергично. При ведении реакции на холоду моментально образуется белое кристаллическое вещество, которое при обыкновенной температуре начинает разлагаться с выделением газа; причем продукт приобретает сначала розовую, затем красную и наконец желтую окраску. После разложения кристаллического продукта на дне сосуда остается масло желтого цвета. Через 15 м. оно закристаллизовывается в сплошную массу. Для выяснения природы кристаллического продукта и его распада был поставлен следующий опыт.

[1]) Journal f. prakt. Chemie 33, 97

В вертикальную вюрцевскую колбочку, помещенную в охладительную смесь из льда с солью и соединенную с прибором рис. 1. (состоящим из двух вюрцевских колб и промывалки с $Ba(OH)_2$, было введено 3 гр. пиридина. Через 5 м., очень медленно, по каплям через капельную воронку было прибавлено 4,1 гр. $Cl—COOC_2H_5$ (количества эквимолекулярны). Реакция в этих условиях протекала довольно спокойно. Через 10 м. после смешивания $C_5H_5N$ с $Cl—COOC_2H_5$ охладительная смесь была удалена; в вюрцевской колбе было обнаружено образование кристаллического продукта белого цвета, который через 2—3 м. начал разлагаться, выделяя газы и принимая при этом сначала розовую, затем красную и наконец желтую окраску. После окончания опыта в горизонтальной вюрцевской колбе было обнаружено присутствие небольшого количества жидкости, оказавшейся хлористым этилом, что было подтверждено следующими опытами: 1 при удалении охладительной смеси жидкость моментально испарилась; 2) пары ее горели зеленым пламенем.

В промывалке с $Ba(OH)_2$ образовался белый осадок—$BaCO_3$.

По выделении газов в вертикальной вюрцевской колбе осталась жидкость, разделенная на 2 слоя. Верхний—легкая жидкость, а нижний—масло. Верхний слой был слит и перегнан. Он перегнался при температуре 114—116°. По температуре кипения и по запаху было не трудно узнать пиридин. Нижний слой—масло было обработано эфиром. Через некоторое время масло в закрытом сосуде закристаллизовалось. При дальнейшем исследовании оно оказалось (см. далее) хлористым—этил—пиридинием. Итак, кристаллический продукт, образующийся при смешении эквимолекулярных количеств пиридина и хлор—угольного эфира, распадается на пиридин, углекислоту и хлористый этил. Кроме того взаимодействием пиридина с $C_2H_5Cl$, как вторичная реакция, образуется некоторое количество хлористого этил—пиридиния:

$$C_5H_5N+Cl—COOC_2H_5=C_5H_5N\begin{matrix}/Cl\\ \backslash COOC_2H_5\end{matrix}$$

$$C_5H_5N\begin{matrix}/Cl\\ \backslash COOC_2H_5\end{matrix}=CO_2+C_2H_5Cl+C_5H_5N$$

$$C_5H_5N+C_2H_5Cl=C_5H_5N\begin{matrix}/Cl\\ \backslash C_2H_5\end{matrix}$$

Для определения состава продукта присоединения и его распада были поставлены следующие количественные опыты.

В сухую вюрцевскую колбу, помещенную в охладительную смесь из льда с солью, наливался пиридин, затем через 15 м. приливался по каплям, очень медленно, (в течение 20 м.) из воронки с краном $Cl—COOC_2H_5$. При хорошем охлаждении и чрезвычайно медленном прибавлении $Cl—COOC_2H_5$ реакция протекает довольно спокойно и сразу образуется кристаллический продукт. В противном случае происходит сильное разогревание, сопровождающееся шипением и выделением белых паров.

*Состав кристаллического комплекса.*

Для определения молекулярного состава комплекса пиридина с $Cl—COOC_2H_5$ кристаллический продукт обрабатывался на холоду бен-

золом для удаления избытка $Cl—COOC_2H_5$ (брался небольшой избыток $Cl-COOC_2H_5$) и взвешивался.

Опыт 1. Навеска $C_5H_5N$—3.02 гр
Навеска $Cl—COOC_2H_5$—4.24 гр.

После промывки бензолом получено кристал. комплекса—6.87 гр., что составляет 95.9% теоретического выхода, предполагая, что соединение происходит 1 мол. на 1 мол. т. е. реакция идет по уравнению:

$$C_5H_5N+Cl—COOC_2H_5=C_5H_5\overset{Cl}{N}—COOC_2H_5.$$

Опыт 2. Навеска $C_5H_5N$—3 гр
Навеска $Cl—COOC_2H_5$—4.23 гр.

Кристаллического комплекса—6 85 гр., что составляет 96,2% теории. Итак, состав кристаллического продукта соединения пиридина с $Cl—COOC_2H_5$ выражается формулой: $C_5H_5\overset{Cl}{N}—COOC_2H_5$.

После быстрого взвешивания, кристаллический продукт подвергался разложению. Для разложения вюрцевская колба с кристаллическим комплексом соединялась с прибором рис. 2, состоящим из аппарата Винклера с Кр $H_2SO_4$ для поглощения паров пиридина, из поглотительного аппарата с КОН для поглощения $CO_2$ и газометра с водой для собирания $C_2H_5Cl$.

Разложение велось при обыкновенной температуре, к концу опыта температура повышалась до 70° при помощи водяной бани. Опыт продолжался в течение 2 часов. Кристаллический продукт, разлагаясь, сначала выделяет $C_2H_5Cl$. Это было доказано следующим опытом.

Кристаллический комплекс $C_5H_5\overset{Cl}{N}—COOC_2H_5$ разлагался при комнатной температуре. Для улавливания $C_2H_5Cl$ в цепь поглотителей был введен поглотительный аппарат А (рис. 3) с 95% спиртом.

Рисунок 3.

В первые моменты разложения поглощение наблюдалось только в приборе со спиртом, через 10-15 минут поглощение стало происходить и в аппарате с КОН. При выделении $C_2H_5Cl$ кристаллический продукт принимает сначала слабо-розовую окраску, а затем интенсивно-красную. Розовая и красная окраска, вероятно, зависит от образовавшегося в это время следующего соединения: $C_5H_5N\begin{matrix}C=O\\|\\O\end{matrix}$ По аналогии с реакцией $C_6H_5N(CH_3)_2=HCl+C_6H_5N(CH_3)_2—SO_2$ [1]).

$$Cl \quad SO_2OH \qquad\qquad O$$

Но вещество $C_5H_5N\begin{matrix}C=O\\|\\O\end{matrix}$ очень непрочно, оно сейчас же разлагается на $CO_2$ и $C_5H_5N$. При выделении $CO_2$ красная окраска переходит в желтую и, наконец, после выделения $CO_2$ кристаллическое вещество желтого цвета совершенно исчезает и заменяется жидкостью.

[1]) O. W. Willcox. C. I. 1905. 13 стр.

По окончании выделения $CO_2$ в вюрцевской колбе остался пиридин и масло, которое через некоторое время закристаллизовалось. Кристаллический продукт обрабатывался эфиром для удаления следов пиридина. Получившийся продукт гигроскопичен, легко растворим в воде и спирте, хуже в $CHCl_3$ и бензоле, нерастворим в эфире.

При действии водной хлорной платины сначала происходит растворение кристаллического продукта, а затем выделение осадка в виде порошка желтого цвета. Осадок отфильтровывался, промывался холодной водой и перекристаллизовывался из горячего разбавленного спирта. При кристаллизации выпали оранжево-красные кристаллы с точкой плавления 192°, плохо растворимые в холодной воде, нерастворимые в смеси спирта и эфира.

Анализ кристаллов дал следующие результаты:

Навеска 0,2957 гр.

После прокаливания найдено Pt—0,0932 гр.

Вычислено Pt для соединения $\left[\begin{matrix} Cl \\ C_5H_5N \\ C_2H_5 \end{matrix}\right]_2 PtCl_4$ 31.27%.

Найдено 31.51%.

Итак, физические свойства кристаллического продукта и анализ его хлоро-платината вполне подтверждают, что полученный продукт есть хлористый этил-пиридиний. Реакция образования $C_5H_5N\begin{matrix} Cl \\ \diagdown \\ C_2H_5 \end{matrix}$ есть побочная реакция, действия $C_2H_5Cl$ на $C_5H_5N$.

Анализ распадения комплекса $C_5H_5N—CO\,O\,C_2H_5$ дал следующие результаты:

навеска комплекса—6.87 гр.

$CO_2$ найдено—1,52 гр. или 94% теории.

$C_5H_5N$ поглощено $H_2SO_4$—0.62 гр. } обратно получено $C_5H_5N$—2,4 гр. или 83%

$C_5H_5N$ осталось в колбе—1.78 гр. }

$C_5H_5N\begin{matrix} Cl \\ \diagdown \\ C_2H_5 \end{matrix}$ найдено—0.88 гр., что содержит 16,7% взятого пиридина.

2-ой опыт. Навеска $C_5H_5N—CO\,O\,C_2H_5$—6,85 гр.

$CO_2$ получено—1.54 гр. или 96% теории.

$C_5H_5N$ поглощено $H_2SO_4$—0,09 гр. } Обратно получено $C_5H_5N$—2.43 гр. или 84%

$C_5H_5N$ осталось в колбе—2.34 гр. }

$C_5H_5N\begin{matrix} Cl \\ \diagdown \\ C_2H_5 \end{matrix}$ —0,87 гр., что содержит 16% взятого $C_5H_5N$.

Итак, пиридин с $Cl-COO\,C_2H_5$ образует пиридиний, который при обыкновенной температуре распадается по уравнению: $C_5H_5N\langle^{Cl}_{COOC_2H_5}$

$=C_5H_5N+CO_2+C_2H_5Cl$.

*Катализ $Cl-COO\,C_2H_5$ пиридином.*

При действии 2 капель пиридина на 2,27 гр. $Cl-CO\,OC_2H_5$ происходит энергичное выделение $C_2H_5Cl$, $CO_2$ и образование в колбе, после окончания опыта, маслообразного вещества: $\left(C_5H_5N\langle^{Cl}_{C_2H_5}\right)$ Оно было промыто эфиром и взвешено. Его оказалось 0.17 гр. Количество $CO_2$ определялось привесом поглотительного аппарата с КОН. Количество $C_2H_5Cl$ определялось по количеству вытекшей из газометра воды.

$CO_2$ получено—0.84 гр.
$C_2H_5Cl$—1.00 гр.
$C_5H_5N\langle^{Cl}_{C_2H_5}$ —0,17 гр.

Из этих данных вытекает, что из взятой навески $Cl-CO\,O\,C_2H_5$ разложилось 91.3%.

Итак, пиридин в качестве катализатора разлагает сполна $Cl-CO\,O\,C_2H_5$ на $C_2H_5Cl$ и $CO_2$. Одновременно образуется $C_5H_5N\langle^{Cl}_{C_2H_5}$

*Действие хинолина на метиловый эфир хлор-угольной кислоты.*

Для опыта были взяты эквимолекулярные количества хинолина и метилового эфира хлор-угольной к-ты, предполагая, что реакция пойдет так же, как в предыдущем опыте с пиридином, именно по схеме:

$$C_9H_7N+Cl-COO\,CH_3=C_9H_7N\langle^{Cl}_{COOCH_3}$$

Опыт велся следующим образом.

В вюрцевскую колбочку, соединенную с приборами (рис. 2) приливалось 1.96 гр. хинолина, затем через капельную воронку, медленно прибавлялось 1.79 гр. метилового эфира хлор-угольный к-ты (теория 1.43 гр.) Реакция протекала энергично. Происходило сначала сильное разогревание, а затем разложение образовавшегося продукта присоеди-

нения: $C_9H_7N + Cl-COOCH_3 \rightarrow C_9H_7N\begin{matrix}Cl\\ \diagdown\\ \diagup\\ COOCH_3\end{matrix}$; $C_9H_7N\begin{matrix}Cl\\ \diagdown\\ \diagup\\ COOCH_3\end{matrix} =$

$= C_9H_7N + CH_3Cl + CO_2$

Вещество $C_9H_7N\begin{matrix}Cl\\ \diagdown\\ \diagup\\ COOCH_3\end{matrix}$ в кристаллическом состоянии не удалось получить. Возможно оно представляет собой жидкость, трудно переходящую в кристаллическое состояние. Оно еще менее прочно, чем пиридиновый комплекс $C_5H_5N\begin{matrix}Cl\\ \diagdown\\ \diagup\\ COOC_2H_5\end{matrix}$, и сейчас-же распадается на $C_2H_5ClCO_2$ и $C_9H_7N$. Очень быстро после сливания хинолина и хлоругольного эфира наблюдается появление розовой окраски, вероятно, вследствие образования соединения: $C_9H_7N\begin{matrix}C=O\\ \diagdown\\ \diagup\\ O\end{matrix}$. Оно так же, как соответствующее соединение пиридина, неустойчиво и сейчае-же разлагается на $CO_2$ и $C_9H_7N$. При выделении $CO_2$ реагирующая масса принимает желтую окраску. Через 2—3 м. на дне вюрцевской колбочки образуется масло, которое через 2 часа закристаллизовывается в белую массу. Реакция протекает при комнатной температуре в течение 24 часов. По окончании опыта в колбе остается смесь кристаллического вещества и жидкости. Жидкость отделяется от кристаллического продукта и перегоняется. По температуре кипения и по запаху она оказалась хинолином.

Кристаллический продукт был промыт эфиром для удаления следов хинолина и взвешен. Его оказалось—0.48 гр. Он гигроскопичен, легко растворим в спирте, бензоле, $CHCl_3$ и нерастворим в эфире. Из спирта кристаллизуется с точкой плавления 126° С хлорной платиной образуется золотисто-желтый осадок, нерастворимый в холодной воде и спирте, легко растворим в горячей воде и разбавленном спирте. Анализ хлоро-платината дал следующие результаты:

Навеска хлоро-платината—0,0464 гр.

После прокаливания получено Pt—0,0131 гр.

Вычислено Pt для соединения: $\left(C_9H_7N\begin{matrix}Cl\\ \diagdown\\ \diagup\\ CH_3\end{matrix}\right)_2 PtCl_4$—28.03%.

Найдено—28 21%.

**Физические свойства кристаллического вещества и анализ его хлоро-платината указывают, что полученный продукт есть хлористый метил—хинолиний.**

К работе Л. Дьяконовой-Шульц.

Рис. №1.

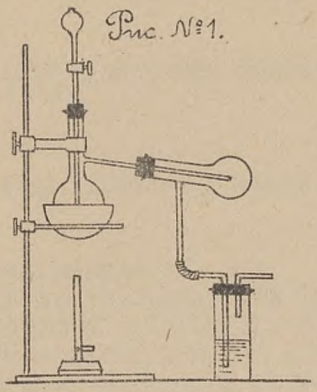


Рис. №2.

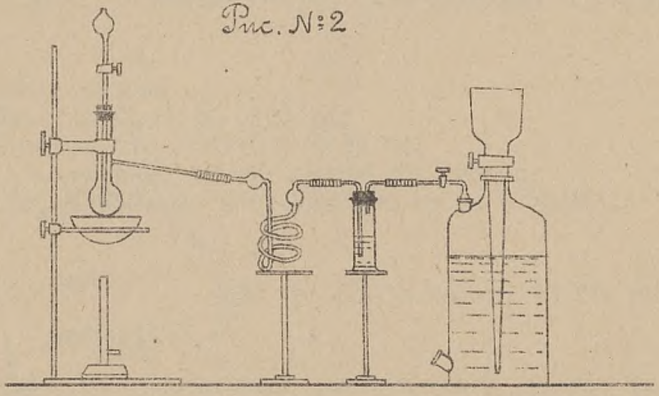
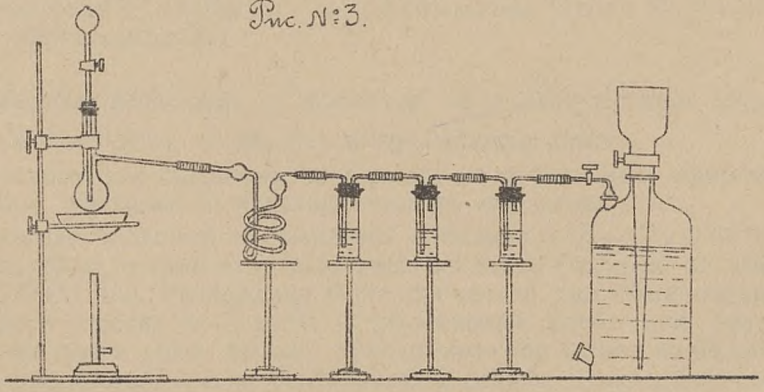


Рис. №3.



Реакция $C_9H_7N + CH_3Cl = C_9H_7N\begin{matrix}Cl\\ \diagdown\\ CH_3\end{matrix}$ есть реакция вторичная.

В эту реакцию вступает сравнительно небольшое количество хинолина именно 17,7%.

Анализ распадения комплекса $C_9H_7N\begin{matrix}Cl\\ \diagdown\\ COOCH_3\end{matrix}$ :

Опыт первый.
Навеска хинолина—1.96 гр.
Навеска Cl—COOCH$_3$—1.62 гр.
$CO_2$ получено 0,70 гр т. е 93,3% теории.
Обратно получено $C_9H_7N$—1.61 гр. или 82,3% от взятой навески.

$C_9H_7N\begin{matrix}Cl\\ \diagdown\\ CH_3\end{matrix}$ найдено 0.48 гр , что содержит 17,7% взятого хинолина.

Опыт второй.
Навеска $C_9H_7N$—4 03 гр.
Навеска Cl—COOCH$_3$—2.99 гр.
$CO_2$ получено 1.3 гр. или 93,5% теории.
$C_9H_7N$ обратно получено 3.45 гр. т. е. 85,6%.

$C_9H_7N\begin{matrix}Cl\\ \diagdown\\ CH_3\end{matrix}$ —0,82 гр., что содержит 14,3% взятого $C_9H_7N$.

Итак, из приведенных аналитических данных разложения смеси $C_9H_7N$ и Cl—COOCH$_3$ следует, что весь взятый для опыта хинолин был получен обратно. Метиловый эфир хлор-угольной к-ты разложился с образованием $CO_2$ в количестве 93,3%—93,5%. Вторичная реакция—образование хлористого метил-хинолиния (около 17,7% от взятого для опыта хинолина).

*Действие хинолина на этиловый эфир хлор-угольной к-ты.*

Условия опыта те же, что в предыдущем опыте.

И здесь при смешении хинолина с хлор-угольным эфиром не наблюдается образования кристаллического комплекса.

Реакция разложения комплекса хинолина с Cl—COOC$_2$H$_5$ протекает спокойно, с едва заметным разогреванием (отличие от комплекса с Cl—COOCH$_3$). Разложение было проведено при обыкновенной температуре в течение 6—7 дней, В вюрцевской колбе при разложении комплекса почти сразу выпало кристаллическое вещество белого цвета. Оно гигроскопично, легко растворимо в спирте, хуже в бензоле, хлороформе, нерастворимо в эфире. При действии хлорной платины образуется хлоро платинат в виде золотисто-желтого осадка, едва раст-

воримого в холодной воде, легко растворимого в горячей воде и спирте.

Определение платины в хлоро-платинате дало следующие результаты.

Навеска 0,0518 гр.

После прокаливания получено Pt—0,0141 гр.

Вычислено для формулы $\left[ C_9 H_7 \begin{matrix} N \\ \diagup \quad \diagdown \\ Cl \qquad C_2 H_5 \end{matrix} \right]_2 PtCl_4$ Pt—26.95%,

Найдено—27.22%.

Физические свойства кристаллического продукта и анализ его хлоро-платината вполе устанавливают природу кристаллического вещества, как хлористого этил хинолиния. Анализ распадения комплекса хинолина с хлор-угольным эфиром дал следующие результаты.

Навеска $Cl—CO\ O\ C_2\ H_5$—2.38 гр.

Навеска $C_9\ H_7\ N$ —3.03 гр.

$CO_2$ получено—0.96 гр., что составляет 100% теории.

$C_9\ H_7\ N$ обратно получено—2.56 гр. или 74,5% теории.

$C_9\ H_7\ N \begin{matrix} Cl \\ \diagdown \\ C_2 H_5 \end{matrix}$ найдено 1.07 гр., что составляет 25,4% взятого $C_9\ H_7\ N$. Из опыта следует, что $Cl—COOC_2H_5$ с $C_9\ H_7\ N$ образует комплекс, который при обыкновенной температуре разлагается с образованием хинолина, угольной к—ты и хлористого этила. Как побочная реакция, образуется $C_9\ H_7\ N \begin{matrix} Cl \\ \diagdown \\ C_2 H_5 \end{matrix}$.

Если реакцию вести в пробирке, то образование $C_2H_5Cl$ легко доказать, поджигая, выделяющийся газ, который горит зеленым пламенем.

*Действие триэтиламина на этиловый эфир хлор-угольной кислоты.*

При действии $(C_2\ H_5)_3\ N$ на хлор-угольный эфир также образуется кристаллический комплекс, как у $C_5\ H_5\ N$ с $Cl—COOC_2H_5$.

Получение комплекса.

В вюрцевскую колбочку, помещенную в охладительную смесь из льда с солью, вводится $(C_2\ H_5)_3\ N$, затем, очень медленно, (в течение 18 м.) по каплям через делительную воронку прибавляется 2.5 гр. $Cl—COOC_2H_5$. Реакция в этих условиях протекает довольно спокойно. При прибавлении $Cl—COOC_2H_5$ сразу образуется белый кристаллический продукт, нерастворимый в эфире и бензоле. Он крайне неустойчив и уже при комнатной температуре начинает разлагаться с выделением $C_2H_5Cl$ и $CO_2$.

Определение молекулярного состава комплекса. Для определения молекулярного состава комплекса $(C_2H_5)_3\ N$ с $Cl—COOC_2H_5$, кристаллический продукт, получившийся при смешении $(C_2H_5)_3\ N$ и $Cl—COOC_2H_5$, после промывания его на холоду бензолом, для удаления избытка $Cl—COOC_2H_5$, взвешивался.

Опыт I. Навеска $(C_2H_5)_3N$ — 2.26 гр.
Навеска $Cl—COOC_2H_5$ — 2.53 гр.

Получено кристаллического комплекса—4,60 гр., что составляет 98% теоретического выхода, предполагая, что соединение происходит 1 мол. на 1 мол.

Опыт II. Навеска $(C_2H_5)_3N$ — 3 гр
Навеска $Cl—COOC_2H_5$ — 3,44 гр.

Получено кристаллического продукта—5,9 гр., что составляет 94% теоретического выхода. Итак, состав кристаллического комплекса выражается формулой: $(C_2H_5)_3N—COOC_2H_5$ (Cl).

*Распадение комплекса $(C_2H_5)_3N—COOC_2H_5$.* Разложение производилось в приборе рис. 2. $CO_2$ улавливалось раствором КОН, $C_2H_5Cl$ собирался в газометр над водой и его об'ем измерялся количеством вытекшей воды.

В первые моменты разложение велось при охлаждении, затем при комнатной температуре, а к концу опыта температура повышалась до 60—70° при помощи водяной бани. При разложении комплекс, выделяя $C_2H_5Cl$ и $CO_2$, переходит из кристаллического состояния в жидкое. Через $^1/_2$ часа на стенках и дне вюрцевской колбочки было замечено образование кристаллического продукта белого цвета Чтобы довести реакцию до конца, потребовалось в общем $1^1/_2$ часа. По окончании опыта в вюрцевской колбе осталась смесь кристаллического вещества и жидкости. Жидкость слита с кристаллического продукта и перегнана. При перегонке $Cl—COOC_2H_5$ разложился на $CO_2$ и $C_2H_5Cl$, перегнался же триэтиламин. В перегонной колбе осталась капля масла, которая затем закристаллизовалась $[(C_2H_5)_4NCl]$. Следовательно жидкость состояла из $(C_2H_5)_3N$ и хлор угольного эфира. Кристаллический продукт, оставшийся в колбе после распадения комплекса, обработан эфиром для удаления следов $(C_2H_5)_3N$. Он представлял собой вещество, нерастворимое в эфире, растворимое в бензоле. При действии сулемы образуется осадок в виде белого порошка, растворимого в горячей воде, нерастворимого в спирте и эфире. При перекристаллизации из горячей воды выпали кристаллы белого цвета с температурой плавления 225°, что совпадает с температурой плавления комплекса: $[(C_2H_5)_4NCl]+6HgCl_2$. С хлорной платиной дает оранжево-желтый осадок, трудно растворимый в воде и едва растворимый в алкоголе, нерастворимый в эфире. Анализ хлоро-платината дал следующие результаты.

Навеска—0.0736 гр.
После прокаливания Pt получено—0,0199 гр.

Вычислено для соединения $\left[(C_2H_5)_4NCl\right]_2PtCl_4$ Pt—29.2%.

Найдено—27.00%

Физические свойства, температура плавления комплекса с сулемой и анализ его хлоро-платината указывают, что кристаллический продукт есть хлористый тетра этил-аммоний: $(C_2H_5)_4NCl$ образование его есть также побочная реакция. Он получается при действии $C_2H_5Cl$ на $(C_2H_5)_3N$.

При распадении кристаллического комплекса хлор-угольного эфира с триэтиламином получены следующие результаты:

Первый опыт. Распадение закончено при температуре 70°.

Навеска комплекса—4.60 гр.
$CO_2$ получено—0,47 гр., что составляет 48,8% теории,
$C_2H_5Cl$—0,65 гр. или 46% теории,
$(C_2H_5)_4NCl$—0,86 гр. привес в $H_2SO_4$—0.34 гр.

Количество $CO_2$ определялось привесом поглотительного аппарата с КОН, $C_2H_5Cl$—определялся по количеству вытекшей воды из газометра.

Второй опыт. Распадение закончено при нагреванин на голом огне.
Навеска комплекса—5.9 гр,
$CO_2$ получено 0,61 гр., что составляет 49,6% теории,
$C_2H_5Cl$ получено 0,80 гр. или 44,2% теории.
$(C_2H_5)_4N\,Cl$—0,97 гр.
Привес в $H_2SO_4$—2.97 гр.

Из данных следует, что распадение происходит не так, как разложение комплекса $C_5H_5N{<}^{Cl}_{COOC_2H_5}$ и $C_9H_7N{<}^{Cl}_{COOR}$.

Комплекс $(C_2H_5)_3N{<}^{Cl}_{COOC_2H_5}$, разлагаясь, выделяет только около половины $CO_2$ и $C_2H_5Cl$, другая половина остается.

Для выяснения реакции разложения комплекса был поставлен опыт каталитического действия триэтиламина на $Cl—COOC_2H_5$. Опыт велся следующим образом.

В вюрцевскую колбочку, соединенную с прибором рис. 2, через капельную воронку было прибавлено 2 капли триэтиламина к 2,19 гр. $Cl—COOC_2H_5$. При прибавлении триэтиламина происходило энергичное выделение $C_2H_5Cl$, $CO_2$ и образование кристаллического продукта белого цвета. Опыт велся в начале при охлаждении снегом, затем при комнатной температуре и, наконец, при нагревании до 70° на водяной бане. Разложение происходило в течение 50 минут. По окончании опыта в вюрцевской колбе осталась смесь кристаллического продукта и жидкости. Кристаллический продукт оказался хлористым тетра этиламмонием, а жидкость хлор-угольным эфиром.

Анализ дал следующие результаты:
Навеска $Cl—COOC_2H_5$—2.19 гр.
Найдено $CO_2$—0.32 гр.
„ $C_2H_5Cl$—0,65 гр.
$(C_2H_5)_4NCl$ получено 0,14 гр.
Привес в $H_2SO_4$—0,11 гр.
Осталось в колбе $Cl—COOC_2H_5$ 1,44 гр. или 65,61% от взятой навески.

Из этих данных следует, что триэтиламин, как катализатор разлагает только часть хлор-угольного эфира на $C_2H_5Cl$ и $CO_2$.

Разложение комплекса происходит как то иначе, а именно:

$$2(C_2H_5)_3N{<}^{Cl}_{COOC_2H_5} = C_2H_5Cl + CO_2 + 2\,(C_2H_5)_3N + Cl—COOC_2H_5.$$

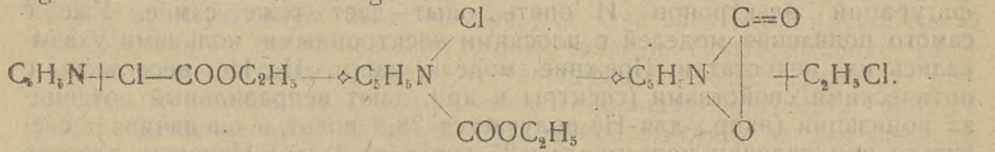
Если рассчитать по этому уравнению, то получено в I опыте:
$CO_2$—97,9% теоретического.
$C_2H_5Cl$—92,8% „
во втором опыте:
$CO_2$—99,2% теории.
$C_2H_5Cl$—87,9%

Полученные данные близки к теоретическим. Возможно, что здесь после разложения части комплекса, образовавшийся свободный амин дает с оставшимся комплексом более сложный продукт: $Cl{-}COOC_2H_5$ 2 $(C_2H_5)_3N$, который оказывается устойчивее. Он, повидимому, и остался в колбе при I опыте. При дальнейшем нагревании это соединение тоже разлагается, но иначе, может быть просто на свои компоненты: $(C_2H_5)_3N$ и $Cl—COOC_2H_5$.

*Действие диметиланилина на этиловый эфир хлор угольной кислоты.* При действии диметиланилина на хлор угольный эфир образуется белый кристаллический продукт и масло синего цвета. Реакция протекает в условиях комнатной температуры в течение 7 дней. При нагревании кристаллический продукт разлагается с выделением газов. Цвет масла с течением времени переходит в зеленый, а затем оно обесцвечивается.

Durch Einwirkung von tertiären Aminen, nähmlich: $C_5H_5N$, $C_9H_7N$, $(C_2H_5)_3N$ und $C_6H_5N(CH_3)_2$ auf die $Cl—COOCH_3$—und $Cl—COOC_2H_5$, entsteht ein Additions—product, welches nachher in tertiäre Amine, $CO_2$, $CH_3Cl$ oder $C_2H_5Cl$ zerfällt

Bei den Versuchen mit $C_5H_5N$ wurde bemerkt dass anfangs $C_2H_5Cl$ entsteht und späterhin $CO_2$, so dass die Reaktion wahrscheinlich nach folgendem Schema vor sich geht:



Die Reaktion kann in Katalysenform durchgeführt werden. Zwei Tropfen von tertiär Amin sind genügend, um bei gewöhnlicher Temperatur relativ grössere Quantitäten Chlorkohlensäureester zu zerlegen.

Приношу искреннюю благодарность профессору Я. И. Михайленко за его ценные и полезные советы.

Исследование продолжается.

20-VI 23 г.
г. Томск.

Б. В. Тронов.

# К вопросу о движении электронов в атомах.

Главным недостатком модели атома Рёзерфорда-Бора является, как известно, следующее: электроны притягиваются положительным ядром и, чтобы не упасть на него, должны вокруг ядра двигаться. Однако по законам электродинамики, такое движение должно сопровождаться излучением электромагнитных волн и потому не может быть устойчивым. Я обратил внимание,[1]) что атом H, содержащий один электрон, действительно неустойчив, так что даже не наблюдается в свободном виде, а молекула $H_2$ или атом He с двумя электронами очень прочны, и это может быть об яснено только тем что электромагнитные волны, вызываемые движением двух электронов, интерферируют между собой, так что внешнее излучение совершенно исчезает.

По первой теории Бора (1913 г.) в молекулах $H_2$, $CH_4$ и др. принимались между атомными ядрами двух-электронные кольца. Поэтому я сначала высказал предположение, что излучение уничтожается (в простейшем случае), когда два электрона движутся по одной орбите и расположены друг против друга. Я оговорился впрочем, что это требует математической разработки. Недавно появилась статья [2]) с результатами такой разработки. Автор находит, что полное уничтожение излучения наступает лишь при равномерном распределении электричества по кольцу, если же кольцо состоит из отдельных зарядов, то излучение только ослабляется.

Опять законы электродинамики не допускают возможности сколько-нибудь продолжительного существования предполагавшихся конфигураций электронов. И опять опыт дает тоже самое. Уже с самого появления моделей с плоскими электронными кольцами указывались их недостатки. Прежние модели, напр., $H_2$, He, несогласны с оптическими свойствами (спектры и др.), дают неправильный потенциал ионизации (напр., для He получается 28,8 вольт, а он начинает светиться при падении потенциала в 25 вольт на 1 см.). Наконец, плоское электронное кольцо должно быть магнитно, а водород и гелий немагнитны. Поэтому теперь предложены другие модели. Два электрона He [3]) движутся по одинаковым круговым орбитам, плоскости которых образуют угол 120°. В молекуле $H_2$ [4]) электроны движутся тоже по отдельным кругам с углом между их плоскостями в 120°. Электрон каждого атома все время остается все-таки ближе к ядру этого атома. Движения координированы так, что в то время, как один электрон подойдет к середине расстояния между ядрами, другой уйдет к своему ядру и обратно. Такое движение на первый взгляд представляется нелепым и было бы невозможно, напр., при простом притяжении по закону тяготения. Между тем сила электрического притяжения действует по тому же закону а отталкивание одноименных зарядов должно повлиять только в смысле более равномерного распре-

---

[1]) „Труды 3 го Съезда Росс. Асс. Физ. в Н. Новг.", стр. 71 (1923 г.)
[2]) L. Page. Ph. Rev [2] 19, 423 [1922 г.]; C. 1922. III, IV, 1115.
[3]) N. Bohr Zs. f. Phys. IX 1—67 [1922 г.].
[4]) Там же и M. Born. Die Naturwissenschaften 41, 677 [1922 г.]

деления электронов. На этих основаниях и были построены прежние модели $H_2$ и He. Если на самом деле строение атомов и молекул более сложно, если электронные орбиты оказываются наклоненными друг к другу и к естественной оси вращения, то очевидно, есть еще какая-то сила, которая накладывается на электростатическое и электромагнитное притяжения. Эта сила может происходить только от электромагнитных возмущений, вызываемых движением зарядов. Она удерживает электрон на определенных орбитах и после временного нарушения равновесия (от внешних влияний) гонит его опять на эти орбиты, вообще придает строению атома и движению в нем электронов прерывистый, квантовый характер („квантовая сила").

Итак, в странном как-будто расположении электронных орбит приходится видеть не противоречие, а только новое подтверждение теоретических выводов. Выведенная из изучения радиоактивных явлений и спектров схема строения вещества вполне согласуется с тем, что дает электродинамика. Надо только считать устойчивым лишь те комбинации элементарных зарядов, которые удается наблюдать на опыте.

Вполне ли уничтожается излучение или только сводится к ничтожно малой величине,—этот вопрос остается открытым. Последнее тоже ничему бы не противоречило. Не исключена возможность, что все элементы в большей или меньшей степени радиоактивны, т. е. их атомы со временем сами собой изменяются. Изменение может зависеть от случайных причин (столкновений между атомами и т. д.), а может оказаться, что при прерывистом строении атома никакая структура не является абсолютно прочной.

Мысль, что излучение каждого электрона уничтожается путем интерференции с волнами, идущими от других электронов,—встречается и у других авторов (А. С. Предводителев [1]), Скаупи [2]). Но они говорят о влиянии многих окружающих электронов, а у меня устойчивую неизлучающую систему образуют два электрона (реже три и больше), как-бы связанные электродинамически. Подтверждение своего толкования я вижу в факте, что электроны вообще стремятся располагаться попарно. На это указывает большая прочность простой связи, изменение валентности многих элементов сразу на две единицы и то, что при радиоактивном распаде $\beta$—прекращения всегда происходят парами, одно за другим.

11/III 1923 г.

---

[1]) Изв. Физ. Инст. при Моск. Науч. Инст. и Инст. Биол. Физ. при Н. К. З., т. II, стр. 115—120 [1922 г.].

[2]) F. Skaupy. Zs. f. Phys. 12, 184—8 [1922]; C. 1923. I/II, 1474.

И. Н. Горячев.

# Способ подыскания Певцовских пар звезд (с каталогом их для Томской Обсерватории).

Пары звезд для определения географической широты места по способу Певцова подобраны И. Селиверстовым для разных широт. В частности для широты Томской Обсерватории (56°28'.2) у Селиверстова имеется 323 пары на круглые сутки, средним числом по 5 минут от начала наблюдений одной пары до начала следующей. Казалось бы, что для систематических наблюдений, когда невыгодно терять 20—30 минут в пустом ожидании, этого совершенно достаточно.

В современных условиях книжного рынка, когда заграничный астрономический календарь у нас является редкостью, эти 323 пары Селиверстова вовсе не так достаточны в смысле непрерывности как можно было бы думать; дело в том, что оне составлены из звезд, заимствованных отчасти из Berliner astronomisches Jahrbuch, отчасти из Connaissance des Temps.

Если иметь под руками только Berliner Jahrbuch 1923 г. (который достать повидимому легче, чем другие астрономические ежегодники, издаваемые заграницей), а особенно если имеется только Русский Астрономический Ежегодник на 1923 г. (издание Государственного Вычислительного Института), то для половины, если не больше, Селиверстовских пар не окажется не только готовых видимых, но даже и средних мест. Не приходится, конечно, говорить подробно о том, насколько точность определения широты зависит от знания точных координат наблюдаемых звезд.

По вопросу о подборе Певцовских пар Н. Я. Цингер в курсе практической астрономии (СПБ. 1899.) говорит: „предварительный подбор надлежащих пар для подобных наблюдений довольно затруднителен“ (стр. 205-ая).

Проф. А. А. Иванов в своей практической астрономии говорит по этому поводу следующее: „приискание звезд для наблюдения пар по способу Певцова можно сделать, пользуясь небесным глобусом. Для этого на глобусе отметим положение зенита данного места в данный момент. Затем выберем какую нибудь яркую южную звезду недалеко от меридиана данного места. Соответственную звезду к северу от зенита уже не трудно будет подыскать по глобусу.

Более удобные и точные способы приискания звездных пар для определения широты по способу Певцова изложены в брошюрах: 1) Ѳ. Ѳ. Витрам. О приискании звездных пар для определения широты по соответствующим высотам. СПБ. 1898; 2) A. Orloff. Graphische Methode zur Auswahl der Sternpaare für die Breitenbestimmung nach der Methode gleicher Zenithdistanzen. Dorpat. 1909“.

По поводу подыскания пар с небесным глобусом нужно сказать, что далеко не у всякого астронома—геодезиста, особенно в настоящее время, есть небесный глобус с хорошо нанесенным большим числом

звезд; достать такой глобус, если его нет под руками, довольно трудно, если трудно достать такие ходкие книги, как Nautical Almanac. Кроме того, едва ли удобно начинать с южной звезды и подыскивать для нее северную: северных звезд (в зоне $+60^0$.....$+90^0$) конечно меньше, чем южных (в зоне $+0^0$.....$+50^0$) и труднее думать, что для выбранного об'екта из большей коллекции сразу найдется удовлетворительный парный об'ект из меньшей коллекции. Если уж пользоваться небесным глобусом, то пожалуй лучше выбрать северную звезду и к ней подыскивать южную.

Что же касается до способов Θ. Θ. Витрама и А. Орлова, то они—графические, требуют большого листа хорошей твердой бумаги, чертежных принадлежностей и хорошего терпеливого чертежника, а потому практически вовсе не просты.

Все Певцовские пары Селиверстова, как говорит автор, подобраны по специально построенной звездной карте в зенитной проэкции Постеля.

На тот случай, если под руками имеется лишь каталог средних (или видимых) мест звезд, никаких чертежных приспособлений, а лишь пятизначные логарифмы, я предложил бы следующий удобный способ подыскания Певцовских пар, которые лучше всего наблюдать в одинаковых азимутах от юга и севера, по одну сторону от меридиана.

На чертеже 1-м Z есть зенит места наблюдения, p—полюс мира, Wo—первый вертикал. Пунктирный круг, описанный около p—суточный круг северной звезды со склонением $\delta_n$. Радиус (дуговой) этого круга равен $90^0-\delta_n$; $E_n$—северная звезда с часовым углом $E_n pz=t_n$. Если $\alpha_n$—ее прямое восхождение, то звездное время, когда она занимает это место, есть $S_n=t_n+\alpha_n$; p' есть точка на меридиане места, симметричная с полюсом мира относительно зенита, т. е. в расстоянии $Zp'=90^0-\varphi$ к югу от зенита или в расстоянии $180^0-2\varphi$ к югу от полюса. Пунктирный круг около p' есть круг, равный северному пунктирному кругу.

Из условий, в которых наблюдается Певцовская пара, а также из симметрии чертежа относительно 1-го вертикала ясно, что для звезды $E_n$ мы получим соответствующую южную $E_s$, отложив при точке p' угол $Zp'E_s=t_n$. Тогда из сферического треугольника $pE_sp'$ имеем

$$\sin\delta_s=-\sin\delta_n\cdot\cos 2\varphi+\cos\delta_n\sin 2\varphi\cdot\cos t_n \quad \ldots\ (1)$$

Из того же треугольника, в котором угол $p'pE_s=t_s$ есть часовой угол южной звезды, имеем

$$\sin t_s=\sin t_n\frac{\cos\delta_n}{\cos\delta_s} \quad \ldots\ (2)$$

Зная, с точностью до нескольких минут дуги, широту места $\varphi$, возьмем какую нибудь северную звезду с известным склонением $\delta_n$ и, следя за ней втечение звездных суток, т. е. давая $t_n$ значения $10^0, 20^0; 30^0$....$90^0$; $100^0$.....$170^0$ (пока к западу от меридиана), мы имеем в правой части уравнения (1) известные величины, при чем величины $\sin\delta_n\cos 2\varphi$ и $\cos\delta_n\sin 2\varphi$ все время постоянны и log их вычисляется один раз. Тогда по логарифмам Гаусса *очень легко и быстро* для каждого $t_n$ найти соответствующее $\delta_s$, большее нуля и меньшее $90^0$, а затем из ур. (2) найти очень легко и просто соответствующее $0<t_s<90^0$, при чем и здесь $\cos\delta_n$—постоянная величина.

Если бы обе звезды наблюдать в один момент, то $t_n + \alpha_n = t_s + \alpha_s$, откуда

$$\alpha_s = \alpha_n + (t_n - t_s)$$

и следовательно $\alpha_s$ может быть вычислено для каждого значения $t_n$, зная соответствующее $t_s$ по формуле (2).

Из формулы (1) между прочим сразу видно, что $\delta_s$ может быть в пределах определяемых неравенствами

$$180^0 - 2\varphi - 90^0 + \delta_n < 90^0 - \delta_s < 180^0 - 2\varphi + 90^0 - \delta_n,$$

откуда

$$\delta_s < 2\varphi - \delta_n \text{ и } \delta_s > 2\varphi + \delta_n - 180^0 \text{ (теорема Селиверстова)}$$

Из нашего чертежа 1-го ясно видна и вторая половина теоремы Селиверстова, а именно, что для данной северной звезды всякая южная звезда со склонением $\delta_s$, удовлетворяющим двум только что указанным неравенствам, два раза (и только два) в звездные сутки составляет Певцовскую пару, один раз на востоке, а другой раз—на западе от меридиана. Конечно, если южную звезду к данной северной выбирать только по склонению $\delta_s$ в пределах от $2\varphi + \delta_n - 180^0$ до $2\varphi - \delta_n$, а в остальных отношениях как попало, то Певцовская пара выйдет практически неудобной: промежуток между наблюдениями обеих звезд окажется, вообще говоря, слишком большим. Наш черт. 1-й ясно показывает, что суточный круг всякой южной звезды со склонением от $2\varphi + \delta_n - 180^0$ до $2\varphi - \delta_n$ пересекает кружочек, описанный из точки $p'$ два и только два раза, а южная звезда тогда и только тогда может составить Певцовскую пару с данной северной, когда будет находиться на этом кружочке.

Имея ряд значений $\alpha_s$; $\delta_s$, пробегаем с ними каталог звезд по прямому восхождению и к данной северной звезде подбираем сразу все южные со склонениями и прямыми восхождениями, близко подходящими к тем, которые нам доставили вычисления. Когда южная звезда ($\alpha_s$; $\delta_s$) найдена, то зенитное расстояние Z обеих звезд в момент их равной высоты, их азимуты, изменения зенитных расстояний и азимутов в 1 секунду звездного времени, а также звездные времена $S_n$ и $S_s$ их наблюдений находим по известным формулам (см. Селиверстов), в которых $\delta = {}^1/_2 (\delta_n + \delta_s)$; $\varepsilon = {}^1/_2 (\delta_n - \delta_s)$:

$$\cos Z = \frac{\sin\delta \cos\varepsilon}{\sin\varphi};\ \cos a = \frac{\sin\varepsilon \cos\delta}{\cos\varphi \sin Z};\ \sin t_n = \frac{\sin a \sin Z}{\cos\delta_n};\ \sin t_s = \frac{\sin a \sin Z}{\cos\delta_s}$$

$$S_n = \alpha_n + t_n;\ S_s = \alpha_s + t_s;\ \frac{dz}{dt} = 15 \cos\varphi . \sin a;\ \frac{da}{dt} = 15 (\sin\varphi + \cos\varphi . \cos a . \operatorname{cotg} z)$$

Здесь азимут a южной звезды—в 1-й четверти, а азимут a северной звезды—во второй четверти. Часовой угол $t_s$ южной звезды—всегда острый, а часовой угол $t_n$ северной звезды острый, если $Z < \Theta$ и тупой, если $Z > \Theta$, при чем острый угол $\Theta$ определяется уравнением:

$$\cos\Theta = \sin\delta_n \cdot \sin\varphi.$$

Первые четыре формулы легко получаются из треугольников составленных полюсом мира, зенитом, южной звездой и полюсом мира, зенитом, северной звездой: если написать в этих треугольниках теорему косинуса соответственно для сторон $90^0 - \delta_n$ и $90^0 - \delta_s$, то сложением

и вычитанием этих двух уравнений сразу получаются формулы 1-ая и 2-ая; формулы 3-я и 4-ая есть следствие теоремы синусов для этих же треугольников. Формулы 5-ая, 6-ая, 7-ая и 8-ая известны из курса сферической астрономии.

При подборе пар к востоку от меридиана $t_n$ и $t_s$, $a_n$ и $a_s$ отрицательны; но при $t_n = +\varphi$ и $t_n = -\varphi$ формулу (1) перевычислять не надо равно как и формулу (2).

Еще маленькое практическое замечание: Певцовские пары не рекомендуется наблюдать далеко от меридиана, т. е. в азимутах, превосходящих, напр. 40°. Если северная звезда в верхней кульминации довольно близка к зениту, то в дигрессии ее азимут может достигать величины большей 40°. Поэтому для экономии сил при вычислениях с такой звездой некоторые часовые углы $t_n$, с которыми вычисляются формулы (1) и (2), дадут негодные азимуты. Чтобы исключить из вычисления такие углы, поступаем так: из чертежа 2-го, в котором $E_n p = E'_n p = 90^0 - \delta_n$; $PK \perp E_n' E_n Z$; $\angle Kzp = a_o$ = предельному азимуту; $Kp = \gamma$; $\angle Kp\, E_n' = \Theta$; $\angle KpZ = \gamma$; $pz = 90^0 - \varphi$, имеем

$$\sin\gamma = \cos\varphi . \sin a_o;\ \cos\gamma = tg\gamma . tg\varphi \text{ или } tg\gamma = \frac{1}{tg\, a_o \sin\varphi};\ \cos\Theta = \frac{tg\gamma}{c\,tg\,\delta_n} = tg\gamma . tg\,\delta_n$$

и из вычисления изъемлются часовые углы $t_n$ в пределах от $\gamma - \Theta$ до $\gamma + \Theta$.

Когда элементы Певцовской пары найдены, т. е. известно общее зенитное расстояние обеих звезд, моменты по звездному времени, когда оне бывают на этих расстояниях, азимуты обеих звезд и изменения зенитного расстояния и азимутов в 1 секунду звездного времени, нужно приготовить эту пару для наблюдений, считаясь с шириной сетки нитей в универсальном инструменте (в нашем случае 25′, как и бывает в большинстве случаев); относя найденные элементы к средней нити и желая начать наблюдения с крайней нити, мы должны от момента каждой звезды отнять время $(12'30'' : \frac{dz}{dt})$ секунд, которые звезда употребляет на прохождение $^1/_2$ сетки; впрочем при медленно идущих по зенитному расстоянию Певцовских парах полагаться на неизменность $\frac{dz}{dt}$ во время наблюдений нельзя, а надо промежуток времени на прохождение $^1/_2$ сетки находить точными формулами:

$$\cos h = \frac{\cos Z - \sin\varphi . \sin\delta}{\cos\varphi . \cos\delta};\quad \cos h_1 = \frac{\cos(z \pm 12'30'') - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi . \cos\delta}$$

и тогда время, которое звезда употребляет на прохождение полусетки, равно $|h_1 - h|$, если эту величину выразить во времени; здесь вычисление для каждой звезды приходится вести отдельно; наконец азимут, в котором надо встречать звезду на крайней нити при начале ея наблюдения, меньше или больше ея азимута, найденного в элементах Певцовской пары, на величину равную изменению азимута в 1 секунду звездного времени, умноженному на число секунд времени, которое звезда употребляет на прохождение полусетки, при чем меньше, если изменение азимута—положительное, и больше, если изменение азимута отрицательное.

Таким путем мною было подобрано 197 Певцовских пар для широты Томской обсерватории, которые вместе с Селиверстовскими парами составляют вместе 320 пар с фундаментальными звездами; для всех этих звезд есть видимые места в „Berliner astronomisches Jahrbuch". По непрерывности, в которой эти пары следуют друг за другом каталог этот не оставляет желать ничего лучшего в смысле экономии времени при систематической службе широты (для обнаружения ея колебаний).

Не могу в заключение не упомянуть о следующих опечатках, найденных мною в эфемеридах Селиверстова под широтой 56°30', при пересмотре и приготовлении его пар для наблюдений.

1) Пары Селиверстова под №№ 120 и 125, состоящие из одинаковых звезд ($\sigma^2$ Ursae Maioris и $\mu$ Ursae Maioris) к западу от меридиана, явно противоречат теореме Селиверстова; при моем подборе пар это выяснилось: в паре № 120 вместо „$\sigma^2$ Ursae Maioris" надо „d Ursae Maioris".

2) В паре Селиверстова № 225 ($\beta$ Coronae; к Draconis) зенитное расстояние должно быть 30°51'.7 вместо напечатанного там 32°51'.7.

3) В паре № 73 южная звезда должна быть не ι Tauri, а τ Tauri: пара—неудобная: мало времени между звездами.

4) В паре № 289 северная звезда должна быть не λ Draconis, а χ Draconis.

В последнем столбце моего каталога показан №, под которым эта пара значится у Селиверстова; отсутствие такого № показывает, что пара—моего составления.

Почти во всех парах времени для наблюдения 1-й звезды на всех нитях достаточно, так что у 2-й звезды первые нити не пропустятся; исключения—довольно редки.

Певцовские пары в азимутах больше 40° тоже довольно редки; они приведены мною для пробы: что могут дать в смысле точности широты такие пары в сравнении с парами, которые узаконены, так сказать традицией, т. е. в азимутах не больше 40°.

# Каталог Певцовских пар для Томской обсерватории.

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $\eta$ Pegasi | 2.9 | $0^h00^m.6$ | 36°43'.8 | 30°26'.7 | 142°14'.7 | $0^h07^m.4$ | $\varepsilon$ Draconis | 3.8 | +5".07 | 23".66 | +1".35 | 1 |
| 2 | h U. Mai. | 3.5 | 0 15 . 1 | 201 25 .6 | 55 32 .9 | 336 53 .3 | 0 33 8 | $\xi$ Piscium | 4.6 | −3 . 09 | 17 . 78 | +7 . 23 | |
| 3 | $\alpha$ Pegasi | 2.4 | 0 20 . 7 | 28 09 .3 | 44 34 .6 | 150 33 .3 | 0 50 . 0 | $\omega$ Draconis | 4.9 | +4 . 04 | 19 . 84 | +5 . 16 | |
| 4 | $\beta$ Pegasi | 2 4 | 0 23 3 | 35 58 .9 | 32 36 5 | 142 59 .3 | 0 33 . 1 | $\varepsilon$ Draconis | 3.8 | +4 . 98 | 22 . 77 | +2 . 24 | 7 |
| 5 | $o$ Piscium | 4.3 | 0 24 . 4 | 334 51 .4 | 49 48 .2 | 203 35 .7 | 0 36 0 | $\sigma^2$ U. Mai. | 4 9 | −3 . 37 | 18 . 90 | +6 . 11 | |
| 6 | $\upsilon$ Piscium | 4.6 | 0 26 . 1 | 338 18 .9 | 30 40 .3 | 199 49 .7 | 0 39 . 5 | 19 H Camel. | 5.1 | 2 . 80 | 25 . 65 | −0 64 | |
| 7 | $\xi$ U. Min. | 4 3 | 0 26 . 4 | 166 16 3 | 42 18 4 | 10 46 .2 | 0 39 . 0 | $\gamma$ Pegasi | 2.7 | +1 . 91 | 21 . 36 | +3 . 65 | |
| 8 | $\zeta$ Dracon. | 3.0 | 0 34 . 0 | 148 43 .3 | 47 31 .4 | 30 03 4 | 0 53 . 8 | 70 Pegasi | 4.7 | +4 . 27 | 19 . 01 | +6 . 00 | |
| 9 | $\varphi$ Pegasi | 5.4 | 0 36 . 9 | 18 26 .0 | 39 02 .9 | 159 44 0 | 0 54 . 8 | 35 Dracon. | 5.1 | +2 . 84 | 22 . 10 | +3 . 00 | |
| 10 | $\eta$ Draconis | 2.7 | 0 40 . 9 | 151 10 .6 | 54 22 .3 | 27 30 .2 | 1 04 . 3 | $\iota$ Piscium | 4.1 | +3 . 95 | 17 . 73 | +7 . 28 | |
| 11 | $\varepsilon$ Cassiop. | 3.3 | 0 42 . 1 | 223 48 .9 | 10 31 .5 | 315 15 .8 | 0 47 . 8 | $\upsilon$ Persei | 3.6 | −5 . 66 | 45 . 08 | −20 . 07 | |
| 12 | $\delta$ Draconis | 3.0 | 0 46 . 9 | 141 20 .4 | 37 39 .7 | 37 39 .6 | 0 52 . 2 | $\tau$ Pegasi | 4.5 | +5 . 16 | 20 . 91 | +4 . 10 | 11 |
| 13 | 73 Dracon. | 5 3 | 0 48 . 2 | 151 27 .7 | 29 58 .4 | 27 13 .4 | 1 04 . 3 | $\alpha$ Androm. | 2.1 | +3 . 96 | 25 12 | −0 . 12 | |
| 14 | $\gamma$ U. Min. | 3.0 | 1 07 . 2 | 167 06 9 | 49 32 .7 | 9 37 .3 | 1 28 . 3 | $\varepsilon$ Piscium | 4 2 | +1 . 76 | 19 . 41 | +5 59 | |
| 15 | $o$ U. Mai. | 3.3 | 1 18 . 4 | 217 56 .4 | 48 59 .8 | 321 02 .6 | 1 29 . 8 | f Tauri | 4.1 | −5 . 13 | 18 . 16 | +6 . 84 | |
| 16 | $\upsilon$ Arietis | 4 6 | 1 22 . 7 | 331 47 .2 | 37 03 .7 | 206 49 .6 | 1 42 . 2 | Gr. 1374 | 5 5 | −3 . 76 | 22 . 28 | +2 . 73 | |
| 17 | h U. Mai. | 3.5 | 1 28 . 8 | 210 03 3 | 51 07 3 | 328 42 .1 | 1 43 . 7 | $o$ Tauri | 3.6 | −4 . 19 | 18 . 27 | +6 . 74 | |
| 18 | 24 Cephei | 4.8 | 1 30 . 9 | 146 28 .3 | 25 54 .2 | 32 23 .7 | 1 37 . 3 | $\pi$ Androm. | 4.2 | +4 . 59 | 26 . 71 | −1 . 71 | 19 |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | β Cephei | 3.1 | $1^h38^m.5$ | 142°23′.6 | 29°44′.4 | 36°34′.4 | $1^h54^m.8$ | δ Androm. | 3.2 | +5″.05 | 24″.00 | +1″.01 | 21 |
| 20 | o Tauri | 3.6 | 1 56 . 2 | 332 32 .5 | 50 16 .5 | 206 02 .7 | 2 03 . 5 | 30 H. U. Mai. | 5.0 | —3 . 68 | 18 . 67 | +6 . 33 | |
| 21 | 41 Arietis | 3.6 | 1 58 . 6 | 339 14 .9 | 30 28 .7 | 198 47 .6 | 2 08 . 0 | 23 H. Camel. | 5 6 | —2 . 66 | 25 . 84 | —0 . 83 | |
| 22 | 22 H. Camel. | 4 6 | 2 06 . 0 | 219 28 .9 | 28 49 .9 | 319 31 .1 | 2 22 . 3 | ζ Persei | 2.9 | —5 . 27 | 24 . 11 | +0 . 89 | 26 |
| 23 | o Tauri | 3.6 | 2 16 . 0 | 338 43 .0 | 49 08 .9 | 199 26 .0 | 2 34 . 3 | λ Dracon. | 3.6 | —2 . 81 | 19 . 24 | +5 . 77 | |
| 24 | β Cephei | 3.1 | 2 21 . 9 | 143 28 .2 | 33 20 .7 | 35 22 .8 | 2 38 . 3 | υ Piscium | 4.6 | +4 . 91 | 22 . 65 | +2 . 36 | 31 |
| 25 | γ Tauri | 3 9 | 2 24 . 9 | 330 36 .3 | 53 47 .1 | 208 04 .5 | 2 37 . 4 | α U. Mai. | 1.8 | —3 . 95 | 17 . 84 | +7 . 17 | |
| 26 | υ Piscium | 4.6 | 2 30 . 2 | 32 14 .3 | 32 43 0 | 146 37 .0 | 2 59 . 3 | 24 Cephei | 4.8 | +4 . 55 | 23 . 28 | +1 . 72 | |
| 27 | ξ Persei | 4.0 | 2 36 . 3 | 319 38 .3 | 24 28 .0 | 219 22 .2 | 2 55 . 7 | 22 H. Camel. | 4 6 | —5 . 25 | 26 . 59 | —1 . 59 | |
| 28 | $\sigma^2$ U. Mai. | 4 9 | 2 38 . 8 | 214 59 .3 | 41 28 .0 | 323 55 .2 | 2 46 . 3 | ε Tauri | 3.5 | —4 . 78 | 20 17 | +4 84 | 33 |
| 29 | α Tauri | 1.0 | 2 39 . 4 | 320 41 .9 | 45 09 .1 | 218 18 .1 | 2 45 . 7 | h U. Mai. | 3 5 | —5 . 16 | 18 . 95 | +6 . 06 | 35 |
| 30 | α Triang. | 3 5 | 2 46 . 4 | 26 33 .3 | 29 18 .7 | 152 06 .1 | 3 10 9 | π Cephei | 4.5 | +3 . 88 | 25 . 54 | —0 . 54 | |
| 31 | $\xi^2$ Ceti | 4.2 | 2 58 2 | 11 16 2 | 49 01 .5 | 165 52 .0 | 3 15 . 7 | ψ Dracon | 4.7 | +1 . 94 | 19 . 50 | +5 . 51 | |
| 32 | 9 H. Dracon. | 4.9 | 2 59 . 3 | 199 56 .2 | 40 25 .5 | 338 13 .8 | 3 19 . 8 | δ Tauri | 3.8 | —2 . 86 | 21 . 63 | +3 . 37 | 40 |
| 33 | $\sigma^2$ U. Mai. | 4.9 | 3 04 . 9 | 217 02 .1 | 39 19 .3 | 321 54 .5 | 3 18 . 6 | ι Tauri | 4.8 | —5 . 01 | 20 . 56 | +4 . 90 | 41 |
| 34 | β Cephei | 3.1 | 3 06 . 4 | 145 40 .0 | 36 54 .0 | 33 12 .5 | 3 26 . 1 | α Arietis | 2.0 | +4 . 65 | 21 . 63 | +3 . 37 | 45 |
| 35 | 69 H. U. Mai. | 5.5 | 3 14 . 6 | 194 59 .0 | 61 01 .1 | 342 41 .9 | 3 31 . 9 | γ Eridani | 3.8 | —2 . 25 | 16 . 92 | +8 . 09 | |
| 36 | α Arietis | 2.0 | 3 18 . 4 | 30 20 .7 | 36 19 .5 | 148 26 9 | 3 47 8 | 24 Cephei | 4 8 | +4 . 32 | 22 . 12 | +2 . 89 | |
| 37 | $\gamma_1$ Piscium | 3.6 | 3 20 . 7 | 39 01 .4 | 46 59 7 | 139 59 .7 | 3 25 . 8 | $\gamma_1$ Cephei | 3.5 | +5 30 | 18 . 45 | +6 . 56 | |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_u}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | λ Tauri | (3 5) | $3^h23^m.7$ | 348°36′.0 | 44°26′.2 | 187°37′.4 | $3^h54^m.7$ | 4 U. Min. | 5 0 | −1″.21 | 20″.86 | +4″.14 | |
| 39 | d U Mai. | 4.5 | 3 24 . 9 | 212 52 .9 | 38 22 .9 | 325 54 .2 | 3 30 . 2 | ι Tauri | 4.8 | −4 . 53 | 21 . 27 | +5 . 15 | 49 |
| 40 | α Ceti | 2.5 | 3 27 . 6 | 9 10 9 | 53 12 .8 | 167 28 .1 | 3 42 . 9 | ω Dracon. | 4.9 | +1 . 69 | 18 . 57 | +6 . 43 | |
| 41 | $\xi^2$ Ceti | 4.2 | 3 30 . 5 | 21 40 .7 | 50 17 .2 | 156 42 3 | 3 42 . 5 | δ Dracon. | 3.0 | +3 . 22 | 18 . 84 | +6 . 16 | |
| 42 | α Tauri | 1.0 | 3 43 . 5 | 342 20 .7 | 40 54 7 | 195 19 .2 | 3 56 . 7 | 4 H. Dracon. | 5 0 | −2 . 23 | 21 . 71 | +3 . 30 | 54 |
| 43 | ν Arietis | 5.6 | 3 49 . 3 | 29 21 .3 | 37 40 9 | 149 24 .2 | 4 07 . 5 | 24 Cephei | 4.8 | +4 . 20 | 21 . 75 | +3 25 | |
| 44 | ι Tauri | 4.8 | 3 55 . 0 | 334 55 .3 | 36 41 .2 | 203 30 .7 | 4 12 . 8 | 9 H. Dracon. | 4.9 | −3 . 32 | 22 . 69 | +2 . 32 | 56 |
| 45 | $\xi^3$ Ceti | 4.2 | 3 56 . 4 | 29 41 .9 | 51 50 .4 | 149 04 .0 | 4 21 8 | θ Cephei | 4.1 | +4 22 | 18 . 11 | +6 . 89 | |
| 46 | θ Cephei | 4 1 | 4 04 . 4 | 147 05 .1 | 50 34 .0 | 31 44 .9 | 4 17 . 9 | μ Ceti | 4.2 | +4 . 46 | 18 . 24 | +6 . 76 | |
| 47 | η Aurigae | 3.3 | 4 11 . 7 | 327 11 .0 | 17 05 .2 | 211 36 .4 | 4 25 . 4 | 22 H. Camel. | 4.6 | −4 . 28 | 35 . 58 | −10 . 58 | 60 |
| 48 | η Cephei | 3.5 | 4 13 . 7 | 145 22 .1 | 51 00 .0 | 33 30 .8 | 4 23 7 | μ Ceti | 4.2 | +4 . 67 | 18 . 05 | +6 . 96 | |
| 49 | δ Arietis | 4.3 | 4 20 . 0 | 27 39 .1 | 39 39 .4 | 151 03 .4 | 4 35 . 9 | 24 Cephei | 4.8 | +3 99 | 21 . 27 | +3 . 74 | 62 |
| 50 | 41 Arietis | 3.6 | 4 21 . 5 | 40 16 .7 | 34 22 .3 | 138 46 .0 | 4 40 . 8 | 41 H. Cephei | 5 2 | +5 . 45 | 21 . 63 | +3 . 38 | |
| 51 | η Gemin. | 3.3 | 4 23 . 5 | 318 57 .3 | 38 57 .3 | 220 04 .4 | 4 32 . 9 | 30 H. U. Mai. | 5.0 | −5 . 35 | 20 . 32 | +4 . 68 | |
| 52 | π Cephei | 4.5 | 4 34 . 7 | 153 00 .7 | 34 43 .0 | 25 36 .7 | 4 45 . 0 | η Tauri | 3.0 | +3 . 75 | 23 . 17 | +1 . 84 | 64 |
| 53 | η Tauri | 3.0 | 4 34 . 7 | 21 32 .8 | 34 08 .7 | 156 53 .9 | 5 04 . 1 | γ Cephei | 3 3 | +3 . 24 | 23 . 74 | +1 . 26 | |
| 54 | 50 Cassiop. | 4.0 | 4 42 . 0 | 148 31 .6 | 23 08 .8 | 30 15 .9 | 4 49 . 8 | ξ Persei | 4.0 | +4 . 35 | 29 . 00 | −3 . 99 | 65 |
| 55 | ν Orionis | 4.4 | 4 43 . 6 | 331 54 .3 | 44 09 .5 | 206 42 .5 | 5 02 . 9 | χ Dracon. | 3.5 | −3 . 76 | 20 . 11 | +4 . 90 | 66 |
| 56 | δ Arietis | 4.3 | 4 47 . 7 | 37 10 6 | 41 42 .0 | 141 49 .4 | 4 58 . 8 | ι Cephei | 3.5 | +5 . 10 | 19 . 84 | +5 . 17 | 67 |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 57 | ε Gemin. | 3.1 | $4^h51^m9$ | 317°00'.5 | 36°33'.3 | 222°03'.3 | $4^h59^m4$ | 30 H. U. Mai. | 5.0 | −5″.57 | 20″.78 | +4″.23 | |
| 58 | λ Tauri | 3.5 | 5 02 . 5 | 22 48.8 | 46 12.9 | 155 38.5 | 5 23 . 4 | β Cephei | 3.1 | +3 . 37 | 19 76 | +5 . 25 | 69 |
| 59 | 24 Cephei | 4.8 | 5 03 . 6 | 152 52.2 | 41 28.1 | 25 44.4 | 5 28 4 | δ Tauri | 3.8 | +3 . 75 | 20 . 87 | +4 . 14 | |
| 60 | γ Gemin. | 2.0 | 5 10 . 6 | 330 12.7 | 42 44.4 | 208 28.8 | 5 24 . 2 | χ Dracon. | 3.6 | −3 . 98 | 20 . 37 | +4 . 64 | 70 |
| 61 | 9 H. Dracon. | 4.9 | 5 15 . 0 | 205 21.6 | 33 05.7 | 333 10.5 | 5 35 . 6 | ε Gemin. | 3.1 | −3 . 56 | 23 . 99 | +1 . 02 | |
| 62 | λ Dracon. | 3.6 | 5 17 4 | 213 04.9 | 39 04.6 | 325 45 1 | 5 29 . 9 | ζ Gemin. | 3.8 | −4 . 55 | 21 . 04 | +3 . 97 | 71 |
| 63 | 24 Cephei | 4.8 | 5 17 . 8 | 153 51 1 | 42 19.9 | 24 42.6 | 5 39 . 5 | α Tauri | 1.0 | +3 . 62 | 20 . 69 | +4 . 32 | |
| 64 | ζ Geminor | 3.8 | 5 19 . 0 | 322 08.5 | 40 07.0 | 216 48.8 | 5 32 . 2 | 3 Dracon. | 5.4 | −4 99 | 20 · 36 | +4 . 65 | |
| 65 | 8 Monocer. | 4.5 | 5 21 . 2 | 341 41.1 | 52 54.1 | 196 07.6 | 5 36 . 7 | 1 H. U. Min. | 5.3 | −2 38 | 18 . 51 | +6 . 50 | |
| 66 | ε Tauri | 3.5 | 5 22 . 5 | 22 15.5 | 39 13.4 | 156 10.3 | 5 50 6 | π Cephei | 4.5 | +3 . 32 | 21 . 80 | +3 . 20 | |
| 67 | ν Tauri | 3.9 | 5 26 . 3 | 27 21.8 | 53 45 2 | 151 18.6 | 5 32 . 5 | α Cephei | 2.7 | +3 93 | 17 . 85 | +7 . 16 | |
| 68 | 30 H. U Mai. | 5.0 | 5 26 . 4 | 223 51.7 | 34 00.4 | 315 13.9 | 5 34 3 | ι Gemin. | 3.8 | −5 . 76 | 21 . 34 | +3 . 67 | |
| 69 | ε Cassiop. | 3.3 | 5 29 5 | 127 03.2 | 27 47.2 | 52 04 4 | 5 40 . 6 | ξ Persei | 4.0 | +6 . 60 | 22 . 02 | +2 . 99 | |
| 70 | β Can. Min. | 2.9 | 5 32 . 3 | 324 41.1 | 52 27.5 | 214 09 3 | 5 43 . 3 | 69 H. U. Mai. | 5.5 | - 4 . 69 | 17 . 75 | +7 . 25 | |
| 71 | λ Dracon. | 3.6 | 5 32 . 6 | 214 03.0 | 37 56.0 | 324 49.5 | 5 45 . 1 | δ Gemin. | 3.3 | −4 : 66 | 21 . 27 | +3 . 71 | 74 |
| 72 | δ Gemin. | 3.3 | 5 34 . 4 | 321 01.3 | 38 51.0 | 217 59.6 | 5 47 . 3 | 3 Dracon. | 5.4 | −5 . 12 | 20 . 59 | +4 . 41 | |
| 73 | τ Dracon. | 4.5 | 5 34 . 6 | 170 30.0 | 49 21.0 | 4 15.7 | 6 03 . 9 | α Orion. | 1.0 | +1 . 24 | 19 . 54 | +5 . 47 | |
| 74 | γ Gemin. | 2.0 | 5 44 . 4 | 341 59.4 | 40 50.4 | 195 44.0 | 6 00 . 6 | 4 U. Min. | 5.0 | −2 . 29 | 21 . 72 | +3 . 29 | 77 |
| 75 | ξ Gemin. | 3.4 | 5 45 . 8 | 340 43.4 | 44 33.0 | 197 11.7 | 6 15 . 0 | β U. Min. | 2.0 | −2 . 50 | 20 . 53 | +4 . 48 | |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 76 | 5 H. Camel. | 4.5 | $5^h48^m.1$ | 149°56'.0 | 19°56'.8 | 28°49.5 | $5^h56^m.1$ | $\mu$ Aurigae | 5.1 | +4".20 | 32".19 | −7".18 | |
| 77 | 4 H. Dracon. | 5.0 | 5 58 .4 | 200 41 .5 | 35 38 .1 | 337 33 .5 | 6 19 .6 | $\delta$ Gemin. | 3.3 | −2 .94 | 23 .31 | +1 .70 | 82 |
| 78 | $\lambda$ Dracon. | 3.6 | 5 59 .9 | 215 43 .8 | 35 40 .8 | 323 11 .8 | 6 08 .8 | $\varkappa$ Gemin | 3.4 | −4 .85 | 21 .85 | +3 .15 | 83 |
| 79 | 9 H. Dracon. | 4.9 | 6 00 .4 | 205 44 .9 | 30 17 .7 | 332 48 .2 | 6 19 .8 | $\iota$ Gemin. | 3.8 | −3 .60 | 25 .28 | −0 .27 | 84 |
| 80 | $\pi^5$ Orion. | 3.7 | 6 03 .0 | 22 04 .2 | 56 16 .8 | 156 20 .0 | 6 14 .0 | $\alpha$ Cephei | 2.7 | +3 .26 | 17 .59 | +7 .42 | |
| 81 | 4 U. Min. | 5.0 | 6 06 .8 | 196 00 .3 | 40 39 .1 | 341 34 .0 | 6 24 .3 | $\lambda$ Gemin. | 3.6 | −2 .32 | 21 .77 | +3 .24 | 85 |
| 82 | $\eta$ Cephei | 3.5 | 6 09 .9 | 159 35 .4 | 58 25 .5 | 18 33 .4 | 6 30 .9 | $\delta$ Orion. | 2.2 | +2 .81 | 17 .30 | +7 .71 | |
| 83 | $\theta$ Cephei | 4.1 | 6 10 .0 | 162 07 .0 | 58 01 .9 | 15 45 .7 | 6 21 .2 | $\delta$ Orion. | 2.2 | +2 .46 | 17 .44 | +7 .57 | |
| 84 | 18 Monocer. | 4.7 | 6 10 .6 | 349 45 .9 | 54 10 .4 | 185 42 .2 | 6 29 .0 | $\omega$ Dracon. | 4.9 | −1 .04 | 18 .44 | +6 .57 | |
| 85 | 50 Cassiop. | 4.0 | 6 25 .5 | 146 17 .5 | 30 59 .6 | 32 34 .4 | 6 34 .5 | $\beta$ Tauri | 1.8 | +4 .59 | 23 .98 | +1 .02 | 86 |
| 86 | $\chi$ Gemin. | 5.1 | 6 29 .3 | 321 25 .5 | 32 23 .1 | 217 32 .8 | 6 40 .6 | $\lambda$ Dracon. | 3.6 | −5 .06 | 22 .85 | +2 .16 | |
| 87 | $\zeta$ Tauri | 3.0 | 6 35 .6 | 24 38 .2 | 37 26 .0 | 153 55 .4 | 6 51 .4 | 21 Cassiop. | 5.8 | +3 .62 | 22 .24 | +2 .77 | |
| 88 | $\nu$ Orion. | 4.4 | 6 52 .0 | 17 32 .8 | 42 55 .3 | 160 32 .2 | 7 02 .9 | $\pi$ Cephei | 4.6 | +2 .72 | 20 .92 | +4 .09 | 87 |
| 89 | $\lambda$ Dracon. | 3.6 | 6 52 .8 | 217 57 .8 | 31 21 .4 | 321 01 .0 | 7 13 .6 | $\iota$ Cancri | 4.1 | −5 .10 | 23 .21 | +1 .79 | |
| 90 | 24 Cephei | 4.8 | 6 58 .7 | 161 57 .6 | 47 36 .6 | 15 57 .6 | 7 24 .1 | S Moncer. | (4.4) | +2 .51 | 19 .71 | +5 .29 | |
| 91 | 4 Cassiop. | 5.5 | 7 17 .2 | 148 38 .7 | 52 41 .6 | 30 08 .0 | 7 25 .7 | $\alpha$ Orionis | 1.0 | +4 .27 | 17 .91 | +7 .09 | |
| 92 | $\xi$ Gemin. | 3.4 | 7 23 .1 | 14 48 .5 | 44 26 .2 | 162 58 .9 | 7 37 .9 | $\pi$ Cephei | 4.5 | +2 .37 | 20 .60 | +4 .41 | 92 |
| 93 | $\eta$ Gemin. | 3.3 | 7 25 .2 | 29 51 .1 | 36 49 .7 | 148 55 .4 | 7 43 .5 | 50 Cassiop. | 4.0 | +4 .26 | 22 .00 | +3 .01 | 91 |
| 94 | $\zeta$ Tauri | 3.0 | 7 25 .9 | 42 13 .7 | 41 15 .8 | 136 50 .9 | 7 39 .6 | $\varepsilon$ Cassiop. | 3.3 | +5 .64 | 19 .42 | +5 .59 | |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 95 | 24 Cephei | 4 8 | $7^h29^m.2$ | 164°40′.8 | 48°49′.2 | 12°51′.3 | $8^h01^m.7$ | β Canis. Min. | 2.9 | +2″.11 | 19″.51 | +5″.50 | |
| 96 | δ Cancri | 3 9 | 7 33 .0 | 334 45.0 | 39 51.3 | 203 42.5 | 7 51 .6 | β U Min. | 2.0 | —3 .33 | 21 .58 | +3 .43 | 94 |
| 97 | μ Gemin. | 2.9 | 7 33 3 | 29 51.0 | 36 48.3 | 148 55.6 | 7 43 .8 | 50 Cassiop. | 4.0 | +4 .26 | 22 .00 | +3 00 | 93 |
| 98 | 36 H Cassiop. | 5 4 | 7 42 .3 | 148 10 8 | 34 09.5 | 30 37 .4 | 7 52 .4 | ε Gemin. | 3 1 | +4 .36 | 22 .89 | +2 .12 | |
| 99 | 40 Lyncis | 3.2 | 7 44 .4 | 314 36.5 | 26 33.0 | 224 29.7 | 8 00 .3 | 3 Dracon. | 5.4 | —5 .81 | 24 .33 | +0 .68 | |
| 100 | ι Cancri | 4.1 | 7 52 .0 | 336 53.3 | 28 36.0 | 201 22.7 | 8 16 .7 | 4 H Dracon. | 5.0 | —3 .00 | 26 .67 | —1 66 | 96 |
| 101 | ζ Hydrae | 3 1 | 7 52 .0 | 341 02 7 | 51 21.8 | 196 51.0 | 8 12 .8 | ω Dracon. | 4.9 | —2 .47 | 18 .82 | +6 .18 | |
| 102 | 40 Lyncis | 3 2 | 7 58 .4 | 320 24.7 | 25 15.2 | 208 35.3 | 8 03 .6 | λ Dracon. | 3.6 | —5 .16 | 26 .24 | —1 .24 | 97 |
| 103 | 47 H. Cephei | 5.8 | 8 06 .6 | 160 04.5 | 33 00.5 | 18 04.6 | 8 22 .4 | κ Gemin. | 3.4 | +2 .82 | 24 .50 | +0 .51 | |
| 104 | 50 Cassiop. | 4.0 | 8 07 .6 | 150 12.8 | 38 30.7 | 28 32 2 | 8 13 .3 | ζ Gemin. | 3.8 | +4 09 | 21 56 | +3 .45 | 100 |
| 105 | π Leonis | 4.9 | 8 12 .0 | 326 39.2 | 51 59.2 | 212 10.6 | 8 33 .0 | $\eta_1$ Dracon. | 2.7 | - 4 .45 | 17 .96 | +7 .04 | |
| 106 | 10 Leon Min. | 4 6 | 8 18 8 | 321 31.9 | 22 50.6 | 217 38.9 | 8 32 .3 | λ Dracon. | 3.6 | —5 .05 | 28 .10 | 3 09 | 102 |
| 107 | 5 H Camel. | 4.5 | 8 21 .3 | 144 41.4 | 31 56.4 | 34 13.2 | 8 39 .2 | ι Gemin. | 3.8 | +4 .78 | 23 .36 | +1 .65 | 104 |
| 108 | θ Gemin. | 3 4 | 8 21 .8 | 45 35.1 | 27 46.6 | 133 32.8 | 8 33 .1 | 9 Camel | 4.4 | +6 .00 | 23 .35 | +1 .65 | |
| 109 | 9 H. Dracon. | 4.9 | 8 23 .4 | 198 50.5 | 22 29.4 | 339 09.5 | 8 37 .9 | 40 Lyncis | 3.2 | 2 60 | 31 .51 | —6 .50 | 105 |
| 110 | θ Hydrae | 3.9 | 8 23 .7 | 345 38.4 | 54 25.0 | 191 26.3 | 8 52 .6 | δ Dracon. | 3.0 | —1 .76 | 18 .30 | +6 .71 | |
| 111 | 24 Cephei | 4 8 | 8 25 .7 | 169 55.5 | 50 32.4 | 6 03 8 | 9 10 .1 | ζ Hydrae | 3.1 | +1 .31 | 19 .24 | +5 .77 | |
| 112 | π Leonis | 4.9 | 8 32 .1 | 332 44.6 | 50 35.2 | 205 50.0 | 8 50 .5 | ζ Dracon. | 3.0 | —3 .66 | 18 .61 | +6 .39 | |
| 113 | A Dracon. | 5.0 | 8 37 .1 | 205 53.7 | 46 31.9 | 332 40.9 | 8 44 .3 | κ Leonis | 1.3 | —3 .66 | 19 .55 | +5 .46 | 108 |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 114 | 4 | U. Min. | 5.0 | $8^h38^m.7$ | 201°50'.6 | 33°43'.1 | 336°29'.3 | $8^h44^m.9$ | ε Leonis | 3.0 | −3″.09 | 24″.02 | +0″.99 | 109 |
| 115 | 9 | Camel. | 4.4 | 8 53 .6 | 134 16 .9 | 29 58 .9 | 44 50 .3 | 9 01 .6 | ρ Gemin. | 4.4 | +5 .92 | 22 .55 | +2 .46 | |
| 116 | α | Leonis | 1.3 | 8 59 .7 | 337 47 ,7 | 45 37 .5 | 200 27 .3 | 9 23 .4 | ψ Dracon. | 4.7 | −2 .94 | 20 .08 | +4 .93 | 113 |
| 117 | ζ | Leonis | 3.4 | 9 01 .6 | 331 05 .6 | 34 54 .5 | 207 34 .3 | 9 14 .6 | β U. Min. | 2.0 | −3 .85 | 23 .02 | +1 .99 | 114 |
| 118 | l | Leonis | 5.4 | 9 14 0 | 329 38 .4 | 48 36 .9 | 209 04 7 | 9 21 .4 | ζ Dracon. | 3.0 | −4 .07 | 18 .86 | +6 .14 | |
| 119 | β | Gemin. | 1.1 | 9 21 .5 | 42 57 .3 | 33 39 .0 | 136 08 .1 | 9 31 .3 | 9 Camel. | 4.4 | +5 .73 | 21 .50 | +3 .51 | |
| 120 | A | Dracon. | 5.0 | 9 21 .6 | 209 48 .3 | 43 39 .1 | 328 56 .4 | 9 42 .9 | θ Leonis | 3.3 | −4 .15 | 20 .02 | +4 .99 | |
| 121 | ε | Cassiop. | 3 3 | 9 31 6 | 148 18 .7 | 50 39 .1 | 30 28 9 | 9 45 .7 | β Coneri | 3.5 | +4 .31 | 18 .31 | +6 .70 | |
| 122 | 40 | Lyncis | 3 2 | 9 46 .1 | 16 17 .5 | 22 32 .2 | 161 40 .3 | 10 08 .1 | Br. 1147 | 5.8 | +2 .68 | 31 .40 | −6 .39 | |
| 123 | α | Cancri | 4 1 | 9 50 .3 | 19 21 8 | 45 49 .2 | 158 51 .8 | 10 09 .9 | 50 Cassiop. | 4.0 | +2 .94 | 20 .03 | +4 .98 | |
| 124 | l | Leonis | 5.4 | 9 50 .7 | 341 28 .0 | 46 30 .6 | 196 20 .7 | 10 17 .2 | τ Dracon | 4.5 | −2 .39 | 20 .03 | +4 .98 | |
| 125 | θ | Leonis | 3 3 | 9 57 .2 | 333 45 .1 | 42 42 .2 | 204 45 .7 | 10 18 .4 | ψ Dracon. | 4 7 | −3 .50 | 20 .64 | +4 .37 | 117 |
| 126 | ε | Dracon. | 3 8 | 10 06 .5 | 194 22 3 | 50 51 .2 | 343 11 .5 | 10 24 .9 | σ Leonis | 4.1 | −2 .14 | 19 .02 | +5 .99 | |
| 127 | ε | Cassiop. | 3.3 | 10 06 .8 | 152 18 .4 | 53 03 .4 | 26 19 .4 | 10 14 .5 | ζ Hydrae | 3.1 | +3 .80 | 18 .04 | +6 .97 | |
| 128 | 4 | H Dracon. | 5.0 | 10 16 .6 | 194 05 .5 | 23 22 .0 | 343 32 .6 | 10 43 .1 | ν U. Mai. | 3.4 | −1 .93 | 31 .16 | −6 .15 | |
| 129 | d | U. Mai. | 4.5 | 10 25 .2 | 161 02 .5 | 15 15 .7 | 17 07 .9 | 10 41 .3 | μ U. Mai. | 3.0 | +2 .85 | 41 .02 | −16 01 | 120 |
| 130 | ψ | U. Mai. | 3.0 | 10 31 .8 | 331 5 '.7 | 12 28 .0 | 206 35 .3 | 10 39 .5 | 3 Dracon. | 5.4 | −3 .55 | 46 .38 | −21 .37 | |
| 131 | 19 | H. Camel. | 5.1 | 10 38 .3 | 160 17 .2 | 33 47 .0 | 17 50 .6 | 10 55 .1 | ζ Leonis | 3.4 | +2 .79 | 24 .17 | +0 .84 | |
| 132 | θ | Cephei | 4.1 | 10 38 .4 | 196 51 .6 | 57 56 .9 | 341 02 .9 | 11 11 .9 | η Virginis | 3.7 | −2 .49 | 17 .45 | +7 .56 | |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 133 | o Virgin. | 4.1 | $10^h43^m4$ | 334°27'.7 | 49°28'.5 | 204°00'.9 | $10^h49^m5$ | δ Dracon. | 3.0 | −3″.42 | 18″.95 | +6″.05 | |
| 134 | 36 H. Cassiop. | 5.4 | 10 44 .9 | 159 21.4 | 45 33.1 | 18 49.8 | 10 58 .5 | α Leonis | 1.3 | +2 .87 | 20 .13 | +4 .88 | |
| 135 | α Cancri | 4.1 | 10 45 .6 | 37 03.7 | 49 26 0 | 141 54.7 | 10 55 .5 | 9 H. Camel. | 5.5 | +5 .08 | 18 .11 | +6 .90 | |
| 136 | 19 Leon. Min. | 5 2 | 10 52 .4 | 38 48.8 | 18 02.7 | 140 12.6 | 11 06 .6 | σ² U. Mai. | 4.9 | +5 .33 | 31 .97 | −6 .96 | |
| 137 | β Leonis | 2.1 | 10 58 .2 | 343 04.7 | 42 11 8 | 194 27 8 | 11 35 .4 | χ Cephei | 4 3 | −2 .12 | 21 .36 | +3 .65 | |
| 138 | σ² U. Mai. | 4 9 | 10 58 .8 | 141 12 8 | 17 22 .0 | 37 47 .4 | 11 13 .9 | μ U. Mai. | 3 0 | +5 .23 | 33 .06 | −8 .05 | 125 |
| 139 | 24 Comae | 5 1 | 10 59 3 | 326 0 .8 | 41 11 .5 | 212 49 .0 | 11 06 .1 | ω Dracon. | 4 9 | −4 .52 | 20 .44 | +4 .57 | |
| 140 | ψ Dracon. | 4.7 | 11 00 .2 | 207 39.1 | 40 08 .9 | 331 00 .2 | 11 13 .8 | 24 Comae | 5.1 | −3 .87 | 21 .19 | +3 82 | |
| 141 | η Virginis | 3.7 | 11 08 .6 | 340 04 8 | 58 06 .2 | 197 56 .6 | 11 33 .9 | α Cephei | 2 7 | −2 .64 | 17 .39 | +7 .61 | |
| 142 | 24 Comae | 5.1 | 11 16 .0 | 331 46 .1 | 40 00 .3 | 206 51 .0 | 11 37 .1 | χ Dracon. | 3.6 | −3 .77 | 21 .30 | +3 .71 | |
| 143 | δ Dracon. | 3 0 | 11 18 .9 | 206 55 .8 | 47 44 2 | 331 41 .8 | 11 34 .2 | ε Virginis | 3.4 | −3 79 | 19 .20 | +5 .81 | |
| 144 | 9 Camelop. | 4.3 | 11 22 .2 | 144 27 .7 | 43 28 .8 | 34 27 .0 | 11 38 .9 | η Leonis | 3.4 | +4 .79 | 19 .63 | +5 .37 | 127 |
| 145 | δ Virginis | 3.4 | 11 27 .8 | 334 12 .6 | 55 02 0 | 204 17 .2 | 11 38 .4 | ζ Cephei | 4.1 | −3 .47 | 17 .77 | +7 24 | |
| 146 | 9 H. Camelop. | 5.5 | 11 30 .5 | 146 00 .4 | 52 16 9 | 32 51 .6 | 11 38 .7 | π Leonis | 4.9 | +4 59 | 17 .84 | +7 .17 | |
| 147 | Gr. 1374 | 5.5 | 11 30 .9 | 150 46 .9 | 27 32 .2 | 27 56 .0 | 11 39 .7 | 42 Leon. Min. | 5.3 | +4 .05 | 26 .36 | −1 36 | |
| 148 | ε Dracon. | 3 8 | 11 34 .2 | 202 46 .5 | 46 59 .2 | 335 37 .4 | 11 46 .4 | ε Virginis | 2.8 | −3 .25 | 19 .61 | +5 .39 | |
| 149 | 43 Comae | 4 2 | 11 35 3 | 319 55 .5 | 32 27 .2 | 219 04 8 | 11 43 .4 | A. Dracon. | 5 0 | −5 .23 | 22 .60 | +2 .40 | 129 |
| 150 | 19 H. Camel. | 5 1 | 11 39 .2 | 161 37 .2 | 36 31 9 | 16 22 .2 | 11 51 .2 | δ Leonis | 2.4 | +2 .59 | 23 .13 | +1 .88 | |
| 151 | 1 Leonis | 5.4 | 11 42 .2 | 19 21 .4 | 47 02 6 | 158 52 2 | 12 05 .2 | 5 H. Camel. | 4.5 | +2 .94 | 19 .72 | +5 .29 | |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 152 | 47 H. Cephei | 5.8 | $11^h50^m0$ | 168°07'.9 | 41°54'.1 | 8°34'.4 | $12^h07^m9$ | β Leonis | 2.1 | +1".65 | 21".55 | +3".45 | |
| 153 | 19 U. Min. | 5 8 | 11 51 . 5 | 205 48.2 | 29 58.4 | 332 45.1 | 12 07 . 7 | 43 Comae | 4 2 | −3 . 60 | 25 . 44 | −0 . 43 | |
| 154 | 22 H. Camel. | 4 6 | 12 13 . 5 | 145 51.7 | 39 07 8 | 33 00.8 | 12 36 . 0 | δ Leonis | 2 4 | +4 . 62 | 20 . 95 | +4 . 06 | |
| 155 | τ Dracon. | 4.5 | 12 15 . 6 | 205 10.1 | 40 42.4 | 333 21.9 | 12 31 7 | τ Bootis | 4.5 | −3 . 55 | 21 . 20 | +3 . 80 | 134 |
| 156 | ω Dracon. | 4 9 | 12 21 . 0 | 217 47.8 | 35 12 8 | 321 10.8 | 12 31 . 9 | d B otis | 4.9 | −5 . 09 | 21 . 76 | +3 . 24 | 136 |
| 157 | ψ Dracon. | 4 9 | 12 28 . 8 | 212 13.6 | 34 01.0 | 326 35.9 | 12 46 . 7 | d Boot s | 4.9 | −4 . 43 | 22 . 88 | +2 . 13 | 137 |
| 158 | τ Dracon. | 4.5 | 12 29 . 4 | 206 02.2 | 39 52.5 | 332 32 5 | 12 37 . 9 | $\eta_1$ Bootis | 2.8 | −3 . 66 | 21 . 40 | +3 . 61 | 138 |
| 159 | α Bootis | 1.0 | 12 34 . 0 | 323 32 6 | 40 56.6 | 215 22.6 | 12 53 . 4 | δ Draconis | 3.0 | 4 . 82 | 20 . 27 | +4 . 74 | 139 |
| 160 | 5 H. Camelop. | 4.5 | 12 35 . 7 | 161 36.5 | 48 28.4 | 16 21.1 | 12 50 . 4 | ο Virginis | 4.1 | +2 . 55 | 19 . 48 | +5 . 52 | |
| 161 | χ Cephei | 4.2 | 12 39 . 5 | 198 07.7 | 39 42.2 | 339 52.5 | 12 49 . 9 | τ Bootis | 4.5 | −2 . 61 | 21 . 97 | +3 . 03 | 140 |
| 162 | τ Virginis | 4.2 | 12 40 . 1 | 336 35 2 | 56 31.2 | 201 45.2 | 12 50 . 6 | 20 Cephei | 5.7 | −3 . 14 | 17 . 58 | +7 . 43 | |
| 163 | λ Dracon. | 3.6 | 12 40 . 7 | 155 51.0 | 15 45.7 | 22 39.7 | 13 01 . 9 | 8 Can. Ven. | 4.3 | +3 . 50 | 39 . 11 | −14 . 10 | |
| 164 | τ Dracon. | 4.5 | 12 40 . 9 | 206 43.6 | 39 09.8 | 331 53 2 | 12 58 . 1 | α Boot's | 1.0 | −3 . 75 | 21 . 57 | +3 . 43 | 141 |
| 165 | 35 Dracon. | 5.0 | 12 45 . 5 | 203 52.8 | 32 37.5 | 334 34.2 | 13 07 . 1 | d Bootis | 4 9 | −3 . 36 | 24 34 | +0 . 67 | 142 |
| 166 | ι Cephei | 3.5 | 12 47 0 | 194 23.4 | 55 26 9 | 343 11.5 | 13 02 . 4 | τ V rginis | 4.2 | −2 . 15 | 18 . 01 | +6 . 99 | |
| 167 | d Bootis | 4.9 | 12 48 . 8 | 327 25 9 | 33 51.1 | 211 21.8 | 13 08 . 2 | χ Dracon. | 3.6 | −4 . 32 | 23 . 04 | +1 . 97 | 143 |
| 168 | 17 H. Can. Ven. | 4.9 | 13 01 . 2 | 341 51 5 | 19 19.2 | 195 39.0 | 13 32 . 2 | β U. Min. | 2.0 | −2 . 09 | 35 . 37 | −10 . 37 | |
| 169 | β Leonis | 2.1 | 13 02 . 6 | 27 30.8 | 44 13.5 | 151 10.2 | 13 23 . 1 | 22 H. Camel. | 4 6 | +3 . 96 | 19 . 81 | +5 . 20 | 146 |
| 170 | 9 H. Camel. | 5.5 | 13 07 . 6 | 158 05.6 | 58 33.9 | 20 19.9 | 13 24 . 3 | $\eta_1$ Virginis | 3 7 | +3 . 02 | 17 . 22 | +7 . 79 | |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 171 | 8 | Can. Ven. | 4.3 | $13^h29^m.4$ | 39°21'.6 | 17°43'.7 | 139°40'.4 | $13^h38^m.7$ | 3 Dracon. | 5.4 | +5″.39 | 32″.18 | −7″.17 | |
| 172 | ι | Virginis | 4.0 | 13 30 .6 | 348 23.6 | 62 28.4 | 187 56.6 | 13 49 .4 | γ Cassiop. | 2 0 | −1 .34 | 16 .76 | +8 .24 | |
| 173 | γ | U Min. | 3 0 | 13 32 .1 | 205 14 3 | 19 01.0 | 333 15.4 | 13 45 .2 | γ Boot | 2.9 | −3 .46 | 34 .35 | −9 .34 | 155 |
| 174 | χ | Dracon. | 3.6 | 13 32 .6 | 212 03.9 | 32 04.7 | 326 45 .3 | 13 44 .2 | ψ Boot. | 4.5 | −4 .41 | 23 .70 | +1 .31 | 156 |
| 175 | 0 | Cephei | 4.1 | 13 44 .0 | 218 33.1 | 45 57.8 | 320 26.7 | 13 48 .6 | β Serpent. | 3.4 | −5 .19 | 18 .32 | +6 .26 | |
| 176 | χ | Dracon. | 3,6 | 14 02 .2 | 212 32.2 | 29 54.0 | 326 17.8 | 14 10 .1 | β Coronae | 3.7 | −4 .46 | 24 .93 | +0 .07 | 165 |
| 177 | β | Boot. | 3.3 | 14 02 .6 | 323 47.3 | 18 02.5 | 215 06.7 | 14 27 .9 | A Dracon. | 5.0 | −4 .72 | 33 .41 | −8 .39 | |
| 178 | δ | Boot. | 3 2 | 14 04 .5 | 325 52.7 | 25 26 3 | 212 57.8 | 14 22 .0 | ψ Dracon. | 4 7 | −4 .50 | 27 .14 | −2 .13 | 166 |
| 179 | d | U. Mai. | 4.5 | 14 05 .0 | 142 54.9 | 31 58.1 | 36 02.4 | 14 30 .6 | 43 Comae | 4.2 | +4 .99 | 23 .11 | +1 .90 | |
| 180 | ι | Cephei | 3.5 | 14 05 .9 | 203 20.6 | 51 55.4 | 335 05.7 | 14 22 .3 | α Serpent. | 2.5 | −3 .34 | 18 .45 | +6 .56 | |
| 181 | 12 | Can. Ven. sq. | 2.8 | 14 07 .5 | 42 56.9 | 21 50.4 | 136 08.7 | 14 22 .8 | 3 Dracon. | 5 4 | +5 .75 | 27 .39 | −2 .38 | |
| 182 | β | Cephei | 3.1 | 14 12 .1 | 207 38.7 | 43 25.1 | 331 00.6 | 14 21 .4 | β Serpent. | 3.4 | −3 .88 | 20 .24 | +4 .77 | 169 |
| 183 | α | Coronae. | 2.2 | 14 16 .5 | 327 43.5 | 32 11.0 | 211 03 5 | 14 24 .7 | τ Dracon. | 4.5 | −4 .28 | 23 .77 | +1 .23 | 172 |
| 184 | τ | Dracon. | 4.5 | 14 26 .6 | 211 05.6 | 32 03.2 | 327 41.7 | 14 39 .6 | ε Coronae | 4.0 | −4 .29 | 23 .83 | +1 18 | 178 |
| 185 | α | Serpent. | 2.5 | 14 31 .6 | 337 58.5 | 51 26.5 | 200 34.0 | 14 47 .0 | 41 H. Cephei | 5.2 | −2 .96 | 18 .67 | +6 .34 | |
| 186 | Gr. 1374 | | 5.5 | 14 35 .6 | 155 00.5 | 39 38.1 | 23 29.5 | 14 53 0 | η Bootis | 2.8 | +3 .47 | 21 .59 | +3 .42 | |
| 187 | 19 | H. Camel. | 5 1 | 14 36 .0 | 170 00.9 | 42 42.7 | 5 15.0 | 14 52 .0 | ζ Boot. m. | 3.6 | +1 .36 | 21 .36 | +3 .65 | |
| 188 | η | Bootis | 2.8 | 14 44 .2 | 20 15.7 | 39 10.9 | 158 02 5 | 15 04 .5 | Fr 1147 | 5.8 | +3 .07 | 21 .95 | +3 .06 | |
| 189 | 43 | Comae | 4.2 | 14 50 .2 | 43 24.9 | 33 42.4 | 135 41 .2 | 15 03 .2 | 30 H U. Mai. | 5.0 | +5 .78 | 21 .41 | +3 .52 | |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 190 | Br. 1147 | 5.8 | $14^h50^m.7$ | 157°22'.3 | 38°27'.7 | 200°58'.9 | $15^h06^m.5$ | $\alpha$ Bootis | 1.0 | +3″.16 | 22″.14 | +2″.86 | |
| 191 | $\gamma$ Hercul. | 3.5 | 14 52 .1 | 327 39 .5 | 40 16 .1 | 211 08 .0 | 14 58 .4 | $\beta$ Cephei | 3.1 | −4 .31 | 20 .86 | +4 15 | 184 |
| 192 | $\beta$ Serpent. | 3.4 | 14 52 .6 | 341 47 .5 | 41 41 .0 | 195 58 .0 | 15 20 .2 | $\gamma$ Cephei | 3.3 | −2 .32 | 21 .43 | +3 .57 | |
| 193 | $\lambda$ Bootis | 4.0 | 14 56 .9 | 38 25 7 | 12 16 .3 | 140 35 .6 | 15 14 8 | $\alpha$ Dracon. | 3.4 | +5 .33 | 41 .66 | −16 .65 | |
| 194 | $\alpha$ Serpent. | 2.5 | 15 01 .3 | 347 19 .4 | 50 11 .4 | 189 20 .6 | 15 32 .6 | 50 Cassiop. | 4.0 | −1 .47 | 19 30 | +5 .71 | |
| 195 | $\rho$ Bootis | 3.7 | 15 04 .7 | 17 41 .0 | 26 43 .6 | 160 27 5 | 15 13 .1 | 4 H. Dracon. | 5.0 | +2 .80 | 27 .99 | −2 .98 | 187 |
| 196 | $\mu$ Virginis | 3.9 | 15 06 .3 | 7 42 8 | 62 15 3 | 168 31 .1 | 15 33 .3 | 10 Camel. | 4.1 | +1 .50 | 16 .79 | +8 .22 | |
| 197 | 20 Cephei | 5.7 | 15 08 .5 | 217 49 .4 | 47 02 .1 | 321 09 .5 | 15 17 .6 | $\alpha$ Hercul. | (3 0) | −5 .11 | 18 .58 | +6 .43 | |
| 198 | $\tau$ Dracon. | 4.5 | 15 23 .7 | 211 25 .0 | 27 55 .7 | 327 22 .5 | 15 48 .3 | $\varepsilon$ Hercul. | 3.6 | −4 .31 | 25 .85 | −0 .84 | |
| 199 | h U. Mai. | 3.5 | 15 30 .9 | 138 17 .5 | 42 29 .5 | 40 45 .6 | 16 03 3 | $\alpha$ Boot. | 1 0 | +5 .49 | 19 .28 | +5 .73 | |
| 200 | $\delta$ Bootis | 3.2 | 15 30 .9 | 9 54 .5 | 23 17 .8 | 166 54 .3 | 15 49 .4 | 4 U. Min | 5.0 | +1 .97 | 31 .19 | −6 .19 | |
| 201 | $\alpha$ Hercul. | (3.0) | 15 32 .4 | 325 48 .5 | 45 48 .8 | 213 02 6 | 15 39 .4 | $\iota$ Cephei | 3.5 | −4 .55 | 19 .21 | +5 .77 | 195 |
| 202 | $\tau$ Bootis | 4.5 | 15 32 .8 | 39 11 .1 | 43 55 9 | 139 50 .3 | 15 46 .6 | h U. Mai. | 3.5 | +5 .32 | 19 .10 | +5 .91 | 196 |
| 203 | $\varepsilon$ Hercul. | 3 6 | 15 32 .8 | 321 02 .4 | 29 10 .1 | 217 56 .3 | 15 39 .5 | $\varepsilon$ Dracon. | 3.8 | −5 .10 | 24 .21 | +0 .80 | 197 |
| 204 | $\lambda$ Dracon. | 3.6 | 15 36 .0 | 141 26 .5 | 29 38 4 | 37 33 .0 | 15 50 .0 | $\rho$ Bootis | 3 7 | +5 .16 | 23 .90 | +1 .11 | 199 |
| 205 | $\delta$ Hercul. | 3.0 | 15 43 .0 | 323 43 3 | 35 11 4 | 215 11 .4 | 16 05 .3 | $\beta$ Cephei | 3.1 | −4 .79 | 22 .09 | +2 .92 | |
| 206 | 4 H. Dracon. | 5.0 | 15 44 .6 | 159 06 .4 | 28 14 .0 | 19 08 .3 | 16 05 .3 | $\beta$ Coronae | 3.7 | +2 .97 | 23 .36 | −1 .90 | 201 |
| 207 | 8 Dracon. | 5.2 | 15 48 .2 | 132 19 .9 | 22 47 .4 | 46 49 0 | 15 53 .0 | $\gamma$ Bootis | 2.9 | +6 .13 | 25 .78 | −0 .73 | |
| 208 | 3 Dracon. | 5.4 | 15 55 .6 | 136 33 .2 | 30 46 .4 | 42 31 .9 | 16 02 .7 | $\rho$ Bootis | 3.7 | +5 .69 | 22 .62 | +2 .39 | |

| № | * | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 209 | $\eta_1$ Hercul. 3.3 | $16^h00^m.7$ | 335°16′.4 | 18°21′.6 | 203°04′.4 | $16^h07^m.0$ | $\psi$ Dracon. 4.7 | −3″.15 | 19″.28 | −10″.58 | 205 |
| 210 | $\zeta$ Bootis m. 3.6 | 16 02 .1 | 29 27.6 | 45 36.1 | 149 17 9 | 16 18 .0 | $\sigma^2$ U. Mai. 4 9 | +4 .20 | 19 .50 | +5 .51 | 206 |
| 211 | $\chi$ Dracon. 3.6 | 16 05 1 | 207 28.5 | 21 07 .4 | 331 08 .8 | 16 21 .6 | $\pi$ Hercul. 3.1 | −3 .78 | 20 .69 | −6 59 | 207 |
| 212 | 22 H. Camel. 4 6 | 16 05 .6 | 166 37.7 | 52 22 4 | 10 19.8 | 16 19 .6 | $\varepsilon$ Serpent. 3,5 | +1 82 | 18 .74 | +6 .27 | |
| 213 | $\alpha$ Hercul. (3.0) | 16 12 0 | 338 57 .3 | 43 16.2 | 199 09.6 | 16 32 .6 | 21 Cassiop. 5 8 | +2 .76 | 20 .80 | +4 .20 | |
| 214 | $\gamma$ Cassiop. 2.0 | 16 12 .6 | 207 03 8 | 56 30 .9 | 331 34 .4 | 16 22 .8 | 67 Ophiuch 4 0 | −3 .82 | 17 .37 | +7 .64 | |
| 215 | $\lambda$ Dracon. 3.6 | 16 17 .0 | 142 36 .5 | 33 07 .8 | 36 21 .1 | 16 26 .1 | $\psi$ Bootis 4.5 | +5 .02 | 22 .60 | +2 .40 | 214 |
| 216 | $\alpha$ Coronae 2.2 | 16 17 .0 | 20 15 .6 | 30 48 3 | 158 03 .5 | 16 35 .3 | 4 H. Dracon. 5 0 | +3 .10 | 24 .64 | −0 38 | 215 |
| 217 | 3 Dracon. 5.4 | 16 31 7 | 158 16.0 | 34 09 .4 | 40 47 .2 | 16 38 .0 | $\psi$ Bootis 4.5 | +5 .50 | 21 .63 | +3 .37 | |
| 218 | 4 H. Dracon 5.0 | 16 32 6 | 158 05 .2 | 30 40 .3 | 20 13 9 | 16 39 .8 | $\varepsilon$ Coronae 4.0 | +3 .10 | 24 .57 | −0 .45 | 220 |
| 219 | d U. Mai. 4.5 | 16 36 .7 | 151 46.0 | 43 26 .0 | 26 53 .6 | 16 57 .7 | $\beta$ Serpent. 3.4 | +3 89 | 20 23 | +4 .77 | |
| 220 | $\rho$ Hercul. 3 8 | 16 37 .8 | 321 56 .1 | 31 28 .0 | 217 01 .5 | 16 51 .3 | $\beta$ Cephei 3.1 | −5 .00 | 23 30 | +1 .70 | 221 |
| 221 | $\iota$ Cephei 3.5 | 16 40 .3 | 218 39 .1 | 40 48 .8 | 320 20 .9 | 16 56 .1 | 110 Hercul 4.1 | −5 .20 | 19 .97 | +5 .03 | 224 |
| 222 | $\beta$ Coronae 3.7 | 16 45 .6 | 36 19 .2 | 30 50 .1 | 142 38 .6 | 16 54 .0 | $\varkappa$ Dracon. 3.6 | +5 .02 | 23 .55 | +1 46 | 225 |
| 223 | $\theta$ Hercul 3.8 | 16 46 .5 | 322 38 .9 | 22 01 .2 | 216 17 .1 | 17 04 .0 | $\varepsilon$ Dracon 3.8 | −4 .88 | 21 .95 | −4 .05 | 226 |
| 224 | 50 Cassiop 4.0 | 16 46 .8 | 196 14 0 | 47 55 .2 | 341 34 .7 | 17 08 .5 | 72 Ophiuch. 3.6 | −2 .38 | 19 .67 | +5 .34 | |
| 225 | 4 U. Min. 5.0 | 16 49 .3 | 161 39 .1 | 25 34 .0 | 16 22 .9 | 17 11 .1 | $\zeta$ Hercul 2.9 | +2 .65 | 28 .91 | - 3 .90 | 227 |
| 226 | $\gamma$ U. Min. 3.0 | 16 51 .0 | 157 50 .3 | 18 24 .0 | 20 32 .6 | 17 12 .6 | $\eta_1$ Hercul. 3.3 | +3 .22 | 19 .31 | −10 .45 | 228 |
| 227 | $\pi$ Cephei 4.5 | 16 54 .1 | 205 32 .5 | 36 44 .1 | 333 00 .5 | 17 12 .0 | 109 Hercul. 3.9 | −3 .59 | 22 .51 | +2 .50 | 229 |

# К работе Н.Н. Горячева
# „Способ подбора...."




Чер. 2.




Чер. 1

| № | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 22 | 22 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | | | |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 228 | β Coronae | 3.7 | $17^h06^m.5$ | 44°13'.3 | 32°41'.9 | 134°53'.3 | $17^h26^m.4$ | 8 Draco | 5.2 | +5".86 | 21".63 | +3" 38 | |
| 229 | 4 U. Min. | 5.0 | 17 07 . 3 | 160 32.4 | 26 23 0 | 17 35.5 | 17 33 . 1 | ε Hercul. | 3.6 | +2 . 79 | 22 . 44 | —3 . 22 | 233 |
| 230 | 30 H U. Mai. | 5.0 | 17 08 . 8 | 145 29.6 | 44 47.4 | 33 23.6 | 17 17 . 2 | β Serpentis | 3.4 | +4 . 66 | 19 . 40 | +5 . 60 | 231 |
| 231 | θ Hercul. | 3.8 | 17 09 . 2 | 334 07.9 | 20 22.7 | 204 18.8 | 17 16 . 8 | τ Dracon. | 4.5 | —3 . 35 | 20 . 17 | —7 . 90 | 232 |
| 232 | η Serpent. | 3.2 | 17 17 . 0 | 342 37.7 | 60 25.9 | 195 03.8 | 17 41 . 5 | 9 H. Camel. | 5.5 | —2 . 26 | 17 . 03 | +7 98 | |
| 233 | ε Coronae | 4.0 | 17 17 . 3 | 35 28.4 | 33 06.1 | 143 28.1 | 17 21 . 3 | χ Dracon | 3.6 | +4 . 92 | 22 73 | +2 . 28 | 235 |
| 234 | β Lyrae | 3.3 | 17 27 . 9 | 321 12.6 | 26 41.3 | 217 45.6 | 17 47 . 9 | β Cephei | 3.1 | - 5 . 07 | 25 . 54 | —0 . 53 | 238 |
| 235 | ε Dracon | 3.8 | 17 28 . 0 | 214 21.4 | 20 07.0 | 324 31.4 | 17 34 . 4 | α Lyrae | 1.0 | --4 . 64 | 31 . 24 | —6 . 23 | 237 |
| 236 | γ Cassiop. | 2.0 | 17 28 . 7 | 216 27.4 | 50 58.9 | 322 29.5 | 17 47 . 2 | γ Aquilae | 2.7 | —4 . 96 | 17 . 88 | +7 . 12 | |
| 237 | γ Lyrae | 3.2 | 17 35 . 2 | 321 11.5 | 27 26.8 | 217 46 9 | 17 39 . 0 | β Cephei | 3.1 | —5 . 08 | 25 . 11 | —0 . 10 | 240 |
| 238 | γ U. Min. | 3.0 | 17 40 . 9 | 150 50.4 | 21 25.2 | 27 53.1 | 18 01 . 1 | π Hercul. | 3.1 | +4 . 08 | 30 . 89 | —5 . 89 | 243 |
| 239 | γ Hercul. | 3.5 | 17 41 . 2 | 31 03.1 | 40 24.9 | 147 45.8 | 17 49 . 5 | λ Dracon. | 3.6 | +4 . 40 | 20 75 | +4 . 25 | 242 |
| 240 | ε Coronae | 4.0 | 17 42 . 7 | 42 52.0 | 34 51.5 | 136 13 3 | 17 48 . 7 | 8 Dracon. | 5.2 | +5 . 72 | 21 . 11 | +3 . 89 | |
| 241 | χ Ophuich. | 3.2 | 17 50 . 5 | 18 50.3 | 48 27.4 | 159 20.7 | 18 02 . 2 | d U. Mai. | 4.5 | +2 . 85 | 19 . 39 | +5 . 62 | |
| 242 | ε Cassiop. | 3.3 | 17 51 . 7 | 210 06.3 | 51 14.1 | 328 59.3 | 18 09 . 8 | α Aquilae | 1.0 | —4 . 20 | 18 . 24 | +6 . 77 | |
| 243 | ζ Aquilae | 3.0 | 17 52 . 8 | 335 50.1 | 44 30 6 | 202 32.9 | 18 01 . 0 | 50 Cassiop. | 4.0 | —3 . 22 | 20 . 27 | +4 . 73 | 244 |
| 244 | δ Dracon. | 3.0 | 17 53 . 1 | 211 38.9 | 14 07.3 | 327 07.6 | 18 10 . 1 | R Lyrae | 4.5 | —4 . 25 | 40 . 77 | —15 . 76 | |
| 245 | χ Cephei | 4.3 | 17 55 . 9 | 197 16.2 | 23 50.8 | 340 33.0 | 18 09 . 9 | β Lyrae | 3.3 | —2 . 39 | 30 . 45 | —5 . 44 | 245 |
| 246 | 4 U. Min. | 5.0 | 18 21 . 0 | 157 58.0 | 30 00.7 | 20 21.7 | 18 28 . 6 | μ Hercul. | 3.3 | +3 . 12 | 25 . 80 | —0 . 79 | 250 |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 247 | β Cygni | 3.0 | $18^h21^m3$ | 330°40′.8 | 30°47′9 | 207°59′.0 | $18^h30^m6$ | π Cephei | 4.5 | −3″. 89 | 24″. 78 | +0″. 23 | 249 |
| 248 | 5 H. Camel. | 4.5 | 18 29 . 2 | 196 35 .3 | 48 51 .9 | 341 16 .2 | 18 50 . 2 | α Aquilae | 1 0 | − 2 43 | 19 . 42 | +5 . 59 | |
| 249 | α Hercul. | (3.0) | 18 37 . 9 | 30 19 .7 | 45 20 .7 | 148 27 .6 | 18 46 . 5 | 3 Drac n. | 5.4 | +4 . 30 | 19 . 50 | +5 . 51 | |
| 250 | α Delphin. | 3.7 | 18 44 . 4 | 321 12 .8 | 45 46 .6 | 217 45 .9 | 19 02 . 5 | ε Cassi p. | 3.3 | −5 . 10 | 18 . 86 | +6 . 15 | |
| 251 | α Ophiuchi | 2 8 | 18 53 . 9 | 28 15 .2 | 46 51 .3 | 150 27 .6 | 19 07 . 9 | 3 Dracon. | 5 4 | +4 . 05 | 19 . 28 | +5 . 73 | |
| 252 | β Ophiuch | 2.8 | 19 03 . 0 | 25 48 .9 | 54 39 .2 | 152 46 .1 | 19 27 . 5 | α U. Mai | 1.8 | +3 . 74 | 18 . 16 | +7 . 26 | |
| 253 | 0 Hercul. | 3.8 | 19 03 . 1 | 38 31 .0 | 22 39 0 | 140 29 8 | 19 18 . 1 | A Dracon. | 5.0 | +5 . 28 | 27 . 80 | −2 . 79 | 256 |
| 254 | o U. Mai. | 3 3 | 19 08 1 | 169 40 .7 | 61 49 3 | 5 51 .8 | 19 22 . 8 | λ Aquilae | 3 2 | +1 . 31 | 16 . 89 | +8 . 12 | |
| 255 | α Lyrae | .1.0 | 19 09 . 4 | 21 50 .7 | 18 53 .0 | 156 36 .5 | 19 21 . 5 | ψ Dracon. | 4.7 | +3 .37 | 34 . 64 | −9 . 63 | 259 |
| 256 | 5 H. Camel. | 4 5 | 19 12 . 2 | 200 30 .7 | 46 58 .4 | 337 43 .5 | 19 23 . 7 | ε Delphin. | 3.9 | −2 . 95 | 19 . 73 | +5 . 28 | |
| 257 | 41 H. Cephei | 5.2 | 19 14 2 | 222 33 .6 | 31 29 .6 | 316 30 .7 | 19 31 . 0 | ζ Cygni | 3.1 | −5 . 61 | 22 . 45 | +2 . 56 | |
| 258 | 24 Cephei | 4.8 | 19 27 . 6 | 211 21 .1 | 22 23 .0 | 327 25 .9 | 19 45 . 0 | λ Cygni | 4.6 | −4 . 28 | 29 73 | −4 . 72 | 260 |
| 259 | γ Cygni | 2.3 | 19 29 . 2 | 328 07 .0 | 18 11 2 | 210 38 .0 | 19 34 . 2 | β Cephei | 3 4 | −4 . 16 | 34 . 31 | −9 . 30 | 262 |
| 260 | ψ Dracon | 4.7 | 19 38 . 1 | 153 56 .7 | 19 53 .8 | 24 38 .8 | 19 59 . 0 | 0 Lyrae | 4.3 | +3 . 70 | 32 . 99 | −7 . 98 | 264 |
| 261 | ω Aquilae | 5 4 | 19 39 . 3 | 8 15 .9 | 45 27 .6 | 168 09 .2 | 19 58 . 5 | 9 H. Dracon. | 4.9 | +1 . 62 | 20 . 50 | +4 . 51 | |
| 262 | δ Dracon | 3.0 | 19 49 . 5 | 162 31 .6 | 12 03 .0 | 15 34 3 | 20 00 . 3 | δ Cygni | 2 8 | +2 . 74 | 49 . 14 | −24 . 13 | |
| 263 | 0 Lyrae | 4.3 | 19 49 . 7 | 21 46 .7 | 19 37 .0 | 156 40 .1 | 20 07 . 5 | χ Dracon | 3 6 | +3 . 35 | 33 . 76 | −8 . 75 | 267 |
| 264 | ε Cygni | 2 4 | 19 51 5 | 333 21 .5 | 24 13 .8 | 205 09 .0 | 20 14 . 7 | π Cephei | 4 5 | −3 49 | 29 . 20 | −4 . 20 | 268 |
| 265 | β Cephei | 3.1 | 19 53 . 6 | 207 21 .2 | 16 53 .0 | 331 14 .8 | 20 11 . 2 | ν Cygni | 3 9 | −3 . 72 | 36 . 90 | −11 . 89 | |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 266 | ζ U. Min. | 4 3 | $20^h00^m.8$ | 158°01'.7 | 29°56'.7 | 20°17'.7 | $20^h12^m.5$ | β Cygni | 3 0 | +3″. 11 | 25″. 84 | −0″. 83 | 269 |
| 267 | α Dracon. | 3.4 | 20 03 . 8 | 139 26.4 | 41 12.7 | 39 35.4 | 20 28 . 4 | 110 Hercul. | 4.1 | +5 . 36 | 19 . 71 | +5 . 29 | |
| 268 | 22 H. Camel. | 4 6 | 20 07 . 1 | 192 32.1 | 52 12.4 | 344 50.4 | 20 24 . 0 | α Equulei | 3.9 | −1 . 90 | 18 . 76 | +6 . 25 | |
| 269 | 24 Cephei | 4 8 | 20 10 . 3 | 206 54.1 | 19 29.5 | 331 41.2 | 20 16 . 4 | 61 Cygni pr. | 5.4 | −3 . 69 | 33 . 47 | −8 . 46 | |
| 270 | λ Dracon. | 3.6 | 20 12 1 | 159 51.8 | 49 13 3 | 18 16.4 | 20 42 . 4 | α Aquilae | 1 0 | +2 . 79 | 19 . 23 | +5 . 78 | |
| 271 | ω Aquilae | 5.4 | 20 17 . 9 | 21 43.3 | 46 52.8 | 156 40.1 | 20 36 9 | χ Dracon. | 3.6 | +3 . 24 | 19 . 65 | +5 . 36 | |
| 272 | 40 Cassiop. | 5.5 | 20 19 . 3 | 211 30.4 | 33 46.3 | 327 17.6 | 20 31 . 3 | 16 Pegasi | 5.2 | −4 . 34 | 23 . 05 | +1 . 95 | |
| 273 | β Cygni | 3 0 | 20 21 . 9 | 24 21 6 | 30 28.0 | 154 11.8 | 20 35 . 6 | 19 U. Min. | 5 8 | +3 . 61 | 25 . 18 | −0 . 18 | |
| 274 | 8 Dracon. | 5.2 | 20 28 . 0 | 149 47.0 | 48 12.2 | 28 57.3 | 20 40 . 4 | ω Aquilae | 5.4 | +4 . 13 | 18 . 92 | +6 . 08 | |
| 275 | β Aquilae | 3 7 | 20 33 . 1 | 13 21.9 | 51 07.3 | 164 14.1 | 20 56 . 6 | λ Dracon. | 3.6 | +2 . 17 | 18 . 95 | +6 . 06 | |
| 276 | γ Sagittae | 3.6 | 20 40 . 2 | 17 17.7 | 38 19.1 | 160 46.6 | 21 05 . 4 | 4 U. Min. | 5.0 | +2 . 70 | 22 . 42 | +2 59 | |
| 277 | γ Aquilae | 2 7 | 20 42 . 7 | 20 13.5 | 47 42.3 | 158 03.8 | 20 52 . 4 | χ Dracon. | 3.6 | +3 . 04 | 19 51 | +5 . 49 | |
| 278 | α U. Mai. | 1 8 | 20 44 . 1 | 162 18.7 | 58 42 3 | 15 32.5 | 21 00 . 1 | θ Aquilae | 3.1 | +2 . 43 | 17 32 | +7 . 69 | |
| 279 | ε Cassiop | 3.3 | 20 51 . 9 | 227 51.0 | 35 29.2 | 311 18.2 | 21 01 . 4 | β Pegasi | 2.4 | −6 16 | 20 . 28 | +4 . 73 | |
| 280 | γ Cephei | 3.3 | 21 01 . 3 | 199 21.4 | 24 31.0 | 338 42.7 | 21 25 . 0 | π Pegasi | 4.3 | −2 . 70 | 29 . 68 | −4 . 67 | |
| 281 | π Pegasi | 4.3 | 21 09 . 3 | 331 18.7 | 25 26.3 | 207 18.6 | 21 27 . 5 | 21 Cassiop. | 5.8 | −3 . 78 | 28 . 00 | −3 . 00 | |
| 282 | 40 Cassiop. | 5.5 | 21 17 . 9 | 212 40.4 | 29 27.4 | 326 09.8 | 21 25 . 3 | $\eta_1$ Pegasi | 2.9 | −4 . 47 | 24 . 85 | +0 . 16 | |
| 283 | ε Dracon. | 3.8 | 21 19 . 3 | 152 53.5 | 16 59.7 | 25 45.4 | 21 32 . 5 | ν Cygni | 3 9 | +3 . 86 | 36 . 50 | −11 . 49 | 284 |
| 284 | $\eta_1$ Pegasi | 2.9 | 21 22 . 5 | 325 00.9 | 29 40.4 | 213 51.4 | 21 39 . 9 | 50 Cassiop. | 4.0 | −4 . 62 | 24 . 58 | +0 43 | 285 |

| № | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 285 | α Pegasi | 2.4 | $21^h23^m.5$ | 326°05′.9 | 45°24′.8 | 212°54′.5 | $21^h40^m.2$ | 9 Camelop. | 4.3 | −4″.51 | 19″.35 | +2″.15 | 286 |
| 286 | 69 H. U. Mai. | 5.5 | 21 24 .2 | 147 51 .2 | 54 06 .9 | 30 57 .2 | 21 30 .3 | β Aquilae | 3.7 | +4 .37 | 17 .60 | +7 .41 | |
| 287 | ζ Pegasi | 3.3 | 21 24 .9 | 335 41 .8 | 47 56 .7 | 202 41 .8 | 21 48 .7 | 22 H. Camel. | 4.6 | −3 .25 | 19 .38 | +5 .63 | |
| 288 | λ Dracon. | 3.6 | 21 25 .5 | 167 09 .9 | 52 05 .9 | 9 36 .8 | 21 42 .3 | α Equulei | 3.9 | +1 .74 | 18 .81 | +6 .20 | |
| 289 | λ Cygni | 4.6 | 21 28 .6 | 24 51 .4 | 21 47 .4 | 153 44 .3 | 21 34 .2 | τ Dracon. | 4.5 | +3 71 | 31 .04 | −6 .03 | 287 |
| 290 | χ Dracon. | 3.6 | 21 32 .4 | 148 39 .0 | 25 08 0 | 30 08 .7 | 21 42 .0 | ε Cygni | 2.4 | +4 .33 | 27 .57 | −2 .56 | 289 |
| 291 | 24 Vulpec. | 5.7 | 21 42 .8 | 36 10 .1 | 36 06 .8 | 142 47 .3 | 21 50 .7 | A Dracon | 5.0 | +4 .99 | 21 .57 | +3 .44 | |
| 292 | 41 H. Cephei | 5.2 | 21 43 .5 | 219 43 .8 | 17 23 5 | 319 16 .7 | 21 55 .8 | o Androm. | 3.5 | +5 .26 | 32 .94 | −7 .93 | |
| 293 | 8 Dracon. | 5.2 | 21 51 .1 | 158 38 .4 | 53 12 .6 | 19 35 .8 | 22 14 .4 | α Equulei | 3.9 | +2 .95 | 18 .29 | +6 .71 | |
| 294 | τ Pegasi | 4.5 | 21 51 7 | 326 03 0 | 36 24 .0 | 212 47 .6 | 22 00 .2 | 5 H. Camel. | 4.5 | −4 .50 | 21 .94 | +3 .07 | 294 |
| 295 | 61 Cygni pr. | 5.4 | 21 59 .8 | 33 16 .6 | 20 34 .2 | 145 37 .0 | 22 09 .2 | ε Dracon. | 3.8 | +4 71 | 30 .67 | −5 .66 | |
| 296 | α Delphin. | 3.7 | 22 02 .9 | 30 49 9 | 44 14 .5 | 147 58 .5 | 22 11 .1 | 1 H U. Min. | 5.3 | +4 .36 | 19 .74 | +5 .27 | |
| 297 | 32 Vulpec. | 5.3 | 22 04 .5 | 32 06 .7 | 31 44 .1 | 146 44 .4 | 22 21 .7 | ψ Dracon. | 4.7 | +4 .54 | 23 .71 | +1 .29 | |
| 298 | γ Pegasi | 2.7 | 22 06 .1 | 318 07 .0 | 47 37 .6 | 220 55 .7 | 22 11 .8 | 10 Camel. | 4.1 | −5 .46 | 18 .19 | +6 .81 | |
| 299 | 70 Pegasi | 4 7 | 22 07 .2 | 333 19 .6 | 46 24 .9 | 205 12 .8 | 22 15 .9 | 22 H. Camel | 4.6 | −3 .57 | 19 .62 | +5 .39 | |
| 300 | κ Dracon. | 3.6 | 22 17 .1 | 166 11 .4 | 51 18 .2 | 10 52 .7 | 22 40 .2 | θ Pegasi | 3.6 | +1 .89 | 18 .97 | +6 .04 | |
| 301 | ζ Cygni | 3.1 | 22 17 .7 | 31 24 .2 | 29 20 .3 | 147 25 .8 | 22 29 .6 | χ Dracon. | 3.6 | +4 .46 | 24 .93 | +0 .08 | 304 |
| 302 | κ Cephei | 4.3 | 22 30 .9 | 162 24 .7 | 24 25 .5 | 15 33 .1 | 22 36 .6 | π Pegasi | 4.3 | +2 .56 | 29 .86 | −4 .85 | 306 |
| 303 | τ Dracon. | 4.5 | 22 37 .4 | 149 20 .4 | 25 57 .0 | 29 25 9 | 23 05 .4 | π Pegasi | 4.3 | +4 .24 | 27 13 | −2 .13 | |

| | * | | $T_1$ | $a_1$ | Z | $a_2$ | $T_2$ | * | | $\frac{dz}{dt}$ | $\frac{da_s}{dt}$ | $\frac{da_n}{dt}$ | № |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 304 | 70 Pegasi | 4.7 | $22^h40^m.8$ | 314°32′.2 | 44°45′.2 | 192°55′.6 | $22^h53^m.0$ | Br. 1147 | 5.8 | −1″.92 | 20″.63 | +4″.37 | |
| 305 | 16 Pegasi | 5.2 | 22 41 .8 | 12 26.6 | 32 31.3 | 156 00.5 | 22 51 .4 | 35 Dracon. | 5.1 | +3 . 36 | 24 . 38 | +0 . 63 | |
| 306 | ι Piscium | 4.1 | 22 52 . 4 | 346 09.8 | 51 46.7 | 190 54.7 | 23 12 . 0 | d U. Mai. | 4.5 | −1 . 68 | 18 . 89 | +6 . 11 | |
| 307 | 69 H. U. Mai. | 5.5 | 22 58 0 | 159 51.1 | 59 49 5 | 18 16.2 | 23 20 . 5 | γ Aquarii | 3.7 | +2 . 77 | 17 . 04 | +7 96 | |
| 308 | 16 Pegasi | 5.2 | 23 01 . 7 | 30 23.5 | 33 44.7 | 148 24.3 | 23 29 . 3 | χ Dracon. | 3.6 | +4 . 33 | 23 . 08 | +1 . 93 | |
| 309 | 47 H. Cephei | 5 8 | 23 06 . 0 | 199 08.9 | 28 45.0 | 338 55 3 | 23 18 . 6 | α Androm. | 2.1 | −2 . 70 | 26 . 78 | −1 . 78 | |
| 310 | δ Androm. | 3.2 | 23 14 . 7 | 323 06.6 | 29 23.1 | 215 49 0 | 23 29 . 6 | 5 H. Camel. | 4.5 | −4 . 85 | 24 . 43 | +0 . 58 | 313 |
| 311 | π Pegasi | 4.3 | 23 22 . 8 | 36 54.5 | 27 16 .8 | 141 54.2 | 23 30 . 3 | ε Dracon. | 3 8 | +5 · 11 | 25 . 15 | −0 . 14 | 316 |
| 312 | τ Dracon. | 4.5 | 23 22 . 9 | 148 29.1 | 29 14.9 | 30 18.7 | 23 45 . 0 | $\eta_1$ Pegasi | 2.9 | +4 . 33 | 25 . 12 | −0 . 11 | |
| 313 | α U. Mai. | 1.8 | 23 28 . 6 | 183 56.5 | 61 00.9 | 350 37.3 | 23 53 . 2 | 12 Ceti | 6.1 | −0 . 89 | 17 . 07 | +7 . 94 | |
| 314 | 10 Lacert. | 4.9 | 23 29 . 4 | 32 09.0 | 20 06 .8 | 146 42.7 | 23 41 . 7 | β Cephei | 3.1 | +4 . 58 | 31 . 35 | −6 . 35 | 317 |
| 315 | 70 Pegasi | 4.7 | 23 35 . 5 | 3 36.6 | 44 23.2 | 170 47.3 | 0 00 . 4 | 4 U. Min. | 5.0 | +1 . 23 | 20 . 88 | +4 . 13 | |
| 316 | 50 Cassiop. | 4 0 | 23 53 . 6 | 207 23.1 | 19 51.6 | 331 13.7 | 0 04 . 0 | μ Androm. | 3 9 | −3 . 75 | 32 . 95 | −7 . 95 | 321 |
| 317 | α Dracon. | 3.4 | 23 53 . 7 | 164 10.6 | 56 32.9 | 13 24.9 | 0 07 . 5 | χ Piscium | 5.1 | +2 . 16 | 17 . 79 | +7 . 21 | |
| 318 | τ Dracon. | 4.5 | 23 54 . 1 | 148 39.1 | 31 29.7 | 30 08.1 | 0 08 5 | β Pegasi | 2 4 | +4 . 30 | 24 . 06 | +0 . 95 | 323 |
| 319 | λ Pegasi | 3.9 | 23 55 . 0 | 29 08 .0 | 36 02.7 | 149 37.0 | 0 01 . 1 | χ Dracon. | 3.6 | +4 . 17 | 22 . 34 | +2 . 67 | 322 |
| 320 | 22 H. Camel. | 4.6 | 23 56 . 3 | 213 22.1 | 39 35.0 | 325 29.7 | 0 19 . 4 | β Arietis | 2.7 | −4 . 58 | 20 . 86 | +4 . 15 | |

Н. Н. Горячев.

# Резюме обработки диаграмм Томской геодинамической станции с 2 августа 1919 года по 28 января 1920 года.

Содержание настоящей моей работы, которая здесь предлагается лишь в кратком извлечении, тесно примыкает к аналогичной работе проф. А. Я. Орлова, напечатанной в № 2 Трудов Астрономической Обсерватории Новороссийского Университета за 1915 год.

Если i обозначает малый угол между осью вращения маятника, предназначенного для изучения упругих свойств твердого тела земли и его плавных деформаций от лунно-солнечного притяжения, а $\Theta$— угол отклонения маятника от того положения которое было бы у него при отсутствии лунно солнечных возмущений, то теория показывает, что

$$\Theta.\sin i = C_1 q \sin(\mu_{k_1} t + c_1) + C_2 p \sin(\mu_{k_2} t + c_2) + Oq \sin(\mu_0 t + f_0) + M_2 p \sin(\mu_{m_2} t + f_{m_2}) + Np \sin(\mu_n t + f_n) + O'q \sin(\mu_0' t + f_0') + M_2' p.\sin(\mu'_{m_2} t + f_{m'_2});$$

Здесь угол i определяется по периоду T колебания этого маятника, при малых размахах, из формулы

$$T = \frac{2\pi k}{\sqrt{gl.\sin i}},$$

где $MK^2$ может инерции маятника.

Входящие в правую часть первого равенства разнообразные величины зависят иэвестным образом от широты места, азимута, в котором установлен маятник, масс солнца и луны, элементов их орбит и положения этих небесных тел на их орбитах; t—число часов среднего времени. Числе́нные значения $\mu$—следующие:

$\mu_{k_1} = 15°,04107 \ldots$ ; $\mu_0' = 14°,95893 \ldots$ ; $\mu_n = 28°,43973 \ldots$ ;
$\mu_{k_2} = 30°,08214 \ldots$ ; $\mu_{m_2} = 28°,98410 \ldots$ ;
$\mu_0 = 15°,94304 \ldots$ ; $\mu_{m'_2} = 30°,00000 \ldots$ ;

Наблюдения дают нам ряд значений $\Theta$ (для равноотстоящих моментов по среднему времени) на фотографической бумаге в виде ординат некоторой кривой.

Задача обработки заключается в выделении амплитуд отдельных членов в правой части первого равенства, а также их начальных фаз, а затем в сравнении наблюденных величин с теоретическими.

Для начальных фаз хорошее совпадение наблюдений с теорией указывает на точность наблюдений и хорошую обработку их, а отношение наблюдаемой амплитуды к теоретической дает (конечно включая сюда ошибки наблюдений) величину $\beta$, характеризующую упругие свойства земли.

Выделение какой либо волны из правой части указанной формулы заключается в следующем:

Берут ряд значений ординаты для моментов времени, отличающихся на целое число периодов этой волны, т. е. так, чтобы член этой

волны имел одно и тоже значение для всех этих моментов; в виду неоизмеримости периодов волн фазы остальных членов для этих разных моментов будут иметь разнообразные значения в пределах от 0° до 360° и в сложении результатов член той волны, которую выделяем, усиливается, повторяясь столько раз, сколько взято ординат, а остальные члены взаимно ослабляя друг друга, в сумме дают малую величину, которой можно принебречь. Таким образом, разделяя сумму на число ординат, получаем значение этого члена для какого либо „часа специальных суток" этой волны.

Проделав это, скажем, с интервалом в 2 или 3 часа специального времени, мы будем иметь 12 или 8 значений, из которых по способу наименьших квадратов найдем амплитуду и начальную фазу; небольшие пропуски в наблюдениях здесь не оказывают вредного влияния, что является удобством этого метода.

Здесь для сравнения я привожу сперва результаты А. Я. Орлова, который полагал, что в Томске можно выделить лишь одну волну, а затем и свои собственные.

**I серия Юрьевских наблюдений (8 месяцев).**

| Волна. | Маятник W. | | | | | | Маятник M. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | lg ампл. ("дуги). | | | Начальн. фазы. | | | lg ампл. ("дуги). | | | Начальн. фазы. | | |
| | Набл. | Выч. | β | Набл. | Выч. | Разн | Набл | Выч. | β | Набл | Выч. | Разн. |
| $M_2$ | $\bar{3}.610$ | $\bar{3}.842$ | 0.59 | 207° | 207° | 0 | $\bar{3}.734$ | $\bar{3}.912$ | 0.66 | 112° | 117° | — 5° |
| N | $\bar{4}.813$ | $\bar{3}.129$ | 0.48 | 205 | 195 | +10 | $\bar{3}.039$ | $\bar{3}.199$ | 0.69 | 108 | 105 | + 3 |
| $M'_2$ | $\bar{3}.323$ | $\bar{3}.535$ | 0.61 | 296 | 262 | +34 | $\bar{3}.322$ | $\bar{3}.605$ | 0.52 | 155 | 172 | —17 |
| O | $\bar{3}.497$ | $\bar{3}.503$ | 0.80 | 346 | 340 | + 6 | $\bar{3}.592$ | $\bar{3}.779$ | 0.65 | 252 | 250 | + 2 |
| **Томские наблюдения 1912 года (8 месяцев).** | | | | | | | | | | | | |
| $M_2$ | $\bar{3}.632$ | $\bar{3}.846$ | 0.61 | 95° | 103° | —8° | $\bar{3}.621$ | $\bar{3}.921$ | 0.50 | 15° | 11° | +4° |
| **II Серия Юрьевских наблюдений.** | | | | | | | | | | | | |
| $M_2$ | $\bar{3}.614$ | $\bar{3}.834$ | 0.60 | 21° | 20° | + 1° | | | | | | |
| N | $\bar{3}.000$ | $\bar{3}.123$ | 0.75 | 352 | 350 | + 2 | | | | | | |
| $M_2'$ | $\bar{3}.357$ | $\bar{3}.535$ | 0.66 | 307 | 262 | +45 | | | | | | |
| $C_2$ | $\bar{4}.871$ | $\bar{3}.021$ | 0.71 | 286 | 295 | — 9 | | | | | | |
| O | $\bar{3}.405$ | $\bar{3}.528$ | 0.75 | 331 | 325 | + 6 | | | | | | |
| O'и $C_1$ | $\bar{3}.532$ | $\bar{3}.735$ | 0.63 | 274 | 250 | +24 | | | | | | |
| **Томск 1919—1920 год (6 месяцев); моя обработка.** | | | | | | | | | | | | |
| $M_2$ | $\bar{3}.613$ | $\bar{3}.871$ | 0.55 | 145°.6 | 146°.7 | —1°.1 | $\bar{3}.639$ | $\bar{3}.946$ | 0.49 | 227°.6 | 234°.7 | —7°.1 |
| N | $\bar{4}.786$ | $\bar{3}.158$ | 0.43 | 358 .7 | 359 .9 | —1 .2 | $\bar{4}.863$ | $\bar{3}.233$ | 0.43 | 95 .3 | 87 .9 | +7 .4 |
| O | $\bar{3}.404$ | $\bar{3}.385$ | 1.05 | 75 | 101 .4 | —26 .4 | $\bar{3}.291$ | $\bar{3}.696$ | 0.39 | 191 .5 | 179 .4 | +12 .1 |
| $M_2'$ | $\bar{3}.384$ | $\bar{3}.558$ | 0.66 | 325 .0 | 281 .7 | +43 .3 | $\bar{3}.174$ | $\bar{3}.633$ | 0.34 | 14 .5 | 9 .8 | +4 .7 |

Неудача в волне O маятника W об'ясняется сравнительно малым числом специальных суток (около 150, вместо 300 в остальных волнах)

По этой причине я не выделял суточных волн (в которых также из имевшегося у меня под руками наблюдательного материала было бы n=около 150).

Мои результаты лишний раз подчеркивают, что в Томске, как уже отметил А. Я. Орлов, $\beta_W > \beta_M$.

Это наводит на мысль, что $\beta_W > \beta_M$ сеть свойство Томска, а не результат неточности наблюдений, как думает А. Я. Орлов (l. c стр. 261).

Подтверждается и результат А. Я. Орлова, что в волне $M_2'$ разность фаз наблюденной и вычисленной больше, чем в других волнах.

ТОМСК.

15 июля 1922 г.

**В. А. Малеев.**

# К теории уравнения 3-й степени.

Пусть x будет корень уравнения:

$$f(x)=x^3+Ax^2+Bx+1=0$$

Положим $x=u+v\rho+w\rho^2$, где $\rho$ обозначает мнимый корень уравнения $\rho^3=1$.

На три неизвестных величины u, v, w мы налагаем дополнительно следующие два условия:

$$u+v+w=0$$

и

$$u+v\rho^2+w\rho=1$$

Тогда из трех линейных уравнений можно получить такие выражения u, v, w через x:

$$u=\frac{x+1}{3};\ v=\frac{x\rho^2+\rho}{3};\ w=\frac{x\rho+\rho^3}{3}$$

Из последних равенств получается:

$$u^3+v^3+w^3=\frac{x^3+1}{9}$$

$$u^3+v^3\rho+w^3\rho^2=\frac{x^2}{3}$$

$$u^3+v^3\rho^2+w^3\rho=\frac{x}{3}$$

Заменяя в начальном уравнении $x^3+1$, $x^2$, x соответствующими выражениями через $u^3$, $v^3$, $w^3$ приведем его к виду однородному относительно u, v, w:

$$u^3(3+A+B)+v^3(3+A\rho+B\rho^2)+w^3(3+A\rho^2+B\rho)=0;$$

или так как

$$3+A+B=1+f(1)$$
$$3+A\rho+B\rho^2=1+f(\rho^2)$$
$$3+A\rho^2+B\rho=1+f(\rho),$$

записываем основное уравнение в такой форме:

$$u^3\left[1+f(1)\right]+v^3\left[1+f(\rho^2)\right]+w^3\left[1+f(\rho)\right]=0.$$

К этому присоединим еще следующее уравнение, получаемое как произведение первоначальных трех линейных уравнений:

$$(u+v+w)(u+v\rho+w\rho^2)(u+v\rho^2+w\rho)=u^3+v^3+w^3-3uvw=0$$

Умножив последнее уравнение на неопределенный множитель $(\lambda-1)$ и складывая с предыдущим, найдем:

$$u^3\left[\lambda+f(1)\right]+v^3\left[\lambda+f(\rho^2)\right]+w^3\left[\lambda+f(\rho)\right]-3(\lambda-1)uvw=0$$

Определим величину $\lambda$ таким образом, чтобы левая часть последнего уравнения разлагалась на три линейных множителя, для что положим:

$$\left[\lambda+f(1)\right]\left[\lambda+f(\rho^2)\right]\left[\lambda+f(\rho)\right]=(\lambda-1)^3$$

Тогда обозначая:

$$\sqrt[3]{\lambda+f(1)}=k$$

$$\sqrt[3]{\lambda+f(\rho^2)}=l$$

$$\sqrt[3]{\lambda+f(\rho)}=m,$$

можем записать наше уравнение в таком виде:

$$u^3k^3+v^3l^3+w^3m^3-3uvwklm=0$$

и тогда левая часть уравнения может быть представлена в виде произведения трех линейных выражений:

$$(uk+vl+wm)\,(uk+vl\rho+wm\rho^2)\,(uk+vl\rho^2+wm\rho)=0$$

Присоединяя к двум из числа основных уравнений:

$$u+v+w=0$$
$$u+v\rho^2+w\rho=1$$

поочередно одно из трех:

$$uk+vl+wm=0$$
$$uk+vl\rho+wm\rho^2=0$$
$$uk+vl\rho^2+wm\rho=0,$$

решая затем систему трех линейных уравнений относительно u, v, w и подставляя найденные значения в выражение:

$$x=u+v\rho+w\rho^2,$$

найдем в следующем виде три значения корней основного уравнения:

$$x_1=-\frac{k+l\rho+m\rho^2}{k+l\rho^2+\rho}$$

$$x_2=-\frac{k+l\rho^2+m\rho}{k+l+m}$$

$$x_3=-\frac{k+l+m}{k+l\rho+m\rho^2}$$

Определим теперь величину $\lambda$. Уравнение:

$$\left[\lambda+f(1)\right]\left[\lambda+f(\rho^2)\right]\left[\lambda+f(\rho)\right]=(\lambda-1)^3$$

после упрощения обращается в следующее квадратное

$$9\lambda^2-3(AB-3)\lambda+(A^3+B^3-6AB+9)=0,$$

откуда получаем

$$\lambda=\frac{AB-3\pm\sqrt{\Delta}}{6},\ \text{где}$$

$$\Delta=A^2B^2-4A^3-4B^3+18AB-27$$

представляет дискриминант уравнения:

$$x^3+Ax^2+Bx+1=0.$$

При вещественных значениях коэффициентов уравнения A и B

формула неудобна для применения, так как величины l и m представляют, в этом случае, кубические радикалы из комплексных величин.

Напротив, полагая средние коэффициенты уравнения равными двум сопряженным комплексным количествам

$$A=\alpha+\beta i;\ B=\alpha-\beta i,$$

можно получить все три величены k, l, m, при $\Delta \geqslant 0$, в виде вещественных количеств.

При $\Delta<0$ получается случай, соответствующий неприводимым решениям кубического уравнения (casus irreductibilis).

Разсмотрим теперь геометрические свойства уравнения, считая средние коэффициенты комплексными.

Можно установить соответствие между точками плоскости и всей совокупностью уравнений вида:

$$f(x)=x^3+(\alpha+\beta i)\ x^2+(\alpha-\beta i)\ x+1=0$$

или в полярных координатах

$$f(x)=x^3+re^{\varphi i}x^2+re^{-\varphi i}x+1=0,$$

отнеся каждой точке с декартовыми координатами $(\alpha, \beta)$ или полярными $(r,\varphi)$ соответствующее уравнение.

Будем представлять корни уравнения

$$x_1=R_1e^{\theta_1 i},\ x_2=R_2e^{\theta_2 i},\ x_3=R_3e^{\theta_3 i},$$

как векторы соотвествующей длины R с углом $\theta$ наклонения к положительному направлению оси абсцисс, приложенные в точке, изображающей уравнение.

Уравнение $\Delta=0$ представит на плоскости кривую—дискриминант, ее уравнение в полярных координатах будет иметь вид:

$$(r^2+9)^2-8\ r^3\cos 3\varphi-108=0$$

Это кривая четвертого порядка и третьего класса—гипоциклоида с тремя точкамн возврата.

Дискриминант расделяет всю плоскость на две части: внутреннюю, для которой $\Delta<0$ и внешнюю, для всех точек которой $\Delta>0$.

Таким образом, внутренняя область дискриминанта соответствует уравнениям с алгебраически неприводимыми решениями.

Покажем сначала, что модуль одного из корней уравнения $f(x)=0$ всегда равен единице.

Рассмотрим возвратное уравнение 6 й степени:

$$f(x)\,f\left(\frac{1}{x}\right)=x^3+2\alpha x^2+(\alpha^2+\beta^2+2\alpha)\ x+2\ (\alpha^2-\beta^2+1)+(\alpha^2+\beta^2+2\alpha)\frac{1}{x}+$$

$$+2\alpha\frac{1}{x^2}+\frac{1}{x^3}=0,$$

которое заменой $x+\frac{1}{x}$ через y приводится к следующему кубическому уравнению относительно y

$$y^3+2\alpha\ y^2+(\alpha^2+\beta^2+2\alpha-3)\ y+2\ (\alpha^2-\beta^2-2\alpha+1)=0,$$

при чем корни этого последнего уравнения следующим образом выражаются через $R_1, R_2, R_3, \theta_1, \theta_2, \theta_3$

$$y_1=\left(R_1+\frac{1}{R_1}\right)\cos\theta_1+i\left(R_1-\frac{1}{R_1}\right)\sin\theta_1$$

$$y_2=\left(R_2+\frac{1}{R_2}\right)\cos\theta_2+i\left(R_2-\frac{1}{R_2}\right)\sin\theta_2$$

$$y_3=\left(R_3+\frac{1}{R_3}\right)\cos\theta_3+i\left(R_3-\frac{1}{R_3}\right)\sin\theta_3$$

Предыдущее уравнение 3-й степени относительно y, имея вещественные коефициенты, всегда обладает, по крайней мере одним вещественным корнем. Поэтому, считая что таким корнем будет $y_1$, имеем

$$R_1-\frac{1}{R_1}=0, \text{ откуда } R_1=1.$$

Дискриминант того же уравнения

$$\Delta'=(y_1-y_2)^2(y_3-y_3)^2(y_3-y_1)^2=\left(x_1+\frac{1}{x_1}-x_2-\frac{1}{x_2}\right)^2\left(x_2+\frac{1}{x_2}-x_3+\right.$$

$$\left.-\frac{1}{x_3}\right)^2\left(x_3+\frac{1}{x_3}-x_1-\frac{1}{x_1}\right)^2=(x_1-x_2)^2(x_2-x_3)^2(x_3-x_1)^2\frac{1}{x_1^2x_2^2x_3^2}(x_1x_3+$$

$$-1)^2(x_2x_3-1)^2(x_3x_1-1)^2=\Delta\left[x_1^2x_2^2x_3^2-x_1x_2x_3(x_1+x_2+x_3)+(x_1x_2+x_2x_3+\right.$$

$$\left.+x_3x_1)-1\right]^2=\Delta(1-\alpha-\beta i+\alpha-\beta i-1)^2=-4\beta^2\Delta$$ и следовательно имеет знак, обратный знаку $\Delta$.

Для точек внутри кривой—дискриминанта $\Delta<0$ и стало быть $\Delta'>0$, а потому все три корня $y_{1,2,3}$ вещественные и следовательно модули всех трех корней основного уравнения равны единице

$$R_1=R_2=R_3=1$$

Для точек во внешней части $\Delta>0$, следовательно $\Delta'<0$.

В этом случае только один корень $y_1$ вещественный и только модуль одного корня основного уравнения

$$R_1=1$$

Выберем теперь на плоскости все точки, которым соответствуют уравнения, обладающие одним и тем же корнем с модулем единица: $x_1=e^{\theta_1 i}$

Геометрическим местом таких точек будет прямая линия.

В самом деле, при переменных $\xi$, $\eta$ уравнение

$$x_1^3+(\xi+i\eta)x_1^2+(\xi-i\eta)x_1+1=0,$$

как линейное, есть уравнение прямой.

Нетрудно показать, что прямая вещественная.

Вводя полярные координаты и подставляя $x_1=e^{\theta_1 i}$ имеем

$$e^{3\theta_1 i}+re^{(2\theta_1+\varphi)i}+re^{(\theta_1-\varphi)i}+1=0$$

Далее, поделив все уравнение на $e^{\frac{3\theta_1 i}{2}}$, получим

$$e^{\frac{3\theta_1 i}{2}}+re^{\left(\frac{\theta_1}{2}+\varphi\right)i}+re^{-\left(\frac{\theta_1}{2}+\varphi\right)i}+e^{-\frac{3\theta_1 i}{2}}=0$$

или вводя тригонометрические функции, после упрощения найдем

$$r\cos\left(\frac{\theta_1}{2}+\varphi\right)+\cos\frac{3\theta_1}{2}=0$$

это и есть уравнение прямой в полярной форме.

Раскрывая выражение $\cos\left(\frac{\theta_1}{2}+\varphi\right)$ и заменяя $r\cos\varphi=\xi$ и $r\sin\varphi=\eta$, получим

$$\xi\cos\frac{\theta_1}{2}-\eta\sin\frac{\theta_1}{2}+\cos\frac{3\theta_1}{2}=0$$

или

$$\eta=\xi\operatorname{ctg}\frac{\theta_1}{2}+\frac{\cos\frac{3\theta_1}{2}}{\sin\frac{\theta_1}{2}}$$

уравнение той же прямой в прямоугольных координатах.

Из последнего уравнения видно, что прямая составляет с осью абцисс угол

$$\frac{\pi}{2}-\frac{\theta_1}{2}$$

Покажем далее, что прямая эта есть касательная к кривой—дискриминанту.

В самом деле, чтобы отыскать дискриминант, мы должны исключить неизвестное x из уравнения $f(x)=0$ и его производного $f'(x)=0$.

Но тот же самый прием мы применяем, когда отыскиваем огибающую семейства прямых $f(x_1)=0$ при переменном параметре $x_1$.

Таким образом, дискриминант—кривая является огибающей всех таких прямых, и следовательно, каждая прямая касается дискриминанта.

Изложенное выше можно теперь высказать в таких словах:
при перемещении точки, изображающей уравнение, вдоль касательной к кривой—дискриминанту один из векторов корней уравнения остается постоянным по величине и по направлению. Модуль этого корня во всех точках плоскости равен единице.

Два другие векторы—корни, для всякой точки во внешней области дискриминанта, имеют одинаковое направление.

В самом деле, поделив одно на другое равенства:

$$x_2=R_2e^{\theta_2 i}=-\frac{k+l\rho^2+m\rho}{k+l+m}$$

$$x_3=R_3e^{\theta_3 i}=-\frac{k+l+m}{k+l\rho+m\rho^2}$$

имеем $$\frac{R_2}{R_3}e^{(\theta_2-\theta_3)i}=\frac{(k+l\rho^2+m\rho)(k+l\rho+m\rho^2)}{(k+l+m)^2}$$

Для точек во внешней части дискриминанта величины k, l, m — вещественные и потому дробь, стоящая в правой части предыдущего равенства вещественна и притом положительна, так как числитель ее представляет произведение двух мнимых сопряженных количеств, а знаменатель квадрат вещественной.

Поэтому

$$\theta_2-\theta_3=0 \text{ или } \theta_2=\theta_3$$

Оба рассматриваемые векторы—корни во внешней области дискри-

минанта направлены вдоль касательной к кривой и произведение их модулей равно единице.

В самом деле, последний коэффициент уравнения представляет произведение корней с обратным знаком, т. е.

$$x_1 x_2 x_3 = -1$$

или

$$R_2 R_3 e^{(\theta_1+\theta_2+\theta_3) i} = e^{\pi i}$$

откуда получаем

$$R_2 R_3 = 1 \text{ и } \theta_1+\theta_2+\theta_3 = \pi$$

или так как $\theta_2 = \theta_3$, то

$$\theta_2 = \theta_3 = \frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2}$$

и следовательно каждый из двух векторов—корней $x_2$, $x_3$ образует тот же угол с положительным направлением оси абцисс, как и сама касательная, а потому оба корня направлены вдоль нее.

Векторы $x_3$, $\dot{x}_3$ направлены во всякой внешней точке в сторону дискриминанта.

В самом деле, первый коэффициент уравнения

$$x^3 + re^{\varphi i} x^2 + re^{-\varphi i} x + 1 = 0$$ дает

$$(\cos\theta_1 + i\sin\theta_1) + R_2 (\cos\theta_2 + i\sin\theta_2) + \frac{1}{R_2}(\cos\theta_2 + i\sin\theta_2) = -r\cos\varphi - ri\sin\varphi$$

откуда получаем

$$\left(R_2 + \frac{1}{R_2}\right)\cos\theta_2 = -r\cos\varphi - \cos\theta_1$$

$$\left(R_2 + \frac{1}{R_2}\right)\sin\theta_2 = -r\sin\varphi - \sin\theta_1$$

Всегда можно выбрать настолько большое значение r, что знак правой части в том и другом равенстве определится знаком первого ее члена и следовательно $\cos\theta_2$ и $\sin\theta_2$ имеют соответственно знаки обратные знаком $\cos\varphi$ и $\sin\varphi$. Это и показывает, что векторы обращены в сторону дискриминанта, так как гипоциклоида кривая замкнутая, не имеет бесконечных ветвей и вся располагается в окрестности начала координат, внутри круга $r=3$.

В точках самой кривой—дискриминанта два корня становятся равными, как по величине ($R_2 = R_3 = 1$) так и по направлению ($\theta_2 = \theta_3$), в силу свойств самого дискриминанта.

В точках возврата кривой: $(3,0)$; $\left(3, \frac{2\pi}{3}\right)$; $\left(3, \frac{4\pi}{3}\right)$ получим

все три корня уравнения $x^3 + re^{\varphi i} x^2 + re^{-\varphi i} x + 1 = 0$ равные.

Для точки $(3,0)$ $\quad x_1 = x_2 = x_3 = -1$

для точки $\left(3, \frac{2\pi}{3}\right)$ $x_1 = x_2 = x_3 = -\rho$

для точки $\left(3, \frac{4\pi}{3}\right)$ $x_1 = x_2 = x_3 = -\rho^2$

По этому в точках возврата кривой—дискриминанта все три корня имеют одинаковое значение и направлены по касательной возврата к началу координат.

Внутри дискриминанта корни во всякой точке плоскости имеют одну и ту же величину (=1), но различное направление.

Во всякой точке на круге, внутри касающемся трех ветвей дискриминанта (r=1), один корень направлен по радиусу в центр.

В самом деле, уравнение в левой своей части

$$x^3+e^{\varphi i}x^2+e^{-\varphi i}x+1=0$$

разлагается на множители:

$$\left(x+e^{\varphi i}\right)\left(x^2+e^{-\varphi i}\right)=0$$

откуда следует $x_1=e^{(\pi+\varphi)i}$, т. е. корень изображается вектором, направленным по радиусу в центр.

Проследим теперь изменение корней при переходе точки, изображающей уравнение вдоль всей касательной.

В безконечно удаленной точке один корень равен 0, другой— $\infty$, третий тот постоянный корень, который соответствует данной касательной.

В какой-либо точке, вне кривой дискриминанта, два корня направлены по касательной в сторону дискриминанта и имеют различную длину.

На границе областей, по свойству дискриминанта, два корня становятся равными, как по величине так и по направлению.

Внутри дискриминанта корни—векторы сохраняют одну и ту же длину во всех точках, но имеют различное направление.

Таким образом, при перемещении точки по касательной во внешней области дискриминанта переменными будут модули корней $R_2$ и $R_3$, во внутренней—их аргументы $\theta_2$ и $\theta_3$.

Работы Математического семинария при Томском Университете под руководством проф. *Ф. Э. Молина.*

**Е. Аравийская.**

# К вопросу о геодезическом изображении поверхностей.

Путем рассуждений, которыми пользовался Beltrami в случае сферы и плоскости, можно показать, что всякие две поверхности можно поставить в такое соответствие, чтобы каждой геодезической линии одной поверхности отвечала одна или несколько определенных геодезических линий второй поверхности. Действительно, дифференциальное уравнение геодезических линий есть уравнение второго порядка, следовательно, интегральное уравнение геодезических линий каждой поверхности содержит две произвольных постоянных. Пусть $f(u,v,a_1,b_1)=0$ будет интегральным уравнением геодезических линий первой поверхности, и для второй поверхности таким уравнением будет $f_1(u,v,a_2,b_2)=0$. Чтобы установить вышеуказанное соответствие, достаточно задать два соотношения между $a_1$, $b_1$, $a_2$, $b_2$; никаких условий на самые поверхности при этом не накладывается.

При таком соответствии каждой точке на первой поверхности отвечает на второй поверхности, в общем, некоторая кривая—место точек пересечения геодезических линий второй поверхности, отвечающих всем геодезическим линиям первой поверхности, проходящим через рассматриваемую точку.

В том случае, когда эта кривая сводится также к точке, т. е. когда каждой точке первой поверхности отвечает одна или несколько определенных точек другой, при чем геодезическим линиям одной поверхности отвечают геодезические линии второй поверхности, имеет место так называемое геодезическое изображение одной поверхности на другой.

Параметрические линии двух поверхностей

$$ds^2=Edu^2+2Fdudv+Gdv^2$$
$$ds_1^2=E_1du_1^2+2F_1du_1dv_1+G_1dv_1^2,$$

можно всегда выбрать так, чтобы геодезическое изображение этих поверхностей одна на другой, если оно возможно, устанавливалось формулами

$$u=u_1;\ v=v_1.$$

Т. е., необходимым и достаточным условием возможности геодезического изображения является тождественность дифференциального уравнения геодезических линий для двух поверхностей [Darboux, Théorie des surfaces III p.]

Дифференциальное уравнение геодезических линий удовлетворяется минимальными линиями соответствующей уравнению поверхности, т. е., $ds^2=0$ будет первым интегралом этого уравнения [Darboux Th. d. surf. II p. 406]

Пусть имеется первый интеграл второй степени относительно $\frac{dv}{du}=v'$ и содержащий произвольное постоянное C. Пусть этот интеграл

написан под таким видом, что при некотором частном значении C левая часть его будет квадратом линейного элемента поверхности, дифференциальное уравнение которой имеет заданный вид.

Если левая часть такого интеграла может считаться квадратом линейного элемента, соответствующего данному дифференциальному уравнению при любом C, то одному дифференциальному уравнению геодезических линий будет отвечать бесконечно много поверхностей, т. е., при этом условии имеется система бесконечно большого числа поверхностей, геодезически изображающихся одна на другой.

Интеграл вида

$$f_2(u,v,C)\,v'^2+f_1(u,v,C)\,v'+f(u,v,C)=0 \tag{1}$$

может содержать произвольную постоянную C только в первой степени. Дифференцируем выражение (1) сначала так, как оно написано, а потом поделив его предварительно на $v'^2$, получим выражения:

$$v''=-\frac{f_{2v}v'^3+(f_{2u}+f_{1u})v'^2+(f_{1u}+f_v)v'+f_u}{2f_2v'+f_1}=\frac{k}{2f_2v'+f_1} \tag{2}$$

$$v''=\frac{[f_{2v}v'^3+(f_{2u}+f_{1v})v'^2+(f_v+f_{1u})v'+f_u]v'}{2f+f_1v'}=\frac{kv'}{2f+f_1v'}$$

Если в левые части этих уравнений подставить C из (1), то они должны быть тождественными между собою и должны иметь вид целого многочлена относительно $v'$ с коэффициентами независящими от C, т. к. дифференциальное уравнение геодезических линий имеет вид

$$v''=Av'^3+Bv'^2+Cv'+D, \text{ где}$$

A,B,C,D—функции от u, v.

Если C определяется многозначно из (1), то подставляя различные C во (2), получим тождества

$$\frac{2\bar{f}_2v'+\bar{f}_1}{2f_2v'+f_1}=\frac{2\bar{f}+\bar{f}_1v'}{2f+f_1v'}=\frac{k}{\bar{k}}, \text{ т. е. выражение}$$

$$\frac{2f+f_1v'}{v'(2f_2v'+f_1)} \text{ не зависит от C,}$$

и, следовательно, интеграл (1) может быть записан под видом

$$\chi(u_1v_1v')\,[2f+f_1v']=0.$$

Далее можно показать подобным же образом, что интеграл первой степени относительно $v'$ может содержать произвольное постоянное C только линейно. Итак, если имеется интеграл второй степени относительно $v'$, то он должен иметь вид:

$$(\varphi_2v'^2+\varphi_1v'+\varphi)+C(\psi_2v'^2+\psi_1v'+\psi)=0 \tag{3}$$

но выражение (3) при помощи двух функций, независящих от C

$$x(u_1v_1)=u;\ y(u_1v_1)=v \text{ можно привести к виду}$$

$$(\varphi_2v'^2+\varphi)+C(\psi_2v'^2+\psi)=0. \tag{4}$$

Предыдущее показывает, что не нарушая общности можно предположить, что первый интеграл уравнения геодезических линий, если он содержит $v'^2$, имеет вид (4).

Если считать (4) за квадрат линейного элемента некоторой поверхности, то параметрические линии ее будут взаимно ортогональны. Следовательно, дифференциальное уравнение геодезических линий этой поверхности будет иметь вид:

$$(5)\quad v''+\frac{1}{2E}\frac{\partial G}{\partial u}v'^3+\left(\frac{1}{2}\frac{\partial \log G}{\partial v}-\frac{\partial \log E}{\partial v}\right)v'^2+\left(\frac{\partial \log G}{\partial u}-\frac{1}{2}\frac{\partial \log E}{\partial u}\right)v'-$$
$$-\frac{1}{2G}\frac{\partial E}{\partial v}=0 \quad \text{(Bianchi. Differentialgeometrie)}$$

Предположим сначала, что интеграл не имеет множителя, свободного от C и линейного относительно $v'$.

Дифференцируя (4), исключая C, разрешая полученный результат по $v''$ и требуя, чтобы выражение в левой части было целым многочленом третьей степени относительно $v'$, получим такие условия для $\varphi$, $\psi$, $\varphi_2$, $\psi_2$:

$$\psi_2=U\varphi_2;\ \psi=V\varphi,$$

т. е, полученное как результат указанных вычислений дифференциальное уравнение будет вид:

$$(6)\quad v''+\frac{U'}{2(U-V)}\frac{\varphi_2}{\varphi}v'^3+\frac{1}{2}\left(\frac{\partial \log\left(\frac{\varphi_2}{\varphi}\right)}{\partial v}-\frac{\partial \log(U-V)}{\partial v}\right)v'^2+$$
$$+\frac{1}{2}\left(\frac{\partial \log\left(\frac{\varphi_1}{\varphi}\right)}{\partial u}+\frac{\partial \log(U-V)}{\partial u}\right)v'+\frac{V'}{2(U-V)}\frac{\varphi}{\varphi_2}=0$$

Пусть $ds^2=\varphi_2(1+C_1U)\,dv^2+\varphi(1+C_1V)\,du^2$

Приравнивание коэффициентов при одинаковых степенях $v'$ в (5) и (6) дает два уравнения:

$$\frac{\partial \log E}{\partial v}=\frac{\partial \log(U-V)}{\partial v}-\frac{\partial \log(1+C_1V)}{\partial v},$$

$$\frac{\partial \log G}{\partial u}=\frac{\partial \log(U-V)}{\partial u}-\frac{\partial \log(1+C_1U)}{\partial u},$$

т. е. $$E=\frac{U-V}{1+C_1V}U_1;\ G=\frac{U-V}{1+C_1U}V_1$$

Следовательно

$$ds^2=\left(\frac{U}{1+C_1U}-\frac{V}{1+C_1U}\right)\left(\frac{U_1}{1+C_1U}du^2+\frac{V_1}{1+C_1V}dv^2\right)\quad \text{(вид Liouville'a).}$$

Легко показать, что всякое другое значение произвольного постоянного C даст $ds^2$ с тем же дифф. уравнением.

Итак, если уравнение геодезических линий имеет первый интеграл вышеуказанного вида, то имеется система бесконечного числа поверхностей Liouville'a, геодезически изображающихся одна на другой. Изображение при этом таково, что обе системы минимальных линий на одной поверхности переходят в геодезические линии на другой поверхности, длина которых отлична от нуля.

Обратно, если геодезическое изображение одной поверхности на другой таково, что обеим системам минимальных линий на одной по-

верхности отвечают геодезические линии на другой поверхности, длина которых отлична от нуля, то обе поверхности принадлежат к виду Liouville'a, и их будет не две, а бесконечно много. Чтобы убедиться в этом, нужно составить дифференциальные уравнения геодезических линий для поверхности с квадратом линейного элемента вида $ds^2=2F_1dxdy$ и для другой поверхности $ds_1^2=Edu^2+2F\,dudv+Gdv^2$. Эти уравнения должны быть тождественны, откуда получим четыре уравнения:

$$GF_v-\frac{1}{2}GG_u-\frac{1}{2}FG_v=0,$$

$$\frac{1}{2}FE_u-EF_u+\frac{1}{2}EE_v=0,$$

(8)

$$\frac{-FF_v+\frac{3}{2}FG_u+\frac{1}{2}EG_v-GE_v}{EG-F^2}=\frac{\partial\log F_1}{\partial v},$$

$$\frac{-\frac{1}{2}FE_v+EG_u-\frac{1}{2}GE_u+FF_u}{EG-F^2}=-\frac{\partial\log F_1}{\partial u}.$$

Интегрирование системы 8) дает линейный элемент вида Liouville'a.

Как результат предшествующего можно высказать предложение:

Существование первого интеграла второй степени относительно $v'$, содержащего постоянное C и не имеющего множителя, линейного относительно $v'$ и свободного от C является необходимым и достаточным условием, чтобы поверхность, отвечающая данному дифференциальному уравнению геодезических линий, приводилась к виду Liouville'a и чтобы существовала система бесконечного числа поверхностей, геодезически изображающихся одна на другой.

В том случае, когда левая часть интеграла второй степени относительно $v'$ распадается на линейных множителей и один из этих множителей не содержит C, можно заменою переменных u,v, не зависящей от C, привести интеграл к виду:

(9) $$fdu^2+2f_1\,du\,dv=0,$$

где f и $f_1$ функции от u, v, линейные относительно C. Если левая часть уравнения (9) при некотором частном значении C будет квадратом линейного элемента поверхности, отвечающей рассматриваемому уравнению, то составляя это уравнение, легко видеть что среди всех выражений, получающихся из (9) при различных частных значениях C, только одно, кроме взятого сначала, может отвечать тому же уравнению, как $ds^2$. Следовательно, в этом случае система геодезически изображающихся одна на другой поверхностей может состоять только из двух поверхностей; при этом изображение таково, что одна система минимальных линий остается минимальной и на другой поверхности, в то время как другая система минимальных линий переходит в геодезические линии, длина которых отлична от нуля. Т. е. в этом случае поверхности могут приводится к виду Lie [Math. Ann. XX B. S. Lie Geodätische Linien p. 422].

Работы Математического Семинария при Томском Университете под руководством проф. *Ф. Э. Молина.*

**В. А. Соколова.**

# Определение вещественных минимальных поверхностей переноса и изучение линий переноса.

Минимальные поверхности переноса были одними из первых, уравнения которых были найдены. Уравнение минимальной поверхности переноса $e^{B\sin(\beta-\alpha)z} = A\frac{\cos B(x\cos\alpha+y\sin\alpha+a)}{\cos B(x\cos\beta+y\sin\beta+b)}$ дал Scherk. [1]).

Плоские линии переноса $x\cos\alpha+y\sin\alpha+a$, $x\cos\beta+y\sin\beta+b$ являются цепными линиями равного сопротивления [2]).

Кроме плоских лиций переноса на поверхности еще имеются системы пространственных линий переноса. Они связывают отдельные части поверхности в одно целое и дают представление о всей поверхности. В силу этого изучение вида и положения пространственных линий переноса минимальных поверхностей представляет большой интерес.

Сперва я из условий, при которых поверхность переноса является минимальной, выведу дифференциальные уравнения линий переноса, проинтегрирую их, пользуясь при этом эллиптическими функциями, по существу не необходимыми, но допускающими большие упрощения, дам выражения координат точек поверхности, отнесенных к асимптотическим линиям, как параметрическим. Затем только я, на основании полученных формул, исследую подробно вид асимптотических линий, линий переноса и, наконец, той части поверхности, которая покрыта определенной системой линий переноса. В заключении коснусь вопроса о предельном случае.

Если на поверхности переноса принять за параметрические линии линии переноса и их направляющие, то координаты точки поверхности выразятся так:

$$x=f_1(u)+\varphi_1(v),\ y=f_2(u)+\varphi_2(v),\ z=f_3(u)+\varphi_3(v).$$

Обозначим $\frac{\partial f_i}{\partial u}=u_i$, $\frac{\partial f_i}{\partial v}=v_i$. Тогда первая основная формула Гаусса примет вид:

$$Edu^2+2Fdudv+Gdv^2=\Sigma u_i{}^2du^2+2\Sigma u_i\,v_i\,dudv+\Sigma v_i{}^2dv^2.$$

Для выражения второй основной формы воспользуемся следующими сокращенными обозначениями:
$u_2'u_3-u_2u_3'=U_1E$, $v_2'v_3-v_2v_3'=V_1G$ и $U_2E$, $V_2G$, $U_3E$, $V_3G$, полученные циклическими перемещениями значков у $u$ и $v$. Тогда $Ddu^2+2D'dudv+D''dv^2=\frac{1}{\sqrt{EG-F^2}}(\Sigma U_i\,v_i\,Edu^2-\Sigma V_i\,u_i\,Gdv^2)$.

Коэффициент $D'$ этой формы равен нулю, а это есть признак сопряженности линий $u$ и $v$ на поверхности.

[1]) Crelle, journal XIII Band

[2]) Cesàro. Vorlesungen über natürliche Geometrie, стр. 5.

Для того, чтобы поверхность была минимальная, средняя кривизна должна равняться нулю. Это условие даст функциональное уравнение:

(1) $$U_1v_1+U_2v_2+U_3v_3=V_1u_1+V_2u_2+V_3u_3.$$

Вторая основная форма будет: $\frac{\Sigma U_i\, u_i\,(Edu^2-Gdv^2)}{\sqrt{EG-F^2}}$.

Для решения уравнения (1) продифференцируем его два раза по v. Исключим случай $[v_i\, v_i'\, v_i'']=0$, дающий плоские линии переноса. Из трех уравнений найдем $U_1, U_2, U_3$ как линейные функции $u_1, u_2, u_3$:

(2) $$U_1=\lambda u_1+\mu' u_2+\nu'' u_3,\quad U_2=\lambda'' u_1+\mu u_2+\nu' u_3,\quad U_3=\lambda' u_1+\mu'' u_2+\nu u_3,$$

где коэффициенты $\lambda, \mu', \nu''\ldots$ постоянны, не зависят от v, так как касательные пространственной кривой не лежат в одной плоскости и между косинусами касательных не должно быть линейного соотношениия:

Разрешая уравнения по $V_1, V_2, V_3$ получим:

(2′) $$V_1=\lambda v_1+\mu' v_2+\nu'' v_3,\quad V_2=\lambda'' v_1+\mu v_2+\nu' v_3,\quad V_3=\lambda' v_1+\mu'' v_2+\nu v_3.$$

На основании (2) имеем: $\Sigma U_i\, u_i=0$, $\Sigma U_i\, u_i'=0$ и, следовательно $\Sigma U_i'\, u_i=0$. Если применить последние две формулы к системе (2) то получим:

$(\lambda''-\mu')\, U_3+(\lambda'-\nu')\, U_2+(\mu''-\nu')\, U_3=0$. Для того, чтобы кривые получились не плоски должно быть: $\lambda''=\mu'$, $\nu''=\lambda'$, $\mu''=\nu'$.

Теперь из уравнения $\Sigma U_i\, u_i=0$ получим:

$$\lambda u_1^2+\mu u_2^2+\nu u_3^2+2(\mu' u_1u_2+\nu'' u_1u_3+\nu' u_2u_3)=0.$$

Примем $u_1, u_2, u_3$ за координаты точки, тогда последнее уравнение есть уравнение конуса второго порядка, не отнесенного к главным осям.

Отнесем его к главным осям, тогда получим:

$$\lambda u_1^2+\mu u_2^2-\nu u_3^2=0.$$

Если считать, что ось x параллельна большой оси сечения конуса, плоскостью перпендикулярной оси, то будет $\lambda<\mu$.

При $\lambda=\mu$ получим круговой конус. Этот случай мы исключим, он является предельным случаем рассмотрение которого отложим на конец. Случай этот отвечает винтовой поверхности.

Теперь уравнения (2) дают:

(3) $$\lambda u_1=\frac{u_2'u_3-u_2u_3'}{u_1^2+u_2^2+u_3^2},\quad \mu u_2=\frac{u_3'u_1-u_3u_1'}{u_1^2+u_2^2+u_3^2},\quad \nu u_3=\frac{u_1'u_2-u_1u_2'}{u_1^2+u_2^2+u_3^2}.$$

Из уравнений (2′) получим для $v_1, v_2, v_3$:

(3′) $$\lambda v_1=\frac{v_2'v_3-v_2v_3'}{v_1^2+v_2^2+v_3^2},\quad \mu v_2=\frac{v_3'v_1-v_3v_1'}{v_1^2+v_2^2+v_3^2},\quad \nu u_3=\frac{v_1'v_2-v_1v_2'}{v_1^2+v_2^2+v_3^2}.$$

Подробный вывод систем этих формул дал P. Stäckel. Gött. Nachr. 1905

В виду неопределенности параметра u, определим его так, чтобы было:

(4) $$u_1^2+u_2^2+u_3^2=C^2,$$

с определится дополнительным условием.

Уравнения (3) и (4) будут выполнены, если положить.

(5) $\lambda u_1=\sqrt{\nu}\cos\varphi.\ u_3,\ \sqrt{\mu}\, u_2=\sqrt{\nu}\sin\varphi.\ u_3,\ u_3=\sqrt{\frac{\lambda}{\nu+\nu}}\,\frac{c}{\Delta\varphi}$, где, по

обозначению Лежандра, $\Delta\varphi=\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}$ и $k^2=\frac{\nu}{\mu}\,\frac{\mu-\lambda}{\nu+\lambda}$.

Тогда уравнения (3) дадут: $\frac{d\varphi}{\Delta\varphi}=c\sqrt{\mu\nu+\lambda)}$. Следовательно, удобно сделать с $\sqrt{\mu(\nu+\lambda)}=1$. Для простоты вычислений полагаем $\varphi=\mathrm{am}\,(u-K)$. Если обозначить еще:

$a\,(\mu+\nu)=1$, $\sin^2\alpha=(\mu-\lambda)a$, то из уравнений (5) получим:

$$u_1\sin\alpha\cos\alpha=ak\,\mathrm{sn}u,\quad u_2\sin\alpha=ak\,\mathrm{cn}u,\quad u_3\cos\alpha=-a\,\mathrm{dn}u.$$

Вследствие системы (3¹) такие же формулы получим для $v_1$, $v_2$, $v_3$:

$$v_1\sin\alpha\cos\alpha=ak\,\mathrm{sn}v,\quad v_2\sin\alpha=ak\,\mathrm{cn}v,\quad v_3\cos\alpha=-a\,\mathrm{dn}v.$$

Теперь имеем:

(6) $dx\sin\alpha\cos\alpha=ak\,(\mathrm{sn}u\,\mathrm{dn}u\,du+\mathrm{sn}v\,\mathrm{dn}v\,dv)$, $dy\sin\alpha=ak\,(\mathrm{cn}u\,\mathrm{dn}u\,du+\mathrm{cn}v\,\mathrm{dn}v\,dv)$, $dz\cos\alpha=-a\,(\mathrm{dn}u\,du+\mathrm{dn}v\,dv)$.

Здесь параметрические линии u и v есть в то же время линии переноса. Так как теперь E и F равны, то вторая основная форма будет: $\Omega\,(u,v)\,(du^2-dv^2)$ и $du^2-dv^2=0$ есть уравнение асимптотических линий. Мы их делаем параметрическими и вводим $u=\sigma+\tau$, $v=\sigma-\tau$.

Эти значения u и v введем в (6) и применим теорему сложения эллиптических функций:

$$dx\sin\alpha\cos\alpha=2\,ak\,(\mathrm{sn}\sigma\,\mathrm{cn}\tau\,\mathrm{dn}\tau\,d\sigma+\mathrm{sn}\tau\,\mathrm{cn}\sigma\,\mathrm{dn}\sigma\,d\tau),$$

$$dy\sin\alpha=2\,ak\,(\mathrm{cn}\sigma\,\mathrm{cn}\tau\,d\sigma-\mathrm{sn}\sigma\,\mathrm{sn}\tau\,\mathrm{dn}\sigma\,d\tau),$$

$$dz\cos\alpha=-2\,a\,(\mathrm{dn}\sigma\,\mathrm{dn}\tau\,d\sigma-k^2\mathrm{sn}\sigma\,\mathrm{cn}\sigma\,\mathrm{sn}\tau\,\mathrm{cn}\tau\,d\tau).$$

После интегрирования имеем:

$$x\sin\alpha\cos\alpha=\lg\frac{\mathrm{dn}\sigma\,\mathrm{dn}\tau+k\,\mathrm{cn}\sigma\,\mathrm{cn}\tau}{\mathrm{dn}\sigma\,\mathrm{dn}\tau-k\,\mathrm{cn}\sigma\,\mathrm{cn}\tau},$$

$$(7)\qquad y\sin\alpha=2\,a\,\mathrm{arctg}\,\frac{k\,\mathrm{cn}\tau\,\mathrm{sn}\sigma}{\mathrm{dn}\sigma},$$

$$z\cos\alpha=2\,a\,\mathrm{arccfg}\,\frac{\mathrm{dn}\tau\,\mathrm{sn}\sigma}{\mathrm{cn}\sigma}.$$

Исключение $\sigma$ и $\tau$ дает уравнение поверхности:

$$(8)\qquad e^{\frac{x\sin\alpha\cos\alpha}{a}}=\frac{\cos\left(\frac{y\sin\alpha-z\cos\alpha}{2a}\right)}{\cos\left(\frac{y\sin\alpha+z\cos\alpha}{2a}\right)}.$$

Для упрощения обозначу:

$\frac{x\sin\alpha\cos\alpha}{a}=x'$, $\frac{y\sin\alpha}{2a}=y'$, $\frac{z\cos\alpha}{2a}=z'$ и $\sqrt{1-k^2\mathrm{sn}^2\sigma\mathrm{sn}^2\tau}=R$ и из (7) получу:

$$(9)\qquad \mathrm{ch}x'=\frac{\mathrm{dn}\sigma\,\mathrm{dn}\tau}{k'R},\qquad \mathrm{sh}x'=\frac{k\,\mathrm{cn}\sigma\,\mathrm{cn}\tau}{k'R},$$

$$\cos y'=\frac{\mathrm{dn}\sigma}{R},\qquad \sin y'=\frac{k\,\mathrm{cn}\tau\,\mathrm{sn}\sigma}{R},$$

$$\cos z'=\frac{\mathrm{dn}\tau\,\mathrm{sn}\sigma}{R},\qquad \sin z'=\frac{\mathrm{cn}\sigma}{R}.$$

В эти формулы можно ввести на место эллиптических функций тригонометрические, полагая:

$$(10)\qquad \frac{k'}{dn\tau}=\cos\psi,\quad \frac{k'sn\sigma}{dn\sigma}=\cos\xi,\quad \frac{kcn\tau}{dn\tau}=\sin\psi,\quad \frac{cn\sigma}{dn\sigma}=\sin\xi.$$

Мы заметим только следующее. Если $\sigma$ и $\tau$ придавать только вещественные значения, то $\xi$ принимает всевозможные значения, но угол $\psi$ ограничен в своих значениях, так как $\sin\psi$ не может стать больше k.

Если положить $\sin\psi_0=k$, где $\psi_0<\frac{\pi}{2}$, то $\psi$ заключается в границах $-\psi_0<\psi<\psi_0$

Итак, формулы в эллиптических функциях с вещественными $\sigma$ и $\tau$ не дадут всех точек поверхности, которые даются тригонометрическими формулами, а только часть их. Для того, чтобы в формулах с эллиптическими функциями получить и эти точки, приходится придавать аргументу комплексные значения. Тогда приходится только следить за непрерывностью переходов. В этом случае тригонометрические формулы заслуживают предпочтение.

2. Теперь обратимся к исследованию поверхности и расположенных на ней линий. Из уравнения поверхности видно, что только тем значениям y и z отвечают точки поверхности, для которых правая часть уравнения положительна. Переходы от положительных к отрицательным значениям на плоскости yz совершаются по прямым линиям: $y\sin\alpha-z\cos\alpha=\frac{m\pi}{2}$, $y\sin\alpha+z\cos\alpha=\frac{m'\pi}{2}$, где m,m'— нечетные числа. Эти линии делят плоскость yz на ромбы, диагонали которых параллельны осям yz и в одном из ромбов совпадают с осями. Если этот ромб принять за исходный, то над ним и под ним простирается поверхность вплоть до вершин.

В четырех прилежащих ромбах правая часть уравнения отрицательна и под ними, и над ними нет поверхности. Зато для всех смежных с ними ромбов правая часть уравнения поверхности положительна и под ними и над ними имеются части поверхности. Если построить вертикальные плоскости, проходящие через стороны ромбов, то они делят пространство на призмы, которые назевем клетками.

В исходной клетке содержится часть поверхности, в смежной не содержится. Поверхность содержится в клетках, имеющих одно общее ребро с исходной. Вдоль по ребру клетки правая часть уравнения принимает вид $\frac{0}{0}$, по этому формально все значения x выполняют уравнение и ребро будет прямой линией, расположенной на поверхности. Оно является переходной линией и, как прямая, асимптотической линией.

Плоские сечения поверхности параллельные боковым поверхностям клеток являются линиями переноса Они имеют асимптотами линии пересечения плоскостей со стеною клетки и поэтому каждая ветвь такой линии содержится в одной лишь клетке. Если обратить внимание только на исходную клетку, то имеется следующиее. Каждая из диагоналей ромба $y=0$, $z=0$ даст $x=0$, то есть они являются асимптотическими линиями разных систем.

В двух четвертях ромба поверхность поднимается, в двух остальных опускается седлообразно и дотягивается до ребер клетки. То же самое относится ко всем остальным частям поверхности.

Более подробное представление о поверхности получим при изучении тех линий, которые проходят не по одной только клетке, таковыми являются асимптотические линии, к их рассмотрению мы и перейдем.

Введем (10) в (9), полагая $S=\sqrt{1-\sin^2\psi\sin^2\xi}=\frac{Rk'}{dn\sigma dn\tau}$ получим:

$$chx'=\frac{1}{S},\qquad shx'=\frac{\sin\psi\sin\xi}{S},$$

$$cosz'=\frac{\cos\xi}{S},\qquad sinz'=\frac{\cos\psi\sin\xi}{S},$$

$$cosy'=\frac{\cos\psi}{S},\qquad siny'=\frac{\sin\psi\cos\xi}{S}.$$

$\xi=0$, $\psi=0$ дадут точку $y'=0$, $z'=0$, $x'=0$. Тогда $\xi=0$ даст точки на оси y'. Так как тогда $cosy'=cos\psi$, $siny'=sin\psi$, то мы имеем $y'=\psi$, лишь только мы сохраним непрерывность переходов.

Тогда каждая асимптотическая линия системы $\psi=const$ определится той точкой оси y', через которую она проходит. Если для простоты положим, что $-\frac{\pi}{2}<\psi<\frac{\pi}{2}$ и делаем $\psi$ постоянным, то $cosy'\geq cos\psi$, а потому $-\psi\leq y'\leq\psi$. Эти асимптотические линии расположены только в таких клетках, которые пересекаются осью z. Если же $\psi$ не содержится в этих границах, то асимитотическая линия пройдет по ряду клеток, параллельному тому, который сейчас был рассмотрен.

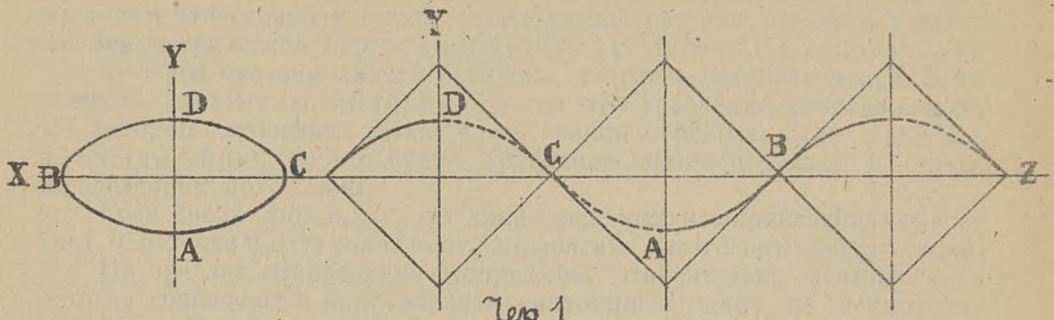
Теперь обратимся к изучению отдельной ассимптотической линии $\psi=Const$. Исключив из уравнений (11) $\xi$ получим уравнения трех проекций асимптотической линии:

(12) $\quad cosy'=cos\psi\,chx',\quad shx'=tg\psi'\,sinz',\quad siny'=sin\psi\,cosz'.$

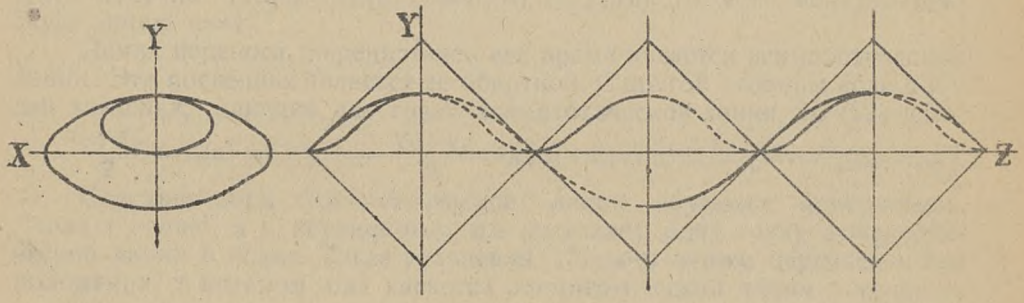
Координата y оказалась ограниченной в своих значениях. Тогда условие $chx'<\frac{1}{cos\psi}$ ограничивает x'. Проекция кривой на плоскость xy имеет овальную форму. В силу неограниченности z, асимптотическая кривая проходит по всем клеткам ряда призм, параллельным оси z' и только по прохождении двух клеток она периодически принимает те же положения. По проекциям асимптотической линии на плоскости xy и yz (рис. 1) можно проследить прохождение асимитотической линии через линии перехода из одной клетки в другую. Если для точки одной переходной линии значение x будет наибольшее, то для точки следующей переходной линии оно станет наименьшим, то есть кривая переходит из клетки в клетку при наибольших и наименьших значениях x, то опускаясь то поднимаясь над плоскостью yz. Из обоих проекций заключаем, что асимптотическая линия имеет винтовой вид.

Чем больше $\psi$, тем выше поднимается асимтотическая линия и при $\psi=\frac{\pi}{2}$ она разбивается на ряд боксвых ребер призм.

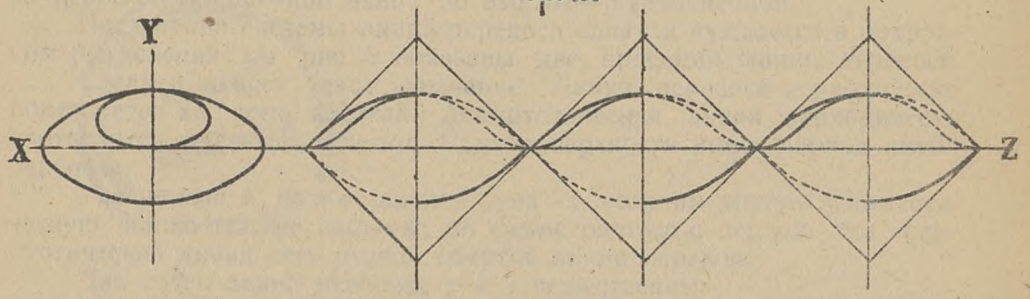
К работе В. А. Соколовой.




Чер. 1.




Чер. 2.




Чер. 3.

при $\varphi = \frac{}{2}$ она разбивается на ряд боксвых реоер призм.

При определении координат точки поверхности мы видели, что функции $f(u)$ и $\varphi(v)$ одного вида, а потому за координаты точки поверхности отнесенной к одной определенной системе линий переноса, как параметрической берем $x=f_1(u)+f_1(v)$, $y=f_2(u)+f_2(v)$, $z=f_3(u)+f_3(v)$.

$u=\text{const}$ считаем линеей переноса, $v=\text{const}$—направляющей. Если написать систему $x_i=f_i(u)+f_i(v_0)$ то это уравнение направляющей, по которой скользит точка $v=v_0$ линии переноса. Если написать $x_i=f_i(u_0)+f_i(v)$, то это будет уравнение линии переноса в одном определенном положении.

Если сверх того $u_0=v_0$, то линия переноса и направляющая совпадают и в точке $u_0=v_0$ совпадают направления касательных обоих линий.

Но эти два направления сопряжены относительно асимптоты и поэтому совпадают с направлением касательной одной из асимптотических линий поверхности. Как уравнение геометрического места таких точек получим: (12) $x=2f_1(u)$, $y=2f_2(u)$, $z=2f_3(u)$, то есть асимптотическую линию $u=v$.

Линия переноса, передвигаясь все время касается асимптотической линии. Эта последняя является ее оберткой. С другой стороны если $u$ и $v$ два значения, дающие две точки асимптотической линии, то (12) дает:

$$x=\frac{x_1+x_2}{2}=f_1(u)+f_1(v),\quad y=\frac{y_1+y_2}{2}=f_2(u)+f_2(v),\quad z=\frac{z_1+z_2}{2}=f_3(u)+f_3(v).$$

Середины хорд асимптатической линии образуют поверхность. Делая $v=\text{const}$, а $u$ переменным, мы оставляем одну точку асимптотической линии в покое. Тогда уравнения (12) дают линию переноса в том положении, в котором она касается асимптотической линии в точке $v$.

По отношении к асимптотической линии, линия переноса является во первых уменьшенной вдвое во вторых—перемещенной.

Построение системы линий переноса едва ли нуждается в подробном раз'яснении. На рис 2 показаны две проекции линий переноса.

Сделаем только такое замечание. Линия переноса периодически повторяется во всех клетках. Асимптотическая линия периодически повторяется через две клетки. Сама поверхность имеет период линий переноса.

Увеличивая $z'$ на $\pi$ и заменяя $\psi$ на $-\psi$, получим другую асимптотическую линию той же системы, но симметричную с первой. Эта асимптотическая линия есть вторая обертка линии переноса.

Для точек линий переноса $u$ и $v$ вещественны.

Линии переноса покрывают полосу поверхности, заключенную между двумя обертками. Эта полоса поверхности имеет винтообразный вид.

В заключение разсмотрим случай $\alpha=0$, дающий $\mu=\lambda$. Конус, которому параллельны касательные плоскости поверхности, становится круговым $\lambda(u_1^2+u_2^2)-\nu u_3^2=0$.

Из формул (9) получим винтовую поверхность:

$x=a\sqrt{\frac{\nu}{\mu}}\operatorname{cn}\psi\operatorname{cn}\tau$, $y=a\sqrt{\frac{\nu}{\mu}}\operatorname{sn}\psi\operatorname{cn}\tau$, $\operatorname{tg}\psi=\frac{1}{\operatorname{dn}\tau}\frac{x}{y}$, которая является предельным случаем полосы поверхности, вырезанной двумя асимптотическими линиями.

В заключение приношу глубокую благодарность *Феодору Эдуардовичу Молину* за те ценные указания, которые им были сделаны в этой работе.

Работы Математического семинария при Томском Университете под руководством проф. *Ф Э. Молина.*

**Л. С. Богословская.**

# О системе минимальных поверхностей.

Если минимальная поверхность ограничена одной или несколькими поверхностями, то она может принять устойчивое положение т. е. положение, в котором каждое перемещение сопровождается увеличением площади, только тогда, когда она ортогональна к ограничивающим поверхностям. Если ограничивающие поверхности таковы, что имеется ряд минимальных поверхностей ортогональных к ним, то это будет случай безразличного положения. Последнее имеет место, когда минимальные поверхности участвуют в тройной ортогональной системе поверхностей.

Таким примером может служить система минимальных поверхностей вращения с общей осью. Интересно узнать, существует ли еще подобный пример тройной ортогональной системы, при участии в ней минимальных поверхностей. Этот вопрос и был причиной моих исследований. Ответ у меня получился отрицательный.

§ 1. Квадрат линейного элемента в тройной системе ортогональных поверхностей имеет вид.

$$ds^2=H_1^2d\rho_1^2+H_2^2d\rho_2^2+H_3^2d\rho_3^2,$$

где $H_1$, $H_2$, $H_3$ в общем случае функций $\rho_1$, $\rho_2$, $\rho_3$ связанные между собою шестью уравнениями Lamé

$$\frac{\partial^2 H_i}{\partial\rho_k\,\partial\rho_e}=\frac{1}{H_k}\frac{\partial H_k}{\partial\rho_e}\frac{\partial H_i}{\partial\rho_k}+\frac{1}{H_e}\frac{\partial H_e}{\partial\rho_k}\frac{\partial H_i}{\partial\rho_e}$$

$$\frac{\partial}{\partial\rho_e}\left(\frac{1}{H_e}\frac{\partial H_k}{\partial\rho_e}\right)+\frac{\partial}{\partial\rho_k}\left(\frac{1}{H_k}\frac{\partial H_e}{\partial\rho_k}\right)+\frac{1}{H_i^2}\frac{\partial H_e}{\partial\rho_i}\cdot\frac{\partial H_k}{\partial\rho_i}=0$$

(e=1, 2, 3. k=1, 2, 3. i=1, 2, 3)

Если параметрические линии на поверхности $\rho_3$=const суть линии изотермические, то квадрат линейного элемента на этой поверхности будет

(1) $$ds^2=\lambda^2[\varphi_1^2(\rho_1)d\rho_1^2+\varphi_2^2(\rho_2)d\rho_2^2]$$

Так как на минимальной поверхности линии кривизны суть линии изотермические, то последняя формула может выражать квадрат линейного элемента на минимальной поверхности $\rho_3$=const В тройной системе ортогональных поверхностей, в которой участвуют минимальные поверхности, первые два члена квадрата линейного элемента имеют вид (1), однако $\rho_3$ еще входит туда параметром; для большого удобства я напишу линейный элемент в другой, очевидно, допустимой форме

$$ds^2=\psi^2\left(\frac{\omega_2^2}{\omega_1^2}d\rho_1^2+\frac{\omega_1^2}{\omega_2^2}d\rho_2^2\right)+H_3^2d\rho_3^2,$$

где $\omega_1$ функция только от $\rho_1$ и $\rho_3$, $\omega_2$ функция от $\rho_2$ и $\rho_3$ и $\psi$ функция от $\rho_1$, $\rho_2$, $\rho_3$ (стоит только вынести $\omega_1^2\,\omega_2^2$ из скобок).

§ 2. Для минимальной поверхности средняя кривизна равна нулю, а принимая во внимание известное выражение для радиусов кривизны поверхности $\rho_i = \text{const}$ $\frac{1}{r_{ik}} = \frac{1}{H_i H_k} \frac{\partial H_k}{\partial \rho_i}$, получу для нашей поверхности

$$\frac{1}{H_3 H_1} \frac{\partial H_1}{\partial \rho_3} + \frac{1}{H_3 H_2} \frac{\partial H_2}{\partial \rho_3} = 0.$$

Отсюда $\frac{\partial \psi}{\partial \rho_3} = 0$; для минимальной поверхности $\psi$ является функцией только от $\rho_1$ и $\rho_2$.

§ 3. Если в двух уравнениях lamé

$$\frac{\partial^2 H_1}{\partial \rho_2 \partial \rho_3} = \frac{1}{H_3} \frac{\partial H_3}{\partial \rho_2} \frac{\partial H_1}{\partial \rho_3} + \frac{1}{H_2} \frac{\partial H_2}{\partial \rho_3} \frac{\partial H_1}{\partial \rho_2}$$

(3)

$$\frac{\partial^2 H_2}{\partial \rho_1 \partial \rho_3} = \frac{1}{H_3} \frac{\partial H_3}{\partial \rho_1} \frac{\partial H_2}{\partial \rho_3} + \frac{1}{H_1} \frac{\partial H_1}{\partial \rho_3} \frac{\partial H_2}{\partial \rho_1}$$

$H_3$ принять за искомую функцию, то в нашем случае новых условий не прибавится. Если при том $\frac{\partial H_1}{\partial \rho_3} = 0$ и следовательно $\frac{\partial H_2}{\partial \rho_3} = 0$, то $H_3$ вовсе не определяется. Если же эти выражения не нули, то совместный интеграл уравнений (3) будет

$$H_3 = \psi^2 \omega_1^2 \omega_2^2 D,$$

где $$D = \frac{\partial \lg \omega_1}{\partial \rho_3} - \frac{\partial \lg \omega_2}{\partial \rho_3}$$

§ 4. Подставляя значения $H_1, H_2, H_3$, в третье, еще неиспользованное, уравнение lamé группы первой, преобразую его к виду

(4)
$$2w_{12} D + w_1 D_2 + w_2 D_1 = 0,$$

где $w = \lg \psi \omega_1 \omega_2$, а дифференцирование по $\rho_1$ и $\rho_2$ обозначено значками 1 и 2. Дифференцируя уравнение (4) по $\rho_3$, обозначая дифференцирование по $\rho_3$ значком $'$, имею благодаря виду функции w,

(5)
$$2w_{12} D' + w_1 D_2' + w_2 D_1' = 0.$$

Если для краткости положить $u = \frac{\partial \lg w_1}{\partial \rho_3}$, $v = \frac{\partial \lg w_2}{\partial \rho_3}$, то уравнения (4) и (5) приводятся к уравнениям

$$2(u - v) w_{12} - v_2 w_1 + u_1 w_2 = 0$$
$$2(u' - v') w_{12} - v_2' w_1 + u_1' w_2 = 0$$

вида Пуассона. Совместный интеграл уравнений (4) и (5) будет существовать, если величины u, v, u′, v′ будут выполнять некоторые условия.

Здесь можно различить два случая.

§ 5. а). Если u, u′ и v, v′ удовлетворяют уравнениям

$$au'^2 + 2buu' + 2cu' + du^2 + 2eu + f = 0$$

(6)
$$av'^2 + 2bvv' + 2cv' + dv^2 + 2ev + f = 0,$$

то совместный интеграл уравнений (4) и (5) будет иметь вид

$$e^w = \left( \frac{\sqrt{u - \alpha_1} + \sqrt{u - \alpha_2} + \sqrt{v - \alpha_1} + \sqrt{v - \alpha_2}}{\sqrt{u - \alpha_1} + \sqrt{u - \alpha_2} - \sqrt{v - \alpha_1} - \sqrt{v - \alpha_2}} \right)^c,$$

где $\alpha_1$, $\alpha_2$ функции от $\rho_3$. Для того чтобы узнать, дает ли этот случай решение, сравниваю полученный интеграл с выражением $w=\lg \varphi\omega_1\omega_2$. Дифференцируя и то и другое по $\rho_3$, после соответствующих преобразований, получу

$$(7)\qquad \frac{2}{c}(u+v)(u-v+\sqrt{u-\alpha_1}\sqrt{u-\alpha_2}-\sqrt{v-\alpha_1}\sqrt{v-\alpha_2}) =$$
$$(\sqrt{u-\alpha_1}+\sqrt{u-\alpha_2})\left(\frac{v'-\alpha_1'}{\sqrt{v-\alpha_1}}+\frac{v'-\alpha_2'}{\sqrt{v-\alpha_2}}\right)-(\sqrt{v-\alpha_1}+\sqrt{v-\alpha_2})\left(\frac{u'-\alpha_1}{\sqrt{u-\alpha_1}}+\right.$$
$$\left.-\frac{u'-\alpha_1'}{\sqrt{u-\alpha_2}}\right)$$

Если положить $u=\alpha_1$, то правая часть уравнения (7) обращается в $\infty$, а потому разность $u'-\alpha_1'$ должна делится на $u-\alpha_1$. Но пользуясь соотношениями (6), $au'+bu+c$ можно представить в виде $\sqrt{A}\,.\,.\,\sqrt{(u-\alpha_1)(u-\alpha_2)}$. Следовательно.

$$u'-\alpha_1'=-\frac{b}{a}(u-\alpha_1)+\frac{\sqrt{A}}{a}\sqrt{(u-\alpha_1)(u-\alpha_2)}$$

или

$$u'-\alpha_2'=-\frac{b}{a}(u-\alpha_2)+\frac{\sqrt{A}}{a}\sqrt{(u-\alpha_1)(u-\alpha_2)}$$

Если теперь эти значения внести в уравнение (7), то его правая часть тождественно обратится в нуль, в то время как множитель в левой части при $\frac{1}{c}$ не обращается в нуль, следовательно $\frac{1}{c}=0$ или $c=\infty$. А потому мое первое предположение не даст решения.

§ 6. в) Если u, u′ и v, v′ связаны соотношениями вида $u'=mu+n$, $v'=pv+q$, то уравнения (4) и (5) имеют в этом случае вид

$$2\,w_{12}(u-v)+w_2u_1-w_1v_2=0$$
$$2\,w_{12}(mu-pv+n-q)+w_2mu_1-w_1pv_2=0.$$

Их совместный интеграл будет

$$(8)\qquad w=\rho_3-\frac{1}{\sqrt{[m-p)v+n-q]\,[m-p)u+n-q]}}$$

Дифференцируя уравнение (5) по $\rho_3$, имею

$$2\,w_{12}D''+w_1D_2''+w_2D_1''=D_1'D_2-D_2'D_1.$$

Вычисляя D, D″, $D_2''$, $D_1''$, $D_1'$, $D_2'$, $D_1$, $D_2$ и подставляя в последнее уравнение, получу

$$(9)\qquad 2\left\{(m^2+m')u-(p^2+p')v+mn+n'-pq-q'\right\}w_{12}+$$
$$(m^2+m')u_1w_2-(p_2+p')v_2w_1=(p-m)u_1v_2$$

Если сюда подставить w из (8), то левая и правая части будут неодинаковой степени относительно $u_1$ и $v_2$. Следовательно уравнение (9) выполнится только тогда, когда его правая часть равна нулю т. е. $p=m$.

§ 7. При $p=mu_1 u'$ и $v_1, v'$ будут связаны соотношениями $u'=mu+n$ $v'=mv+q$, и уравнение (5) обращается в

$$2w_{12}[m(u-v)+n-q]+w_2mu_1-w_1mv_2=0.$$

Сравниваю его с (4), я вижу, что

$$2w_{12}(n-q)=0.$$

Здесь возможны два предположения: или $w_{12}=0$ или $n=q$. В первом случае из уравнения (4) имею

$$w_2u_1-w_1v_2=0$$

отсюда

$$w=P(\rho_3)(u+v)+Q(\rho_3)$$

Сравниваю последнее выражение с выражением $w=\lg \varphi\omega_1\omega_2$. Дифференцируя и то и другое по $\rho_3$, получу

$$u+v=P'(\rho_3)(u+v)+Q'(\rho_3)+P(\rho_3)[m(u+v)+n+q],$$

что можно представить в виде

$$u(\rho_1, \rho_3)+v(\rho_2, \rho_3)=F(\rho_3).$$

Но последнее возможно только в частном случае, когда u и v суть функции только от $\rho_3$.

В случае $n=q$. получается единственное уравнение (4). которое выполняется. но за то остаются невыполненными остальные уравнения Lamé.

§ 8. Уравнения (4) и (5) могут быть выполненными в том только случае, когда D не зависит от $\rho_1$. Тогда эти уравнения. если их считать различными, дают $w_1=0$. В этом случае $H_3=e^{2w}D$ от $\rho_1$ не зависит и $H_2=\frac{e^w}{\omega_2^2}$ также от $\rho_1$ не зависит. Поверхности же $\rho_1=$const будут плоскостями, так как их главные кривизны

$$\frac{1}{r_{13}}=\frac{1}{H_1H_3}\frac{\partial H_3}{\partial\rho_1} \text{ и } \frac{1}{r_{12}}=\frac{1}{H_1H_2}\frac{\partial H_2}{\partial\rho_1}$$

равны нулю. $H_1$ может быть представлено в виде $\theta(\rho)\theta_1(\rho_2, \rho_3)$ и следовательно, при известном выборе $\rho_1$, его можно считать независимым от $\rho_1$. Произведение $H_1H_2$ будет функцией только $\rho_2$, при соответствующем же выборе $\rho_2$, можно положить $H_1H_2=1$. Квадрат линейного элемента на поверхности $\rho_3=$const будет иметь вид

$$ds^2=\frac{1}{H^2}d\rho_1^2+H_2^2d\rho_2^2.$$

Полагая $H_2d\rho_2=du$, последнюю формулу можно написать в виде

$$ds^2=g(u)d\rho_1^2+du^2. \quad (10)$$

Уравнение (10) является уравнением линейного элемента на поверхности, которая может навертываться на поверхность вращения. Ее линии кривизны совпадают с линиями кривизны поверхности вращения, следовательно эти поверхности совпадают, и все меридианы лежат в плоскостях, имеющих общую ось. Эти поверхности должны быть катеноидами.

В заключение мне нужно еще оправдать слова. сказанные в введении, о том, что минимальная поверхность тройной ортогональной системы находится в безразличном равновесии Для этого возвращаюсь к § 2. в котором я показала, что $\varphi$ есть фунция только $\rho_1$ и $\rho_2$. Элемент площади поверхности $\rho_3=$const имеет вид

$$dS=\varphi(\rho_1,\rho_2)d\rho_1 d\rho_2$$

Таким образом функция $S=\int\int \lambda(\rho_1\rho_2)\, d\rho_1 d\rho_2$ не зависит от $\rho_3$ т. е. имеет одно и то же значение для всех минимальных поверхностей. Замкнутая поверхность вида $u=\rho_2-f(\rho_1)=0$, ортогональная к минимальным поверхностям, так как условие ортогональности

$$\sum \frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial \rho_3}{\partial x}=\sum \frac{\partial \rho_2}{\partial x}\frac{\partial \rho_3}{\partial x}-f^1(\rho_1)\sum \frac{\partial \rho_1}{\partial x}\frac{\partial \rho_3}{\partial x}=0$$

выполнено, вырезывает на всех минимальных поверхностях равные площади т. е. действительно безразличное равновесие имеет место.

Выражаю глубокую благодарность *Федору Эдуардовичу Молину* за все ценные указания, данные им для моей работы.

В. М. Кудрявцева.

# О столкновениях медленных электронов с молекулами.

1. Процесс образования ионов, как впервые показал Lenard [1]) для случая электропроводности вызванной катодными лучами, заключается в том, что от молекулы газа отщепляется электрон. В газе появляется ряд заряженных центров (электроны и положительные остатки)—своего рода „ионный газ". Электрические силы, возникающие между нейтральными молекулами и частицами „ионного газа", настолько малы, что пути ионов в промежутках между двумя столкновениями можно считать прямыми линиями. Только в моменты столкновений эти силы достаточно велики для того, чтобы заряженные центры могли окружаться нейтральными молекулами [2]).

Действительно, подвижности, определенные на опыте, обычно гораздо меньше тех, какие-бы следовало ожидать для ионов молекулярных размеров или свободных электронов.

Большие подвижности в газах при атмосферном давлении были обнаружены прежде всего в пламенах, причем Lenard [3]) пришел к заключению, что в этом случае часть отрицательных носителей электричества, суть свободные электроны Затем Franck и Pohl [4]) в аргоне и азоте, тщательно очищенных от окиси, и Welliche [5]) в воздухе показали, что электрон может существовать в течение более или менее продолжительного времени в свободном состоянии Небольшие примеси кислорода или хлора к азоту и благородным газам значительно сокращают время жизни свободного электрона. Соответственно уменьшается (для аргона в 150 раз) подвижность отрицательного иона. Тем же свойством в значительно меньшей степени обладает водород.

Итак оказывается, силы притяжения между электронами и молекулами газа зависят от свойств этого газа. Они велики для хлора и кислорода и постепенно убывают до благородных газов, где по всей вероятности равны нулю. Основываясь на этих данных Franck [6]) делает заключение о различной электроотрицательности газов и проводит аналогию между химическим сродством и сродством к электрону.

Величину этого сродства, как указал Семенов [7]), можно охарактеризовать отношением числа свободных электронов к числу электронов молизованных. Можно и иным способом.

Резюмируя кратко опыты Franck'a, Pohl'a и Welliche'a можно сказать, что время жизни электрона не всегда ограничивается длиной его свободного пути и что оно различно для различных газов. Таким образом не каждое из столкновений электрона с молекулой кончается

---

[1]) Lenard. An. d. Phys 12, p 475, 1903.
[2]) Langevin An. d Phys et d Chem (6) 28, p 289, 1903.
[3]) Lenard. Ann. d. Phys. 9, p 649, 1902.
[4]) Franck und Pohl Verh. d. D. Phys. Ges j 12, p 291, 1910 и Franck p 613, 1910.
[5]) Welliche. Am. Jour. Sci. (4) p 583, 1915.
[6]) Franck. l. c.
[7]) Семенов.-Ж. Р. Ф.—Х. О XLVIII, p. 121. 1916.

молизацией. Для различных газов вероятность таких соединений различна; она находится в связи с их электроотрицательными свойствами, и может, следовательно, характеризовать величину сродства молекулы данного газа к электрону. Поставим себе задачей определить эту вероятность.

2. Попробуем проследить процесс молизации электрона. Выберем для этого вполне конкретные условия опыта. Пусть одна из пластин, например пластина A, плоского конденсатора AB обладает способностью испускать электроны. Создадим электрическое поле, направляющее эти электроны к пластине B. Будем считать:

во первых, что начальная скорость электронов мала по сравнению с той, которую они приобретают под действием поля,

во вторых, что электрон постепенно окружается нейтральными молекулами и что, раз образовавшись, комплекс не распадается за все время своего пути,

в третьих, что плотность газа, давление, а, следовательно, и длина свободного пути, неизменны по всему об'ему газа.

С теоритической точки зрения возможно одновременное существование любых комплексов: электрон+одна молекула, электрон+две молекулы и т. д. вплоть до некоторого нормального иона (наибольший комплекс электрон+5—6 молекул [1]), величина которого зависит от температуры давления и, по всей вероятности от электроотрицательных свойств окружающего газа. Повидимому, вероятности образования этих комплексов различны.

Обозначим через N число электронов, испускаемых единицей площади пластины A.

$n_i$ число комплексов электрон+i молекул, проходящих в единицу времени через единицу площади, взятой на расстоянии x от пластины A

$\lambda_i$ длину свободного пути i—того иона.

$\frac{1}{\alpha_i}$ вероятность его дальнейшей молизации

i=0, 1, 2, 3 . . . и т. д.число молекул окружающих электрон

и наконец $\beta_i = \alpha_i \lambda_i$

3. Электрон, направляющийся от пластины A к пластине B, может пройти некоторый путь $x_0$, параллельно электрической силе, свободным. На этом пути он будет иметь ряд столкновений. Вероятность того, что первое столкновение произойдет между $\xi_1$ и $\xi_1+d\xi_1$ равна $e^{-\frac{\xi_1}{\lambda_0}} \frac{d\xi_1}{\lambda_0}$ [2]). Вероятность электрону пройти после этого путь $\xi_1$ без столкновений и иметь столкновение между $\xi_2$ и $\xi_2+d\xi_2$ будет $e^{-\frac{\xi_2}{\lambda_0}} \frac{d\xi_2}{\lambda_0}$ и т. д.; вероятность электрону пройти после (p—1) столкновения путь $\xi_p$ без столкновений и иметь столкновение между $\xi_p$ и $\xi_p+d\xi_p$ равна $e^{-\frac{\xi_p}{\lambda_0}} \frac{d\xi_p}{\lambda_0}$.

---

[1]) Becker. Ann. d. Phys 24, p 863, 1907 и Альтберг. Мономолекулярные ионы. Одесса 1913 г.

[2]) Thomson. Phil. Mag S. 6. p 321. 1915.

Вероятность того, что на протяжении $x_0$ электрон будет иметь только p столкновений, т. е. что остаток пути $x_0-(\xi_1+\xi_2+\ldots+\xi_p)$ электрон пройдет без столкновений выразится через $e^{-\frac{x_0-(\xi_1+\xi_2+\ldots+\xi_p)}{\lambda_0}}$.

Далее: вероятность того, что после всех p столкновений электрон останется свободным—$\left(1-\frac{1}{\alpha_0}\right)^p$. И наконец вероятность того, что во время пути $x_0$ все указанные события будут иметь место, выразится через

$$\left(\frac{1}{\lambda_0}\right)^p\left(\frac{\alpha_0-1}{\alpha_0}\right)^p\underbrace{\int_0^{x_0}\int_0^{\xi_2}\int_0^{\xi_3}\ldots}_{p\text{ раз}}e^{-\frac{\xi_1}{\lambda_0}}e^{-\frac{\xi_2}{\lambda_0}}\ldots e^{-\frac{\xi_p}{\lambda_0}}e^{-\frac{x_0-(\xi_1+\xi_2\ldots+\xi_p)}{\lambda_0}}d\xi_1d\xi_2\ldots d\xi_p.$$

$$=\left(\frac{\alpha_0-1}{\alpha_0\lambda_0}\right)^p e^{-\frac{x_0}{\lambda_0}}\underbrace{\int_0^{x_0}\int_0^{\xi_2}\int_0^{\xi_3}\ldots}_{p\text{ раз}}d\xi_1d\xi_2\ldots d\xi_p=\left(\frac{\alpha_0-1}{\alpha_0\lambda_0}\right)^p\frac{x_0^{\,p}}{p!}e^{-\frac{x_0}{\lambda_0}}$$

И, следовательно, число свободных электронов, проходящих в единицу времени через единичную площадку на расстоянии $x_0$ от пластины A

$$n_0=N\,e^{-\frac{x_0}{\lambda_0}}\sum_{p=0}^{p=\infty}\left(\frac{\alpha-1}{\alpha_0\lambda_0}\right)^p\frac{x_0^{\,p}}{p!}=N\,e^{-\frac{x_0}{\lambda_0}}\cdot e^{\frac{\alpha_0-1}{\alpha_0\lambda_0}x_0}$$

$$=N\,e^{-\frac{x_0}{\alpha_0\lambda_0}}=N\,e^{-\frac{x_0}{\beta_0}}\quad\ldots\ldots\ldots\ldots\quad(1)$$

4. Если кроме свободных электронов было бы возможно существование только комплексов электрон+одна молекула, то количество их, пересекающее в единицу времени единину площади на расстоянии x от пластины A, равнялось бы

$$N-N\,e^{-\frac{x}{\beta_0}}=N\left(1-e^{-\frac{x}{\beta_0}}\right)\quad\ldots\ldots\ldots\quad(2)$$

Изменение этого числа с расстоянием от пластины A равное

$$\frac{1}{\beta_0}N\,e^{-\frac{x}{\beta_0}}\,dx$$

целиком обуславливается образованием комплексов электрон+две молекулы за счет первого комплекса в моменты его столкновений с молекулами. Вероятность того, что первый комплекс пройдет путь $x_1-x$ свободным равна $e^{-\frac{x_1-x}{\beta_1}}$ и следовательно число комплексов электрон+одна молекула проходящих параллельно электрической силе в единицу времени через единицу площади на расстоянии $x_1$ от пластины A

$$n_1 = \int_0^{x_1} \frac{1}{\beta_0} N e^{-\frac{x}{\beta_0}} e^{-\frac{x_1 - x}{\beta_1}} dx$$

$$= \frac{1}{\beta_0} N e^{-\frac{x_1}{\beta_1}} \int_0^{x_1} e^{-x\left(\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}\right)} dx = \frac{1}{\beta_0} \frac{1}{\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}} N e^{-\frac{x_1}{\beta_1}} \left[1 - e^{-x_1\left(\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}\right)}\right]$$

$$= \frac{1}{\beta_0} \frac{1}{\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}} N \left(e^{-\frac{x_1}{\beta_1}} - e^{-\frac{x_1}{\beta_0}}\right) = (-1)^1 \frac{N}{\beta_0} \left[\frac{e^{-\frac{x_1}{\beta_0}}}{\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_0}} + \frac{e^{-\frac{x_1}{\beta_0}}}{\frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{\beta_0}}\right] \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Полагая вероятность образования второго комплекса равной нулю $\left(\frac{1}{\alpha_1} = 0 \text{ и след. } \frac{1}{\beta_1} = 0\right)$, приходим к выражению (2) для числа $n_1$, как и следовало ожидать.

5 Далее: если было бы возможно кроме свободных электронов и комплексов электрон+одна молекула существование комплексов электрон+две молекулы и только, то число их, пересекающее в единицу времени единицу площади на расстоянии x от пластины A, равнялось бы

$$N\left(1 - e^{-\frac{x}{\beta_0}} + \frac{1}{\beta_0}\left[\frac{e^{-\frac{x}{\beta_0}}}{\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}} + \frac{e^{-\frac{x}{\beta_1}}}{\frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{\beta_0}}\right]\right) = N\left(1 + \frac{1}{\beta_1} \frac{e^{-\frac{x}{\beta_0}}}{\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}} + \frac{1}{\beta_0} \frac{e^{-\frac{x}{\beta_1}}}{\frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{\beta_0}}\right)$$

Изменение этого числа с расстоянием от пластины A равное

$$N \frac{1}{\beta_0 \beta_1} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}} \left(e^{-\frac{x}{\beta_1}} - e^{-\frac{x}{\beta_0}}\right) dx$$

вызывается целиком образованием комплексов электрон+три молекулы.

И, следовательно, повторяя рассуждение § 4 можно написать

$$n_2 = \int_0^{x_2} N \frac{1}{\beta_0 \beta_1} \frac{1}{\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}} \left(e^{-\frac{x}{\beta_1}} - e^{-\frac{x}{\beta_0}}\right) e^{-\frac{x_2 - x}{\beta_2}} dx$$

$$= N \frac{1}{\beta_0 \beta_1} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}} e^{-\frac{x_2}{\beta_2}} \int_0^{x_2} \left[e^{-x\left(\frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{\beta_2}\right)} - e^{-x_2\left(\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_2}\right)}\right] dx$$

$$= N \frac{1}{\beta_0 \beta_1} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}} e^{-\frac{x_2}{\beta_2}} \left[\frac{1}{\frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{\beta_2}} \left(1 - e^{-x_2\left(\frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{\beta_2}\right)}\right) - \frac{1}{\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}} \left(1 - e^{-x_2\left(\frac{1}{\beta_0} - \frac{1}{\beta_1}\right)}\right)\right]$$

$$=(-1)^2 N \frac{1}{\beta_0\beta_1}\left[\frac{e^{-\frac{x_2}{\beta_0}}}{\left(\frac{1}{\beta_0}-\frac{1}{\beta_1}\right)\left(\frac{1}{\beta_0}-\frac{1}{\beta_2}\right)}+\frac{e^{-\frac{x_2}{\beta_1}}}{\left(\frac{1}{\beta_1}-\frac{1}{\beta_0}\right)\left(\frac{1}{\beta_1}-\frac{1}{\beta_2}\right)}+\right.$$

$$\left.+\frac{e^{-\frac{x_2}{\beta_2}}}{\left(\frac{1}{\beta_2}-\frac{1}{\beta_0}\right)\left(\frac{1}{\beta_2}-\frac{1}{\beta_1}\right)}\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

что при $\frac{1}{\alpha_2}=0$ неизбежно дает

$$n_2=N\left(1+\frac{1}{\beta_1}\frac{e^{-\frac{x_2}{\beta_2}}}{\frac{1}{\beta_0}-\frac{1}{\beta_1}}+\frac{1}{\beta_0}\frac{e^{-\frac{x_2}{\beta_1}}}{\frac{1}{\beta_1}-\frac{1}{\beta_0}}\right)$$

$$\frac{1}{\alpha_2}=0$$

Дальнейшие рассуждения приводят к

$$n_3=(-1)^3\frac{N}{\beta_0\beta_1\beta_2}\left[\frac{e^{-\frac{x}{\beta_0}}}{\left(\frac{1}{\beta_0}-\frac{1}{\beta_1}\right)\left(\frac{1}{\beta_0}-\frac{1}{\beta_1}\right)\left(\frac{1}{\beta_0}-\frac{1}{\beta_3}\right)}+\ldots+\right.$$

$$\left.\frac{e^{-\frac{x}{\beta_3}}}{\left(\frac{1}{\beta_3}-\frac{1}{\beta_0}\right)\left(\frac{1}{\beta_3}-\frac{1}{\beta_1}\right)\left(\frac{1}{\beta_3}-\frac{1}{\beta_2}\right)}\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

и легко видеть, что любое $n_i$ может быть написано по аналогии.

6. Для того, чтобы обнаружить существование различных сортов ионов, существует целый ряд методов (Langevin'a [1]) Wellische'a [2]) и Franck'a [3]). Так в водороде при атмосферном давлении, пользуясь методом Franck'a, Haines [4]) установил одновременное существование свободных электронов с подвижностями 170 $\frac{см}{сек}$ в поле равном единице и три сорта ионов с подвижностями 28·1, 18·9 и 9·4. Если воспользоваться формулой Lenard'a [5]) и произвести приблизительный подсчет массы ионов по этим трем подвижностям, то оказывается, что комплекс обладающий наибольшой подвижностью состоит из трех молекул, второй из четырех и самый медленный из пяти молекул [6]).

[1]) Langevin. Ann. d. Chim et Phys. 28. VII. 28, p 495, 1903.
[2]) Wellische. Trans. Roy. Soc. A 209, p 249.
[3]) Franck. Verh. d. D. Phys. Ges. 1907 p 69.
[4]) Haines Phil. Mag. октябрь 1915 г., p 593.
[5]) Lenard Ann. d. Phys III, p 313, 1900.
[6]) Haines этих вычислений не делает.

Этот последний ион является нормальным ионом водорода. Обычно не наблюдается комплексов больших чем из пяти шести нейтральных молекул вокруг электрона [2]).

В электроотрицательных газах время жизни всех промежуточных—до нормального иона—состояний чрезвычайно коротко. Во всяком случае скопление в аггрегаты совершается скорее, чем в 0.35 сек., как то следует из опытов Becker'a [3]) и, вероятно, тем скорее, чем электроотрицательнее газ.

Опыт Wilson'a и Franck'a [1]) указывают, что в газах обычно преобладают два ряда ионов: свободные электроны и ионы нормального типа. Повидимому, раз соединившись с молекулой, электрон при каждом из новых столкновений продолжает молизоваться до тех пор, пока не сделается нормальным ионом:

7. Основываясь на этих данных, можно указать две возможности экспериментального определения величины сродства молекулы к электрону.

1) Методы определения подвижности Langevin'a, Welliche'a и Pohl'a позволяют найти величину заряда, переносимого каждым из сортов ионов, а следовательно и определить соответствующие их количества. Пользуясь формулами (1), (3), (4) и (5), связывающими количество различных комплексов с вероятностями их образования, можно рассчитать величину сродства (или по крайней мере величину $\frac{1}{\alpha\lambda}$) молекулы данного газа к электрону и проследить, как она меняется при дальнейших его молизациях.

2) Для электроотрицательных газов где существуют, главным образом, два сорта ионов, можно считать вероятность первой молизации равной $\frac{1}{\alpha}$, вероятности всех дальнейших вплоть до нормального равными единице, и вероятность дальнейшей молизации нормального иона равной нулю.

Пусть к подвижность электронов и $к_н$ подвижность нормальных ионов. Если через E обозначить заряд иона, то для электрической силы X между пластинами AB можно написать

$$\frac{dX}{dx} = 4\pi E\left(\frac{n}{кX} + \frac{n_н}{к_н X}\right) \quad \text{[4)}$$

т. к. $\frac{n}{кX}$ и $\frac{n_н}{к_н X}$ в наших обозначениях суть числа электронов и нормальных ионов в 1 см³ газа. Принимая во внимание, что в нашем случае $n = Ne^{-\frac{x}{\alpha\lambda}}$ и $n_н = N\left(1 - e^{-\frac{x}{\alpha\lambda}}\right)$, имеем

$$\frac{dX}{dx} = \frac{4\pi EN}{X}\left(\frac{e^{-\frac{x}{\alpha\lambda}}}{к} + \frac{1 - e^{-\frac{x}{\alpha\lambda}}}{к_н}\right)$$

[1]) Becker, Альтберг loc. cit.
[2]) Becker loc. cit.
[3]) Wilson. Proc. Roy. Soc. A 82, 1909 и A 85. 1912 и Franck Ann. d. Phys. p 972, 1906.
[4]) Thomson. Electrizitäts Durchgang im Gasen.

$$\frac{dX^2}{dx} = \frac{8\pi EN}{K_и}\left[1 - e^{-\frac{x}{\alpha\lambda}\left(1 - \frac{K_и}{K}\right)}\right]$$

интегрируя найдем

$$X_x^2 - X_o^2 = \frac{8\pi EN}{K_и}\left[x - \left(1 - \frac{K_и}{K}\right)\alpha\lambda\left(1 - e^{-\frac{x}{\alpha\lambda}}\right)\right]$$

при $x=o$, $X_x^2 = X_o^2$, т. е. $X_o$ есть электрическая сила на пластине A. Полагая $X_o$ равным нулю, что обычно справедливо, мы имеем

$$X_x = \sqrt{\frac{8\pi EN}{K_и}}\sqrt{x - \left(1 - \frac{K_и}{K}\right)\alpha\lambda\left(1 - e^{-\frac{x}{\alpha\lambda}}\right)} = \frac{dv}{dx},$$

если через $V_x$ обозначим потенциал в точке x. Полагая $V_A = o$ имеем

$$V_x = \sqrt{\frac{8\pi EN}{K_и}}\int_0^x \sqrt{x - \left(1 - \frac{K_и}{K}\right)\alpha\lambda\left(1 - e^{-\frac{x}{\alpha\lambda}}\right)}\,dx$$

Попробуем приблизительно оценить величину $\alpha\lambda$. В одной из работ Wilson'a [1]) указывается, что при давлениях воздуха в 8 см. ртутного столба и электродном расстоянии в 1 см. примерно 0.1 часть электронов, испускаемых пластиной A, доходила свободными до пластины B. Для давления в 8 см. ртутного столба $\lambda$ молекулы порядка $10^{-4}$ $\lambda$ электрона примерно того же порядка. $e^{-\frac{1}{\alpha\lambda}} = 10^{-1}$; $(\alpha\lambda)\ 0.43 = 1$; $\alpha\lambda = 0.43$; $\alpha\lambda = \alpha 10^{-4} = 0.4$; $\alpha = 0.4 \cdot 10^{-4}$ т. е. порядка $10^3$. Полагая $\lambda$ для давлений около однако мм. ртутного отолба порядка $10^{-1}$, $10^{-2}$ будем иметь $\alpha\lambda$ порядка $10^2$, $10^3$.

Следовательно величина $\frac{x}{\alpha\lambda}$ для не слишком больших x—малая и допускает разложение $e^{-\frac{x}{\alpha\lambda}}$ в ряд

$$e^{-\frac{x}{\alpha\lambda}} = 1 - \frac{x}{\alpha\lambda} + \frac{x^2}{2(\alpha\lambda)^2} - \ldots$$

Для x достаточно малых ограничимся первыми двумя членами разложения

$$X_x = \sqrt{\frac{8\pi NE}{K_и}}\sqrt{x - \left(1 - \frac{K_и}{K}\right)\alpha\lambda\left|1 + \frac{x}{\alpha\lambda} - 1\right|}$$

$$= \sqrt{\frac{8\pi NE}{K_и}}\sqrt{x - \left(1 - \frac{K_и}{K}\right)x} = \sqrt{\frac{8\pi NEx}{K}} \quad \ldots (6)$$

Электрическая сила, начиная от пластины A, растет по параболе

[1]) Wilson loc. cit

(аналогичной Thomson'овской), параметр которой зависит от NE и к. Как и следовало ожидать, возле пластины А ток переносится исключительно электронами.

Для x несколько больших ограничимся тремя членами разложения

$$X_x = \sqrt{\frac{8\pi NE}{k_и}} \sqrt{x - \left(x - \frac{x^2}{2\alpha\lambda}\right)\left(1 - \frac{k_и}{k}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{8\pi NE}{k_и}} \sqrt{x - x + x\frac{k_и}{k} + \frac{x^2}{2\alpha\lambda} - \frac{k_и}{k}\frac{x^2}{2\alpha\lambda}}$$

Порядок отношения $\frac{k_и}{k}$ примерно $10^{-2}$, поэтому принебрегая величинами $x\frac{k_и}{k}$ и $\frac{k_и}{k}\frac{x^2}{2\alpha\lambda}$ по сравнению с $\frac{x^2}{2\alpha\lambda}$ имеем

$$X_x = \sqrt{\frac{4\pi NE}{k_и}} \frac{x}{\sqrt{\alpha\lambda}} \quad \ldots (7)$$

Угловой коэффициент прямой, выражающей изменение электрической силы X с расстоянием от пластины А (для x не слишком больших), дает возможность определить величину $\alpha\lambda$.

Для этого случая $V_x = \sqrt{\frac{\pi NE}{k_и}} \frac{x^2}{\sqrt{\alpha\lambda}}$

проверяя зависимость

$$V_x^2 = \frac{\pi . N . E}{k_и} \frac{x^4}{\alpha\lambda} \quad \ldots \ldots \ldots (8)$$

можно опять таки определить величину

$$\frac{1}{\alpha\lambda} = \frac{k_и}{\pi} \frac{V_x^2}{x^4 NE}$$

Во власти экспериментатора подобрать условия опыта так, чтобы формулы (6), (7) и (8) были справедливы для не слишком малых x.

8. Сводка. В работе 1) предложено характеризовать величину сродства электрона к молекуле вероятностью молизации электрона $\left(\frac{1}{\alpha}\right)$; 2) рассчитаны вероятные количества различных комплексов и 3) указаны экспериментальные возможности определения $\frac{1}{\alpha\lambda}$, а следовательно и сродства молекулы к электрону.

Томск 1922—23 г.

Проф. П. П. Орлова.

# К вопросу о радиоактивности Сибирских минеральных вод [1].

*Поездка на Западный Алтай и обработка некоторых собранных материалов.*

Маршрут поездки. Опробование на радиоактивность нкоторых коллекций с Алтая Минералогического Музея Томского Университета Обзор работ по радиоактивности вод Алтая. Примечание относительно генезиса алтайских источников. Наблюдения в Усть-Каменске и Саушке. Л бораторные опыты с ор итом Колыванского озера для получения радиоактивных препаратов. Анализ ортита Активность сернокислого бария, осажденного из раствора, содержащего редкие земли ортита. Радиоактивность других фракций и осадков, полученных при обработке ортита. Вопрос о возможности техниче кого применения солей из ортита. Наблюдения в Змеиногорском руднике. Наблюдения в с. Колыванском. Радиоактивные источники около подножия горы Синюхи. Наблюдения в ст Андреевс ой. Радиоактивность образцов монацита с „турмалиновой" и „аквамариновой жилы Тигерека.

В 1911 г. мною, совместно с П. П. Пилипенко, ныне профессором Саратовского Университета, сделана была непродолжительная поездка на западный Алтай [2]). Поводом к ней послужила находка П. П. Пилипенко в этой области ортита и монацитов, минералов, оказавшихся по моим исследованиям радиоактивными, как и следовало уже ожидать по их составу. Наш маршрут был следующий: от Томска мы проехали пароходом по Томи и Оби до Усть-Чарышской пристани, а отсюда на лошадях мы направились через Журавлиху, Усть-К лманку, Кабаново, Березовку, Карпово, Акимовку и Б. Ручьево в д. Саушку, находящуюся невдалеке от Колыванского озера; отсюда мы проехали в Змеиногорск, затем в Колыванский завод в селе Колыванском, а из него в казачий поселок Андреевский, поселок Тигерецкий, а из последнего по тракту через Яровское, п. Сосновский до Морального, из которого через Огнево возвратились в Усть Чарышскую пристань и отсюда прежним путем по воде до Томска. Более продолжительные остановки мы имели в Саушке близь Колыванского оз., где нас интересовали месторождения ортита на берегу озера, в Колыванском заводе, в Змеиногорском руднике и Андреевском, близь которого найдены монациты. Везде по пути, где было возможно, исследовались на радиоактивность воды больших водоемов (озер) а также ключей и колодцев. В дальнейшем изложении

[1]) Настоящая статья является продолжением работы, напечатаной в № 3 „Известий Института исследования Сибири под тем же общим заглавием и содержавшей описание исследований в области оз. Широ. Настоящая статья написана ещ в 1920 г. и предназначалась для напечатания в том же журнале, но за прекращением его напечатана не была, и только теперь является возможность ее опубликовать.

[2]) Минералогия и геология это о района много лет изучалась П. П. Пилипенко, долго, до его перехода в С ратовский университет исполнявшим обязанности преподавателя минералогии в Томском университете в качестве приватдоцента. Сводк его изскедова ий напечатана в диссертации „Минералогия Западного Алтая", уд стоенной п емии Академии Наук. При своих работах по радиоактивн с и мне по необходимости постоянно приходил сь сталкиваться с вопросами минералогии м геологии Сибири, и у Пилипенко я в егда находил нужные совет, ука ания и помощь Участие в поезке 1911 года такого знатока Западного Алтая дало мне возможность вид ть найденные им м сторождения и собрать нужный материал. Не могу не выразить ему здесь мою глубокую благодарность.

я постараюсь быть кратким и, насколько можно, избегать описания геологического и минералогического характера посещенных местностей, т. к. сводка этих данных сделана в цитированной работе профессора Пилипенко, на которую в нужных местах и буду делать ссылки.

В виде вступления к этой части я упомяну вскользь об исследовании некоторых алтайских коллекций Минералогического Кабинета Томского Университета, которое произведено было перед поездкой на Алтай, чтобы хоть сколько—нибудь ознакомиться с интересующим нас вопросом, хотя бы по коллекциям, собранным в то время, когда еще и не подозревали существования радиоактивных тел, и собранных поэтому с совершенно другими целями. Понятно, ожидать здесь многого нельзя было, но все же следовало попытаться использовать имеющийся материал, т. к. в литературе имелись некоторые указания. Так, напр., в записке академика В. И. Вернадского, „о необходимости исследования минералов Российской Империи" (стр. 52 второго изд.) упоминается, что в коллекциях Академии Наук хранятся образцы (кристаллы) торнбернита с этикеткой „Чагирский рудник" Бийского Округа. В виду этого мною были испытаны в приборе Эльстера и Гейтеля [1]) некоторые образцы минералов из этого рудника. В одном из опытов взяты следующие образцы (привожу №№ по катологу музея): 2248 (кальцит), 2249 (кальцит, смитсонит, малахит), 2250 (кальцит, смитсонит, малахит), 2251 (кальцит, лимонит, смитсонит), 2259 (малахит на смитсоните). При этом опыте, получено падение потенциала электроскопа равное 5,2 вольт по опыту, продолжавшемуся около часа сейчас после внесения минералов (конечно в виде штуфов, а не измельченных). На другой день, после того как минералы пролежали под колоколом ночь, новый опыт не дал увеличения числа падения вольт. В другом опыте взяты следующие образцы: кальциты и лимониты №№ 2252, 2253, 2255, 2256; № 2257 (азурит, малахит, лимонит) и 2258 (малахит, лимонит) Здесь по опыту, продолжавшемуся 80 минут сейчас после внесения минералов, получено падение потенциала равное на 1 час. 3,4 в.; но на другой день, после того, как минералы пролежали под колоколом ночь, падение потенциала было уже 58,6 вольт на 1 час. По удалении минералов электроскоп под колоколом показывал падение потенциала 25,8 в., а до внесения минералов нормальное падение было только 7,9 в., что указывает, повидимому, на наведенную активность, полученную прибором от минералов, хотя и небольшую. Для выяснения вопроса, который из минералов, этой партии вызывает падение потенциала, был произведен ряд опытов с отдельными штуфами, при чем выяснилось, что штуф № 2253 (кальцит с лимонитом), хотя по первому часу дает только 3,5 в., но после испытания через сутки нахождения минерала под колоколом прибора падение потенциала электроскопа было уже 61,7 в. на час, а по удалении минерала пустой прибор показывал падение потенциала равное 31,0 в., что то же указывает на полученную прибором, хотя небольшую, наведенную активность.

Вообще результаты, полученные при исследовании испытанных минералов не указывают на присутствие во взятых образцах Усть Чагирского рудника сильно радиоактивных минералов, но активность кальцита с лимонитом № 2253 следует отметить, а самый Усть-Чагир

---

[1]) В видоизменении прибора, описанном мною в 6-м выпуске „Трудов радиевой экспедиции Академии Наук", стр. 2.

ский рудник заслуживает исследования на радиоактивность его пород и вод, вытекающих в его районе.

Из других рудных месторождений западного Алтая мною были испытаны некоторые хранящиеся в музее образцы Зыряновского рудника, при чем большее число дали малахиты из этого рудника, а именно 169,6 вольт на 1 час на 11 образцов (№№ с 2892 по 2902 включительно); меньшие числа получились для кварца, купритов, купроплумбитов и еще низшие для коллекции пиритов, халькопиритов, галенитов и сфалеритов. Конечно получаемые здесь числа не могут служить мерилом истинной радиоактивности и имеют только цену как качественное указание для направления в ту или другую сторону будущих исследований. Из испытаний с этими коллекциями у меня получилось общее впечатление, что образцы, взятые из верхних горизонтов (зоны окисления) вообще дают высшие числа чем глубинные сернистые металлы (сульфозоны). Зависит ли это от большой рыхлости минералов первой группы, делающей более легким выделение из них радиоактивных эманаций, или от обогащения их радиоактивными элементами при процессах происходящих в этой зоне, конечно, без специальных исследований ничего определенного сказать нельзя.

Точно также для Белоусовского рудника, для пиритов и халькопиритов не удалось подметить заметной радиоактивности (по употреблявшемуся методу, конечно), а для малахитов этого месторождения при продолжительном стоянии минералов под колоколом прибора падение потенциала доходило в 1 час до 156 вольт.

Галениты, гесситы и смитсониты Заводинского рудника (знаменитого по нахождению в нем теллуристых соединений) не дали также указаний на заметную радиоактивность. Отрицательный результат по этому методу получен также с халькопиритами с рудника „Чудак". Чтобы не останавливаться более на этих опытах, отмечу еще только интересный результат, полученный с коллекцией баритов, обозначенных, как происшедших с Николаевского рудника но, по мнению П. П. Пилипенко, по комплексу встречающихся с ними минералов и характеру месторождения, насколько о нем можно судить по коллекциям, скорее подходящим к району Салаирского рудника. Эти бариты при стоянии под колоколом около 3 суток дали падение до 300 вольт в час. Из семи №№ этой коллекции, подвергнутых испытанию, особенно радиоактивным оказался № 2543.

Относительно радиоактивности вод района этих рудников, данных в литературе, насколько мне известно не имеется. Вообще же о радиоактивности вод Алтая до моей поездки имелись только данные относительно белокурихинских терм (17,20 мах ед.) и Рахмановских горячих источников (2,1—2,5 мах. ед.), исследованием которых мы обязаны В. С. Титову [1])

[1]) В. С. Титов. „Радиоактивные эманации в водах и грязях терм деревни Новой Белокурихи". Томск, 1913 г. Приведенные в тексте величины взяты из „списка русских радиоактивных вод, грязей, отложений и некоторых глин," составленного Б. А. Линденер и напечатанного в изданной П. Г. Мезерницким „физиотерапии", т. III, часть I Радиотерапия стр. 198 (отмечу, кстати, что колодец на руднике „Юлия" в Енис. губ. близ оз. Шира с 18 мах. ед. в этом списке под № 269 ошибочно отнесен к г. Томску.)

О радиоактивности рахмановских и белокурихинских источников В. С. Титов делал доклад также на XII съезде русских естествоиспытателей и врачей. Москва 1910 г. стр. 368—369. Цитирую по статье Герасимова „Минеральные воды", напечатанной в издании „Естественные производительные силы России", вып. 40, стр. 92. На этой же странице Герасимовым приведен анализ Рахмановских источников, заимствованный из бро-

В 1914 году профессор А. П. Поспелов посетил на Алтае горячий источник Аржан[1]) в долине р. Бедуя, притока Б. Абакана и нашел его радиактивность (по словесному его сообщению мне) около 14 махновских единиц. Вода этого источника в 1910 г. была доставлена в нашу лабораторию студентом (ныне врачом) В. В. Хворовым и была проанализирована практикантом формацевтом Маттис. Температура источника по данным Хворова 38.43° С (или 30.75° R). Глубина поларшина. Удельный вес при 15° С—1,0005 Твердого остатка, высушенного при 110° С—0,3666, а после прокаливания 0,2466 гр.

Количественно определены катионы $Ca^{"}$—0,0228, $Mg^{"}$—0,0110, $Na^{'}$—0,0675, $K^{'}$ открыт только качественно; из анионов найдено: $Cl^{'}$—0,0078, $So^{"}_4$—0,0493; углекислоты—$CO_2$ общее количество равно 0,1670 и кремнекислоты $SiO_2$—0,0295; проба на сероводорое с имевшимся образцом дала отрицательный результат; с фенолфталеином получалось слабо розовое окрашивание указывающее на слабо щелочную реакцию воды и отсутствие свободной углекислоты, которая, впрочем, могла улетучиться при хранении образца; равно и сероводород если он был в свежей воде, мог окислиться или улетучиться. Вообще, состав газов этого источника, равно и других индифферентных, повидимому, терм Алгая—Рахмановских источников и Б-локурихи желательно подвергнуть исследованию не только на присутствие углекислоты и сероводорода, но и относительно благородных газов, что важно для выяснения их генезиса[2].)

---

шюры А. И Шапошникова. „Целебные рахмановские ключи" издание газеты „Жизнь Алтая" Барнаул, 1914 г. стр. 3 и приписанный Захарову, как произведенный в зыряновском руднике. Анализ воды этих источников несколько лет тому назад был произведен в нашей лаборатории студентами Шишкиным и Знаменским. Числа, имеющиеся в анализе, приведенном в брошюре Шапошникова вполне совпадают (за исключением двух ниже указанных) с найденными в нашей лаборатории вплоть до десятых миллиграмма. Только твердого остатка у нас найдено 0,1580, а в напечатанном анализе стоит 0,1540, и количество найденного NaCl у нас 0,0828, а в напечатанном анализе 0,087, и кроме того число для серной кислоты в анализе дано 0,0576 как вычисленное на $SO_3$, у нас же оно дано как вычисленное на ион $SO_4$"; число, 0,0165 для $CO_2$ у нас обозначено как общее количество, а в анализе, как связанное. Невольно приходит мысль, не тот же ли это анализ, ошибочно приписанный другому лицу? Наш анализ не был нами напечатан, но был сообщаем не раз лицам, интересовавшимся рахмановскими водами, но важно не то, под чьим именем опубликован анализ, а то, что анализ, произведенный в нашей лаборатории был сделан с образцами воды, долго простоявши и и при нем пользовались несколькими бутылками, обозначенными различными нумерами, значение которых нам осталось неизвестным. Поэтому я считал и считаю, что необходимы новые анализы этих источников с правильно и в достаточном количестве взятыми пробами, с точными обозначениями, к какому из ряда ключей относится данная проба (хотя, повидимому, разница между ними небольшая.) Необходимы образцы газов, и некоторые определения на месте. Чтобы покончить с этим вопросом и избежать дальнейшей путаницы, замечу, что в перепечатанном в статье Герасимова анализе под чертою напечатано „удельный вес" и выставлены два числа „1,00010 и «1,00015,» после последнего числа прибавлено „гр"; т. к это число находится как раз под столбцом и чертою ряда цифр, обозначающих количество сухих частей в литре то его можно принять за сумму твердых частей в граммах, чего на самом деле нет, т. к. сумма эта ограничивается дециграммами. Очевидно, где то, в подлиннике или здесь вкралась опечатка; а второе число относится к удельному весу другого образца воды.

[1]) Некоторые данные об этом источнике и о пути к нему помещены на основании рукописи В. В. Хворова в книге проф Сапожникова „Пути по Русскому Алтаю" на стр 48.

[2]) Н. С. Спасский в выше уже цитированной статье о задачах исследования Сибирских минеральных вод также указывает на необходимость исследования редких благородных газов, с чем нельзя не согласиться, но рядом он высказывает мнение что „Сибирские источники—алтайские, забайкальские, камчатские по своему происхождению ювенильные воды, образовавшиеся в глубочайших недрах земли в сфере расплавленного

В 1916 году Е. А. Воронина, ассистентка физической лаборатории Томского университета во время прибывания ее в с. Чемале произвела в его окрестностях а также по дороге в с. Еликманар и около с. Анос ряд наблюдений над родниковыми ключами (всего вколо 20 ключей), но воды оказались слабо радиоактивными; радиоактивность их не превосходила десятых долей маховскях единиц (она колебалась от 0,05 до 0,73 мах. ед.)

В 1917 году В. П. Марков во время своей поездки на Алтае для изучения распространения растений, содержащих дубильные вещества, произвел также несколько наблюдений над радиоактивностью некоторых ключей, о которых любезно сообщил мне. Он отмечает три источника.

1) Источник в 3 верстах от с. Котанды, лежащего на Катуни. Источник берет начало из ложбины под перевалом в Тюнгур. На протяжении около 50 саж. вытекает около десятка ключей из слоя хряща, залегающего под глиной. Вода замечательно чиста, приятна на вкус; в некоторых местах замечается обильное выделение газа, в особенности у источника под самым каменистым склоном водораздела Котанды—Тюнгур. Источник этот вытекает из ямы среди камней, в которой и берется вода. Вода считается очень помогающей от глазных болезней. Сливаясь, отдельные ручейки образуют довольно значительный поток, обозначенный на карте Омского штаба. Температура ключей 6,0—7,5° С. Радиоактивность определялась в 1915 году с прибором Сивекинга и найдена для различных мест от 3,5 ед. Маха до 5,0. В 1917 году наблюдения производились с прибором Шмидта и найдены величины от 2,5 до 4,0 мах. единиц.

2) Ключ в верховьях реки Б. Еломана (в северном направлении от первого ключа), притока Катуни. Этот ключ пользуется большой славой среди алтаейцев, как помогающий при ранах и глазных болезнях. Лежит у самой границы леса у перевала из Б. Еломана в Котанду, на высоте около 2000 м. Вытекает из расщелины известковой скалы, образуя водопад в 1½—сажени. Количество воды велико, около 1½—2 куб. метр. в секунду, т. ч. сразу образуется речка около полусажени шириною. Вода в конце июля имела температуру 2,5° С. Активностью совершенно не обладает. Местность кругом имеет карстовый характер. Ручьи, текущие из близь лежащих снеговых полей, исчезают в круг-

---

металла или магмы." С этим мнением уже согласиться нельзя. Такое категоричное и акгульное утверждение о генезисе этих источников мне кажется преждевременным и не имеющим для большинства источников достаточных доказательств. Правда, указанные области принадлежат к таким, где, по мнению геологов, появление ювенильных вод весьма возможно, но этим не исключена возможность существования источников другого типа или смешанных типов. Вопроса о происхождении ювенильных вод касается, между прочим, А. Н. Гераси мов в его статье „Минеральные воды", помещенной в IV-ом томе (4-ой выпуск) издания „Естественные производительные силы России", где, между прочим описаны и некоторые минеральные источники Сибири (отнесенные, главным образом на основании геологического характера областей, где они находятся, к типу ювенильных и смешанных источников). Я указываю на эту работу, в которую, кроме статей самого Герасимова, вошли еще статьи П. И. Преображенского и Катульского, т. к., изданная в 1917 г. в Петрограде, она, повидимому, осталась мало известной в Сибири. Новых фактических данных она содержит немного, но она интересна, как составленная геологами (по издании Геологического Комитета), которые по возможности освещают геологическую сторону вопроса, почти незатронутую раньше, если не считать кое где рассеянные замечания в трудах геологов, изданных под названием „Геологические исследования вдоль линии сибирской железной дороги". Между тем вопрос о подробном изучении геологического строения тех мест, где имеются минеральные источники, является одним из первых и основных, которые предстоит решить.

лых провалах, показываясь иногда через несколько сажень. Таково, очевидно, происхождение и этого источника.

Этим происхождением из поверхностных снеговых вод, прибавлю я, об'ясняется и отсутствие его радиоактивности. Интересно было бы в этом районе испытать глубинные источники, т. к. близ Б. Еломана, судя по карточке Обручева о которой мне придется говорить ниже, здесь проходят линии сбросов; точно также представляет интерес и лежащий к западу отсюда Теректинский хребет особенно в той своей части, где у подножия его тянется, по Обручеву, ряд мелафировых и порфировых горок и холмов, несомненно более юных, чем дезъюнктивные дислокации. (Обручев „Алтайские этюды", стр. 66) Вообще, если представляется возможность выбора, то при поисках радиоактивных вод, мне кажется, следует, скорее руководиться геологическими данными, чем славою того или другого источника у инородцев.

3 Третий источник, посещеный В. П. Марковым в 1917 году, был теплый источник в верховьях р. Джамалы, впадающей в р Иссатер [1]). Он находится уже не далеко, верстах в 7 от Китайской границы. Лежит он, по словам Маркова, на высоте около 2400 метров, далеко за границей леса. Дорога к нему проходит по долине речки Джамалы, и постепенно поднимаясь, выходит за границу леса, после чего приходится проехать еще около 5 верст. Среди пустынной, плоской долины, саженях в 50 от реки, из бугра, состоящего из валунов, в нескольких местах выбиваются не особенно обильные источники, температура которых от 20 до 25 ° С. Источники зимаю не замерзают. Общее количество воды 1—2 ведра в секунду. Вода имеет ясный (минеральный?), но приятный вкус, совершенно прозрачна, запаха не имеет; со дня ям, откуда вытекают ключи, выделяются пузырьки газа. Среди камней разобран небольшой водоем, где берут ванны Ключи часто посещаются киргизами. Стоит несколько березок с ленточками—приношениями больных. Состав воды по анализу В. П. Маркова, автора сообщаемых сведений, таков: в литре воды содержится плотного остатка 0,288 гр. Кроме того им определены были: $Na_2O$—0, 5; $SO_3$—0,048; Cl—0,012; CaO—0,014; $SiO_2$—0,023; $Al_2O_3+Fe_2O_3$—следы; MgO—следы. Числа даны на 1 л. воды.

Количество твердого остатка автор считает, как проверенное двумя определениями, точно установленным что же касается других чисел, то вследствии недостатка материала—привезенной воды—он не считает их вполне надежными и склонен более придавать им качественный характер. Во всяком случае эти данные достаточны, чтобы видеть, что и этот теплый источник принадлежит к числу индифферентных терм, хотя с невысокой температурой. К сожалению и здесь мы не знаем состава выделяющихся газов, а ими, вероятно и определяется тот „ясный, но приятный вкус", о котором говорит наблюдатель.

Коснувшись здесь вопроса о радиоактивности Алтайских минеральных вод [2]) и, имеющих сейчас главное значение, горячих источни-

[1]) К этому источнику, вероятно, относятся следующие строки проф. Сапожникова в его статье „Катунь и ее исто и", напечатанн й в XVIII т. Известий Томского университета на стр. 152: „С лев й стороны притоков меньше (речь идет о прит ках р. Иссотер); из них нужно отметить речку Д(ж)юмалы, как более значи ельную Я слышал, что в верховьях этой речки есть теплые целебные ключи, которые по температуре воды далеко уступают Рахмановским ключам.

[2]) Кроме приведенных выше исследований мне известно теперь, что в 1920 и 1921 году производились на Бе окурихе исследования по радиоактивности этого района Л. Н. Богоявленским. Но до сих пор мне в Томске не удалось найти в печати сведе-

кой Алтая я не могу не отметить заслуживающие большого внимания взгляды известного исследователя Сибири, бывшего проф. Томского Технологического Института, геолога В. А Обручева, который, посетив в 1914 г. Алтай, высказал сомнение в правильности общепринятого возрения на Алтай, как на существенно складчатую страну, и высказывает мнение, что в образовании его большую роль играли дезъюнктивные дислокации, и указывает целый ряд линий разломов, которые и нанесены на тектонической карточке, приложенной к его работе, „Алтайские этюды", напечатанной в журнале „Землеведение" кн III за 1915 г. и изданной отдельной брошюрой Для исследователя минеральных вод такие линии разломов представляют особенный интерес, т. к. к ним обычно приурочены источники минеральных вод. И действительно, насколько можно ориентироваться по упомянутой карточке, несколько схематичной, известные горячие источники Алтая находятся вблизи таких сбросовых линий, если не на них. На продолжении этих линий можно ожидать других источников и в том числе и радиоактивных. Лица, жившие на Алтае или часто посещающие его, говорят, что туземцам кроме описанных известны еще и другие источники, которые они неохотно указывают. [1]).

Переходя к описанию нашего маршрута, приведу прежде всего некоторые определения радиоактивности вод, сделанные мною во время пароходных остановок по Оби. Во время стоянки парохода в Новониколаевске 12 и 13 июня были сделаны определения с водой р. Оби, взятой с парохода; оба определения сделанные с фонтактоскопом Сивекинга, дали ничтожные, как и следовало ожидать, величины: в первом опыте получилось 11,1 вольт падения на 1 литр и час, или 0,13 мах. ед., а во втором—0,04 мах. ед. (3,8 в. на 1 литр и час). Во время стоянки в Барнауле на пароход мне был доставлен образец

ний об этих работах, и я ознакомился с ними только по краткому его рукописному отчету, имеющемуся в бальнеологической секции при Сибирском Учетном Медицинском Совете. (Позднейшее примечание автора).

[1]) Из имеющихся в литературе указаний на возможность нахождения на Алтае других кроме упомянутых источников упомяну еще следующее указание А. И. Макушина, в конце своего сообщения о минеральных водах Томской губернии, напечатанного в IV книге Известий Томского университета на стр 69 (труды Том кого Общ. Естество испыт.) он пишет: „в 33 верст от Алтайской станицы, в высетке Семеновском будто-бы тоже есть теплые ключи, посещаемые больными". Подтверждения этого указания в литературе, повидимому до сих пор нет, хотя в Усть-Каменогорском уезде в Чайлонской волости указывается теплый серный источник (Россия, т 18, Киргизский Край ст. 71, статья Седельникова), названный Арасанским-Кабинским. Об источнике Арасан Кабы упоминает также Реутовский (Полезные ископаемые Сибири стр. 296 второй части, но не говорит что он теплый Не упоминает об этом обстоятельстве и Сборовский в Записках Зап. Сибирск. от. Географич. Общ. кн. XIX, стр. 96, на которого и ссылается Реутовский, сообщая только что „Источник Арсан-Кабы, находящийся в Чайлонской волости, Усть-Каменогорского уезда ни в чьем ведении не числится. Ни помещений, ни ванн нет. Больные исключительно из калмыков и киргиз для лечения глаз".

Н А. Абрамов в своих статьях, помещенных в „В Вестнике Русск Геогр. Общ." за 1856 г., ч. 18, кн. VI под заглавием „Озеро Нор-Зайсан" на стр. 227 и в статье „Арасанские минеральные ключи Семипалатинской Област". помещенной в ч 23 за 1858 г. на стр. 19 пишет: „в Алтайском хребте в вершинах Арасан Кабы, около горы Сарт-тау, находятся также два серных минеральных ключа, вытекающие из небольшого бугра. Вода в них холодная, белая, похожая на молоко. Эти воды в большом уважении у китайцев, из одного пользуются мушины, из другого женщины. Из приведенных выписок можно заключить, что по речке Арасан Кабы есть действительно какие-то источники, может быть, теплые, поэтому желательно, чтобы исследователи, маршруты которых пройдут около этого места, собрали о них данные, т. к. нахождение теплых источников представляет для этого района большой интерес и теоретически является вполне возможным.

воды из артезиального колодца на Большой Тобольской ул., против городской аптеки. По сообщению студента, доставившего мне воду на пароход, глубина колодца около 22 саж., вода, взятая из трубы в 8 час. 15 мин. вечера, имела температуру около 7° С. Определение производилось приблизительно через час после взятия пробы. Найдено падение потенциала равное 175,4 вольт на 1 час и 1 л. воды, что соответствует 2,07 Мах. единицам.

Первые наблюдения над радиоактивностью вод после высадки с парохода в Усть Чарышской пристани были сделаны 16 июля с водою колодца в с. Усть-Калманка, близь которой при переправе через р. Чарыш наблюдались выходы гранита [1]) Вода была взята из колодца против дома Неверова и имела температуру 3 6° С при температуре воздуха 15 7° С. Дно колодца доходило до „дресвы" по словам крестьянина, у которого мы остановились, т. е., вероятно, до гранита, который, как указывает П. П Пилипенко в цитируемом месте, встречается при рытье колодцев на глубине сажень 5. Определение радиоактивности со свежевзятой водой дало 75,9 вольт на 1 литр и час, что соответствует 0,9 маховских единиц.

Первые свежие разрезы горных пород на Алтае мне пришлось впервые увидеть на Мурзинском (втором) руднике близь Акимовки, разведывавшемся на золото во время нашего посещения [2]). Довольно ярко окрашенные породы—розовые сланцы и зеленоватые гранатово-эпидотовые породы и др., на первый поверхностный взгляд напоминавшие некоторые урановые соединения, возбуждали надежды найти здесь интересные данные по радиоактивности, и я тотчас же не без волнения приступил к наблюдениям; но уже первые наблюдения образцов руды, взятых из разноса № 1, не обнаружившие сколько нибудь заметной радиоактивности, разочаровали эти надежды. Сбор образцов руд из различных мест рудника и различного характера, положенный на тарелку под колокол Элстера и Гейтеля дал только около 13 вольт на 1 час. Испытание на радиактивность воды из дер. Акимовки, находящейся невдалеке от рудника, дало для взятого образца 125 в. на 1 л. и 1 час., что соответствует 1,18 мах. ед. Испытание ионизации воздуха в неглубокой (около 10 саж.) разведочной шахте с прибором Эберта дало спадение нитей в электроскопе Вульфа, которым снабжен этот прибор, равное 20 5 делений прибора, что по градуировке шкалы прибора, сделанной в Томске перед поездкой, соответствовало бы 32,2 вольт; продолжительность пропускания воздуха через прибор в этом опыте равнялось 4 минутам. Но дело в том, что при первой же перевозке прибора по алтайским дорогам на лошадях показание этого чрезвычайно точного и чувствительного прибора несколько изменились, как я потом убедился при сравнении его с другими электроскопами бывшими со мной в экскурсии, и о чем можно было судить уже по несимметричному расхождению нитей в электроскопе [3], т. ч. это падение потенциала в шахте, по величине раза в 4

[1]) Описаны у . П Пилипенко. „Минералогия западного Алтая", стр. 50.

[2]) Описание рудника см Пилипенко стр 285 и обнажений стр. 51—54.

[3]) Прибор Эберта был взят мною в экскурсию с целью изучения ионизации воздуха в области Алтая. Вопрос этот представляет интерес, т. к многие места Алтая являются местами посещения больными и дачниками—„воздушниками", как их здесь называют, но, к сожалению, пока я ехал на пароходе прибор действовал исправно, но в Мурзинском руднике где я сделал первое определение после перевозки в тряских экипажах, в которых возят по Алт ю, оказалось, как я только что упомянул, что показания его изменились. Это подтвердилось, когда при остановке в Колыванском заводе я

превосходившее таковое же, наблюденное на поверхности земли в этом месте, надо считать только приблизительным.

Вот те немногие данные которые получены мною во время непродолжительной остановки на этом руднике данные, не давшие указаний на присутствие сколько нибудь значительно радиоактивных минералов, хотя возможность присутствия их судя по генезису рудника, даваемому П. П. Пилипенко, не исключена.

Не останавливаясь на определениях, сделанных при проезде через Локтевку и Ручьево, не представляющих особого интереса, я прямо перейду к наблюдениям, сделанным в д. Саушке и на близь нее лежащем Колыванском озере. Это озеро, поражающее оригинальной красотой своих берегов, лежит среди гранитов, в которых часто встречаются пегматитовые жилы[1]). В одной из пегматитовых жил П. П. Пилипенко было найдено значительное скопление минерала ортита, образцы которого, ранее привезенные им в Томск и переданные мне для исследования на радиоактивность, оказались действительно обладающими этим свойством что и послужило поводом к посещению этой местности в надежде при осмотре этого района собрать материал для более подробного исследования, а также исследовать воды этого района. Последние, как и следовало ожидать по сильному развитию в данной местности гранитов действительно оказались имеющими повышенную радиоактивность, хотя при своих немногих сравнительно исследованиях в этом направлении мне и не пришлось встретить вод такой радиоактивности, которая приближалась бы к источникам радиоактивным и медицинском отношении. Вот некоторые полученные мною данные.

В самой дер. Саушке мною испытаны были воды двух колодцев. Первый колодец находившийся за артельной маслодельной, был испытан 22 июня 1911 года. Температура воды в колодце была 3,1°C. Радиоактивность свеже-взятой воды найдена 4,3 мах. ед Другой колодец, так называемый Молоканский", дал 1,52 мах. ед. Температура воды через 5 мин после взятия пробы была еще только 3,5°C Колодец был неглубокий—около 4 арш., и воды в нем было приблизительно на 1 арш. от дна. Определение произведено 20 июня 1911 года.

Вода самого Колыванского озера испытана мною была 2 раза; один раз образец воды был взят на северном конце озера, и определение сделано на квартире в дер Саушке; другой раз вода была взята

---

попробовал сравнить его показания с одним из электроскопов Эльтсера и Гейтеля Одно деление школы в электроскопе Вульфа прибора Эберта (в области школы ок. 200 вольт) по градуировке в Томске равнялось 1,3 в., а теперь уже соответствовала 1.7 в. Хотя до этой проверки я продолжал делать наблюдения, и их можно бы пересчитать, введя поправку, но, во первых, делать поправку на основании сравнения более точного прибора с менее точным каким является электроскоп Эльстера и Гейтеля по сравнению с электроскопом Вульфа, было бы нерационально, а во вторых, неизвестно, когда электроскоп изменил свои показания от тряски, и оставались ли эти изменения постоянными при перевозках с одного места на другое. По всему этому я воздерживаюсь пока от опубликования этих наблюдений, хотя у меня остался впечатление, что в горных областях Алтая и низация повышена Я упоминаю обо всем этом только потому, что желал бы обратить внимание будущих исследователей Алтая на этот интересный вопрос, т. к. не знаю, удастся ли мне самому еще раз возобновить эти наблюдения, тем более что имевшийся в нашей лаборатории прибор Эберта, повидимому, погиб в начале войны при пересылке из-за границы, куда он был послан для исправления и приспособления по моим указаниям для во можности брать им пробы газов из недоступных наблюдателю заброшенных шахт и тому подобных мест.

[1]) Описание обнажений окрестностей оз. Колыванского см. Пилипенко l. c. стр. 58; здесь же приведена карточка этого озера, на которой обозначены выходы жил, в том числе и жила, содержащая ортит. Там же приведены и фотографии этого месторождения.

на восточном берегу озера, и определение сделано там же, на берегу, но в оба раза констатировать сколько-нибудь заметной радиоактивности воды в пределах точности прибора не удалось.

Образчик отмытого волнами песку на восточном берегу озера, содержавший, повидимому много титанита, дал при испытании под колоколом прибором Эльстера и Гейтеля падение потенциала равное 33,2 вольт на 100 грамм и 1 час по первым 12 минутам по внесении в прибор, и 42 2 вольт по следующим 11 минутам.

Образец грязи со дна озера взятый на южн. берегу в начале июля 1908 года и доставленный П. П. Пилипенко в лабораторию, при испытании мною в октябре дал для сырой грязи 7,7 вольт на 125 гр. и 1 час, а для высушенной грязи при продолжительном пребывании ее под колоколом получилось 13,0 вольт на 125 гр. и 1 час.

Чтобы окончить с опытом и относящимися к озеру, приведу еще некоторые данные, полученные при анализе небольшого обращика воды (700 гр.), привезенного мною в Томск и данного в качестве материала для упрожнения в количественном анализе вольнослушателю практиканту нашей лаборатории Я. М Зикс. Судя по данным, им полученным, вода очень слабо минерализована. По доставке ее в лабораторию вода была безцветна, прозрачна, без особого запаха и вкуса; на дне бутыли был небольшой осадок, в котором констатировано присутствие железа. Удельный вес воды найден при 15°С равным 1,003; твердого остатка при выпаривании воды найдено на 1 литр 0,1040 гр., в том числе летучих органических веществ (потеря при прокаливании) 0,034 гр.

Из катионов определены:

| | |
|---|---|
| Ca | 0,0145 |
| Na | 0 0227 |
| K | 0.0094 |

Из анионов констатирована присутствие следов азотной кислоты и серной, угольная кислота не определялась, найдены следы аммиака.

Малая минерализация воды Колыванского озера может быть об'яснена тем, что озеро имеет сток посредством речки Нижней Колыванки, впадающей в речку Локтевку, приток р. Чарыша, который в свою очередь вливает свои воды с левой стороны в р. Обь.

Переходя теперь к описанию работ с оргитом с берегов Колыванского озера, я несколько остановлюсь на них в виду того, что работ в этом направлении с сибирскими минералами почти не производилось. Моя же попытка несколяко сконцентрировать радиоактивные продукты из оргита,—попытка, произведенная, если не совсем „негодными" средствами, то во всяком случае со средствами крайне недостаточными[2]), не смотря на это, дала все таки некоторые результаты, указав на возможность некоторой концентрации радиоактивных продуктов распада тория, даже из такого бедного им минерала, как ортит. Разработка же методов выделения этих продуктов имеет значение и для медицины т. к. некоторые из этих веществ, напр. мезоторий или торий-х, представляют известный интерес в радиотерапии.

### Опыты с ортитом с берегов Колыванского озера.

На северо-восточном берегу озера, саженях во 100 от него, лежит

[2]) Все описанные в этой статье работы производились в лаборатории общей, а затем неорганической химии, состоявшей до последнего времени при медицинском факультете томского университета для обслуживания его нужд, и поэтому в общем недостаточно оборудованной для работ научных, в особенности требующих ряда специальных приспособлений, каковыми являются работы с радиоактивными веществами.

пегматитовая жила, названная П. П. Пилипенко „ортитовою" по нахождению в ней больших скоплений ортита. На вышеупомянутой карточке Колыванского озера, приведенной в труде П. П. Пилипенко, она обозначена цифрой 16. Из этой жилы нами было выбрано приблизительно около пуда ортита. Этим материалом я и воспользовался для своих опытов в лаборатории, имевших с одной стороны целью выяснить какому элементу обязан ортит своей радиоактивностью, а с другой стороны—попытаться сконцентрировать находящееся здесь радиоактивное вещество.

Радиоактивность ортита этого месторождения в различных пробах давала при испытании в приборе Эльстера и Гейтеля колеблющиеся величины, что зависит, как мне кажется, главным образом от присутствия какого-то бурого вещества (продукта разрушения ортита?), покрывающего корочкой и налетами самые куски ортита. Этот продукт показывал в несколько раз большую активность, чем ортит чистый, освобожденный от этих бурых налетов. Так в одном из опытов 5 грамм охристой бурой мелочи, накрошившейся в мешке при перевозке ортита и отсеянной от более крупных кусочков, дали при испытании в приборе Эльстера и Гейтеля падение потенциала, соотвествовавшее по пересчете на 100 гр. и 1 час 10.590 вольт между тем, как ортит, свободный от этих буроватых продуктов, взятый тоже в количестве 5 грамм и измельченный в агатовой ступке, дал только 1236,0 в. на 100 грамм [1]) и 1 час.

Ортит, как известно, принадлежит к силикатам группы эпидота и богат содержанием, так называемых, элементов редких земель.

Анализ ортита, с берегов Колыванского озера, который я здесь и приведу, был произведен ассистентом при нашей лаборатории Н. Н. Рогаткиным. Отделение элементов редких земель представляет, как известно, значительные трудности и требует много времени; поэтому приводимый анализ носит характер предварительного и в нем определена только сумма окислов элементов цериевой и иттровой группы, без разделения последних.

Удельный вес минерала при 15°С найден 3,4305.

Заметного количества воды при высушивании минерала не найдено.

Анализ ортита.

| | |
|---|---|
| Потеря при прокаливании . . . . . | 0,39% |
| $SiO_2$ . . . . . | 31,74% |
| $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ . . . . . | 26,93% |
| CaO . . . . . | 12,62% |

[1]) Некоторые данные о радиоактивности ортитов помещены в моем письме, напечатанном в отчете за 1912 г. Восточно-Сибирского отдела Географического Общества, стр 59. На присутствие на ториевых минералах корочки обычно буро желтого (иногда с красным оттенком) коллоидального вещества, обращает также внимание В. И. Вернадский, считая его характерным, важным диагностическим признаком. См. его статью выше цитированную „О радиоактивности химических элементов в земной коре", стр 184—185.

Большая радиоактивность этого бурого вещества сравнительно с ортитом при измерении в приборе Эльстера и Гейтеля может зависеть от формы химического соединения тория, т. к. известно, что соединения тория обладают с особностью выделения эманаций, изменяющейся в очень широких размерах. Так гидрат окиси тория испускает при равном весе в 2-3 раза более эманации, чем обычная окись тория. Азотнокислый торий в твердом состоянии выделяет лишь двухсотую часть эманаций, доставляемой при равном весе окисью тория. Даже различные образцы углекислой соли проявляют себя весьма различно, смотря по способу приготовления. См. Кюри. Радиоактивность, т. I, стр. 297 СП. 1912 г. Перевод Пирожкова.

| | |
|---|---|
| MgO . . . . . | 1,05% |
| BeO . . . . . | 1,12% |
| $ThO_2$ . . . . . | 0,71% |
| Цериева и итриева группа (вычислено на окислы) | 20,77% |
| Сумма . . . . | 95,36% |

Качественно констатировано присутствие соединений марганца и натрия, а также небольших количеств титана; кроме того есть основание предполагать присутствие циркония; недостача до 100% в сумме, по крайней мере отчасти, может быть об'яснена на счет этих элементов, количественно еще неопределенных. Открыть уран в ортите не удалось.

Для исследования этого минерала мною было растворено в соляной кислоте около 10 килограмм его. Обработка велась порциями (причем условия менялись для выяснения более удобного способа обработки) и заняла много времени, но на этих деталях я не буду останавливаться. Солянокислый раствор прежде, чем перейти к выделению из него редких земель, после выделения обычным путем кремнекислоты подвергался извлечению из него радиоактивных веществ путем осаждения из него сернокислого бария, что достигалось введением в него небольших количеств хлористого бария и серной кислоты. Смотря по условиям опыта получался осадок сернокислого бария различной активности, приблизительно от нескольких десятков тысяч вольт до 1.000 000 вольт и более на 100 гр. и 1 час в приборе Эльстера и Гейтеля (электроемкость электроскопа при закрытом колоколе равнялась в нашем приборе 12,6 сант.) Активность полученного сернокислого бария при хранении в первое время сильно падала, но потом опять несколько увеличивалась и, по истечении нескольких лет, как показывает ниже приводимая табличка, установилась, повидимому, в состоянии равновесия или очень медленного изменения. Принимая во внимание известные ныне факты относительно продуктов распада ряда тория, изменения эти, мне кажется, можно истолковать так: сернокислый барий увлекает в осадок мезоторий и торий—x [1]). Торий x сравнительно скоро разрушается, и этим об'ясняется падение активности в первое время; затем насчет мезо ория (по известной схеме $MsTh_1 \rightarrow MsTh_2 \rightarrow RdTh \rightarrow ThX \rightarrow ThEm$) образуется радиоторий, а из него и торий—x, выделяющий эманацию, и чрез все это активность препарата снова начинает нарастать.

На основании ниже приводимой таблички составить точное представление о ходе изменения активности смеси, увлекаемой сернокислым барием не предсвавляется возможным, т. к. определение общей активности в приборе Эльстера и Гейтеля с препаратом, помещенным на часовом стекле, не может считаться методом для установления констант радиоактивных тел. Но эти наблюдения все же дают некоторое представление о порядке величин радиоактивности получаемых продуктов, поэто-

[1]) Об увлечении сернокислым барием мезотория и тория—x см. между прочим Чугаев „Радиоактивные элементы и их превращения" стр. 92 и 94 (статья в Радиотерапии Мезерницкого). Вместе с мезоторием мог бы осесть и радий от которого он считается неотделимым в торе урановых минералах, но в нашем случае, как показали дальнейшие опыты с хлористым барием, полученным из сернокислого бария, присутствия сколько нибудь заметных количеств радия нет основания предполагать. Но мы знаем, что осадки сернокислого бария легко увлекают и другие элементы (напр., соли железа). В наших опытах, повидимому, в осадок попало заметное количество элементов редких земель, больше чем можно об'яснить недостаточным промыванием сернокислого бария; следовательно, мог попасть и торий, и его спутник в реакциях осаждения—радиоторий.

му я их и привожу. При оценке приводимых чисел следует иметь в виду, что, при отсчетах в электроскопе прибора Эльстера и Гейтеля, десятыя доли делений отсчитываются на глаз а иногда, вследствие погнутия листочка, возможны ошибки, достигающие целого деления, которые соответствуют падению потенциала около 5 вольт, т ч. числа непосредственного отсчета могут колебаться в пределах, соответствующих нескольким целым вольтам. При очень сильных радиоактивных продуктах их приходится брать в небольших количествах и наблюдения ограничивать минутами или даже секундами; понятно, что при пересчете на час и грамм или 100 грамм ошибка наблюдения увеличивается в сотни раз. Это следует иметь в виду при рассматривании приводимой таблицы, и при сравнении серии опытов следует пользоваться столбцом, где приведено падение на 5 минут и взятую навеску, т. к. в этом ряде чисел мы стоим ближе к непосредственным наблюдениям, и ошибка здесь не увеличена значительно, достигая все-таки нескольких вольт.

Привожу таблицу наблюдений, относящуюся к навеске 0.1362 гр. сернокислого бария, хранившейся между часовыми стеклами. Для определения, открыв стекла, навеску помещали на тарелку прибора Эльстера и Гейтеля. Наблюдение производилось тотчас по внесении стекол. Образец, от которого взята навеска по получении его (20 XI. 1911), в количестве одного грамма внесенный под колокол давал спадение левого листочка в 5 секунд на 10 делений, что соответствовало падению потенциала в 51,2 вольт на 5 секунд или 36840 в на 1 час и 1 грамм.

В виду столь сильного падения потенциала, не дававшего возможности производить точно отсчеты, для ряда опытов и взята упомянутая навеска 0,1362 гр.

Наблюдения над изменением со временем радиоактивности осадков $BaSO_4$ (с навеской=0,1362 гр.) осажденных из раствора ортита в соляной кислоте.

| Время наблюдения. | Без вычета норм. рассеяния | Нормальное рассеяние вычтено. | | |
|---|---|---|---|---|
| | Результаты наблюд. | Паден. потенциала в вольтах на 5′ на навеску 0,1362 гр. | Паден. потенц. в вольт. на 1 ч. на навеску 0,1362 гр. | Падение потенциала на 1 ч. и 1 гр. |
| 21/XI 11 | 47,1 v в 1′37,2″ | 143,5 | 1722,0 | 12643,0 |
| 24/XI 11 | 22,6 v в 1′3,2″ | 105,4 | 1264,8 | 9286,2 |
| 29/XI 11 | 27,5 v в 4′ | 32,8 | 393,6 | 2889,3 |
| 29/XII 11 | 28,3 v в 11′1,2″ | 12,8 | 153,6 | 1127,7 |
| 13/I 12 | 44,1 v в 17′58″ | 11,3 | 135,6 | 995,5 |
| 25/I 12 | 41,8 v в 10′ | 19,9 | 238,8 | 1753,2 |
| 19/II 12 | 36,8 v в 8′2″ | 22,5 | 270,0 | 1982,3 |
| 9/IX 12 | 33,5 v в 2′24″ | 68,4 | 820,8 | 6026,3 |
| 26/III 15 | 35,4 v в 2′17″ | 76,8 | 921,6 | 6766,4 |
| 19/II 18 | 30,8 v в 1′54″ | 80,5 | 966,0 | 7092,4 |

Общее количество полученного сернокислого бария было около

131 гр.; все это количество, за исключением небольшой пробы, оставленной для образца, и поступило в работу; активность средней пробы была 64800 вольт на 100 гр и 1 час. Осадки сернокислого бария обрабатывались, при нагревании и постоянном помешивании механической мешалкой в платиновой чашке, раствором соды с прибавлением небольшого количества едкого натра и таким образом переводились в углекислый барий (активность его была 27683 в. на 1 час и 100 грамм).

Затем отфильтрованный углекислый барий растворялся в соляной кислоте, избегая избытка последней Растворенные соли с раствором аммиака дали значительный хлопчатый осадок, сильно активный, между тем как хлористый барий, оставшийся в растворе, после выпаривания оказался сравнительно слабо активным.

Сейчас после выпаривания активность его, определенная в приборе Эльстера и Гейтеля соответствовала падению потенциала равному 49,0 вольт на 1 гр и 1 час; через 13 дней она повысилась до 94,0 вольт, и через 4 месяца была 156 вольт на 1 час и 1 грамм.

Это показывает, что активность сернокислого бария зависит от увлечения им какого-то радиоактивного элемента, отличного от радия, т. к. последний не должен был оседать от аммиака. При ближайшем исследовании оказалось что осадок от аммиака относится к реактивам, как окиси редких земель[1]): осаждается щавелевой кислотой в кислом растворе; при растворении его в соляной кислоте слышен запах хлора (от присутствия высшего окисла церия?). Этого осадка получено было всего около 7 гр. Назову его осадок „х". Он не представлял собою, как показали дальнейшие опыты, однородного вещества. Так, растворяя небольшую часть этого осадка в соляной кислоте и осаждая щавелевой кислотой, получены две фракции совершенно различного габитуса кристаллов и различной активности. Первая фракция (0,6900 гр.) дала в приборе Эльстера и Гейтеля падение потенциала на 1 гр. и 1 час около 2000 вольт, а вторая (ее было только 0,0017 гр.) около 20 000 вольт при пересчете тоже на 1 гр., т. е., приблизительно в 10 раз больше. Щавелевокислая соль первой фракции была окислена азотной кислотой и из азотнокислого раствора, окислы осаждены едким кали, при чем 0,4081 грамм окислов (или их гидратов) дали, при пересчете на 1 грамм, падение потенциала около 13 900 вольт, т. е., более миллиона вольт на 100 гр. вещества.

В виду такой значительной активности получаемых продуктов, я попытался еще более сконцентрировать радиоактивные вещества из смеси, названной мною выше „осадок х". Для этого около 4,5 гр. этого вещества после растворения его в соляной кислоте я подвергнул фракционированному осаждению аммиаком и таким образом получил 4 фракции При этом выяснилось, что, хотя сравнительно более радиоактивные вещества действительно получаются в первых фракциях, но этим путем, работая с имевшимся в распоряжении количеством продукта, нечего и думать хотя бы приблизиться в значительной степени к чистым радиоактивным продуктам. Удается только достигнуть некоторого разделения первоначального продукта. Полученные от аммиака осадки с течением времени показывают значительное изменение активности Вот некоторые числовые данные из этих опытов.

[1]) Исследование этого осадка посредством спектроскопа, произведенное в нашей лаборатории проф. П. П. Пилипенко в 1919 г., подтвердило предположение о сложности осадка, т. к спектроскоп указал на ряд линий, принадлежащих нескольким элементам редких земель.

Проба „осадка х“ до фракционировки по опытам, произведенным в разное время с количеством вещества—0 5 гр. дала падение потенциала в приборе Эльстера и Гейтеля считая на 1 грамм и 1 час:

До фракционировки.

| | Время наблюдения | Падение потенциала |
|---|---|---|
| 1 | 11/V 1912 | 1290 вольт |
| 2 | 25/V 1912 | 27 788,0 „ |
| 3 | 9/X 1912 | 13.688 0 „ |

После фракционированного осаждения аммиаком получены фракции в разное время в том же приборе давшие на 1 час и 1 гр. следующие числа:

1-я фракция.

| | Время наблюдения | Падение потенциала. |
|---|---|---|
| 1 | 19/X 1912 | 695,5 вольт |
| 2 | 21/X 1912 | 1634 8 „ |
| 3 | 15/XI 1912 | 5345,5 „ |
| 4 | 9/I 1913 | 5219,9 „ |
| 5 | 19 II 1918 | 4724,0 „ |

2-я фракция.

| | Время наблюдения. | Падение потенциала. |
|---|---|---|
| 1 | 19/X 1912 | 246,2 вольт |
| 2 | 21/X 1912 | 493,6 „ |

3-я фракция.

| | Время наблюдения | Падение потенциала. |
|---|---|---|
| 1 | 29 X 1912 | 194,6 вольт |

4-я фракция.

| | Время наблюдения | Падение потенциала. |
|---|---|---|
| 1 | 22/X 1912 | 146,1 вольт |

Так как приведенные опыты показали, как я уже упоминал, что для получения препаратов, приближающихся к активности известных, хотя бы и не в чистом виде, радиоактивных элементов надо работать с гораздо большими количествами материала, то я постарался путем изучения периода угасания активности радиоактивных осадков (наведенной активности) образующихся из эманации, выделяемой исследуемым препаратом, точно установить природу радиоактивного элемента, дающего эту эманацию. Для этой цели полученные от аммиака осадки из более активных первых фракций в количестве 2,644 гр. помещались под стеклянный колокол, в который опускалась через отверстие в верху колокола изолированная свинцовая проволока весом 6,2 гр., длиною 117 сант., заряженная до высокого потенциала, который в продолжение 18 часов 40 минут опыта колебался от 2108 до 3150 вольт [1])

После активирования проволока вносилась в прибор Шмидта, и наблюдалось постепенное угасание ее активности в продолжении 72 часов. Приняв падение потенциала, производимое проволокой в приборе Шмидта через 7 минут после конца активирования, равное 25,3 вольт в 1 минуту за 100 и построив на основании наблюдений угасания активности кривую угасания интенсивности, я убедился, что полученная кривая в пределах точности наблюдения хорошо совпадает с таковою для продуктов распада эманации тория. Таким образом, приведенным опытом, несомненно, констатируется, что активность ортита с Алтая, с берегов Колыванского озера зависит, по крайней мере, в главной массе, от тория и продуктов его распада, и присутствие других радиоактивных элементов в нем пока нельзя считать доказанным, хотя не исключена возможность присутствия их в ничтожных количествах в других осадках, полученных при переработке ортита.

Чтобы проследить степень радиоактивности этих других продуктов получаемых при обработке ортита, при систематическом ходе разделения его составных частей, я производил попутно с обработкой ортита определение активности получавшихся продуктов. Эти определения опять показывают в общем, что более активными являются те продукты, где сосредоточиваются соединения тория.

Обработка ортита после вышеупомянутого растворения его в соляной кислоте, отделения кремнекислоты и, в большинстве порций, после предварительного извлечения радиоактивных элементов осаждением сернокислого бария, о котором только что шла речь выше, состояла в следующем: солянокислый раствор обрабатывался раствором аммиака для отделения от солей кальция, магния и щелочей, оставшихся в растворе; осадок от аммака после растворения в соляной кислоте, осаждался щавелевой кислотой. Щавелевокислые соли редких земель для извлечения тория обрабатывались избытком щавелевокислого аммония, при чем торий в виде двойной соли переходит в раствор; из фильтрата выделялись соединения тория. После отделения его щавелевокислые соли редких земель переводились в азотнокислые соли (прокаливанием и растворением в азотной кислоте, или прямо

[1]) Для получения высокого потенциала и его измерения употреблялся инструментарий, предложенный Эльстером и Гейтелем, усовершенный и изображенный на фотографии в моей работе „к вопросу о нахождении радиоактивных веществ в пихах золотоносных областей Сибири", напечатанной в № 6 Трудов радиевой экспедиции Академии Наук, стр. 20.

обработкой крепкой азотной кислотой). Из этих солей церий выделялся по известному методу переведения его в высшую степень окисления употреблением надсернокислого аммония. Освобожденные от церия соли окислов редких земель разделялись на 2 части, на основании известного различия растворимости их двойных солей с сернокислым калием, на соли цериевой группы нерастворимые и соли итриевой группы растворимые в избытке $K_2SO_4$. Дальнейшее разделение редких земель пока, за недостатком времени, не производилось или оно не закончено.

Что касается радиоактивности получавшихся продуктов, то я ограничусь здесь приведением только некоторых данных, полученных при испытании их в приборе Эльстера и Гейтеля. Испытания эти производились большею частью попутно во время работы.

Средняя проба от осаждения щавелевокислых солей до выделения из них солей тория щавелевокислым аммонием дала по испытанию 6 мая 1912 года 1070,8 вольт на 1 час и 1 грамм (взято для опыта 5 грамм).

Щавелевокислые соли редких земель после извлечения тория вышеуказанным способом дали по опыту 6 мая 1912 г. уже только 138,1 в. на 1 гр. и 1 час.

Сама щавелевокислая соль тория, осажденная из двойной соли посредством азотной кислоты (из 920 гр. щавелевокислых солей редких земель ортита щавелевокислой соли тория получилось около 7 гр.) дала через сутки после выделения (опыта 7 мая 1912 г.) только 83,1 вольт на 1 гр. и 1 час; на следующий день число это увеличилось до 658,9 вольт, а 24 мая 1912 г. давала уже 2547,1 в. на 1 гр. и 1 час падения потенциала в приборе Эльстера и Гейтеля.

Гидраты окислов редких земель, полученные из щавелевокислых солей (после извлечения тория) осаждением едким натром, дали в одном опыте (9 мая 1912 г.) падение потенциала в приборе Эльстера и Гейтеля 122,1 вольт на 1 грамм и 1 час; в другом опыте (где была взята для работы только первая фракция щавелевокислых солей, обычно более активная) получилось 368,7 в. на 1 гр. и 1 час.

Первая фракция двойной соли азотнокислого церия и аммония приготовленная мною как характерная для церия соль, дала падение потенциала в том же приборе только 12,5 вольт на 1 час и 1 гр., между тем как гидраты окислов, послуживших для приготовления этой соли давали 1467,4 в. на 1 гр. и 1 час.

Двойные соли сернокислого калия и сернокислых солей металлов цериевой группы (кроме отделенного уже церия), содержавшие, повидимому главным образом компоненты прежняго дидима (празеодим и неодим), может быть, лантан и др., дали только 4,9 вольт на 5 гр. (взятая навеска) и 1 час, т. е. практически нерадиоактивны, т. к. полученное число близко к пределу ошибки опыта.

Металлы итриевой группы, сернокислые соли которых не осели в виде двойных солей сернокислого калия, были осаждены в виде щавелевокислых солей и, как таковые, были испытаны под колоколом прибора Эльстера и Гейтеля. Они дали падение потенциала около 65,4 в. на 1 грамм и 1 час.

Только что приведенные числа показывают, что после отделения тория в остальной массе нельзя предполагать сколько нибудь значительных количеств других радиоактивных элементов, которые бы следовали за металлами цериевой и итриевой группы в их реакциях.

Этим я закончу изложение результатов, полученных при исследовании ортита. Работа эта осталась не доведенною до желательного конца по ряду причин, которые я не мог устранить [1]), но она все-же указала, что даже из такого беднаго по содержанию минерала как алтайский ортит, удается получить радиоактивный препарат по измерениям в приборе Эльстера и Гейтеля в 1000 раз более активный, чем исходный продукт, т. е. препарат, активность которого измеряется падением на миллионы вольт на 1 час и 100 гр. в упомянутом приборе. На вопрос, может ли иметь какое-либо практическое значение извлечение из ортита радиактивных препаратов, я бы ответил так: мне кажется, что если бы у нас ортит стал обрабатываться [2]) для извлечения редких земель, которым он довольно богат, и которые имеют различное техническое применение [3]), то попутно можно-бы было извлекать и радиоактивные продукты распада тория без особенных затрат, в качестве побочных продуктов обработки.

Во всяком случае изучение редких земель ортита помимо практического интереса имеет само по себе высокий научный интерес, в виду того изучения, какое приобретает в науке эта группа мало изученных и своеобразных элементов, не укладывающихся в рамки периодической системы и почти всегда сопровождающихся в природе радиоактивными продуктами [4]).

Если бы подтвердилось окончательно отсутствие урана и радия в ортите с Колыванского озера, то он мог бы служить материалом для получения продуктов распада тория свободных от радия, чего нельзя достигнуть повидимому при добывании их из монацита.

Перехожу к описанию нашего дальнейшего маршрута на Алтае. После того как мы запаслись материалом, нужным для только что изложнных исследований ортита, нам предстояло направиться в станицу Андреевскую, близь которой находились месторождения монацита, ранее найденные проф. Пилипенко, чтобы осмотреть их и, по возможности запастись нужным материалом. Но прежде мы решили заехать на Змеиногорский рудник и Колыванский завод в селе Колыванском. Первый из них интересовал меня как старинный, глубоко-разработанный и богатый серебряными, медными и другими рудами рудник. В нем

[1]) Первой причиной было назначение (не справляясь с моим желанием) меня председателем испытательных комиссий в томском технологическом институте по горному и химическому отделениям, что отняло у меня тогда и последние досуги, которые я посвящал научной работе. Большой напл. в студентов в университете при необходимости мне как преподавателю тогда неорганической, органической и аналитической химии на медицинском факультете, производить массу экзаменов, а затем события последних годов так и не дали мне возможности продолжить эту работу.

[2]) Это, если и будет, то вероятно, не скоро. Какая громадная разница в использовании природных продуктов у нас и за границей показывает следующий факт: когда я впервые опубликовал посредством доклада в Томском обществе естествоиспытателей и врачей о радиоактивности монацитов с Алтая, о чем было опубликовано мною только в протоколах этого общества, то спустя недолгое время получил запрос от представителя одной итальянской фирмы, нельзя-ли ей приобретать этот монацит, и к кому с этим предложением обратиться. С той поры прошло около 10 лет, но не только месторождение не разведано, но не удалось до сих пор и проанализировать монацит.

[3]) О применении (также и в медицине) редких земель см. Bohn Die Darstellung der seltenen Erden B. II. s. 430.

[4]) Успехи радиохимии последних годов еще более увеличивают интерес работы в этой области. Разработка методов определения места радиоэлементов в периодической системе, учение об „изотопии" которого не было еще при производстве этой работы, и проч. заставляют ожидать многих достижений в этой области, к сожалению привлекающей немногих работников из русских ученых. (Позднейшее примечание автора).

я предполагал возможным получить указания на присутствие каких-либо радиоактивных минералов. Но ознакомление с ним, правда, в очень короткое время и поверхностное, дало отрицательный результат.

Змеиногорский рудник находится между двумя гранитными массивами Алейско-локтевским (к югу) и Колыванским (к сезеру) и идущими параллельно им цепями порфировых куполов [1]), но само месторождение лежит собственно между Девонскими отложениями. П. П. Пилипенко не считает, повидимому, доказанным существование сбросов, которыми ограничены, по другим авторам, некоторые части месторождения, относит месторождения к типу сложных жил и полагает, что руды здесь отложились из теплых водных растворов. В состав рудного тела кроме господствующего тяжелого шпата и отчасти кварца входит приводимый Пилипенко целый ряд мирералов (более 70), наблюдавшихся на этом руднике, но между ними нет ни одного, содержащего уран или торий.

Таким образом, геологические и минералогичсские данные, насколько я их правильно понял, как бы находясь в согласии с отрицательным результатом относительно обнаружения радиоактивных минералов, полученных мною, но не следует считать вопрос решеным т к. мои наблюдения ограничились следующим: в шахте, на глубине только около 22 саж. (в былое время выработки достигали до 104 саж.) [2]) с прибором Эберта была определена ионизация воздуха. Число делений, на которое передвигались кварцовые нити электроскопа в определенный промежуток времени, было по сравнению с таковым же числом, полученным на поверности земли, в четыре раза больше (на поверхности 6 делений в 5 минут 35 секунд, с 63 до 60 делений на каждой стороне шкалы, а в шахте падение было 23 деления в 5 минут 39 секунд, при чем с левой стороны шкалы от нуля падение было от 56,5 до 44,0 а с правой от 56,5 до 46,0 [3]). Такое же определение, сделанное в одном из разносов, на дне его не показало увлечения ионизации воздуха сравнительно с таковою в палисаднике нашей квартиры, находившейся в удалении от завода, числа относящиеся к которой взяты выше для сравнения с ионизацией в шахте.

Далее сделано определение радиоактивности воды, взытой из главной шахты с глубины около 20 саж. Температура воды была 9,3°С, радиоактивность была незначительна—около 0,36 мах. единиц.

Наконец с золотодобывающаго завода, находящегося при этом руднике мне были доставлены 2 образца шлихов, но оба дали падение потенциала в приборе Эльстра и Гейтеля не превосходившее 5 вольт в час, т. е., величину, на основании которой нет основания предполагать сколько нибудь заметного количества присутствия радиоактивных минералов в шлихах.

Из Змеиногорска я переехал в Колыванский завод и здесь, очутившись опять среди выходов гранитов [4]), наблюдал повышенную радиоактиность ключевых вод, как показывает следующая табличка:

---

[1]) Пилипенко „Миниралогия западного Алтая", стр. 255, а также: Богоданович „Рудные месторождения", стр. 235 и 236.

[2]) Пилипенко, стр. 261 только что цитированного труда.

[3]) Я не привожу здесь перечисления на вольты и т. д в виду неуверенности в градуировке прибора, изменившейся от перевозки, о чем я говорил выше

[4]) Описание обнажений окрестностей с. Колыванского см. Пилипенко „Минералогия западного Алтая „стр. 70 и след.

I. Ключи в самом селе Колыванском

Ед. мах.

1) На лев. бер. Белой около завода (температура вод. 6,7°С) 6,64
2) Питьевой ключ (колодез Мартезита) к югу от церкви . . 3,13

II. Ключи у подножия г. Синюхи:

3) Кл. около дома Зятюшкина (темп .6,2°С) . . . . . 14,37
4) Кл. около заимки Тарасова . . . . . 14,56

Более радиоактивными оказались ключи, находящиеся у подножия г. Синюхи, недалеко от села Колыванского. Повышенная радиоактивность их находит об'яснение в характере окружающих пород—гранит-порфиров (возле заимки Тарасова) и аплитов, содержащих шлиры и прожилки пегматитов. Справа от дороги к заимке Тарасова, саженях в от 200 от заимки, Пилипенко отмечает (стр. 78 цитированной его работы) жилу пегматито-аплита. из отдельных минералов, входящих в состав которой он указывает на присутствие монацита (минерала обычно радиоактивного) и стяжаний турмалина Такие же две жилы обнажаются саженях в 100—200 и от заимки Затюшкина. Таким образом мы здесь видим еще раз пример, подтверждающий связь радиоактивности воды с окружающими породами, на что я не раз указываю в этой работе.

Что касается до химического состава вод этого района со стороны растворенных в них солей (газы не исследовались), то они относятся к обычным слабоминерализованным питьевым водам. Так анализ воды из с. Колыванского, означенной выше № 2 („колодец Мартезита", произведенный вольнослушателем фармацевтом Карпенко, дал следующие результаты:

Удельный вес воды при 15°С 1,0006.

Количество суспендированных веществ, высуш. при 100° на 1 л. 0,0124 гр. Качественным анализом открыты: следы аммиака и иона $SO_4$, присутствие кремневой и азотной кислоты не обнаружено. Кроме того определены количественно на 1 литр воды:

| | |
|---|---|
| Плотный остаток при 110°С . . . . . | 0,6748 |
| „ „ „ 180°С . . . . . | 0,4864 |
| $Ca^{..}$ . . . . . | 0 1484 |
| $Mg^{..}$ . . . . . | 0 0406 |
| $K^{.}$ и $Na^{.}$ . . . . . | 0,0048 |
| $Cl^{'}$ . . . . . | 0,0188 |

Угольный кислоты—$CO_2$ определенно только общее количество (свободной, полусвязанной и связанной); оно равно 0,473.

Жесткость воды в немецких градусах общая 30 нем. градусов
постоянная . . . . . 13 „ „
временная (устраняемая кипячением) 17 „ „

Судя по этому анализу, главную массу растворенных солей представляют двуглекислые соли магния и кальция.

Что касается воды ключей, находящихся по берегам рч. Синюшки у подножия г. Синюхи, то количественный анализ воды ключа близ дома Зятюшкина был утрачен аналитиком вследствие лопнувшей чашки[1]) но я помню, что вода его употреблялась как питьевая жите-

[1]) Некоторые данные, полученные до этого случая следующие:
Удельный вес при 15°С 1,0004; вода безцветная, совершенно прозрачная, без запаха, реакция слабо щелочная; качественно открыты:
$Ca^{..}$ (только муть от щавелевокислого аммония), $Mg^{..}$ (следы), $Na^{.}$ (мало), $Cl^{'}$ (следы) и очень небольшое количество $SiO_2$, углекислота найдена только в виде связанной.

лями заимки; ключик был окружен срубом, и вода из него постоянно стекала в речку, т. к. выход его был выше уровня воды в речке и поэтому была всегда по виду свежая, что нельзя сказать про ключ, находившийся ниже по рч. Синюшке, близь заимки Тарасова, вода которого застаивалась и не имела хорошего стока. Вследствие этого, вероятно, и вышеприведенное число, полученное для ее радиоактивности, несколько ниже истинного т. к. при застаивании вода могла терять эманацию. Эти свойства воды подтверждаются и ее анализом, сделанным в нашей лаборатории вольно-слушателем фармацевтом И. Бурянским. Вот данные этого анализа:

Цвет воды желтоватый, вода без вкуса с немного затхлым запахом.

Реакция воды почти нейтральная (очень слабощелочная).

Удельный вес воды при 15°С 1,0001 (после удаления взвешанных частиц).

Взвешанных в воде частиц, состоящих из органических веществ и следов железа 0,0088 на 1 литр.

Плотного остатка на 1 литр. 0,1376 гр.

Этот остаток, прокаленный и смоченный углекислым аммонием, после высушивания до постоянного веса при 150—180°С дал остаток неорганических веществ на 1 литр 0,0744 гр. следовательно, убыль органических веществ на 1 литр—0,0632 гр.

В плотном остатке из неорганических веществ найдено на 1 литр:

| | |
|---|---|
| $Ca^{\cdot}$ . . . . . | 0,0168 гр. |
| $K^{\cdot}$ . . . . . | 0,0015 „ |
| $Na^{\cdot}$ . . . . . | 0,0093 „ |

Углекислота не определялась; кремневой кислоты $SiO_2$ найдено 0,0144 гр.

Кроме того качественно открыты: следы железа, аммиака, азотистой кислоты, а также присутствие следов солей серной и соляной кислоты.

Оканчивая описание работ, сделанных около с. Колыванского, упомяну еще, что находящееся недалеко от него и г. Синюхи[1]) Белое озеро при испытании воды его на радиоактивность, как это обычно для озер, дало отрицательный результат. Вода была взята с сев. берега с „лавы“,—пловучего тростника, принесенного, по разсказам местных жителей с противоположного берега озера. Температура воды на глубине около $1^1/_2$ арщ. была в жаркий летний день 22°С[2]). Полученное число для радиоактивности воды было 3.7 вольт падения потенциала на 1 литр и час в приборе Сивекинта, т. е., совершенно ничтожное и лежащее в пределах погрешности наблюдения.

Из с. Колыванского мы переехали в ст. Андреевскую, где нашей ближайшей задачей было осмотреть и собрать нужный материал в двух месторождениях радиоактивного минерала монацита, ранее найденных при экскурсиях из этой станицы П. П. Пилипенко. Одно из этих месторождений, называемое им „гурмалиновой жилой“ по обилию находящегося в ней турмалина, находится на правой стороне реки Б. Тигерека, у выхода его из гранитов, невдалеке от пасеки С. И.

---

[1]) Описание этой горы, главной вершины колыванского хребта, есть на стр. 503 XVI (Западная Сибирь) сочинения „Россия“, изданного под руководством П. Семенова—Тян-Шаньского

[2]) Д. П. Богданов указывает, что „озеро питается подземными ключами, бьющими во многих местах на дне его, что можно заключить по чрезвычайно неравномерной температуре воды в разных местах“. Материалы для геологии Алтая, стр. 69.

Чернова, в направлении пути от ст. Андреевской в ст. Тигерецкую. Другое месторождение, названное Пилипенко „аквамариновой жилой", находящееся на горе Иркутке („разработанная", „рассыпная", „с хрусталем", тоже) лежит на водоразделе Большого и Малого Тигерека и речки Иркутки. Я не буду останавливаться на описании этих мощных пегматитовых жил, интересующиеся найдут их описание в много раз цитированном труде Пилипенко „Минералогия западного Алтая", где находится также и подробное минералогическое и кристаллографическое описание монацитов там найденных [1]). Первое из этих месторождений, турмалиновую жилу, мне удалось осмотреть совместно с П. П. Пилипенко; попасть же на „аквамариновую жилу" куда доступ гораздо труднее, я, заболев в это время, к моему огорчению, не мог, и материал оттуда был собран и любезно предоставлен мне П. П. Пилипенко.

Количество добытого материала для монацитов было далеко менее, чем удалось это сделать для ортита. Для монацита с турмалиновой жилы оно измерялось граммами, а для монацита с Аквамариновой жилы—немногими десятками грамм. Осмотренная нами турмалиновая жила, повидимому, была когда то вскрыта, но очень поверхностно и поэтому очень желательно, чтобы она была разведана более глубоко. Нельзя не пожелать также, чтобы в ниже лежащей долине и по берегам Б. Тигерека была произведена шурфовка и пробная промывка сносов с соседних гор и речных отложений. Быть может, эти работы могли бы дать, если не практически важные результаты, то доставить научно интересный материал.

Относительно химического состава и радиоактивности монацитов этих месторождений я могу сказать теперь еще очень мало. Не имея времени сам заняться анализами этих минералов, которые как все минералы с редкими землями, для своего производства требуют значительного времени и опытности аналитика, я не решался и передать этот чрезвычайно ценный и редкий материал начинающим практикантам. Поэтому эти монациты остаются до сих пор не проанализированными.

Относительно радиоактивности монацитов я могу привести здесь только ранее уже опубликованные данные [2], полученные с двумя образцами, причем образец с Турмалиновой жилы дал падение потенциала в приборе Эльстера и Гейтеля, равное на 100 грам. монацита и 1 час около 50.000 вольт, а испытанный образчик с Аквамариновой жилы на г. Иркутке дал значительно менее—только около 4805 вольт. Зависит ли это от выбранных образцов (для опыта брались небольшие количества и числа вычислены на 100 гр.) или от разницы состава монацитов, могут решить только дальнейшие опыты и анализ монацитов этих месторождений. К сказанному прибавлю, что по опытам изучения скорости распада эманации, выделяемой монацитом из „Турмалиновой жилы", она существенно относится к эманацииториева ряда.

Во время остановки в Андреевской мною произведено было испытание на радиоактивность некоторых ключей, находящихся, главным образом, по берегам Малой Амелихи (Емелихи по карте Вланган),

---

[1]) См. стр. 88 (описание турмалиновой жилы) и фиг. 14 ее фотография; на стр. 83 описана аквамариновая жила, на фиг. 12 и 13 изображен по фотографии вида горы и разноса аквамариновой жилы. Монацит и другой интересный фосфат редких земель, ксенотим, тоже, вероятно, радиоактивный описаны на стр. 568—571.

[2]) Труды радиевой экспедиции Академии Наук, № 6, П. Орлов. К вопросу о нахождении радиоактивных веществ в шлихах золотоносных областей Сибири, стр. 16.

протекающей у этой станицы. Берега этой речки сложены здесь, главным образом, различными известняками, иногда прорванными изверженными породами [1]). Вот табличка полученных результатов испытания воды:

| | Мех. ед. | t воды |
|---|---|---|
| 1 Ключ, впадающий справа близь ст в м. Амелиху | 2,14 | — |
| 2. Вода из родника на лев. бер Амелихи . . . . . | 5 2 | — |
| 3. Банный ключ к С. В. от станицы . . . . . | 2 43 | 6,7°с |
| 4 Вода из родника на лев. бер. Амелихи ниже станицы по дороге в Белорецкую ст. . . . . | 1,31 | 5,5°с. |

Не лишнее, может быть, будет заметить, что испытанные воды взяты близь самой станицы, только № 4 взят в 15 минутах ходу вниз по речке: о Банном ключе, по поводу пород около него встречающихся, упоминает и Пилипенко в описании окрестностей Андреевской. Выше упомянутые же месторождения монацита лежат в заметном удалении от них и в другую сторону. Из Андреевской мы проехали в ст. Тигерецкую из нее по маршруту, указанному мною в начале этой статьи, возвратились в Усть Чарышскую пристань и обратно на пароходе в Томск. На этом обратном пути, спеша в Томск к началу осенних экзаменов, мы почти наблюдений и остановок не делали или делали последние только настолько, сколько надо было потратить времени на приискание лошадей и на то, чтобы „уломать" ямщиков везти нас и наши коллекции дальше, что было особенно трудно, когда мы попадали на территорию казачьих станиц, на которых все открытые листы и предписания которыми мы были снабжемы в достаточной степени, теряли свою силу. Надо сказать, что вообще наше путешествие при тогдашнем состоянии Алтайских дорог, особенно, когда мы сворачивали „с тракту", довольно обильно было приключениями: то почти на каждой версте приходилось нашими минерологическими молотками сколачивать разсыпавшиеся сухие колеса, то ждать часами в горах, когда возвратится верховой, посланный за новым экипажем вследствии поломки оси, или на каждом косогоре опасаться, что весь наш инструментарий полетит в овраг, когда вместо экипажа давали сноповозку, у которой, при погружении ее нашим багажем, центр тяжести оказывался очень высоко; а раз пришлось даже делать перевязки мальчику, данному в возницы, когда с одной из гор, которыми обилен Алтай, лошади понесли его в овраг вместе с тяжелыми коллекциями и поранили ему ногу. Но все же эта поездка показала, что опасения, которые высказывались мне, когда я начинал свои исследования, что я поломаю в дороге все приборы, оказались преувеличенными: фонтактоскоп Сивекинга, прибор Эльстера и Гейтеля и прибор Шмидта, не смотря на то, что я с ними ездил на оз. Шира, на Алтай и позднее на Урал и в Забайкалье, сохранились в исправности, и даже у их электроскопов ни разу не были оборваны листочки. Конечно с ними было не мало хлопот—им в экипаже предоставлялось и менее тряское место, и более мягкая подстилка, что, конечно, вполне понятно, потому что проехать тысячи верст для наблюдений и очутиться без прибора, годного для работы, было бы черезчур обидно. С нами этого в описываемую экскурсию к счастию не случилось, только прибор Эберта (о чем я и говорил выше) наиболее деликатный из имевшихся с нами, потерял свою градуировку.

[1]) Описание обнажений окрестностей ст. Андреевской см. в выше цитированном труде Пилипенко, стр. 79.

**Е. Никитина.**

# Материалы по изучению кормовой площади Алтая.

*Долина среднего Чарыша от р. Хайсына до с. Коргона. (Автореферат).*

Летом 1921 года Эконом-отделом Сибревкома была снаряжена большая экспедиция на Алтай для исследования природных богатств края, в частности—кормовой площади, в связи с необходимостью восстановления скотоводства, как одной из статей народного благосостояния, сильно пострадавшей за годы войны. Наша партия, состоявшая из агронома, экономистов и ботаников, имея во главе проф. Сапожникова, работала в С.-З. Алтае в горно-степных районах р. Кана, Ябагана, а также в Коргонских и Талицких белках и в долине среднего течения р. Чарыша; последняя от р. Хайсына до села Коргона обследована мной со студ. Поповой Т. Г. В силу независящих от нас обстоятельств (наличие банд) больше всего внимания уделено району Тюдралы, остальная часть осмотрена проездом. Работы продолжались с 26 июля по 19 августа за вычетом недели, посвященной разъезду в Коргонские и Талицкие белки.

Сенокос всюду был в полном разгаре, многие участки были выкошены и сено сорано в стога.

Обследование велось по методу пробных площадок. Степень участия отдельных видов в травяном покрове обозначалась по шкале Друде. За краткостью времени подсчета стеблей на площадках не велось. Урожайность определялась с площадок в 1 квадратный метр (в граммах) и перечислялась на десятину (в пудах). В виду отсутствия почвоведа брались монолиты с кратким описанием разрезов.

Район среднего Чарыша протянулся с запада на восток верст на 60. Долина реки, имея в среднем версты 2 ширины, местами (при выходе притоков) уширяется до 5 верст. С юга она ограничена Коргонским, с севера-Талицким хребтами. Северные склоны первого лесисты, южные второго—безлесны, но в боковых притоках, текущих с Талицких белков, леса также имеются. Дно долины занято пашнями, участками целины и поймой. Из боковых притоков посещены Хайсын, Ергол и Чеча; последняя имеет наибольший интерес. Чеча, правый приток Чарыша, течет с сев. с.-востока на ю. юго-запад; как и все земли правой стороны Чарыша, находится во владении алтайцев, у которых крестьяне Тюдралы арендуют земли для посевов, а в первые годы революции отбирали силой. Имея внизу до 2 в ширины, по мере движения вверх долина с'уживается. Река прижимается к екалистому правому берегу, оставляя на левом неширокую пойму, за которой поднимается терраса, покатая назапад и юг и переходящая на восток в лесистые склоны. В нижнем течении вся терраса занята посевами ячменя, пшеницы, овса Следует отметить несознательное покровительство населения сорным травам. На межах и со стороны дороги пышные заросли осота (Sonchus arvensis), татарника (Cirsium arvense Scop.), жаб-

рея (Galeopsis Tetrahit), хлопушки (Silene inflata Smith), горицвета (Lychnis pratensis Spreng), мари (Chenopodiumalbum L) точно оставлены нарочно для обсеменения полей. Выше по долине посевов становится все меньше и верстах в 8 они совсем исчезают.

Сенокосные угодия района можно разделить по вертикальному расположению их на 3 зоны: 1) сенокосы по лесным склонам, 2) по степистым террассам, 3) в поймах.

*Лесные луга* склонов имеют пестрый состав (до 145 видов). Почвы горно-луговые, черные, без разделения на горизонты. Часто на незначительной глубине (24 см.) начинается щебень. Корни растений пронизывают всю толщу, но главная масса располагается на глубине первой трети. В надпочвенном покрове—мох, образуя отдельные дерновинки или сплошной слой. Древесный ярус из крупных лиственниц; молодого подроста нет, что с вырубной леса грозит обезлесением склонов; ярус кустарников, если имеется, из Rosa acicularis Lindl, Caragana arborescens Lam, Spiraea.

Описание лесных лугов

№ 3. 2 августа. Долина Чарыша между Усть-Кан и Тюдралы. Лесной луг при выходе р. Хайсына (лев. приток) в долину Чарыша.

Поверхность ровная с уклоном на северо-запад, к дороге на зимовку алтайцев; с юга и востока—луга такого же характера, как описываемый.

Древесный ярус—крупные лиственницы одиночно и группами; кустарников нет; часть площади выкошена, сено в копнах. В надпочвенном покрове Hypnum Schreberi из котого выставляются листья Viola uniflora L. Покрытие почвы 80%, травостой сомкнутый. Степняков 12,8%.

Верхний ярус 120—150 см. выс. s Sp. Dactylis glomerata L, Agropyrum repens P. B. Bromus inermis Leyss.

Пырей и костер под лиственницами образуют пятна чистого насаждения

Средний ярус 70—75 см. выс.

Sp. Poa pratensis L. Aconitum Lycoctonum L, Bupleurum aureum Fisch. и др.

Нижний ярус 40—60 см.

Cop. Geranium pratense L, листья, Potentilla chrysantha Trev. листья.

Cop. greg Jris ruthenica Ait. лист, Sp. greg Astragalus hypoglottis L. плоды.

Sp. Koeleria gracilis Persoon., Trifolium Lupinaster, L. Achillea Millefolium L. цветы.

Укос с площади в 1 кв метр.

| | Сырой вес. | Сухой вес. | % $H_2O$. | Урожайность на десятину. |
|---|---|---|---|---|
| Злаки . . . . | 240 гр. | 112,0 гр. | 53 | 67 пуд. |
| Бобовые . . . | 57,8 „ | 19 „ | 67 | 11 „ |
| Разные . . . . | 456,4 „ | 146 „ | 68 | 88 „ |
| | 754,4 „ | 277 „ | | 166 „ |

№ 7. 4 августа. Долина Чарыша. Окр. Тюдралы. Луг верстах в 2 перед паскотиной с западной стороны села. Подножие склона. Границы луга: с юга—лесистый склон, с севера-дорога из Тюдралы в Усть-Кан, с востока и запада—лесные луга такого же типа.

Древесный ярус—крупные лиственницы (до 2½ обхватов) и редкие березы. Часть травы—в копнах. Характер луга—разнотравье (80 видов), степняков 15%.

Верхний ярус 110—125 см.

Cop. Sanguisorba officinalis L, gr Filipendula ulmaria Maxim; sp. Dactylis glomerata L, Agropyrum repens. P. B.

Средний ярус 50—60 см. вышины. greg Galatella punctata, Lindl. Orobus lathyroides L; sp. Poa pratensis L. Agrostis canina L, Valeriana officinalis L. пл. и др.

Нижний ярус до 30 см.

Cop. Equisetum pratense Eh, Potentilla chysantha Trev, листья. Fragaria collina Eh.; Cor. greg. Jris ruthenica листья и др.

Укос с площади в 1 кв. метр.

| | Сырой вес. | Сухой вес. | % $H_2O$. | Урожайность на десятину. |
|---|---|---|---|---|
| Злаки. . . . | 117,7 гр. | 47,86 гр. | 59 | 29 пуд. |
| Бобовые . . . | 64 8 „ | 26 60 „ | 59 | 16 „ |
| Разные . . . . | 583,8 „ | 118,74 „ | 70 | 71 „ |
| | 583,8 „ | 193,2 „ | | 116 „ |

№ 8. 7 августа. Нижнее течение р. Ергол, правого притока Чарыша. Северный склон близ лиственничного леса; ниже, на дне долины—посевы.

Древесный ярус—крупные редкие лиственницы; кустарников нет. Покрытие до 80%; травостой сомкнутый Степняков 13%.

Верхний ярус до 110 см.

Sp. Avena pratensis L, Agropyrum repens, Veratrum album L, Artemisia Dracunculus L.

Средний ярус 60—70 см.

Sp. Dactylis glomerata L, Bromus inermis Leyss, Filipendula hexapetala G. Orobus luteus L, Onobrychis sativa Lam.

Нижний ярус до 30 см.

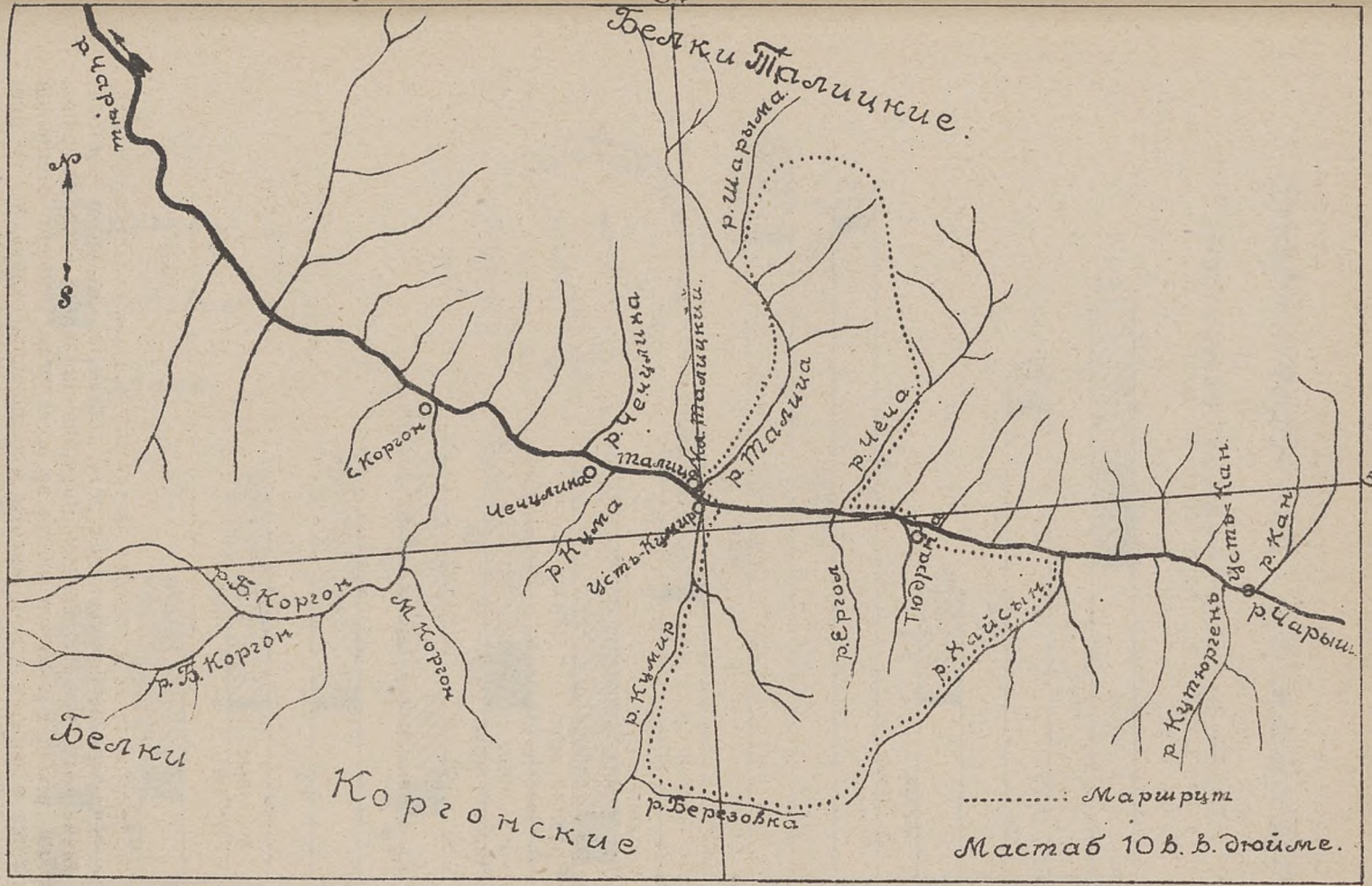
Cop. greg. Jris ruthenica Ait листья, Rubus saxatilis. L. Спелые плоды.

Sp. Potentilla chrysantha, Geranium pratense листья.

Укос с площади в 1 кв. метр.

| | Сырой вес. | Сухой вес. | % $H_2O$. | Урожайность на десятину. |
|---|---|---|---|---|
| Злаки . . . . | 109,3 гр. | 44,5 гр. | 59 | 26,7 пуд. |
| Бобовые . . . | 49,2 „ | 19,4 „ | 61 | 11,6 „ |
| Разные . . . . | 856,8 „ | 277,0 „ | 69 | 164,4 „ |
| | 1615,3 „ | 337,9 „ | | 202,7 „ |

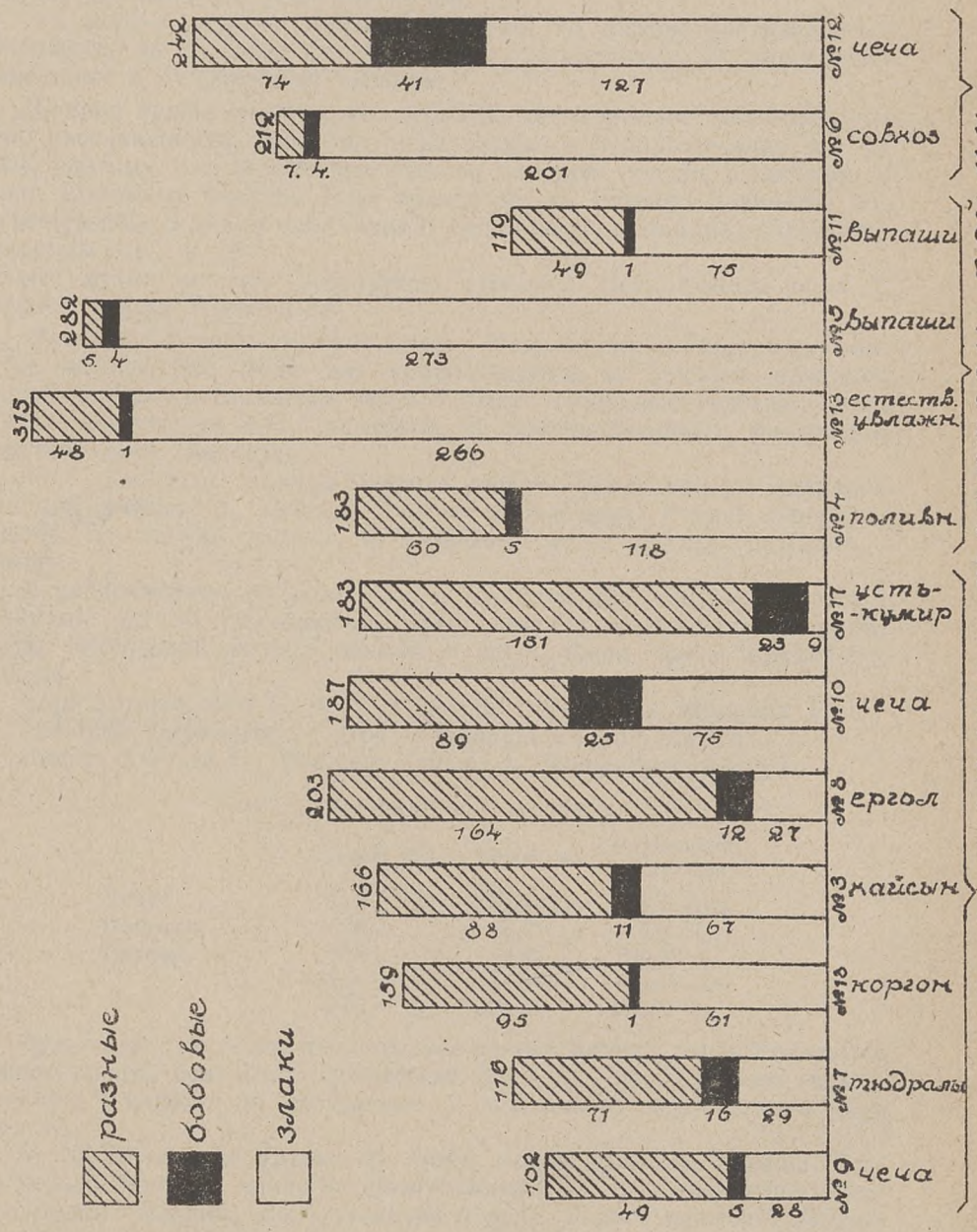
На лесных лугах в нижних частях склонов взято 7 пробных площадок. Несмотря на большую пестроту, состав их довольно постоянный; такие виды, как Jris rutenica, Potentilla chrysantha, Fragaria collina, Geranium pratense имеются почти на всех лугах. Процент степняков колеблется в зависимости от высоты и экспозиции склона, но не превышает 15,5%. Теоретическая урожайность от 102 до 202 пудов. Прак-




К работе Никитиной

К работе Никитиной

# Сравнительная урожайность различных сенокосных угодий.



тическая=$^2/_3$ теоретической. Эти сенокосы по площади являются господствующими и дают главную массу сена.

Сенокосы высоких склонов характеризуются разнотравным составом, но здесь много растений с толстыми стеблями, дающими „дудку". Ввиду грубости сена и крутизны высокие части склонов обычно не косятся. В высоких частях склонов взято 2 пробных площадки. Теоретическая урожайность 183—187 пудов.

*2-я зона—сенокосы степистых* террас по составу растительности разделяются на: 1) сухие участки террас, 2) поливные, 3) естественно-увлаженные и 4) пырейные выпаши.

Вообще нужно сказать, что террасы, как наиболее удобные, усиленно распахиваются, особенно ниже Тюдралы и дальше вниз по Чарышу, поэтому, как сенокосные угодия, они практическаго значения не имеют. Целинные участки несут травостой из Phleum Boehmeri Wib, Poa pratensis L, Scabiosa ochroleuca L, Galatella punctata Lindl, Filipendula hexapetala Gieib и др.
в более сухих местах—Agropyrum cristatum Bess, Festuca ovina L, Artemisia frigida Wieed и др.

*Поливные покосы* имеются между Усть-Каном и Тюдралой, ниже их не встречается. Вода для полива берется из боковых притоков; действие полива сказывается через 3 года. Поливные участки сохраняют в покрове до 30% степняков, но преобладающими растениями являются злаки (Agrostis)

№ 4. 2 августа. Долина Чарыша между Усть-Каном и Тюдралой. Поливной участок в нижнем течении р. Хайсына. Ровная безлесная площадь по левую сторону от Хайсына, слегка покатая на север, к Чарышу.

В надпочвенном покрове—мох и прошлогодние листья. Травостоя сомкнутый, до 80 см. высотой. Арык выведен из Хайсына; во время нашего посещения он был закрыт и перестойная трава дожидалась сенокоса

Cop. Agrostis alba L, Bromus inermis Leyss, Poa attenuata Trin. Trifolium Lupinaster L; greg P. lygonum alpinum Ael. пл. Rumex Acetosa L., Medicago falcata L, Rhinanthus major L.

Укос с площади в 1 кв. метр.

| | Сырой вес. | Сухой вес. | Урожайность на десятину. |
|---|---|---|---|
| Злаки . . . . | 412,7 гр. | 194,0 гр. | 118,0 пуд. |
| Бобовые . . . | 26,4 „ | 8,7 „ | 5,3 „ |
| Разные . . . . | 306,0 „ | 98,0 „ | 59,7 „ |
| | 745,4 „ | 300,7 „ | 183,0 „ |

*Луга террас на достаточно увлажненных местах* характеризуются обилием злаков, бедностью степняками (до 0%), но занимают незначительную площадь по сравнению с остальными сенокосными угодиями

№ 13. 10 августа. Долина р. Чечи, левого притока Чарыша. Терраса левого берега в нижнем течении (верст в $1^1/_2$ от поскотины). Ровная площадь террасы, слабо покатая к реке. Почва влажная. Общая площадь луга до $3^1/_2$ дес. С востока, со стороны дороги, луг сопровождается полосой из Carex листья и Juncus Gerardi Loisel.

Тон луга—красноватый.
Верхний ярус до 100—110 см.
Soc. Agrostis alba L; cop. greg. Rumex Acetosa L. пл.
Sr. Agropyrum rapens P. B., Beckmannia eruciformis Host.
Средний ярус до 40 см. выс.
Cop. Equisetum palustre L; sp. Triglochin palustre L.
Sol. Vicia Cracca L., Lathyrus pratensis L, и др.
В нижнем ярусе
Cop. Potentilla anserina L лист., Ranunculus repens L. листья.
Sp. Taraxacum officinale Wigg. лист, Galium uliginosum L. лист.

Укос с площадки в 1 кв. метр.

| | Сырой вес. | Сухой вес. | % НО | Урожайность на десятину. |
|---|---|---|---|---|
| Злаки . . . . | 95,8 гр. | 443,8 гр. | 53 | 266 пуд. |
| Бобовые . . . | 3,5 „ | 1,0 „ | 71 | 1 „ |
| Разные . . . . | 298,5 „ | 79,4 „ | 70 | 48 „ |
| | 1250,0 „ | 524,2 „ | | 315 пуд. |

Участки террас, бывшие под пашней, зарастают пыреем, который держится года 3, а затем вырождается, уступая место растениям целины. Между Тюдралой и Усть-Каном пахотных земель мало; ниже Тюдралы, особенно перед сел. Коргон, вся долина превращена в сплошную пашню; здесь все выпаши заняты насаждением пырея.

№ 5. 4 августа. Окр. Тюдралы „Хайсынская степь". Площадь ската к северу, к Чарышу; с востока, запада лиственичный лес, с юга дорога Усть Кан-Тюдрала: Пырейная выпашь площадью в 2½ десятины. Степняков 24%.

Верхний ярус 115—140 см. выс.
Soc. Agropyrum repens P. B.
Greg. Epilobium angustifolium L цв., Nepeta macrantha Fisch. цв.
Sp. Agrostis alba L, Centaurea Srabiosa L. цв. и др.
Средний ярус 40—50 см. выс.
Greg. Medicago falcata L. цв., Medicago platycarpa Ledb.;
Sp. Lychnis pratensis Spregng. цв., Sanguisorba officinalis L цв.
Scabiosa ochroleuca L. цв., Oxytropis pilosa L. цв. один экземпляр.

Укос с площадки в 1 кв.: метр.

| | Сырой вес. | Сухой вес. | % НО | Урожайность на десятину. |
|---|---|---|---|---|
| Злаки . . . . | 1044,0 гр. | 456 гр. | 56 | 273 пуд |
| Бобовые . . . | 18,6 „ | 6 „ | 72 | 4 „ |
| Разные. . . . | 23,4 „ | 8 „ | 69 | 5 „ |
| | 1086,0 „ | 470 „ | | 282 „ |

Выпаши старые, с вырождающимся пырем дают урожайность 119 пуд (площ. № 11).

3 я зона сенокосных угодий—*заливные луга* характеризуется преобладанием злаков, местами обилием бобовых и высокой урожайностью. По величине занятой площади они далеко уступают лесным склонам.

№ 6. 4 августа. Окр. Тюдралы. Заливной луг Советского хозяйства на левом берегу Чарыша. Границы луга: с севера Чарыш, с юга крутой под'ем на террасу, по которой идет дорога Усть Кан-Тюдралы;

с запада и востока луг суживается подступающей к реке террасой. Придерживаясь в общем очертаний террасы, по лугу протекает ручей; имеется несколько сухих русл того же ручья. Ближе к террасе разбросаны группы лиственниц и берез, а по течению ручья кусты ив, смородины, лапчатки (Salix Capraea L., Ribes nigrum L., pubescens Hedl., Potentilla fruticosa L).

Почва сырая с сплошным слоем мха. Покрытие 70—80%. Травостой сомкнутый. Тон красноватый от метелок Agrostis.

Верхний ярус 75 см. выс.

Soc. Agrostis alba v. gigantea L.

Sp. Agropyrum repens P. B, Alopecurus pratensis L., Sanguisorba officinalis L., Veronica longifolia L. цв.

Нижний ярус до 50 см. выс.

Sp. Equisetum palustre L, Thalictrum simplex L листья.

Ranunculum repens L. л., Parnassia palustris L, начало цветения.

Greg. Vicia Cracca L. л., Trifolium Lupinaster L. цв., и др.

Укос с площадки в 1 кв. метр.

| | Сырой вес. | Сухой вес. | % НО | Урожайность на десятину. |
|---|---|---|---|---|
| Злаки . . . . | 879 гр. | 334,5 гр. | 61 | 201 пуд. |
| Бобовые . . . | 20 „ | 7,0 „ | 66 | 4 „ |
| Разные . . . . | 63 „ | 12,5 „ | 80 | 7 „ |
| | 962 „ | 254,0 „ | | 212 „ |

№ 12. 10 августа. Долина р. Чечи пойма левого берега в среднем течении. Заливной луг. Ровная площадь. С востока—терраса, с запада—река, с севера болотистое пятно с Carex, Triglochin palustre L., Cirsium acaule All. начало цвет, с юга—луг такого же состава, как и описываемый. Покрытие до 80%. Бобовые образуют клумбы.

Верхний ярус 100—120 см.

Sp. Veratrum album L. пл., Rumex Acetosa L пл.

Sanguisorba officinalis L., Ligularia glauca Hoffm. цв.

Нижний ярус до 50 см.

Cop. Agrostis alba L; cor. greg Lathyrus pratensis L. цв.;

Sp. Cirsium acaule All; greg Vicia Cracca L. цв., л. и другие.

Укос с площадки в 1 кв. метр.

| | Сырой вес. | Сухой вес. | % НО | Урожайность на десятину. |
|---|---|---|---|---|
| Злаки . . . . | 515,0 гр. | 212,0 гр. | 59 | 127 пуд. |
| Бобовые . . . | 174,5 „ | 67,9 „ | 61 | 41 „ |
| Разные . . . . | 324,7 „ | 123,1 „ | 62 | 74 „ |
| | 1014,22 „ | 403,0 „ | | 242 „ |

От злаков не были отделены листья осок, поэтому их вес несколько больше настоящего.

Перечисленные сенокосные угодья служат для заготовки сена на зиму. Необходимо упомянуть альпийские луга и тундры, лежащие выше границы леса в Коргонских и Талицких белках. Они вряд ли могут служить для заготовки корма впрок, вследствие трудности доставки и неблагоприятных условий сушки, за то являются великолепными пастбищами для лошадей и недойного скота.

Недостаток их—пресность травы, легко устраняется дачей соли скоту.

В заключение нужно сказать, что наши исследования являются рекогносцировочными и характеризуют 1921 год, весьма благоприятный в смысле осадков для растительности. При других метеорологических условиях результаты были бы несколько иные. Точные результаты могут дать только систематические стационарные наблюдения, для чего необходимо здесь иметь постоянную станцию, тем более, что в силу климатических условий и недостатка удобных земель Алтай—район скотоводческий.

Здесь возможно широкое развитие маслоделия и сыроварения и в этом отношении Алтаю предстоит большое будущее.

Во всяком случае полученные цифровые данные являются первыми для Алтая, да и для Сибири вообще, если не первые, то одни из первых, и в этом отношении, я думаю, имеют известный интерес.

г. Томск,
1921 г.

Л Реверлатто.

# Очерк растительности юго-восточной части Томской губернии.

(Автореферат).

Предлагаемая мною работа является результатом обследований юго восточной части Томской губернии Кузнецкого уезда. Обследования велись в течении трех лет: 1920, 1921 и 1922 года.

В 1920 году была обследована система р. Кондомы от устья до с. Кондомского и правые притоки ее р.р. Тельбес, Тёш и другие по которым распространена липа.

В 1921 году был проделан более сложный маршрут, а именно: с. Таштыпское лежащее на границе с Енисейской губернией, на запад от него с. Матур, на юг р. Большой Абакан приток р. Енисея, затем по р. Абакану до устья рч. Березовой, прииск Николаевский на р. Больш. Кызасе прит. р. Абакана, г. Хансын, прииск Главный на р. Б.-Кызасе, г. Шаман, р. Малый Абакан у устья р р. Мал. Кызаса, Курлека, Тарташа, Откыла, Кайлы притоки правые, устье рч. Мягкой лев. приток р. Мал. Абакана, рч. Мягкая от устья до верховьев, перевал Казыр, верхов. рч. Каракол прит. р. Б.-Абакана, озеро Черневое, р. Мал. Казырсук, прит. Б Абакана, от верховьев до устья, р. Бол. Абакан у устья, р. Б. Казырсука, р. Ик-сука, рч. Каменной (Абедеш, рч. Каменная от устья до верховьев, перевал из верховьев рч. Каменной в верхов. р. Ик-сука, перевал из верхов. р. Ик сука в верхов. р. Мрассу, р. Мрассу, от верховьев до устья рч. Кобырсу, от устья Кобырсу на запад до р. Кондомы, р. Кондома у Спасской резиденции, с. Кондомского. с Кузедеевского, Кузнецк.

В 1923 году снова был повторен маршрут по р. Кондоме, а затем р. Томь от улуса Чульджанова вниз до границы уезда.

Весь обследованный район лежит в лесной области. Северная часть, представляет невысокую горную страну где горы носят характер грив, а по ложбинам между ними текут многочисленные ручьи и реки. Склоны гор имеют мягкие очертания, выходов горных пород почти не встречается. Они сплошь покрыты черневыми лесами. Местами, где заметно общее повышение, например вверх по р р. Мрассу и Томи, заметны голые вершины гор, берега становятся скалистыми, долина реки суживается. В нижнем течении рек встречаются значительные заливные луга. Русло рек каменистое, течение быстрое в особенности на р. Томи и Мрассу; р. Кондома более спокойная, берега имеет пологие, невысокие и только местами встречаются невысокие скалы. В нижнем течении много рукавов, островов и заводей.

Породы слагающие горы Кузнецкого Алатау, в пределах района, состоят главным образом из сланцев, песчаников, конгломератов и известняков разных оттенков от белых до темно-серых. Почвы подзолистые на вершинах грив и по склонам их, а по ложбинам, где протекают ручьи и реки, часть заболоченные. Развитие мхов слабое, в особенности в лесах системы р. Кондомы, чаще мхи можно встретить в системе р. Томи, где почвы более заболочены.

Совсем иной характер носят горы Абаканского района, т. е. системы р. Абакана. Они значительно выше, часто можно встретить отдельные вершины поднимающиеся выше границы леса и лежащие на высоте 1000 сажен слишком над уровнем моря. Таковы горы Хан сын, Шаман, Кресс-таскыл и др. имеющие на северных склонах вечный снег.

Породы, слагающие их, представлены главным образом кристаллическими сланцами различных оттенков, серые, голубоватые; встречаются песчаники местами красные, а вершины обнаженных гор представлены беспорядочно нагроможденными глыбами диорита. Южные склоны пологие, в верхней части щебнистые, в нижней россыпи, а северные крутые и выше границы леса имеют цирковые озера питаемые снежными полями.

Реки протекающие в этих горах настоящие горные реки. Они имеют крутое падение, каменистое узкое русло, усыпанное крупными валунами, по которым с бешенным ревом стремится вода часто в виде водопадов. Изредка русло расширяется, течение становитсь более спокойным и валуны сменяются крупной галькой. Несмотря на то, что берега каменисты, они все же сильно заболочены благодаря обилию ключей и ручьев, впадающих в реки. Среди гор иногда встречаются озера лежащие ниже, чем уровень рек. Горы, окружающие такие озера, спускаются крутыми лесистыми склонами к воде, а за ними высятся голые вершины с щебнистыми склонами. Самое большое из таких озер—озеро Черневое, или Кара-кол, лежащее между р.р. Б. и М. Абаканом, имеет 8 верст в длину и до $^1/_2$ версты в ширину вытянувшись с севера на юг. Подойти к нему можно с северного конца от р Б. и М. Абакана перевалившись через небольшие перевалы с субальтийскими лугами на границе леса. Так как озеро лежит в глубокой горной долине, оно защищено от влияния ветров и потому температура воздуха и воды здесь значительно выше, чем в долинах рек.

В климатическом отношении оба района, как Абаканский так и Северно-Кузнецкий, в общем сходны. Они заключают в себе несколько концентрических замкнутых изогиет: 900 м/м в год в центре—верховья р.р. Мрассу, Лебеди, второе кольцо вокруг этого ядра с maximum'ом осадков, ограничено изогиетой 800 м/м и захватывает хребет Хан сын, г. Шаман, р.р. Б. и М. Абакан, верховья р. Кондомы и среднее течение р. Мрассу на западе, доходя почти до р. Бии. Третье кольцо ограничено изогиетой 700 м/м в год захватывая весь Кузнецкий Алтау до Мариинского уезда включая бассейны трех Терсей на север, всю р. Томь от г. Кузнецка до верховьев и нижнее течение р. Кондомы р. Мрассу и верховье р. Абакана. Таким образом в Северно Кузнецком районе осадки в среднем между 700 и 800 м/м в год, а в Абаканском от 800 до 900 м/м в год.

Для сравнения с другими районами Томской и Алтайской губернии достаточно указать что около Томска и Бийска проходит изогиета около 500 м/м в год, а Кузнецкая степь окружена изогиетой 400 м/м в год.

В отношении средних годовых температур Абаканский район лежит между изотермой 0° и+1°, а Северно Кузнецкий между 0° и—1°.

Летние осадки выпадают в виде обильных дождей и рос. Обыкновенно туман обволакивает горы, стелется по долинам рек и или поднимается вверх и падает уже в виде дождя. Небо почти всегда облачное, за два месяца путешествия август и сентябрь 1921 года, ясных дней пришлось только 14 при чем это количество падает главным образом на Северно-Кузнецкий район. Благодаря таким климати-

ческим условиям, гористому рельефу, развитию таежных лесов, сильной заболоченности почвы, трудным путям сообщения Абаканский район остается почти не населенным. Единственное небольшое поселение заимка Лыкова, где живут переселившиеся из Бийского уезда кержаки, расположено по р. Б. Абакану выше рч. Каменной. Население занимается главным образом охотой, рыбной ловлей и шишкованием, но охота за последние годы заглохла совсем т. к. нет оружия и припасов, дроби и пороха, зверя же всякого развелось так много, что проходу нет, медведи днем подходят к заимке и уносят скот; олени, лоси, горные козлы и бараны тоже близко подходят к жилью. Из мелкого зверя много белок, горностая, соболя и др. Из птиц главным образом рябчики и глухари. Снасти для рыбной ловли тоже износились, новые достать негде. Кроме того, жалуются, что рыбы в реках и озерах стало меньше. Чаще всего встречаются здесь таймени, хайрюзы, ускучи, окуни, щуки, налимы и др. Кедра всюду много, и орехи служат большим подспорьем в пище.

Земледелием заниматься почти невозможно. Иногда на небольших участках в несколько десятков квадратных метров сеют ячмень, но он родится далеко не каждый год—вымерзает. Но и этот небольшой участок обработать очень трудно. Обычно выбирают южный не очень крутой склон, вырубают деревья и выбрасывают крупные камни и оставляют на несколько лет под покосы. Затем уже вскалывают лопатами и разрыхляют (лошадь на такую крутизну завести невозможно), сеют ячмень, жнут серпами, молотят вальками, сидя на своем поле, и затем уже готовое зерно в мешках уносят вниз. Раньше хлеб получали из Бийского уезда меняя его на пушнину и рыбу, теперь это почти невозможно т. ч. население обреченное на голодовку спешно выселялось в Бийский уезд.

Когда то, лет 35 тому назад, притоки р. Абакана Б. и М. Кызас оживлялись многочисленными золотыми приисками, куда стекалось много народу и были проложены хорошие тропы. Теперь же все разрушено и брошено, лучше других сохранился прииск Главный где остались еще кое какие постройки и летом живет сторож, на остальных же приисках остались только признаки в виде размытого русла реки, отвалов на ней, части машин и различные сооружения для промывки золота. Теперь намеки на тропу остались до приисков, а дальше приходится руководствоваться только течением рек. Путешествие по этой тайге очень трудное. Склоны гор очень крутые, каменистые, поросшие таежным лесом, заболочены, масса бурелома, колодин. Лошади сбивают себе ноги спину, часто проваливаются между колодинами, особенно вьючные. Иногда на очень крутых склонах приходится раз'вьючивать и переносить вьюки на себе, иначе лошадь может оборваться в воду. Местами приходится прорубать дорогу через висячие мосты из деревьев принесенных весенней водой и оставшихся здесь после спада ее. Это бывает в том случае, если по берегу пройти невозможно и приходится пробираться по руслу реки Таким путем в день можно пройти не больше 7—8 верст. Кроме того, в чистой тайге нет корму для лошадей, приходится искать высокотравные луга на склонах сильно заболоченных.

Хорошая тропа идет с р. Абакана на р. Анзас приток р. Аны, отсюда она сворачивает на юг и уходит через хребет Шаман в Монголию. Это так называемая „Сойотская тропа", по которой раньше шли

торговые караваны. Теперь еще на деревьях у подножия г. Шаман остались „джелома"—разноцветные ленточки, которые сайоты приносили в жертву богам за благополучную переправу через перевал. Здесь же висят деревянные сойотские стремена.

В Северно-Кузнецком районе, в системе р р.Томи, Мрассу и Кондомы коренное население черневые татары. За последние 10—15 лет появилось много переселенцев из Европейской России. Татары занимаются главным образом охотой, рыбной ловлей а за последнее время хлебопашеством и пчеловодством. В верховьях р. Мрассу живут исключительно татары и ведут первобытный образ жизни. Они от рождения не моются, живут в юртах, а не в домах, хотя и строят их, о печеном хлебе понятия не имеют и питаются только толканом из ячменной муки, рыбой и орехами По русски не говорят ни слова. По р. Мрассу до устья р. Кобырсу сеют почти исключительно ячмень, а выше уже хорошо родится рожь и пшеница. Так как почвенный слой здесь развит довольно мощно и представляет собой различные переходы от лесных суглинков до типичных подзолов, то урожаи, в особенности в первые два года бывают хорошие. Затруднение бывает только в расчистке лесистых склонов под пашни. В северном районе развито и пчеловодство. Встречаются пасеки до 3000—2000 колодок, а мелкие колодок 50—30 расбросаны по всем речкам Мед всюду высокого качества, в хорошие урожайные годы простая колодка дает до 1 п. 10 ф. меда а рамочная до 7 пудов меда. По правым притокам р. Кондомы, в районе обитания липы собирают и чистый липовый мед.

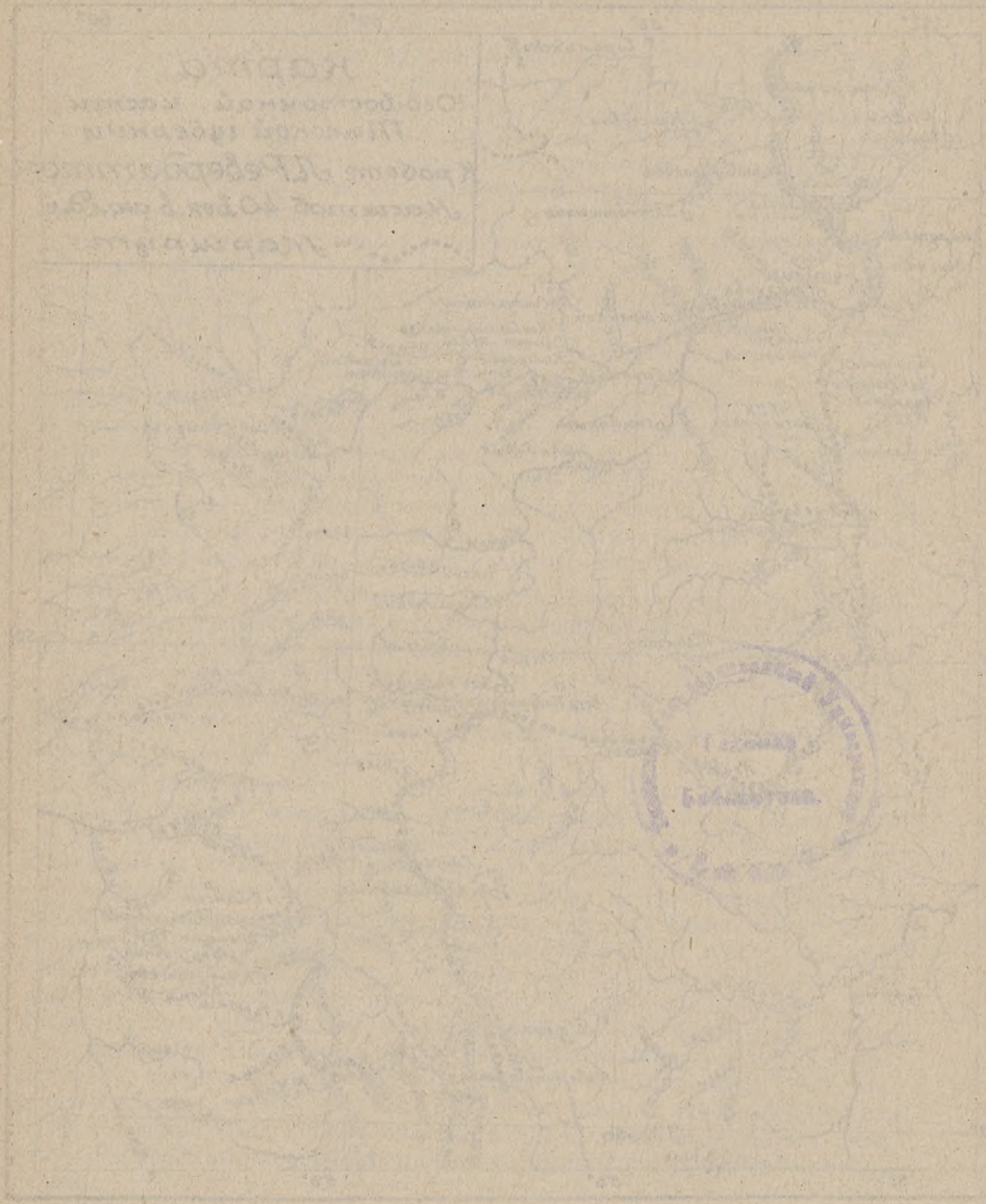
По характеру растительности, в зависимости от рельефа, почвы и высоты над уровнем моря, весь обследованный район разбивается на две части: 1) Северная часть—Северно-Кузнецкий район, куда отходят р. Томь, р. Кондома и р Мрассу почти до самых верховьев, захватывая таким образом южную часть г. Кузнецкого Алатау покрытых черневыми лесами и 2) Абаканский район—горы в системе р. Абакана покрытые таежными лесами.

Леса по р. Томи от г. Кузнецка вверх до устья р. Мрассу в значительной степени вырублены. До Абышевских копей по обоим берегам тянутся открытые склоны, занятые пашнями и покосами, или с высокотравными лугами. В понижениях на склонах, в логах, часто встречаются сплошные заросли Potentilla fruticosa L. На южных открытых склонах расселились некоторые неприхотливые степняки. Выше копей Абышевских появляются сначала мелкие лиственные деревья, изредка одинокие сосны, еще выше к устью р. Мрассу горы повышаются долина несколько суживается и по правому берегу сплошь тянутся горы покрытые хотя и не густым, но уже смешанным хвойным лесом черневого характера. По левому берегу до устья р. Мрассу идут широкие заливные луга с зарослями Salix К устью р. Уса долина Томи еще суживается, горы подходят как с правого так и с левого берега, они покрыты типичными черневыми лесами и даже заметен переход к тайге, так появилась заболоченность почвы и заметно развитие мохового покрова.

*Черневые леса*, покрывающие склоны гор р. Томи и ее притоков и относящиеся к Северно-Кузнецкому району, характеризуются: *смешанным характером из различных хвойных и лиственных пород, очень слабым развитием мохового покрова, иногда совершенно отсутствующего в наиболее типичной черни, напр. по р. Кондоме, присутствием*

Очерк растительности юго-восточной части Томской губ.

Карта
Юго-Восточной части
Томской губернии
К работе Л. Ревердатто
Масштаб 40 вер. в англ. дм.
Маршрут.
57°
58°
59°
60°
54°
55°
52°
Г. Челябинск
Г. Саралинская
Г. Крестовая
Кузнецк
Ст. Мрасский
Ст. Калтанская
Ст. Мустаг
Ст. Кондомский стан
Г. Юрга
Г. Тисуль
Г. Кожевников
Г. Тайга
Г. Мариинск
Г. Кузнецк
Г. Казыр
Г. Широкая
Г. Тыгин-Тиш
Г. Ханзин
Г. Тарташ
Г. Откыл
Г. Кайла
Г. Ханжер
Г. Тиль
Г. Турачак
Г. Бехтой
Г. Ярлык
Г. Кожух
Г. Тасфес
Г. Ханзин
Г. Кресс-тагский



*реликтовых форм (плиоценовой флоры) и более сухими почвами.* Древесная растительность, образующая черневые леса, состоит главным образом из пихты, ели, кедра, осины, березы и кустарников:

Alnus fruticosa Rupr.
Caragana arborescens Lam.
C. frutex K. Koch
Spiraea media Schmidt.
S. chamaedryfolia L.
Crataegus sanguinea Pall.
Rosa cinnamomea L.
Prunus Padus L.
Cornus sibirica L.
Sambucus racemosa L.
Viburnum Opulus L.
Lonicera xylosteum L.

различные виды Salix, Ribes nigrum L. Ribes pubescens L. Rubus idaeus L. и др. травянистая растительность типичной черни состоит главным образом из следующих форм:

Matteuccia Struthiopteris (L.) Todaro
Dryopteris Phegopteris (L.) C. Chr.
D. Filix mas (L.) Schott.
D. spinulosa (Mill.) O. Ktze.
D. Linnaeana (L.) C. Chr.
Polystichum Braunii Feé.
Athyrium Filix femina (L.) Roth.
Athyrium crenatum Rupr.
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn.
Equisetum pratense Ehrh.
E. sylvaticum L.
Milium effusum L.
Calamagrostis arundinacea Roth.
Avena pubescens L.
Melica nutans L.
Dactylis glomerata L.
Festuca gigantea Vill.
F. sylvatica Vill.
F. pratensis. Huds.
Brachypodium pinnatum P. B.
Allium Victorialis L.
Majanthemum bifolium Presl.
Polygonatum officinale All.
Paris quadrifolia L.
Stellaria Bungeana Fenze.
Paeonia anomala L.
Actaea spicata L.
β erythrocarpa Ledb.
Ranunculus repens L.
Thalictrum minus L.
Astragalus glycyphyllus L.
Oxalis Acetosella L.
Viola biflora L.
V. uniflora L.
Epilobium montanum L.
Circaea alpina L.
C. Lutetiana L.
Aegopodium Podagraria L.
Polemonium coeruleum L.
Anchusa myosotidiflora Lehm.
Pulmonaria mollissima Kern.
Stachys sylvatica L.
Orobanche alsatica Kirsch.
Galium boreale L.
Campanula Trachelium L.

и многие другие.

В сильно разреженной черни, на открытых луговых пространствах развивается чрезвычайно характерное черневое высокотравие. Среди общаго фона выделяются своими размерами достигающими 2—4 метров следующие формы:

Festuca gigantea Vill.
Aconitum septentrionale Kölle.
Delphinium elatum L.
Anthriscus sylvestris Hoffm.
Archangelica decurrens Ldb.
Heracleum dissectum Leab.
Alfredia cernua L.
Cacalia hastata L.

Здесь же большим распространением пользуется

Pteridium aquilinum Kuhn.
Veratrum nigrum L.
Thalictrum flavum L.
Filipendula Ulmaria. Max.
Orobus luteus L.
Euphorbia lutescens L.
Bupleurum aureum Fisch.
Veronica longifolia L.
Adenophora liliifolia L.
Artemisia vulgaris L.
Crepis sibirica L.
Cirsium heterophyllum All.

и многие другие. Сюда заходят все формы встречающиеся в черневых лесах, но только здесь они разростаются до больших размеров Все это вместе с Humulus Lupulus L., Vicia Cracca L., Vicia sepium L., Aconitum volubile Pall и др. образуют такие густые заросли, что пробраться по ним очень трудно.

Тенистые скалы по берегам р. Томи покрыты мхами и здесь часто можно встретить:

Cystopteris fragilis (L) Bernh.
Woodsia ilvensis R. Br.
Dryopteris Robertiana (Hoffm.) Chr.
D. Linnaeana Chr.
Festuca gigantea Vill.
Saxifraga cernua L
Chrysosplenium alternifolium L.
Saxifraga punctata L.
Epilobium montanum L.
E. hirsutum L.
E. palustre L.
E. Sp. nova
Campanula Trachelium L,
и другие.

Солнечные каменистые склоны представлены иначе. Скалы сплошь покрыты Sedum hybridum L и S Ewersii Ledb., последний дает розовато-серый оттенок скалам. Кроме того, изредка разбросаны:

Poa attenuata Trin.
Agropyrum cristatum Bess.
Melica ciliata L.
M. altissima L.
Allium nutans L.
Aconitum Anthora L.
Umbilicus spinosus DC.
Bupleurum multinerve DC.
Scutellaria alpina L.
Thymus serpyllum L.
Galium verum L.
Vincetoxicum sibiricum Decaisne.
Apocynum venetum L.
и др.

На галечных отмелях, на острвоах заросли Rubus caesius L., Dianthus Seguieri Vill, Vicia megalotropis Ledb., Allium Schoenoprasum L., Deschampsia caespitosa P. B., у воды Digraphis arundinacea (L) Trin., Nardosmia laevigata DC. Выше улуса Чульджанова долина р Томи принимает мрачный колорит, она сильно суживается, склоны гор покрыты почти исключительно темным хвойным лесом таежного характера. Вдали видны неприступные зубчатые вершины хр. Тигири-тыш с блестящим снегом на них.

Ниже г. Кузнецка, р. Томь некоторое время течет среди невысоких гор такого же характера как и верх до устья р. Мрассу Здесь она пересекает суходольно березовую подзону вклинивающуюся на восток. От пос. Белый Этап открытые склоны по правому берегу сменяются лесистыми, хотя еще с значительным преобладанием лиственных пород. От пос. Черный Этап к реке болотную подходят горы как с правого так и с левого берега Они покрыты черневыми лесами с характерными черневыми высокотравными лугами Здесь также встречаются реликты, чаще всего Festuca gigantea Vill. Dryopteris Filix-mas (L) Schott., Polystichum Braunii Feë., Circaea Lutetiana L., Campanula Trachelium L., Epilobium montanum L., Stachys sylvatica L в старице р. Томи около д Ажиндаровой найдено много Salvinia natans. All. Здесь же много Nymphaea tetragona Gmel., Nuphar luteum Sm. Hydrocharis Morsus ranae L., Cicuta virosa, L. Calla palustris L., Scolochloa festucacea Link. и др.

Река Кондома от верховьев до устья течет среди невысоких гор. Она имеет довольно широкую длину, мягкие болотистые берега и только кое где выступают отдельные скалы с характерной растительностью на них Здесь всюду распространены черневые леса, но по правым притокам р. Кондомы, Тёшу, Тельбесу и другим, из лиственных пород,

кроме осины и березы, встречается в большом количестве липа—Tilia cordata Mill. Она образует здесь изолированный остров и располагается по вершинам и склонам грив иногда опускается в долины рек. Чистые липовые насаждения встречаются редко, но здесь главным образом и встречаются наиболее крупные экземпляры. Молодых всходов от семян мало повидимому семена вызревают не каждый год зато, около старых пней, липовых колодин идет густая молодая поросль от корней. Травянистая растительность липняков характерна здесь присутствием некоторых форм свойственных широколиственной формации. Липовый остров в 1891 году был подробно описан профессором П. Н. Крыловым в своей работе: „Липа в предгорьях Кузнецкого Алатау". Правда, за 30 слишком лет картина сильно изменилась Тогда в липняк с трудом можно было пробраться через чернь с опытным проводником верхом на лошади прорубая себе тропу, теперь же проложены колесные дороги, устроены всюду пасеки и липа хищнически истребляется русским населением. Из травянистых растений в липняке встречаются:

| | |
|---|---|
| Dryopteris Filix mas Roth. | Geranium Robertianum L. |
| Polystichum Braunii Fée. | Asarum europaeum L. |
| Festuca gigantea Vill. | Circaea lutetiana L. |
| F. sylvatica Vill. | Sanicula europaea L. |
| Bromus squarrosus Huds. | Osmorhiza amurensis Schm. |
| Brachypodium sylvaticum P. B. | Stachys sylvatica L. |
| Actaea spicata L. | Asperula odorata L. |
| &. melanocarpa Ledb. | Campanula Trachelium L. |

Все перечисленные формы являются представителями широлиственной формации. Здесь же широко распространены и вообще растения свойственные черневым лесам и черневому высокотравию. Такие реликты как Festuca gigantea Vill., Circaea lutetiana L. и др широко распространены по черневым лесам всего района, Asarum europaeum L., Asperula odorata L. только преимущественно по р. Коидоме и притокам Sanicula europaea L. и Osmorhiza amurensis Schm исключительно в липняке.

В 1921 году в районе обитания липы, по каким то невыясненным еще причинам, погибла почти вся пихта, т. ч. остались леса только лиственные.

К устью р. Кондома сильно расширяется, образует очень широкую долину ограниченную горами со склонами покрытыми некрупным лиственным лесом или высокотравными черневыми лугами Долина реки заросла тальниками. образует много заводей, стариц В зарослях тальников в большом количестве встречается.

| | |
|---|---|
| Filipendula Ulmaria Max. | Inula Helenium L. |
| Festuca gigantea Vill. | Cirsium heterophyllum. All. |

и другие. Галечные берега имеют ту же растительность, как и по р. Томи.

Река Мрасса протекает в районе черневых лесов и только вершина ее уходит в соседний таежный район, где берет начало на плато, лежащем на высоте около 800 сажен над уровнем моря. Плато это сильно заболочено, имеет протяжение около 4 верст окружено кольцом болотистой тайги. Здесь располагаются низкотравные субальпийские сильно заболоченные луга Тропа сравнительно сносная по р. Мрассу ниже, здесь теряется. Туманы почти всегда застилают кругом горизонт и в нескольких саженях ничего невидно т. ч. ориентироваться можно

только по компасу. Субальпийские луга представлены главным образом:

Phragmites communis Trin.
Anthoxanthum odoratum L.
Eriophorum angustifolium Roth.
Carex canescens L.
C. brunescens Pers) Poir.
C. atrata L.
Iuncus trifidus L.
Veratrum album L.
Allium Schoenoprasum L.
Cardamine macrophylla Will.
Parnassia palustris L.
Saxifraga punctata L.
Alchemilla vulgaris L.
Geranium albiflorum Ledb.
Myosotis palustris Vith.
Swertia obtusa Ledb.

и др.

Над всем сравнительно невысоким покровом возвышается целое море лиловатых корзинок Leuzea carthamoides DC. Иногда встречаются пятна мохово-лишайниковой тундры с Viola altaica Pall., Gentiana altaica Pall., G. algida Pall., Aquilegia glandulosa Fisch., Iuncus trifidus L. и др. появляются Salix Krylovi E. Wolf., S. reticulata L.

С плато р. Мрассу круто падает вниз прорезывая себе русло по каменистому склону. Берега ее заросли Saxifraga punctata L. S. crassifolia L., Cardamine macrophylla Vill., Alchemilla vulgaris L., Sanguisorba alpina Pge и др. Склоны гор покрыты таежными лесами, но уже 20 верст ниже прииска Субрзасского картина меняется. Постепенно горы понижаются, тайга остается выше, становится значительно суше, появляется почвенный покров и на смену тайге подходят черневые леса. Черневые леса по р. Мрассу несколько отличаются от описанных выше

Начиная почти от прииска Субрзасского вниз по течению тянутся почти непрерывно гари, захватывая довольно широкую полосу по правую и левую сторону реки. Пожары были давно, но целиком восстановился только лиственный лес, кое где мелькают небольшие пихты, а кедра совсем нет.

Некоторые склоны покрыты только высокотравными лугами с растительностью тоже несколько измененной здесь встречаются почти сплошные заросли Pteridium aquilinum (L.) Kuhn., Epilobium angustifolium L., Phragmites communis Trin. Реликтов мало. В лесах сохранившихся от пожара травянистая растительность описанная выше для черневых лесов.

В системе р. Абакана на смену черневым лесам идут таежные леса так называемая горная тайга, характеризующая собой растительность района. Рельеф, как уже было сказано выше, более волнистый. Горы с многочисленными вершинами уходящими выше лесной границы и пятнами вечного снега на северных склонах.

От с. Матур до переправы через р. Абакан идут сосново-лиственичные леса с небольшой примесью пихты, ели и немногими представителями черневой растительности.

Ближе к р. Абакану смешанный лес сменяется пихтово-кедровой тайгой, но еще не типичной, т. к. мхов встречается мало, почва довольно сухая, но лиственные породы, сосна и лиственница постепенно остаются позади. На вершине перевала в рч. Березовую приток р. Б. Абакана почти чистый сухой пихтовый лес с очень скудной травянистой растительностью, кое где разбросаны Majanthemum bifolium Dc., Thalictrum minus L., Hypophitis multifida Sc p отсюда крутой спуск к р. Б. Абакану и за переправой начинается тайга. Горы изрезаны речками, ручьями, которые сильно заболачивают каменистые склоны. *Ту-*

*пичная тайга* здесь характеризуется следующими особенностями: *лиственные породы отсутствуют*, насаждения состоят только из хвойных. *Главный основной фон дает кедр, пихта* и иногда напр. по р. Мал. Абакану—ель. Из кустарников встречается Lonicera coerulea L., изредка Sorbus aucuparia L. Вековые деревья переплетаются своими кронами и почти не пропускают солнечного света и потому в тайге всегда сумерки. Нижние ветви деревьев голые увешанные лишайниками. Молодые деревья почти не развиваются, старые падают, сгнивают, покрываются мхами и заростают различными растениями. Скелетные почвы, корни деревьев, камни, валежник все это плотно одето толстым слоем мхов на которых разбросаны немногочисленные растения, способные уживаться в таких условиях. Всюду в большом количестве растет Vaccinium Myrtillus L., Vaccinium Vitis idaea L. любит пни и колодины, камни сплошь покрыты Saxifraga crassifolia L. и изредка встречаются:

Dryopteris Linnaeana Chr.
D. Spinulosa (Müll.) O Kize.
D. Phegopteris (L.) C. Chr.
Lycopodium annotinum L.
L. clavatum L.
L. complanatum L.
Allium Victorialis L.
Trientalis europaea L.
Goodiera repens R. Br.
Oxalis Acetosella L.
Pirola secunda L.
P. rotundifolia L.
Ledum palustre L.
Rhododendron chrysanthum Pall.
R. davuricum L.
Linnaea borealis L.

На склонах сильно заболоченных, пихтово-кедровая тайга отступает и образуются открытые пространства с высокотравными лесными лугами. Здесь же можно встретить и мелкие березки и кустарники Prunus Padus L., Caragana arborescens Lam., C. frutex K. Koch., Alnus fruticosa Rupr., Salix viminalis L. и другие виды ив, заросли Potentilla fruticosa L. Реликтов на высокотравных лугах не встречается. Такие же заросли кустарников с высокотравными формами обыкновенны в долинах рек и ручьев, а также и на искусственно разреженных местах напр. у бывших приисков. Такого характера тайга покрывает все склоны гор почти до самой лесной границы.

Южные склоны иногда имеют большие россыпи или обнаженные или заросшие Rheum Rhaponticum L., распластанные листья которого покрывают камни. Здесь же много Ledum palustre L. Немного выше по склону пятнами на мохово-лишайниковой подстилке Rhododendron chrysanthum Pall., Empetrum nigrum L., на камнях Rhododendron dahuricum L., Juniperus communis L. В скалах Polypodium vulgare L., Woodsia ilvensis R. Br.—По россыпям в виде водопадов стремятся ручьи и реки поросшие по берегам Alchemilla vulgaris L., Cardamine macrophylla Willd., Saxifraga punctata L. и др. Выше по склонам деревья начинают мельчать, кедр остается внизу и только пихта идет до самой лесной границы, в виде пихтового сланца. Появляются Salix arbuscula L., S. glauca L., S. Krylovi E. Wolf, изредка Betula rotundifolia Spach. Субальпийские луга чередуются с россыпями щебнистыми и каменистыми.

На Субальпийских лугах растительность следующая:

Equisetum sylvaticum L.
Anthoxanthum odoratum L.
Trisetum flavescens P. B.
Eriophorum altaicum Meinsh.
Sedum Rhodiola DC.
Saxifraga punctata L.
Parnassia palustris L.
Geum rivale L.

E. angustifolium Roth.
Carex canescens L.
Carex brunescens (Pers.) Poir.
Carex atrata L.
Luzula spicata DC. β. compacta C. A. Meg
Iuncus trifidus L.
Allium Victorialis L.
A Schoenoprasum L.
Lilium Martagon L.
Orchis militaris L.
Salix arbuscula L.
S. Krylovi E. Wolf.
S. glauca L.
Betula rotundifolia Spach.
Rumex Acetosa var.
Polygonum Bistorta L.
Claytonia Ioanneana Roem. d. Sch.
Callianthemum ruthefolium C. A. Mey.
Caltha palustris L.
Trollius asiaticus L.
Aquilegia glandulosa Fisch.
Delphinium elatum L.
Aconitum septentrionale Kölle.
A. Napellus L.
Anemone narcissiflora L.
Thalictrum flavum L.
Cardamine macrophylla Willd.
Alcehmilla vulgaris L.
Comarum palustre L.
Sanguisorba alpina Bge.
Crotalus luteus L.
Geranium albiflorum Ledb.
Euphorbia altaica C. A. Mey.
E. lutescens C. A. Mey.
Viola biflora L.
Bupleurum aureum Fisch.
Schultia crinita Pall.). Spreng.
Sch. compacta Ledb.
Aulacospermum anomalum Ledb.
Archangelica decurrens Ledb.
Gentiana septemfida Pall.
G. algida Pall.
Swertia obtusa Ledb.
Pedicularis brachystachys Bge.
P. uncinata Steph.
Galium boreale L.
Adenophora liliifolia (L) Ledb.
Aster flaccidus Willd.
Gnaphalium sylvaticum L. var. brachystachyum.
Artemisia vulgaris L.
Saussurea latifolia Ledb.
S. Frolovi Ledb.
Cirsium heterophyllum All.
Leuzea carthamoides DC.

На субальпийские луга спускаются некоторые формы с альпийских лугов и с альпийских тундр Альпийские луга развиты слабо. Они представлены очень небольшими участками лежащими между щебнистыми россыпями Здесь мы находим:

Anthoxanthum odoratum L.
Festuca supina Schur.
Carix rigida Good
C. sempervirens Vill.
Salix reticulata L.
Polygonum Bistorta L.
P. viviparum L.
Claytonia Ioanneana Roem et Sch.
Lychnis triste Bge.
Aquilegia glandulosa Fisch.
Macropodium nivale R. Br.
Thermopsis alpina Ledb.
Hedysarum obscurum L.
Oxytropis alpina Bge.
Viola altaica Pall.
Cortusa Matthioli L.
Gentiana algida Pall.
G. altaica Pall.
Dracocephalum Altaiense Laxm.
Pedicularis verticillata L.
Valeriana capitata Pall.
Campanula pilosa Pall.
Solidago virga aurea L.
Doronicum altaicum Pall.
Senecio aurantiacus DC.
Crepis chrysantha Turcz.

Альпийская тундра выражена слабо, так что ее трудно расчленить на отдельные типы. Поэтому привожу только общий список растений встречающихся там:

Lycopodium Selago L.
L. alpinum L.
Salix reticulata L.
Dryas octopetala L.
Empetrum nigrum L.
Viola altaica Pall.

Betula rotundifolia Spach.
Alsine arctica Fenzl.
A. biflora Wahl.
Isopyrum grandiflorum Fisch.
Saxifraga sibirica L.
Potentilla nivea L.
Pachypleurum alpinum Ledb.
Rhododendron chrysanthum Pall.
Gentiana altaica Pall.
Patrinia sibirica Juss.
Matricaria ambigua (Ledb.) Kryl.
Senecio frigidus Less.

На г. Шаман сюда прибавляется еще Aconitum biflorum Fisch.

Руслом ручьев и рек как в альпийской так и в лесной области этого района заросли Alchemilla vulgaris L., Caltha palustris L., Geranium albiflorum Ledb., Cardamine macrophyla Willd., Saxifraga punctata L. и др. Берега же их представляют собой заросли из различных видов ив и главным образом Alnus fruticosa L. Скалы по берегам, как тенистые так и солнечные имеют растительность сходную с соседним Северно Кузнецким районом, но здесь прибывает в значительном количестве Rhododendron dahuricum L. хотя он не образует таких сплошных зарослей как на Алтае На солнечных склонах кроме того много Ribes acicularе Smith, встречается Stellaria petraea Bge.

*Итак, в обоих обследованых районах Северно-Кузнецком и Абаканском намечается две основные формации: черневых лесов и таежных лесов.* Они отличаются друг от друга составом растительности, приуроченностью к определенным климатическим условиям и орография района. Между этими формациями существуют всевозможные переходы.

Луговые ассоциации значительно развиты в Северно-Кузнецком и слабо выражены в Абаканском, где они являются лишь в виде заболоченного высокотравия. Альпийская область выражена слабо и обследована только в системе р. Абакана. Сравнительно с альпийской областью Алтая она является обедненной и отличается от нее присутствием некоторых восточных форм, напр. Aconitum biflorum Fisch., Juncus trifidus L., Rhododendron chrysanthum Pall.

**А. Ф. Вашкевич**

Преподаватель зоологии Томского Университета.

# Новая форма муравья из Семиреченской области.

(Из Зоологического Кабинета Томского Ун—та № 24-й).

В мирмекологическом материале, доставленном в 1916 году в Зоологический Кабинет Томск Университета препаратором В. Рюкбейль из Семиреченской области и любезно переданном мне для определения профессором М. Д. Рузским, между прочими интересными находками оказалась одна новая форма муравья из рода Camponotus, которой я даю имя в честь моего учителя профессора М. Д. Рузского.

Этот подвид по форме головы сходен с Camponotus maculatus fedschenkoi Mayr, а по окраске—с Camponotus maculatus turcestanus And.

**Camponotus maculatus ruzskyi. subsp. nova.**

Рабочий. Голова у major плотная, удлиненно-квадратная, с закругленными углами и с небольшой выемкой на затылке. У minor голова продолговатая, сзади закругленная, спереди несколько шире, чем сзади. Лобная площадка ясная. Личной щиток со слабо выраженным продольным килем; ловасть его прямоугольная.

Рукоять усиков только немного заходит за задний край головы. Лобные валики при основании более сближены чем сзади. Глаза у малых рабочих очень большие, выпуклые, ближе расположенные к затылочному краю, чем к переднему; у больших они (глаза) меньше. Верхние челюсти с 6 зубчиками, тупыми у minor и острыми у major на верхней поверхности с углубленными точками и со слабо выраженными продольными морщинками при основании зубчиков. Голени сжаты с боков, с острыми щетинистыми волосками вдоль внутреннего края. Шпоры на голенях 1-ой пары ножек хорошо развиты, гребенчатые, на 2-ой и 3-ей простые (игольчатые). Чешуйка довольно высокая, клиновидная, спереди выпуклая, кверху заостренная.

Блестящий, тонко и нежно сетчато-морщинистый с маленькими углубленными точками, наиболее заметными на голове, где они крупнее. На брюшке морщинки настолько малы, что оно кажется совершенно гладким и блестящим. Все тело без волосков, голое, блестящее. Только у major на нижней поверхности брюшка и ляшек редкие длинные одиночные отстоящие волоски.

Жгутик усиков покрыт редкими, заметными только при большом увеличении микроскопа, прилегающими волосками. Такие же волоски имеются и на ляшках. По краю личного щитка и челюстей длинные, редкие волоски. Цвет тела желтый более бледный у minor. Голова и лапки желтовато-коричневые. Челюсти и лобные валики красно-коричневые. Глаза черные. Длина тела 6—11,5 mm.

Местонахождение: Семиреченская область, около села Джар-Кудук, в начале мая 1916 года, в местности пустынной (В. Рюкбейль).

# Resumé.

A. F. Waszkiewicz.

**Eine neue Ameisenform aus dem Ssemiretsche—Gebiet.**

Camponotus maculatus ruzskyi subsp. nova gehört zu der grossen Gruppe Camponotus maculatus Fabr. In der Form des Kopfes Camponotus maculatus fedschenkoi Mayr, ähnlich, jedoch durch das gänzliche Fehlen von Härchen an den Füssen und Basalgliedern der Fühler, sowie auch am Körper, der nackt und glänzend ist, unterschieden. Wangen ohne Härchen. Färbung und Grösse erinnert an Camponotus maculatus turcestanus And.

Fundort: Ssemiretschje—Gebiet, Dshar—Kuduk, Anfang Mai 1916 in einer Wüste. (W. Rückbeil).

**А. Ф. Вашкевич.**

преподаватель зоологии Томского Университета.

# К фауне муравьев севера Тобольской губ.

В Зоологическом Кабинете Томского Университета имеется небольшая коллекция муравьев, собранная покойным доктором С. М. Чугуновым, летом в 1915 году на пространстве: начиная от с. Репеловского на р. Иртыше и кончая окрестностями г. Обдорска. Только что указанная местность представляет типичную тайгу, состоящую из кедра, лиственницы с примесью березы, осины и рябины. На севере тайга незаметно переходит через пояс криволесья в тундру.

Крайний пункт сбора муравьев, Обдорск, расположен на северном полярном круге, у южной окраины тундры, на правом берегу реки Полуя, склон которого, вышиною от 15—20 саж густо покрыт деревьями: ольхой, березой, черемухой, елью, рябиной, ивами, а также кустарниками: красной смородиной, малиной и шиповником. Но достаточно подняться по лесистому склону на верхнее плато, как сейчас же начинается мохово-лишайниковая кочковатая тундра с редкими приземистыми лиственницами, группами корявых берез и зарослями тальников по впадинам и сырым ложбинам. Следовательно Обдорск находится еще в полосе лесо-тундры, хотя в северной ея части.

Коллекция, собранная д—ром Чугуновым, была передана мне проф. М. Д. Рузским для определения. Хотя она не велика, так как содержит всего 10 форм (видов, рас и разновидностей), но представляет несомненный интерес в отношении чисто зоографическом, так как заключает в себе формы муравьев, обитающих как на крайнем севере Европы, так отчасти и в центральне-азиатском нагорье.

Нужно заметить, что мирмекологическая фауна севера Азии остается до сих пор совершенно не изученной.

Имеющиеся в литературе указания [1]) о муравьях севера не идут далее 62 ° северной широты.

Одна разновидность новая.

## CAMPONOTINAE

### 1. Camponotus herculeanus L.

Одна бескрылая самка красногрудого кампонотуса была взята в Березовском уезде, на Оби под доской 1. VII и двадцать четыре экземпляра рабочих в Тобольском уезде в окр. с. Репеловского на левом берегу реки Иртыша, на бревнах 12. VI.

Это типичная лесная форма, свойственная северным и умеренным широтам Старого Света. В своем географическом распространении Camponotus herculeanus заходит далеко на север. Что-же касается нахождения этого древоточца в тундре, то этот вопрос еще до сих пор остается открытым.

[1]) Проф. М. Д. Рузский „Муравьи Сургутского уезда Тобольской губернии" Русск. Энтом. Обозр., т. XIV, 1914. № 1.

2. Formica rufa L. (s. str).

Рыжий лесной муравей.

Повидимому обыкновенен для всей Тобольской губернии.

Местонахождения: Березовский уезд., на Оби под доской (1. VII семь рабочих); с Кушеванск 7. VI двадцать восемь рабочих; с. Кондинское (I. VIII. десять рабочих); Сургутский уезд., „Юрты Пирчины", на лев. бер. Оби (7. VI шестнадцать бескрылых и одна крылатая самка).

Населяет всю Европу, кроме самых ея южных окраин, Кавказ и всю лесную, лесо-степную и горно-таежную полосу Сибири, Алтай, Амурский край, Сахалин, Камчатку.

3 Formica rufa pratensis Degeer.

Найдены в количестве двенадцати экземпляров рабочих в окр. с. Кушеванск. 7. VII.

Проф. М. Д. Рузский указывает для Пермской губ., ок. оз. Сары-Куля, Симбирска и Казани. [1]).

4. Formica exsecta Nyl. (s. str).

Красный тонкоголовый муравей.

Тридцать три экземпляра рабочих этого широкораспространенного в Сибири муравья взяты в окрестности Березова 5. VII. Географическое распространение тонкоголового муравья довольно обширно, обнимая всю северную и среднюю Европу, Урал, Кавказ и Сибирь.

5. Formica fusca L. (s. str).

Чернобурый лесной муравей.

Взяты только рабочие этого вида.

Местонахождения: Березовский уезд., на Оби под доской (двадцать шесть рабочих 12. VII); с. Кондинское (восемь рабочих 16. VI), с. Кушеванск (один рабочий 7. VII); Вор нинские Юрты (пять рабочих 17.VII); Тобольский уезд, с Репеловское на левом берегу р. Иртыша (один рабочий 12. VI. Широко распространен в лесах всей Европы, на Кавказе, Урале, Китае, Японии и частью в центральной Азии.

6. Formica fusca L. var borealis nov. var.

Рабочий отличается от типичной формы строением заднеспинки, имеющей небольшую выемку (углубление) по середине основной ея поверхности. На pronotum 5—6, а на mesonotum 1—2 золотистого цвета отстоящих волоска. Такие же волоски находятся и на верхней и нижней поверхности брюшка. У половины взятых экземпляров на верхнем крае чешуйки имеется небольшая вырезка.

Структура и прочие признаки, как у типичной формы.

Длина тела 5,4—8 mm.

По строению заднеспинки эта форма напоминает разновидность Formica fusca picea Nyl. var. inplana Ruzsky и по всей вероятности является переходной формой к последней, которая в настоящее время из-

[1]) М. Рузский „Муравьи России" Казань (1905) стр. 347.

вестна только из центрально-азиатского нагорья (верховья р. Голубой, Кам и Цайдам) и Камчатки.

Местонахождения: Березовский уезд, на Оби под доской (шесть рабочих I. VII); с. Кондинское (семь рабочих 16. VII); Воронинские юрты (семь рабочих 17. VII.

Arbeiter unterscheidet sich von der typischen Form durch den Bau des Metanotums, welches eine kleine Vertiefung in der Mitte seiner basalen Oberfläche hat. auf dem Pronotum befinden sich 5—6 auf dem Mesonotum 1—2 abstehende Härchen von goldiger Färbung. Ebensolche Härchen befinden sich auch auf der oberen und unteren Oberfläche des Abdomens. Bei der Hälfte der erbeuteten Exemplarein. der Platte ein kleiner Ausschnitt. Struktur und übrige Merkmale wie beider typischen Form. Körperlänge 5,4—8 mm.

Im Bau des Metanotums erinnert diese Form an Formica fusca picea Nyl. var. inplana Ruzsky und ist wahrscheinlich eine Übergangsform zur letztern, welche zur Zeit nur aus dem Zentralen Hochasien (oberer Lauf des Blauen Flusses, Kham und Zaidam) und Kamtschatka bekannt ist. Fundort: Gouv. Tobolsk., Kreis Beresow, am Flusse Obj unter einem Brett (6. Arbeiter. IVI). Kirchdort Kondinskoje (7 Arbeiter 16.VII); Woroninsche Jurten (7 Arbeiter 17. VII).

### 7. Formica fusca gagatoides Ruzsky.

Шесть экземпляров рабочих взяты на сухой тундре в окрестностях Обдорска 10. VII.

До настоящего времени этот муравей был найден только на крайнем севере Европейской России (Архангельская губ., Лапландия, Мурман) [1]) и северной и восточной частях Тибета [2]).

### 8. Formica sanguinea Latr.

Муравей кровавый или рабовладелец.

Шесть экземпляров рабочих кровавого рабовладельческого муравья найдены в окрестностях Березова 5. VII.

Вид палеарктический. Распространен во всей северной и средней Европе, на Кавказе, Сибири и сев.-вост. Тибете. Нахождение Formica sanguinea в окрестностях Березова, далеко на севере (63° 45') в тайге представляет особенный интерес в том отношении, что в Сибири он свойствен преимущественно средней и южной ея полосе, где населяет различные лиственные леса, сосновые боры, кустарниковую и каменистую степь, или южную прореженную полосу тайги.

## MYRMICINAE.

### 9. Myrmica ruginodis Nyl.

Один экземпляр рабочего был взят в Березовском уезде, окр. с. Кондинского 16. VII.

Распространена эта мирмика по всей северной и средней Европе, на Кавказе, Сибири и Туркестане.

---

[1]) М. Рузский „О муравьях Архангельской губ.". Изв. Русск. Географ. Общ., 1904 г.
[2]) М. Д. Рузский „О муравьях Тибета и Южной Гоби". Отт. из Ежегодника Зоологич. Музея Акад. Наук., т. XX, 1915.

10. Myrmica scabrinodis angulinodis Ruzsky.

Взято I. VII. в Березовском уезде на Оби под доской двадцать три рабочих этого вида муравья и девять в окр. Березова 5. VII.

В настоящее время относительно распространения этой формы в Сибири имеется указание [1]), что она найдена только в Иркутской губ., а именно: окр. Тупки, р. Улунтай, правый приток р. Слюлянки. Далее была найдена проф. Г. Э. Иоганзеном в восточной части Томской губ. в окр. с. Чердат на р. Чулыме (28. VI. 19 5 г.) (!) [2]), а проф. М. Д. Рузским была добыта в березовой роще у озера „Карачи" на Карачинском курорте, Омской губ., летом (29. VII) наст. года (по его личному сообщению).

[1]) loc cit., стр. 690.

[2]) Проф. Г. Э. Иоганзен, по Чулыму Отчет о зоологических экскурсиях, предпринятых в январе 1914 г., летом и осенью 19 5 г. в восточные части Томской губ., Изв. Томского Университета, т. LXXII, 1923 г., стр. 16.

Проф. Г. Э. Иоганзен.

# К вопросу о происхождении веерохвостых птиц.

Будем ли мы считать знаменитую первоптицу (Archaeopteryx lithographica, найденную до сих пор все еще лишь в двух экземплярах (в 1861 и 1877 г.г.), за один вид или отнесем, соглашаясь с Petronievics, [1]) обе находки к двум различным не только видам, но и родам Archaeopteryx oweni (лондонский более примитивный, лишенный киля на грудине экз.) и Archaeornis siemensii (берлинск. экз.), эти находки в связи с остроумной гипотезой W. Beebe (1915) о Tetrapteryx'е или четверокрыле, как предке ящерохвостых птиц, позволяют нам составить себе довольно определенную картину о предшественниках современных птиц, пользовавшихся для полета только парашютообразными приспособлениями, развившимися из роговых чешуек не только по краям передних, но и задних конечностей и по обоим краям длинного ящеровидного хвоста.

Если таким образом через пропасть, отделявшую пресмыкающихся от пернатых, перекинута часть моста, опирающаяся на два столба палеозоологического характера, то все же не хватает той части моста, которая связывает ящерохвостых птиц (Saururae) со современными веерохвостыми Ornithurae), и этот вопрос, а именно происхождение веерохвостых из ящерохвостых, не трактуется в литературе. Получается впечатление, как будто открытием первоптиц в е сделано и что о дальнейшем пути эволюции пернатых не стоит и говорить. А между тем первоптицы имели другую организацию, отличительной особенностью которой является кроме присутствия зубов наличность длинного хвоста, как у ящериц, сильно редуцированного и видоизмененного в дистальной части у современных, по которой рулевые перья расположены иным образом, чем у первоптиц.

Каким образом развился этот новый вееровидный хвост? Что вызвало изменение длинного ящероподобного хвоста первоптиц? Почему вееровидный хвост оказался более подходящим, более приемлемым и в конце концов совершенно вытеснил хвост ящериц?

На эти вопросы, возникшие у меня во время чтения лекций по сравнительной анатомии и зоологии позвоночных животных, я постараюсь дать посильный ответ; опубликование же в печати моих воззрений вызывается совершенной незатронутостью этого вопроса в литературе.

Ящерохвостые птицы, развившиеся из ящероподобных пресмыкающихся, обладавших в высокой степени способностью лазать по деревьям за насекомыми, с которых преследуемые врагами спускались вниз, бросаясь в воздух и вытягивая при этом конечности, а также уплощая тело (как игуаны), обладали в то время еще способностью, столь характерной для ящериц, а именно самоотсечением и отбрасыванием хвоста, т. е. самокалечением своего тела. Ящерохвостые птицы имели в те времена не менее преследователей, чем наши современные ящерицы, и им приходилось не реже наших ящериц прибегать к автотомии для спасения своей жизни.

Допуская автотомию нам приходится допустить у первоптиц и способность регенерации хвоста, а именно в такой же степени, как это нам известно для ящериц. У ящериц хвост восстановляется, но при этом в новом хвосте не происходит восстановление утраченных позвонков, а

[1]) Реферат в „Zool. Bericht" 1922 Bd. I. Heft 5/6

развивается вместо ряда позвонков сплошная хрящевая палочка, приростающая к последнему уцелевшему позвонку, точнее его проксимальной половине.

В появлении такой одиночной скелетной части вместо ряда все уменьшающихся позвонков, по моему мнению, заложен фундамент к приобретению нового, более совершенного хвоста. Хрящевая палочка, заменившая позвонки, представляет собою филогентическую предшественницу пигостиля или вобликовой кости. Хрящевая палочка, как по азывают наши ящерицы, склонна к вариациям: она то более вытянута в длину и узка, то более широка, коротка и притуплена. При восстановлении автотомически удаленного хвоста у первоптиц перья его в регенерирующей части не могли уже появляться в таком порядке, как на целом, неповрежденном хвосте: парного расположения соответственно позвонкам не могло быть. Перья стали располагаться более скученно по краям конической концевой части хвоста, причем, если этот конус был достаточно широк и короток, перья, располагаясь в одной плоскости, не могли не расположиться веерообразно. Таким образом, вееровидное расположение рулевых является следствием несовершенной регенерации хвоста, унаследованной еще от ящерице-образных предков.

Преимущество нового хвоста вееровидной формы в качестве руля перед двусторонним хвостом известных нам двух первоптиц очевидно. Длинный хвост первоптиц делал их неуклюжими и мало поворотливыми на лету. Различные формы хвоста современных птиц могли образоваться и выработаться только на платформе вееровидного хвоста.

Таким образом, я полагаю, что

1) веерохвостные птицы произошли от ящерохвостых путем весьма частых самоотсечений,

2) самокалечение не только спасло жизнь индивиду, но давало в каждом отдельном случае возможность приобретения нового органа, более пригодного в деле завоевания воздушной среды,

3) это полезное новоприобретение фиксировалось благодаря наследственности и постепенно вытеснило двусторонний хвост, который перестал появляться, так что птенцы стали выклевываться из яиц уже веерохвостыми.

(Доклад, сделанный в Томском Орнитологическом Обществе 1-го декабря 1922 г.).

---

# Zur Frage nach der Entstehung der ornithuren Vögel.

Von Prof. Herm. Iohansen Tomsk.

Autoreferat.

Vertasser ist der Meinung, dass die von Lacertilien abstammenden Urvögel, ähnlich Archaeopteryx owen und Archaeornis siemensii, auch die Fähigkiet der Autotomie und der Regeneration des langen Eidechsenschwanzes mitübernommen hatten. Bei der Regeneration wurde statt einer Reihe von Wirteln wie bei rezenten Lacertilen bloss ein Knorpelstab von variierender Grösse und Form wiederhergestellt, entsprechend welchem von einer paarweisen und biserialen Anordnung der Steuerfederu, wie bei den Urvögeln, keine Rede mehr sein konnte. Das Steuer musste ein fächerförmiges werden, was einen eminenten Fortschritt beim Fliegen gegenüber dem unbehülflichen langen Steuer der Urvögel darstellte und durch Vererbung fixiert die Saururen zu den Ornithuren umformte.

**Проф. М. Д. Рузский.**

(Из зоологического Кабинета Томского Университета, № 25-й).

# Новый вид муравья-лептоторакса в Сибири.

Лето настоящего года я провел на Карачинском курорте, лежащем около горько-солено о целебно о озера „Карачи", в СЗ-ой части Барабинской степи (Омской губ., Татарского у). Озеро это окружается солонцеватою степью и солончаками, перемежающимися с березовыми колками. На ЮВ от этого озера находится другое слабо щелочное озеро Узункуль, отделенное от оз. Карачи небольшой возвышенной гривой, на которой и расположен названный курорт.

Занимаясь изучением фауны обоих названных озер и их окрестностей, я между прочим собрал оч. интересную коллекцию муравьев, среди которых оказался один новый вид лептоторакса.

Прилагаю здесь его описание.

Leptothorax usunkul n. sp.

Мною найдены только рабочие, характеризующиеся следующими признаками.

Усики 12 члениковые с 3-х члениковой булавой. Thorax без перетяжки между средне заднеспинкой (как у видов типа Lept. tuberum), с довольно ровной, почти прямой, но не выпуклой серединой верхней поверхности. Шипы на заднеспинке сильные, широкие при основании, толстые, на конце острые и слегка загнутые назад; длина их равна почти всей основной поверхности заднеспинки. Первый узелок стебелька короткий, на вершине остроугольный и с крутой прямой передней покатой поверхностью; второй узелок стебелька на вершине правильно-закругленный. Голова слабо блестящая с тотчатой и отчасти очень тонкой сетчатой морщинистостью. Грудь и стебельки узелка матовые тотчато-морщинистые. Брюшко гладкое и блестящее. На голове, груди и узелках стебелька имеются редкие, довольно толстые, отстоящие волоски, с тупыми прямо срезанными концами. Брюшко с такими-же волосками, но более тонкими, располагающимися при его основании сверху и на конце.

Голова и брюшко черно-коричневые, thorax и узелки стебелька желтовато-коричневые; ножки, усики и шипы более светлые, коричневато- желтые. Булава усиков коричневая. Дл. 1,5—2, 3 mm.

Гнездо этого лептоторакса находилось в земле, в маленьких норках и было на солонцеватой степи около озера Узункуль, на окраине густых зарослей солончаковой астры (Aster tripolium L.). Вновь описываемый вид принадлежит к группе темных лептотораксов и довольно близко стоит к Leptoth. corticalis Em., описанному из средней и южной Европы, также с Кавказа. Но от последнего он однако резко отличается величиной шипов на заднеспинке, скульптурой поверхности головы и торакса, также и цветом.

Зоологич. кабинет Томского Унив-та, 17.X. 1923 г.

**Ревердатто В. В.**

# Луговая растительность долины р. Томи в пределах Кузнецкого и Щегловского уездов.

(Опыт сравнительной морфологии луговых сообществ).

В экспедиции 1923 года мною ставилась задача обследования лугов р. Томи от г. Кузнецка вниз, насколько хватит времени и средств, т. к. экспедиция располагала крайне скудными средствами. Небольшое пособие дал Кузнецкий Уисполком и помог продуктами Щегловский Уисполком. Содействие в пути и на местах мы получали благодаря мандатам Томского ГЗУ. С признательностью должны мы вспомнить прекрасный прием и всяческое содействие, которое мы встретили в Кузнецком ГЗУ и Уисполкоме.

Начав работы на лугах против Кузнецка (на устье р. Кондомы) количественным методом, мы этот пункт (№ 1) сделали отправным для нашей работы.

Необходимо упомянуть, что мною совместно с Л. Ф. Ревердатто было сделано два заезда: первый—вверх по р. Томи до улуса Чульджанова, во время которого мы составили несколько списков черневых лугов верховьев р. Томи, и второй заезд в долину р. Кондомы до с. Кузедеева, где мы точно также познакомились с характером пышных суходольных лугов этой долины и составили ряд списков. Ни в первый, ни во второй заезд количественного учета лугов не делалось, и эти рекогносцировочные работы, надеемся, послужат началом будущему более детальному обследованию, которое особенно желательно в прекрасной долине р. Кондомы.

Итак, систематическое, количественное обследование лугов началось от г. Кузнецка, откуда мы выехали 30 июля 1923 г. Путь наш был вниз по реке в прекрасной 15-аршинной лодке, узкой и длинной, но, благодаря рациональной погрузке, вполне устойчивой. Из Кузнецка выехали: я, Л. Ф. Ревердатто (преподовательница Томского университета,) студенты физмата Томского Университета В. Ф. Васильев и С. А. Тучков уже раньше бывшие в ботанических экспедициях и потому хорошо знакомые с работой. Плыли мы без проводника, с общей картой уезда 5 верст в дюйме и потому не раз в порогах попадали в опасные положения, из которых все же благополучно выходили. Такой метод передвижения, в лодке, благоприятствовал нашей работе, допуская не торопливую, спокойную работу, и лишь иногда при неблагоприятных условиях погоды или необходимости, по независящим обстоятельствам, сделать спешный перегон, приходилось обследовать луг, не применяя всех методов, а только некоторыми, в редких случаях довольствуясь составлением списка и обмером высот. Описание методики работ составит особую главу.

Между г. Кузнецком и д. Ажиндаровой обследованные нами луга принадлежат почти исключительно к типу лугов высокого уровня, расположенных на островах или на берегах рек. Поэтому сравнительное изучение лугов этого района представляет значительный интерес. Ниже д. Ажиндаровой часть лугов носила такой же характер, а

другие являлись типичными суходольными лугами высоких берегов. Ниже г. Щегловска, в виду наступления осени, нам не удалось уже вести детальных обследований, кроме луга № 13 близ д. Балахонки, который был типичен, как плохой, избегаемый крестьянами луг. Всего было обследовано от Кузнецка 14 №№ лугов, из которых б. м. детально количественными методами обследовались 8 лугов.

Луга для обследования брались в целях сравнения и практической ценности обследования, почти всегда сенокосные, используемые в настоящее время населением. Несколько станций на лугах не используемых, взяты в целях выяснения происхождения эксплоатируемых лугов, как возможно исходный их тип. То обстоятельство, что обследуемые луга, благодаря значительному по протяжению району обследования, располагались в различных фитогеографических подзонах (черневой, березово-суходольной и лесостепной), было особенно важно т.к. явилась возможность попытаться найти какую либо связь между флористическим составом и морфологией типичных лугов долины р. Томи в данной подзоне с одной стороны и общим физико-географическим режимом подзоны с другой, т. е. короче говоря попытаться установить фито-географическую зональность луговых сообществ долины р. Томи. Кроме того, мы пытались подойти и к теоритическим вопросам сравнительной морфологии сообществ, их изменчивости и генезису. Особо были сделаны попытки разобраться в результатах даваемых различными методами исследования и путем одновременного применения различных методов изучения растительного сообщества, найти способы его более компактной и ясной характеристики. Таким образом луга обследовались только с точки зрения изучения растительного сообщества, его генезиса и смены.

Ввиду поставленных фитогеографических заданий явилось необдимым попутно характеризовать и вообще растительность берегов р. Томи в районе обследования лугов. На какую нибудь полноту обследования претендовать не приходится, т. к. эта работа всего лишь одного месяца, но как схему наиболее типичных луговых сообществ этого, с точки зрения растительных сообществ, не исследованного района, схему которая может послужить основой для дальнейшей работы в этом районе, предлагаемую работу рассматривать можно.

Кроме того необходимо указать, что по условиям печатания все же приходится чрезвычайно сократить фактическую часть работы и оставить детальное описание только 4 станций вместо необходимых 8. Давая с неприведенных станций только сжатые характеристики с цифровыми данными. Чтобы работа могла быть по возможности легко использована практиками, нами в особой главе сделана сводка данных чисто сельско-хозяйственного характера с переводом теоритических исследований на практическую основу.

## I.

## Общая характеристика растительности обследованного района.

Широкая долина р. Томи против г. Кузнецка, простирается по левому берегу версты на 4 в ширину и покрыта прекрасными лугами довольно однообразными по составу. Вниз по р. Томи эта пойма уходит недалеко т. к. левый берег вскоре становится сильно холмистым

и пойма постепенно переходит в долину уходящую на северо-запад от р. Томи и сливающуюся с слабо холмистым рельефом Кузнецкой степи. Таким образом поемные луга окрестностей Кузнецка имеют непосредственную связь с Кузнецкой степью и здесь находятся в суходольно-березовой подзоне, узкой лентой опоясывающей лежащую несколько далее на северо-запад степь. Уже у с. Прокопьевского (в 30 вер. от г. Кузнецка) мы находим степь значительной степистости. Высоким левым берегом р. Томи со стороны с. Ильинского также приходят степняки т. к. между устьем р. Уската и г. Кузнецком к р. Томи подходит выклиниваясь дернисто-луговая подзона лесостепной зоны. Эти обстоятельства не могли не отразится, как мы увидим ниже, на флоре лугов р. Томи в этом районе где нами было взято три станции, из которых приведем сначала описание луга № 1. (см. глава III).

*30 июля.* Ниже Кузнецка до с. Ильинского левый берег р. Томи делается довольно скоро высоким и обрывистым, вдалеке видны степистые безлесные склоны, правый наоборот довольно часто понижается образуя поймы с характером густотравных лугов. Довольно часто встречаются острова. Они обычно не высокие, с галечниковым берегом, во время половодья сплошь заливаются и поросли группами кустарников Salix, Prunus Padus и др. между которыми заливные луга густотравного характера.

*31 июля.* За с. Ильинским характер берегов остается все тот же. Левый высокий берег обрывистый глинистый, с редкими березками и кустарниками, в нижней части (бичевник) галечный. Выше д. Шороховой на одном из таких глинистых яров отмечены степняки: Alyssum alpestre, Gypsophyla Gmelini, Artemisia glauca, A. frigida, A. campestris и др. На галечниковом берегу, разбросано редкими группами росли: Thymus Serpyllum, Astragalus hypoglottis, Silene graminifolia, Artemisia Dracunculus. За д. Казанковой на левом же берегу, на высоких ярах редкий сосново-березовый лес, а далее каменистые склоны с Rubus caesius и Apocynum venetum (!) внизу, а выше заросли кустарников Caragana arborescens, Rhamnus Frangula, Viburnum Opulus и др. между которыми в тенистых овражках нашли приют лесные формы как Conioselinum Fischeri, Pteridium aquilinum. Polygonatum officinale, Pleurospermum uralense и даже черневая Alfredia cernua, в то время как на открытых каменистых склонах находим Galium verum, Melica ciliata. На правом берегу далеко впереди синеют довольно высокие вершины гор. Р. Томь в этих местах образует очень большой остров близ д. Сидоровой и Шороховой весь покрытый прекрасными лугами высокого уровня с редкими группами берез и тополей, с тальниковыми зарослями в понижениях. На одном из таких лугов взята станция № 3. (см. гл. III). В районе этой станции на левом берегу, на верху яров растительность еще носит степной характер, что сказывается и на лугах станции № 3.

*1 августа.* От д. Казанковой к Белому этапу берега сохраняют тот же характер. Высокий левый берег, то крутой скалистый, на южных склонах с степной растительностью вроде Allium lineare, A. nutans, Vincetoxicum, sibiricum, Artemisia sacrorum, Campanula sibirica и др., то более пологий с густотравными лугами и редкими деревьями на восточных склонах. На таких суходольных лугах отмечены между прочим, из общего числа 67 видов следующиее виды преобладающие среди остальной растительности: Hieracium umbellatum, Brachypodium

pinnatum, Galium boreale, Calamagrostis arundinacea. кроме того встречаются: Valeriana officinalis, Campanula Trachelium, Caragana frutex, Artemisia Dracunculus, Circaea Lutetiana. Из этого перечня уже вырисовывается картина лесного луга, но с чрезвычайно пестрой смесью различного характера форм. Все же чем дальше, тем больше прибывает древесная растительность, чаще образуя на склонах березовые перелески и заросли кустарников Lonicera tatarica, Prunus Padus, Rubus idaeus. Ниже д. Ерунаковой появилась пихта, а вместе с ней и черневая высокотравная растительность. Здесь на левом берегу уже подходит лесная зона и начинается приблизительно с рч. Ерунаковой черневая тайга. Одновременно и характер левого берега становится определенно гористый. Правый берег все время продолжает оставаться низким, с поемными лугами, но близ заимки. Три Курьи и по правому берегу подходят отроги гор покрытые черневой тайгой. Таким образом р. Томь почти одновременно с обоих берегов входит в таежно-черневую полосу В черневом высокотравии по береговым склонам сразу кидаются в глаза Aconitum Septentrionale Cacalia hastata, Circaea alpina, C. Lutetiana и др. пихты в прибрежных лесах еще мало и преобладают пока еще лиственные породы: береза и осина. Склоны же несколько отстоящих от берегов гор покрыты настоящей черневой тайгой с преобладанием пихты, ели, кедра в смеси с лиственными породами и кустарниками.

Острова между д. Казанковой и д. Белым этапом (близ рч. Ерунаковой) носят б. ч. характер заливных лугов высокого уровня, но иногда образуют нижнюю террассу уже типа луга ниского уровня с массой Digraphis arundinacea у самой воды и кроме того немного далее от берега отмечены: Galium palustre, Veronica longifolia, Lysimachia vulgaris, Vicia tenuifolia, Mentha aquatica, Festuca pratensis Bromus inermis, Agrostis alba, Cenolophium Fischeri, Artemisia laciniata, Sanguisorba officinalis и др. Почва таких лугов плотная, глинисто галечниковая.

*2 августа.* Вся долина р. Томи от Белого этапа носит горный таежно-черневой характер и луга образуются только в местах, где горы не подходят в плотную к реке и образуется пойма или на островах. Деревни крайне редки и малолюдны, но ввиду недостатка в удобных для покоса местах, используется всякий клочек. Близ д. Кривая Лука на берегу вдоль близ лежащих гор был рекогносцировочно обследован довольно типичный крестьянский, заливной, высокого уровня луг, ежегодно выкашиваемый (№ 4). Прежде всего обращает внимание сравнительная нискотравность луга: средняя высота II яруса 45—50 см. и верхнего I яруса около 100 см. Первый ярус представляет собой почти исключительно цветущие злаки: Dactylis glomerata, Phleum pratense, Festuca pratensis, Agrostis alba и изредка Rumex crispus. II ярус густой подсед из нецветущих злаков уже перечисленных и следующих преобладающих растений: у самой почвы Trifolium repens, Vicia Cracca, Chrysanthemum Leucanthemum, Achillea Millefolium, Trifolium pratense, Equisetum arvense, листья Heracleum disseclum, Carum Carvi, Brunella vulgaris. „Дудки" т. е. крупных цветущих зонтичных здесь нет, а есть только их вегатативные побеги, что об'ясняется постоянным выкашиванием. Присутствие значительного количества Carum Carvi, Brunella vulgaris и Trifolium repens указывает по нашему мнению на некоторую засоренность или истощенность луга, опять таки в связи с беспрерывной его эксплоатаций.

*4 августа.* Близ д. Нарык горы левого берега несколько отходят в сторону (версты на 2—3) и на образовавшейся пойме, близ самой деревни довольно обширные луга (№ 5). Здесь отмечены:

Cop$^3$ Veronica Chamaedrys.
Cop$^2$ Phleum pratense.
Festuca pratensis.
Dactylis glomerata.
Cop$^1$ Achillea Millefolium.
Sprs. Geranium pratense, Sanguisorba officinalis, Galium boreale, Phlomis tuberosa, Rhinanthus Crista Galli, Leontodon autumnalis, Trifolium pratense, Filipendula Ulmaria и др. всего около 48 видов

Первый ярус составляли цветущие злака и Sanguisorba officinalis—90 см., II ярус—50 см.

*5 августа.* Долина р. Томи продолжает сохранять горный характер, при чем горы покрыты б. ч. пихтово-елово-кедровой тайгой с соответствующей ей типичной растительностью на моховом ковре. Так против заимки Убик на правом берегу в горной тайге отмечены: Dryopteris Linnaeana, Cystopteris fragilis, Athyrium Filix Femina, Dryopteris spinulosa, Circaea alpina, Majanthemum bifolium, Pyrola secunda, Oxalis Acetosella. На несколько более открытых местах в тайге—сразу буйное высокотравие: Cacalia hastata, Heracleum dissectum, Aconitum septentrionale и др. На немногочисленных лугах этого района развивается девственная высокотравная растительность, подавляющая своим буйным ростом. Эти луга никогда не кошены вследствие отдаленности заимок и немногочисленности скота. Такого типа луг, обследованный между д. Убиком и д. Ячменюхой (№ 6 см. гл. III), будет играть важную роль в наших соображениях о генезисе лугов таежной зоны.

*6 августа.* Тот же горно-таежный характер идет от Ячменюхи и дальше вниз по Томи. Иногда, как у д. Черный этап, подходят к реке отвесные скалы (левый берег), но правый берег образует довольно обширные луга. Непосредственно прилегающий к воде бичевник, то скалистый, то галешниковый. Все время у воды заросли Digraphis arundinacea, а по галешниковому берегу масса Allium Schoenoprasum и принявшие вид своеобразных пышных куртин: Silene graminifolia, Vicia Cracca, Trifolium Lupinaster, Thymus Serpyllum. Благодаря условиям почвы и открытому местоположению перечисленные растения от самого основания ветвятся и образуют многочисленные стебли. Эти стебли пышно зацветая образуют кусты совершенно не напоминающие скромную форму этих же видов в луговой ассоциации.

Заимки здесь редкие, б. ч. брошенные еще в 1919 году.

Близ заимки Богданова, на левом берегу удалось обследовать луг типичный для черневой полосы и вместе с тем используемый под покос (№ 7).

По правому берегу в черневой тайге много Festuca gigantea, Circaea Lutetiana и сплошные заросли кустарников перевитых хмелем. Около этих мест р. Томь врезывается в Салтымаковский хребет и горы подходят с обоих сторон, река образует порог Власовский и порог Бычье горло и за ними уже на выходе из Салтымаковского хребта картина окружающей растительности начинает меняться. Правый берег начинает несколько понижаться и приобретать более мягкие очертания. В тайге начинают преобладать лиственные породы. Часто попадаются обнаженные, пологие, луговые склоны, конечно с растител-

ностью таежного высокотравия и наконец, к д. Ажиндаровой горы отходят далеко на восток и долина р. Томи расширяется. Левый же берег до самой д. Ажиндаровой сохраняет скалистый характер и склоны покрыты черневой тайгой. У самой реки отмечена Alnus fruticosa. Дер. Ажиндарова стоит у выхода реки Томи из теснины Салтымаковского хребта и ландшафт принимает черты суходольно-березовой подзоны. Это обстоятельство незамедлило отразится и на характере луговой растительности, как это совершенно ясно видно из результатов обследования луга № 8.

*10 августа.* Полого спускающийся к р. Томи левый берег между д. Ажиндаровой и д. Лачиновой непосредственно переходит в Кузнецкую степь, в ее восточной холмистой части. Вообще, далее по р. Томи если и будут упоминаться леса по левому берегу, то они имеют лишь узкий прибрежный характер или появляются на крутых северных склонах. Правый берег наоборот, все время носит таежный характер, а если лес и отсутсувует местами, отходя от берега вглубь к горам, то береговые луга носят б. ч. высокотравный характер и встречаются черневые формы вроде напр. Circaea Lutetiana. На левом берегу уже от д. Лачиновой берег высокий, гористый с сосной, березами, а ближе к заимке Симоновской, на северных склонах появляются и отдельные пихты. По правому же берегу горы подходят издали только с устья р. Тайдона и обрываясь желтоватыми скалами круто в реку покрыты опять тайгой.

*11 августа.* Против д. Калашниковой большой остров с богатыми покосами. Всюду где только покосы запускаются, начинается буйный рост трав через несколько лет приводящий луг в таежно-черневое высокотравие.

Подобные высокотравные луга господствуют в этом районе всюду где нет покоса, и даже рядом с покосами, в местах где косьба затруднена, например между кустарниками и пнями. Характерно, что и по левому берегу между д. Калашниковой и с. Крапивиным встречаются таежные высокотравные луга, что свидетельствует, что окраина Кузнецкой степи опять несколько отошла от берега р. Томи.

В тайге по правому берегу в 3-х верстах ниже пос. Бартеневского, между не слишком частыми пихтами, елями, соснами и березами в зарослях Caragana arborescens, C. frutex, Cornus sibirica, на моховом покрове из Hypnum Schreberi, Hylocomium splendens, Thuidium и др. отмечены в большом количестве Oxalis Acetosella, Linnaea borealis, Circaea alpina, C. Lutetiana, Stellaria Bungeana, Dryopteris spinulosa var. dilatata, Athyrium Filix femina, Festuca gigantea и др. изредка Aspidium Filix mas. внизу же на камнях, по берегу Cenolophium Fischeri, Mulgedium sibiricum, Euphorbia Esula, Euphrasia officinalis, Rubus caesius.

За пос. Бартеневском левый берег имеет вид невысоких скалистых обрывов заросших тайгой со всей типичной растительностью высокотравья, но эта полоса тайги вероятно ни достигает и 200—300 сажен ширины и к с. Крапивину совершенно выклинивается при чем далее вниз по Томи по левому берегу, тайга больше не встречается, берег носит низкий характер и занят лугами, озерами и старицами идущими далеко от Томи.

Правый берег приблизительно от д. Фоминской теряет постепенно свой таежный характер. Появляются пологие склоны покрытые высокотравием развившимся на месте уничтоженной тайги. Местами даже

начинают встречаться по правому же берегу нискотравные лесные луга напр. такого состава:

Achillea Millefolium
Polygonatum officinale.
Libanotis montana.
Pteridium aquilinum.
Thalictrum simplex.
Dracocephalum nutans.
Galatella punctata.
Adenophora liliifolia.
Galium boreale.
Potentilla fragarioides.
Centaurea scabiosa.
Tragopogon orientalis.
Fragaria collina.
Taraxacum officinale.
Galium verum.
Sanguisorba officinalis.
Hypocheris maculata.
Viola hirta.
Hieracium umbellatum.
Orobus lathyroides.

Почвы залегают на лесовидных структурных суглинках. Здесь мы видим уже полное преобладание форм суходольно-лесных лугов, а по берегу на гальке отмечены даже многочисленные кустики Medicago falcata. Замечательно то обстоятельство, что такой луг, развившийся всего лишь верстах в 7—8 от высокотравных лугов залегавших на точно таких же склонах правого берега, находится близ д. Фоминской как раз напротив тех мест левого берега где оканчиваются последние прибрежные таежные леса. От д. Фоминской уже видны пашни и степистые склоны на пологих увалах близ с. Крапивина. Таким образом узкие береговые леса левого берега все время играют роль как бы заслона препятствующего влиянию степи на таежный характер правого берега, и как только этот заслон близ с. Крапивина исчезает, степное влияние начинает сказываться на береговых склонах правобережья. Начиная с д. Фоминской горы по правому берегу отходят и появляются вновь только у Змеинки, а ниские заливаемые берега правобережья заняты девственными высокотравными лугами никогда не кошенными. На этих же берегах в одном обнажении в глинистой толще мы констатировали прослойку торфа в 60 см. толщины, светлоокрашенный.

*13 августа.* От с. Крапивина по левому берегу, то нискому, то несколько возвышающемуся, но нигде не принимающему гористый характер, на пониженных местах залегают луга, а выше березовые леса. Здесь к р. Томи повидимому вплотную подходит дернисто-луговая подзона. Несмотря на то, что травянистая растительность кустарниковых зарослей имеет высокотравный характер, хотя черневых форм и не наблюдается, на открытых ровных местах по самому берегу напр. против д. Змеинки отмечены напр. Galatella punctata, Vicia megalotropis, V. amoena, Potentilla chrysantha. На галечниковом берегу: Thymus serpyllum, Hypericum perforatum, Artemisia laciniata, Allium Schoenoprasum, в воде Nardosmia laevigata. Эта формация вообще чрезвычайно разнообразна. На более сырых мокрых берегах отмечены еще Heleocharis palustris, Scirpus sylvaticus, Stachys palustris, Scutellaria galericulata, Mentha aqvatica и др. На обрывистых глинистых склонах правого берега отмечены (южные склоны) Artemisia Dracunculus, A. sacrorum, Sedum hybridum, Linaria vulgaris, Tussilago Farfara и многие другие. На верху гористых берегов мягкие увалы покрыты разреженными березняками с покосами в них и пашнями между ними. Эта полоса суходольно-березового характера тянется от Змеинки между берегом и тайгой и сначала достигает небольшой ширины, верст 5, но потом вниз по реке все уширяется, достигая у Щегловска ширины 10—12 верст.

Суходольные луга в этой полосе используются тщательно под

покосы т. к. начиная от Змеинки по берегам р. Томи появляются в значительном количестве поселки и деревни (луг № 10). Здесь обращает на себя внимание присутствие таких степных и суходольно-лесных форм: Libanotis montana; Galatella punctata, Succisa pratensis, Artemisia Dracunculus, A. sacrorum (группами), Filipendula hexapetala.

Интересно присутствие этих форм в данных условиях местообитания, а именно, на ровном месте, на полянах в редком березовом лесу, а не на склонах или глинистых обрывах как это было до с. Крапивина, что свидетельствует о безусловно усилившемся влиянии Кузнецкой степи перебросившемся уже через р. Томь на правый берег.

Ниже Кудринского порога (близ деревни и копей того же названия) правый берег приобретает горно-скалистый характер, при чем скалы очень круто падают к реке, оставляя лишь незначительный саженъ 5—6 ширины пологий бичевник из скал и щебня. По скалистым склонам ютятся из деревьев: сосна, редко береза, на бичевнике Populus suaveolens, а в углублениях и лощинках заросли кустарников: Caragana arborescens, C. frutex, Rubus idaeus, Lonicera tatarica. На уступах этих обращенных на юг крутых склонов развивается степная и горно-степная растительность.

Scutellaria alpina.
Vincetoxicum sibiricum.
Asparagus officinlalis.
Artemisia frigida.
Medicago falcata
Aconitum Anthora
Scabiosa ochroleuca
Phlomis tuberosa.
Cotoneaster vulgaris.

и многие другие. Особенно много Allium nutans, Sedum hybridum и Umbilicus spinosus. На верху берегов, где начинается переход к равнине и образуется более пологий склон с лучше развитым почвенным покровом, мы находим Peucedanum officinale, Artemisia glauca, Nepeta nuda и др.

Начиная от Кудринских копей правый берег идет в виде такой скалистой стены почти без всяких перерывов до с. Шевели и все время сохраняет описанный характер растительности. Из приведенных списков совершенно ясно насколько сильно степной элемент внедрился уже на правый берег. Левый берег до самых Шевелей сохраняет в первой террассе луговой характер, а во второй, незначительно возвышающейся над первой, суходольно-березовый со степными открытыми местами.

*15 августа.* Сейчас же за с. Шевели на невысокой террассе (вероятно лишь изредка заливаемой) левого берега, был обследован небольшой кусок целины у самого берега с характером степного луга (луг № 11) и саженях в 100 от берега на увале (луг № 12 см. гл. III).

Против с. Шевелей скалистая гряда правого берега кончается и правобережье имеет луговой характер до д. Старо-Червовой где к берегу выходит сосновый бор. Ниже д. Старо Червовой опять начинается гористый скалистый берег уже вышеописанного типа, идущий сплошной стеной изредка прерываемой неглубокими логами до д. Елыкаевой. На верху скал на ровных уже местах и вначале склона все время тянется сосновый бор.

*16 августа.* Растительность носит в общем тот же характер как и до с. Шевели и лишь прибывают еще следующие степные и горно-степные формы:

Umbilicus spinosus
Gypsophyla Gmelini
Galatella Hauptii
Spiraea hypericifolia

Alyssum alpestre
Hedysarum polymorphum
Veronica incana
Alyssum lenense.
Seseli Hyppomorathrum
Astragalus testiculatus
Statice speciosa.

На более задернованных местах много Stipa capillata и Peucedanum officinale.

От д. Елыкаевой до д. Кемеровой и дальше до с. Верх-Томского правый берег сохраняет характер довольно высоких увалов покрытых сосновым бором и обрывающимися к реке то глинистыми склонами, то скалистыми выходами. На скалах против г. Щегловска, кроме выше перечисленных растений найдена еще Onosma simplicissimum, Potentilla subacaulis, Jris flavissima и особенно интересный Dracocephalum perigrinum встречающейся лишь в горных степях южной Сибири.

Левый берег до самого Щегловска сохраняет все тот же характер глинистых довольно высоких яров, переходящих вверху в степную равнину с березовыми колками.

Давая здесь описание растительного ландшафта района в котором обследовались луга, преследовалась определенная цель поставить в связь изменение строя лугового сообщества в зависимости от изменения общего характера растительности. Такое сопоставление будет нами сделано в процессе выделения определенных типов луговых сообществ из обследованных нами сообществ описанного района.

## II.

## Методика изучения луговых сообществ.

В этой главе будут изложены те методы, которыми мы пользовались и какие результаты мы расчитывали получить от их применения. Первая и основная задача изучения луга установить, по возможности, точно его видовой состав (Q), составить список (Artenlist) растительности, разрешалась двумя путями в зависимости от времени которое находилось в нашем распоряжении.

Первый способ это метод Raunkiaer'a, закладывания 50 площадок по возможности равномерно на всей площади обследуемого луга. Элементарные площадки имели размер 0,33×0,33 mtr. т. е. 10 dcmtr. Для получения площадки, на луг, осторожно сверху, чтобы не смять растений накладывалась деревянная складная рамка, и затем переписывались в блокнот все растения заключающиеся внутри рамки. Растения записывались в любом состоянии: с цветами, без цветов, одни прикорневые листья или побеги и даже засохшие весенние растения. Отмечались только различные виды растений, количество которых на элементарной площадке (q) колебалось от 6 до 30 видов, в среднем около 20 видов.

Такая переписка сообщества велась мной и Л. Ф. Ревердатто, как требовавшая детального знакомства с местной флорой, которое у нас было как результат совместных работ с П. Н. Крыловым в 1913 и 1915 годах и своих многолетних полевых работ. Мы считаем, что только при умении распознавать растения, включая сюда и злаки, не только

по цветам и плодам, но и по вегетативным органам, возможно получение исчерпывающих результатов по методу Raunkiaer'a.

На переписку этих 50 элементарных площадок, нам требовалось 2 часа.

Полученные, таким образом, списки 50 площадок на ближайшем ночлеге, или дневке, или во время пути в лодке переносились на лист в виде сводного списка отмеченных видов, при чем отмечалось черточками на скольких площадках констатирован тот или иной вид. Количество черточек потом подсчитывалось, полученная для каждого вида цифра множилась на 2 и давала процент встречаемости. Список видов с указанием процента встречаемости переносился окончательно в специальную тетрадь.

Учетом видового состава луга по методу Raunkiaer'a достигается сразу несколько целей 1) устанавливается список растений данного луга с максимальной полнотой, 2) определяется % встречаемости отдельных видов, дающий совершенно об'ективное представление о степени распространенности (изобилия, Abondanz) отдельных элементов внутри сообщества могущий в тоже время быть легко переведен на более привычные обозначения по Drude: soc, cop, sp. и т. д., 3) является возможность определить наиболее часто встречающуюся и наиболее естественную группировку растений в данном луговом сообществе. Для этого берется список растений, начиная от имеющего максимальную встречаемость, в количестве среднего числа видов на элементарной Raunkiaer'овской площадке, этот список и будет удовлетворять искомой группировке 4) Суммируя встречаемость отдельных групп растений (напр. злаки, бобовые и т. д.) и переводя эти суммы в проценты будем иметь % встречаемости отдельных групп растений об'единенных по любому признаку. 5) Количество видов (q) на элементарных площадках Raunkiaer'a дает возможность судить о степени разнообразия растительности данного луга.

Главный недостаток метода Raunkiaera это некоторая его громоздкость для маршрутных исследований, что впрочем с избытком покрывается его разносторонними достоинствами, особенно если его еще несколько детализировать, введя в переписку видового состава элементарных площадок еще отметку кое каких факторов.

В случае недостатка времени для такого детального обследования видового состава луга, приходится ограничится более простым методом. Наблюдатель, пересекая в различных направлениях данный луг тщательно собирает все встречающиеся виды растений хотя бы в виде отдельных частей растений, заломиная (или отмечая в блок ноте) особенности распространения по Drude. Полученный пучек растений можно спрятать, до ближайшей возможности переписать их сразу в формационную книжку. При этом методе учета видового состава сообщества всегда лучше учет производить вдвоем т. к. обязательно находятся дополнения у другого наблюдателя. Разница с методом Raunkiaer'a заметна на густотравных сообществах с сомкнутым травостоем, где упускается 10—15% видов, у степных же редкотравных сообществ эта ошибка не велика.

Вторая задача изучения лугового сообщества это—определение плотности сообщества или его степени задерненности (густоты травостоя) по числу побегов находящихся на определенной единице поверхности и степень участия в густоте травостоя отдельных видов и групп, так ска-

зать их покровообразующая способность. Техника разрешения этой задачи весьма не сложная, но требует большого внимания и затраты времени. В каждом обследуемом сообществе закладывалась для этой цели одна пробная площадка с площадью 0,5 mtr² т. е. 0,70×0,70 mtr. и производился тщательный подсчет числа побегов растений присутствовавших на этой площадке. Учитывались стебли как цветущие так и нецветущие, молодые прикорневые побеги, отпрыски, одним словом все элементы сообщества так или иначе принимающие участие в травостое. Наибольшее затруднение в этом методе представляет разбор по видам молодых побегов злаков, различающихся с большим трудом. В этих случаях часто приходится брать взрослые, хорошие экземпляры злаков, легко определимые и сравнивать с их вегетативными органами и отпрысками неизвестные злаковые побеги обследуемой площадки. Иногда приходится просто об'единять все молодые побеги злаков в одну группу и рассматривать уже ее участие в травостое. Общее количество всех побегов (□) на 0,5 квадратных метра дает характеристику густоты травостоя, а процентное отношение числа побегов каждого вида к общему количеству побегов, дает степень участия этого вида в густоте травостоя, его покровообразующую способность в данном сообществе. В целях выяснения степени участия в травостое отдельных групп растений, об'единенных по каким либо признакам (напр. злаки, бобовые и разнотравие), берем сумму побегов видов входящих в эту группу и выясняем ее процентное отношение к общей массе побегов.

Сопоставляя степень встречаемости известного растения или группы, со степенью участия данного растения (выраженное в % или в числе побегов на 0,5 mtr²) в густоте травостоя (его покровообразующей способностью), можно получить некоторое представление об особенностях распространения, данного вида в сообществе, так например если присутствуют одновременно:

1) Высокая встречаемость и высокая покровообразующая способность, это свидетельствует о том, что данный вид является одним из составляющих главную массу обследуемого сообщества.

2) Ниская встречаемость и высокая покровообразующая способность свидетельствуют о склонности данного вида давать отпрыски, образовывать дернины или кусты.

3) Малая встречаемость и малая покровообразующая способность свидетельствуют вообще о малом участии данного растения в обследуемом сообществе.

Мы отнюдь не претендуем на безусловную верность этих намеченных схем, но полагаем, что при многократной их проверке на большом количестве сообществ можно будет найти более точное выражение особенностей распространения отдельных видов, на основании об'ективных признаков.

Весьма важным методом сравнительного изучения сообществ является определение видов постоянных в сообществе (Konstanten), второстепенных (Akzessorischen) и случайно примешаны (Zufaligen Beimischungen) *), но в целом этот метод применим при наличии большого количества участков исследуемых сообществ и мы пробовали его применить только в части касающейся постоянных видов.

*) См. Rübel E. Geobotanische Untersuchungsmethoden. Berlin 1922.

Вообще, выясняя методы количественного учета элементов сообщества, мы пытались таким путем придти по возможности к об'ективной оценке морфологии сообщества, дабы иметь возможность сравнивать различные сообщества. В случае широкого распространения количественных методов анализа любых сообществ, явится возможность каждому геоботанику сравнивать свои данные с данными полученными другими лицами, не опасаясь суб'ективизма в описаниях и анализах сообществ.

В основной своей концепции наша мысль такова, что исчерпывающая, об'ективная характеристика каждого сообщества может быть дана в точных списках и цифрах касающихся как видового состава так и по возможности всех сторон структуры сообщества.

## III.

## Описание типичных луговых сообществ.

В виду крайней ограниченности предоставленного для печатания работы места нам приходится дать подробное описание всего лишь 7 сообществ, из которых лишь в № 1, № 3 и № 7 мы даем полные списки растительности по Raunkiaer'у в остальном многие подробности сокращены до минумума. Все выводы и сопоставления из приводимых материалов будут даны в главе IV, анализа луговых сообществ.

**Луговое сообщество № 1.** *16—17 июля 1923 г.*

Географическое положение. Томская губерния, Кузнецкий уезд, против г. Кузнецка, берег р. Томи.

Топографическое положение. Равнина на берегу заливаемом в весеннее половодье, I терасса и может быть отнесена к заливным лугам высокого уровня, в данный момент 4—5 арш. над уровнем реки. Равнина представляет собой луга чередующиеся с группами Salix'ов и многочисленными старицами. В 15 верстах от берега р. Томи, параллельно реке тянется невысокий горный хребет с редким хвойным лесом. Хребет ограничивает долину р. Томи и идет дальше плоской высокой равниной с увалами.

Микрорельеф. Поверхность почвы в общем ровная, местами небольшие кочки песку или ила нанесенного вешними водами.

Растительность. Общий характер. На участке 70 сажен длиной и 70 сажен шириной 2—3 группы кустарников (Salix) на 5—3 саж. друг от друга. Луг довольно однообразный и типичный для всей равнины. Изредка попадаются небольшие участки с значительным количеством Equisetum arvense. Травостой невысокий, вверху густой, злаков не очень много, у поверхности почвы попадаются незадернованные участки с высохшим илом.

Травянистая растительность. В глаза бросается большое количество цветущих Chrysanthemum Leucanthemum, Pimpinella Saxifraga и прикорневые листья Potentilla chrysantha.

Высота. В среднем около 60 см., наиболее густая часть около 35—40 см.

I ярус в среднем 80—100 см.

Образован цветущими: Rumex Acetosa, Tragopogon orientalis (fr.),

Sanguisorba officinalis, Agrostis alba, Phleum pratense, Phlomis tuberosa Pimpinella Saxifraga.

II ярус в среднем 30—50 см. Состоит главным образом из Equisetum pratense, Chrysanthemum Leucanthemum, Achillea Millefolium; Potentilla argentea; Galium verum, Polygonatum officinale и прикорневых листьев Pimpinella Saxifraga, Potentilla chrysantha, Sanguisorba officinalis и др.

III ярус состоит из кое где встречающихся дерновинок мхов.

Наиболее высокие растения достигают:

Rumex Acetosa 136 см.
Galium verum 100 см.
Sanguisorba officinalis 120 см.
Agrostis alba 100 см.
Phlomis tuberosa 125 см.

Общий состав травостоя в наиболее распространеных видах.

| По Drude. | Название растений. | Состояние. | Высота в см. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|
| Soc. | Equisetum pratense . . . . . | fol. | 20—35 | |
| Cop$^3$ | Trifolium repens . . . . . | fr. | 6—33 | |
| „ | Pimpinella Saxifraga . . . . | fol. | 15 | Прикорневые листья и вегетативные побеги. |
| Cop$^2$ | Pimpinella Saxifraga . . . . | fl. | 60 | |
| Cop$^1$ | Achillea Millefolium . . . . | fl. | 45 | |
| „ | Phleum pratense . . . . . | fl. | 65—90 | |
| „ | Chrysanthemum Leucanthemum | fl. | 35—80 | |
| „ | Potentilla chrysantha . . . . | fol. et fr. | 22 | Прикорневые листья и отцветшие побеги. |
| sp. | Ranunculus polyanthemos . | fol. et fr | 50—70 | Т о ж е. |
| „ | Potentilla argentea . . . . . | fr. | 40 | |
| „ | Agrostis alba . . . . . | fl. | 65—100 | |
| „ | Galium verum . . . . . | fl. | 73 | |
| „ | Galium boreale . . . . . | fl. | 20—30 | |
| „ | Centaurea Scabiosa . . . . . | fl. | 75 | |
| „ | Dianthus Seguieri . . . . . | fl. | 35 | |
| „ | Libanotis montana. . . . . | fl. | 70 | |
| „ | Rumex Acetosa . . . . . | fl. | 50—136 | Прикорневые листья и вегетативные побеги. |
| „ | „ „ . . . . . | fol. | 25—40 | |
| „ | Tragopogon orientalis . . . . | fr. | 70—108 | |
| „ | „ „ . . . . | fol. | 15—35 | Т о ж е. |
| „ | Sanguisorba officinalis . . . . | fl. | 85—120 | |
| „ | „ „ . . . . | fol. | 25—47 | Т о ж е. |
| „ | Agropyrum Gmelini . . . . . | fl. | 80 | |
| „ | Orobus lathyroides . . . . . | fl. | 40—70 | |

Число стеблей и наземных побегов с 0,50 mfr².

| Название растения. | Число побегов. | % густоты травостоя. | Встречаемость в % по Raunkiery | Ярус. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|---|
| Rhinanthus Crista Galli . . . | 68 | 11,4 | 40 | II | |
| Pimpinella Saxifraga . . . . . | 54 | 10,8 | 50 | „ | |
| Potentilla chrysantha P. argentea | 51 | 11,0 | 45 | „ | |
| Equisetum pratense . . . . . | 40 | 7,9 | 86 | „ | |
| Chrysanthemum Leucanthemum | 39 | 7,9 | 64 | „ | |
| Plantago media . . . . . | 39 | 7,9 | 52 | „ | |
| Veronica Teucrium . . . . . | 26 | 5,2 | 34 | „ | |
| Poa pratensis . . . . . | 20 | 4,0 | 40 | „ | |
| Astragalus hypoglottis . . . . | 20 | 4,0 | 26 | „ | |
| Viola arenaria . . . . . | 10 | 2,0 | 48 | „ | |
| Achillea Millefolium . . . . . | 9 | 1,8 | 70 | „ | |
| Ranunculus polyanthemos . . . | 8 | 1,7 | 56 | „ | |
| Nepeta Glechoma . . . . . | 8 | 1,7 | 38 | „ | |
| Festuca rubra . . . . . | 4 | 0,80 | 18 | „ | |
| Avena pubescens . . . . . | 3 | 0,6 | 10 | I | |
| Rumex Acetosa . . . . . | 3 | 0,6 | 32 | „ | |
| Festuca pratensis . . . . . | 3 | 0,6 | 34 | „ | |
| Fragaria vesca . . . . . | 2 | 0,4 | 12 | II | |
| Trifolium Lupinaster . . . . . | 1 | 0,25 | 12 | „ | |
| T. repens . . . . . | 1 | 0,25 | 60 | „ | |
| Trifolium pratense . . . . . | 1 | 0,25 | 20 | „ | |
| Myosotis sparsiflora . . . . . | 1 | 0,25 | 14 | „ | |
| Delphinium elatum . . . . . | 1 | 0,25 | 6 | I | |
| Centaurea Scabiosa . . . . . | 1 | 0,25 | 16 | „ | |
| Мелких злаков . . . . . | 100 | | | | |
| Общее колич. экземпляров. . | — | — | 504 | — | |

| | |
|---|---|
| Злаков . . . . . | 32,3% |
| Бобовых . . . . . | 4 6% |
| Хвоща . . . . . | 7,9% |
| Разнотравия . . . . . | 55,2% |
| | 100% |

Общее количество видов на площадке . . . . . 25

На I ярус приходится около 3% густоты травостоя.

Изучение состава растительности луга по методу Raunkiaer'a (полный список).

| Название растений. | % встречаемости | Название растений. | % встречаемости |
|---|---|---|---|
| Equisetum pratense . . . . . | 86 | Taraxacum officinale . . . . | 12 |
| Achillea Millefolium . . . . | 70 | Fragaria vesca . . . . . | 12 |
| Chrysanthemum Leucanthemum | 66 | Tragopogon orientalis . . . . | 12 |
| Trifolium répens . . . . . | 60 | Trifolium Lupinaster . . . . | 12 |
| Ranunculus polyanthemos . . | 54 | Equisetum arvense . . . . . | 12 |

| Название растений. | % в стре чаемости | Название растений. | % в стре чаемости |
|---|---|---|---|
| Plantogo media | 52 | Viola hirta | 10 |
| Pimpinella Saxifraga | 50 | Silene nutans | 10 |
| Viola arenaria | 48 | Orobus lathyroides | 10 |
| Potentilla chrysantha | 46 | Geranium pratense | 10 |
| P. argentea | 44 | Lathyrus pisiformis | 10 |
| Phleum pratense | 44 | Avena pubescens | 10 |
| Poa pratensis | 48 | Pedicularis comosa | 10 |
| Rhinanthus Crista galli | 40 | Polygala comosa | 10 |
| Nepeta Glechoma | 30 | Campanula rotundifola | 10 |
| Geum strictum | 36 | Brunella vulgaris | 10 |
| Festuca pratensis | 34 | Phleum Boehmeri | 10 |
| Veronica Teucrium | 34 | Dactylis glomerata | 8 |
| Rumex Acetosa | 32 | Viola canina | 8 |
| Stellaria graminea | 32 | Pulmonaria molissima | 8 |
| Agrostis alba | 30 | Geranium sibiricum | 8 |
| Galium verum | 28 | Phlomis tuberosa | 6 |
| Carex sp. | 26 | Thalictrum minus | 6 |
| Potentilla fragarioides | 22 | Astragalus hypoglotts | 6 |
| Koeleria gracilis | 20 | Filipendula hexapetala | 6 |
| Fragaria collina | 20 | Dianthus superbus | 6 |
| Sanguisorba officinalis | 20 | Delphinium elatum | 6 |
| Trifolium pratense | 20 | Veronica spuria | 6 |
| Festuca rubra | 18 | Veratrum nigrum | 6 |
| Galium boreale | 18 | Alopecurus pratensis | 4 |
| Agropyrum Gmelini | 18 | Lathyrus humilis | 4 |
| Vicia Cracca | 16 | Hypocheris maculata | 4 |
| Centaurea Scabiosa | 16 | Gentiana macrophylla | 4 |
| Agropyrum repens | 16 | Erigeron acris | 4 |
| Dianthus Seguieri | 14 | Campanula Steveni | 4 |
| Carum Carvi | 14 | Thalictrum simplex | 4 |
| Myosotis sparsiflora | 14 | Solidago Virga aurea | 4 |
| Polygonatum officinale | 14 | Artemisia laciniata | 4 |
| Libanotis montana | 14 | Lathyrus pratensis | 4 |
| Pulsatilla patens | 14 | | |

Единично встречающиеся виды.

| | |
|---|---|
| Adenophora liliifolia | Polygonum Bistorta |
| Allium lineare | Potentilla fruticosa |
| Angelica sylvestris | Polygonum alpinum |
| Crepis tectorum | Pleurospermum uralense |
| Caragana frutex | Scutellaria galericulata |
| Hieracium umbellatum | Trisetum flavescens |
| Heracleum dissectum | Tanacetum vulgare |
| Filipendula Ulmaria | Veratrum album |
| Inula salicina | Vicia sepium |
| Luzula campestris | V. megalotropis |
| Lychnis pratensis | Veronica longifolia |
| Lilium Martagon | V. spicata |
| Oxytropis uralensis | |

В обследованных по методу Raunkiaer'a 50 площадках в среднем встречалось по 16 видов растений на элементарную площадку (q): maximum—26; minim—6 видов.

**Луговое сообщество № 3.** *1 августа 1923 г.*

Географическое положение. Кузнецкий у. Близь д. Сидоровой р. Томь. Обширный остров, отделенный узкой пересыхающей протокой от правого берега Томи.

Топографическое положение. Луг заливной, высокого уровня. Над водой берег возвышается на 1—1½ сажени.

Микрорельеф В общем равнина, Изредка холмики нанесенной или вывороченной льдом почвы и илом. Почва сильно опесчанена.

Растительность.

Общий характер. Весь остров в заливных лугах. Берега часто окаймлены тальниками на песках. Изредка разбросаны крупные березы и отдельные группы Salix. Местами на фоне обычного луга встречаются неопределенной формы буйные заросли тех же трав что и на лугу, но роскошно развившихся и давших „дудку". Такие места обычно совпадают с выпахиванием почвы льдом или глинистыми наносами.

Древесная растительность. Изредка через 50—100 саж. березы. Через 10—50 саж. крупные кусты Salix.

Травянистая растительность. Вся растительность очень густая и кроме того переплетена Vicia Cracca, Lathyrus pratensis.

Высота. В среднем высота не меньше 60 см. Довольно хорошо развит 1 ярус от 60 до 150 см. в нем наиболее часты:

I ярус около 120 см. Dactylis glomerata, Phleum pratense, Agrostis alba, Alopecurus pratensis. значительно реже возвышаются Delphinium elatum, Pleurospermum uralense. Особенно много в I ярусе злаков.

II ярус от 0 до 60 см. составляет главную массу растительности. Наиболее заметны: Polygonatum officinale, Equisetum pratense, Galium boreale, Sanguisorba officinalis, Potentilla chrysantha, Vicia Cracca, Lathyrus pratensis.

Сравнительный учет числа побегов на 0,5 mtr² и встречаемости по Raunkiaer'y.

| Название растений. | Число побегов. | % густоты травостоя | Встречаемость в % по Raunkiaer'y | Ярус. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|---|
| Galium boreale . . . . . | 63 | 10,70 | 72 | II | |
| Equisetum pratense . . . . . | 36 | 6,20 | 100 | „ | |
| Polygonatum officinale . . . . | 17 | 2,9 | 76 | „ | |
| Astragalus hypoglottis . . . . | 17 | 2,9 | 8 | „ | |
| Vicia sepium . . . . . | 12 | 2,04 | 4 | „ | |
| Lathyrus pratensis . . . . . | 11 | 1,85 | 34 | „ | |
| Solidago Virga aurea . . . . . | 11 | 1,85 | 30 | „ | |
| Ptarmica impatiens . . . . . | 8 | 1,3 | 52 | „ | |
| Polygonum alpinum . . . . . | 7 | 1,19 | 8 | „ | |
| Sanguisorba officinalis . . . . | 7 | 1,19 | 60 | „ | |

| Название растений. | Число побегов. | % густоты травостоя. | Встречаемость в % по Raunkiaer'у | Ярус. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|---|
| Filipendula Ulmaria | 6 | 1,02 | 16 | II | |
| Viola elatior | 6 | 1,02 | 34 | „ | |
| Rumex Acetosa | 5 | 0,85 | 24 | I | |
| Veronica Teucrium | 4 | 0,68 | 32 | II | |
| Trollius asiaticus | 4 | 0,68 | 52 | „ | |
| Pulmonaria molissima | 3 | 0,51 | 42 | „ | |
| Campanula Steveni | 3 | 0,51 | 10 | „ | |
| Thalictrum simplex | 3 | 0,51 | 10 | „ | |
| Filipendula hexapetala | 3 | 0,51 | 52 | „ | |
| Inula salicina | 3 | 0,51 | 4 | „ | |
| Ranunculus polyanthemos | 2 | 0,34 | 32 | „ | |
| Allium Schoenoprasum | 2 | 0,34 | 14 | „ | |
| Euphorbia lutescens | 2 | 0,34 | 14 | „ | |
| Tanacetum vulgare | 2 | 0,34 | 8 | „ | |
| Potentilla chrysantha | 2 | 0,34 | 49 | „ | |
| Vicia Cracca | 2 | 0,34 | 56 | „ | |
| Trifolium repens | 1 | 0,17 | 52 | „ | |
| Plantago media | 1 | 0,17 | 16 | „ | |
| Thalictrum minus | 1 | 0,17 | 26 | „ | |
| Polygonum Bistorta | 1 | 0,17 | 26 | „ | |
| Trifolium Lupinaster | 1 | 0,17 | 70 | „ | |
| Delphinium elatum | 1 | 0,17 | 16 | I | |
| Злаков крупных | 250 | 42,50 | 5 | II и I | |
| в том числе цветущих. | | | | | |
| Dactylis glomerata | 14 | 2,4 | — | I | |
| Agropyrum repens | 2 | 0,34 | — | „ | |
| A. caninum | 1 | 0,17 | — | „ | |
| Phleum pratense | 14 | 2,4 | — | „ | |
| Злаков низких | 100 | 17,01 | — | II | |
| Побегов (экземпляров) | 587 | — | — | — | |

По крупным группам число побегов на □ 0,5 mtr.

| | | |
|---|---|---|
| Злаков | 356— 60% | Общее количество видов на площадке . . . . . 37 |
| Бобовых | 27— 4,6% | |
| Разнотравия | 174—29,3% | На I ярус приходится 4,75% густоты травостоя. |
| Хвощей | 36— 6,1% | |
| | 587— 100% | |

Обмер высот и распределение наиболее распространенных растений по ярусам.

| Название растений. | Высота в сант. | Ярус. | Состояние. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|
| Heracleum dissectum . . . . | 140 | I | fr′ | |
| Dactylis glomerata . . . . . | 120 | „ | fl′ | |
| Delphinium elatum . . . . . | 120 | „ | fl′ | |
| Agropyrum caninum . . . . | 120 | „ | fl′ | |
| Alopecurus pratensis . . . | 110 | „ | fol | После отцветания |
| Agrostis alba . . . . . | 90 | „ | fl | |
| Phleum pratense . . . . . | 80 | „ | fl | |
| Pleurospermum uralense . . | 90 | „ | fl | |
| Ptarmica impatiens . . . . . | 60 | II | fl | |
| Vicia Cracca . . . . . | 60—70 | „ | fl | |
| Lathyrus pratensis . . . . . | 60 | „ | fl | |
| Galium boreale . . . . . | 40—50 | „ | fl | И молодые побеги. |
| Trollius asiaticus . . . . . | 40—50 | „ | fr | |
| Trifolium Lupinaster . . . . | 40—50 | „ | fl | |
| Sanguisorba officinalis . . . | 40—50 | „ | fl и fol | Листья прикорневые. |
| Polygonatum officinale . . . | 40—50 | „ | fol | |
| Equisetum pratense . . . . . | 35—40 | „ | fol | |
| Phlomis tuberosa . . . . . | 30—40 | „ | fol | Листья прикорневые. |
| Злаковый подсед в среднем . | 40—45 | „ | fol | |

Общее количество видов на участке найденное по методу Raunkiaer'a Q равняется 96, три из них степных: Artemisia Dracunculus, Filipendula hexapetala и Libanotis montana.

На каждой элементарной площадке при подсчете в среднем найдено 20 видов, maximum—30 видов и minimum—11 видов.

**Луговое сообщество № 6.** *5 августа 1923 г.*

Географическое положение. Кузнецкий уезд р. Томь между д. Убик и д. Черный этап. Правый берег.

Топографическое положение.

Равнина. Луг высокого уровня. Верстах в 1½ от берега горы покрытые черневой тайгой.

Растительность.

Общий характер. Луг представляет собой черневое высокотравие (крупнотравие). Травы в рост человека и выше, с незадерновавной между растениями почвой

Древесная растительность. Отсутствует.

Травянистая растительность.

Господствуют зонтичные, злаки (влаголюбивые), все густо переплетены Lathyrus pratensis, Calystegia sepium так что луг становится трудно проходимым и приходится с трудом разрывать вьющияся растения. Луг никак не используется.

Высота. Средняя высота травостоя около 150—180 см. I и II ярус сливаются незаметно в один общий высокотравный I ярус в тени которого разбросаны лишь немногочисленные ниские (III ярус?) листья Aegopodium Podagraria, Equisetum sylvaticum и Ligularia sibirica.

Список растительности лугового сообщества № 6, с указанием высот некоторых видов.

| Название растений. | Высота в сант. | Название растений. | Высота в сант. |
|---|---|---|---|
| Aconitum septentrionale . | 170—180 | Geranium pratense . . . | 190—200 |
| Adenophora liliifolia . . | | Heracleum dissectum . . | 125 |
| Agrostis alba . . . . . | | Hieracium umbelatum . . | 100—110 |
| Alopecurus pratensis . . | | Lathyrus pratensis . . . | |
| Agrimonia pilosa . . . . | | Ligularia sibirica . . . . | |
| Aegopodium Podagraria . | | Lysimachia vulgaris . . | |
| Angelica sylvestris . . . | 170—180 | Medicago plathycarpa . . | |
| Anthriscus sylvestris . . | | Origanum vulgare . . . . | |
| Archangelica deccurrens . | | Phleum pratense . . . . | |
| Artemisia vulgaris . . . | 160—165 | Phlomis tuberosa . . . . | |
| Brachypodium pinnatum . | | Pleurospermum uralense . | |
| Calamagrostis Langsdorfii | | Ptarmica impatiens . . . | |
| Calystegia sepium . . . . | | Pulmonaria molisima . . | |
| Crepis sibirica . . . . . | 125—130 | Phragmites communis . . | |
| Dactylis glomerata . . . | | Sanguisorba officinalis . . | |
| Digraphis arundinacea . . | | Silene inflata . . . . . | 130—140 |
| Equisetum pratense . . . | | Tanacetum vulgare . . . | |
| E. sylvaticum . . . . . | 80—90 | Thalitrum simplex . . . | |
| Euphorbia lutescens . . . | | Veronica longifolia . . . | 130—140 |
| Festuca gigantea . . . . | 170—180 | Vicia Cracca . . . . . | |
| Filipendula Ulmaria . . . | 130—140 | V. sepium . . . . . | |
| Galium boreale . . . . . | | V. tenuifolia . . . . . | |

Число стеблей и наземных побегов с 0,5 mtr²

| Название растений. | Число побегов. | % густоты травостоя. | Примечания. |
|---|---|---|---|
| Lathyrus pratensis . . . . . | 22 | 14,6 | |
| Aegopodium Podagraria . . . . . | 20 | 13,2 | |
| Phragmites communis . . . . . | 15 | 9,9 | |
| Ligularia sibirica . . . . . | 12 | 7,9 | |
| Filipendula Ulmaria . . . . . | 11 | 7,3 | |
| Crepis sibirica . . . . . | 7 | 4.65 | |
| Galium boreale . . . . . | 6 | 4,0 | |
| Alopecurus pratensis . . . . . | 5 | 3,3 | |
| Carex sp. . . . . | 5 | 3,3 | |
| Pulmonaria molissima . . . . . | 3 | 2,0 | |
| Dactylis glomerata . . . . . | 3 | 2,0 | |
| Veronica longifolia . . . . . | 3 | 2,0 | |
| Equisetum pratense . . . . . | 3 | 2,0 | |
| E. silvaticum . . . . . | 2 | 1,3 | |
| Vicia sepium . . . . . | 2 | 1,3 | |
| Calamagrostis Langsdorfii . . . . . | 1 | 0,65 | |
| Bupleurum aureum . . . . . | 1 | 0 65 | |
| Heracleum dissectum . . . . . | 1 | 0,65 | |
| Неплодущих злаков . . . . . | 31 | 20,5 | |
| Побегов (экземпляров) всего . . . . . | 153 | 100% | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Злаков | 55 поб. . . . . | 36% | Общее количество видов на площадке 19. |
| Бобовых | 24 „ . . . . . | 15% | |
| Разнотр. | 70 „ | 49% | |
| Хвоща | 5 „ | | |
| | | 100 % | |

**Луговое сообщество № 7.** *6 августа 1924 г.*

Географическое положение. Кузнецкий уезд. р. Томь в 20 верст. выше д. Ажиндаровой, левый берег против заимки Богданова.

Топографическое положение. Луг высокого уровня. Берег возвышается над водой 1½—2 сажени. Равнинная полоса вдоль берега. Верстах в ½—1 от реки горы покрытые тайгой.

Микрорельф. Изредка попадаются небольшие, диаметром 1—2 mtr. понижения с более высокой растительностью. Следы наносов.

Растительность.

Общий характер. Яркий разнотравный луг с сравнительно высокой травой. Много злаков, Sanguisorba officinalis, Tanacetum vulgare. Саженях в 70 от берега полоса тальников. Такие полосы чередуясь со старицами идут до самых таежных гор. „Дудки" не заметно или очень мало. В нижнем ярусе довольно часты листья Heracleum dissectum.

Древесная растительность. Salix и Prunus Padus тянутся параллельно берегу саженях в 70—100 местами выходя к берегу по логам и покрывая тогда полосу луга.

Травянистая растительность. Луг—покос отдыхавший года три, но последние года два опять кошенный. Хотя заимки здесь очень редки, особенно по этому берегу, но попадаются обычные для покоса признаки некоторой слабой засоренности (Brunella vulgaris, Silene inflata и др.). Обращает внимание большое количество Equisetum pratense.

Высота. В среднем высота около 80 см.

I ярус—130 см. составляют главным образом Dactylis glomerata, Phleum pratense, Tanacetum vulgare, Sanguisorba officinalis, Festuca pratensis.

II ярус 70—80 см. Крупные прикорневые листья Sanguisorba officinalis и Heracleum dissectum, Ptarmica impatiens, Galium boreale, Polygonum alpinum, Euphorbia lutescens, Agrostis alba.

III ярус около 35—40 см. Образован огромным количеством Equisetum pratense, злаковым подседом и некоторыми нискотравными формами вроде Brunella vulgaris, Viola elatior.

Обмер высот некоторых растений с распределением их по Drude и указанием ярусов дают такую картину.

| | Название растений. | Состояние | Высота. | Ярус. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|---|
| Soc | Equisetum pratense . . . . . | veg | 35—40 | III | Может быть Cop. |
| Cop² | Dactylis glomerata . . . . . | fl | 140-150 | I | |
| Cop′ | Hieracium umbellatum . . . | fl′ | 65--70 | II | |
| Cop′ | Ptarmica impatiens . . . . . | fl | — | „ | |
| Sprs | Phleum pratense . . . . . | fl | 90—100 | I | |
| „ | Argostis alba . . . . . | fl | 80 | II | |
| „ | Sanguisorba officinalis . . . . | fl | 170 | I | |
| „ | Vicia megalatropis . . . . . | fol | 70—90 | II | |
| „ | Galium boreale . . . . . | fol | 65—70 | „ | |
| „ | Sanguisorba officinalis . . . | fol | 65—70 | „ | |

Сравнительная таблица учета числа побегов с 0,5 mtr² и встречаемости по методу Raunkiaer'a.

| Название растений. | Число побегов. | % густоты травостоя. | Встречаемость в % по Raunkiaer'y | Ярус. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|---|
| Euisetum pratense . . . . . | 94 | 13,51 | 100 | III | |
| Geranium pseudo-sibiricum . | 34 | 4,90 | 62 | II | |
| Campanula Steveni . . . . . | 32 | 4,61 | 40 | „ | |
| Viola elatior . . . . . | 30 | 4,32 | 74 | III | |
| Agrostis alba . . . . . | 22 | 3,45 | 68 | II | |
| Bupleurum aureum . . . . . | 22 | 3,45 | 88 | III | |
| Ptarmica impatiens . . . . . | 19 | 2,73 | 80 | II | |
| Hieracium umbellatum . . . | 15 | 2,16 | 70 | „ | |
| Trifolium pratense . . . . . | 15 | 2,16 | 36 | „ | |
| Vicia Cracca . . . . . | 11 | 1,73 | 32 | „ | |
| Galium boreale . . . . . | 10 | 1,44 | 52 | „ | |
| Trifolium Lupinaster . . . . | 9 | 1,3 | 66 | „ | |
| Crepis lyrata . . . . . | 9 | 1,3 | 20 | „ | |
| Thalictrum minus . . . . . | 7 | 1,0 | 44 | I—II | |
| Tanacetum vulgare . . . . . | 7 | 1,0 | 52 | I | |
| Nepeta glechoma . . . . . | 6 | 0,86 | 4 | III | |
| Agropyrum repens . . . . . | 6 | 0,86 | 26 | I | |
| Filipendula Ulmaria . . . . . | 5 | 0,72 | 10 | I | |
| Ranunculus polyanthemos . . | 5 | 0,72 | 44 | II | |
| Dactylis glomerata . . . . . | 5 | 0,72 | 82 | I | Цветущие побеги. |
| Pedicularis comosa . . . . . | 5 | 0,72 | 38 | II | Листья. |
| Poa pratensis . . . . . | 4 | 0,57 | 24 | „ | Цветущие побеги. |
| Brunella vulgaris . . . . . | 3 | 0,43 | 44 | III | |
| Euphorbia lutescens . . . . | 2 | 0,28 | 24 | II | |
| Myosotis sp. . . . . | 2 | 0,28 | 50 | III | |
| Equisetum sylvaticum . . . . | 1 | 0,14 | 6 | „ | |
| Bromus inermis . . . . . | 1 | 0,14 | 4 | I | |
| Pulmonaria molissima . . . . | 3 | 0,43 | 22 | III | Листья прикорневые. |
| Lathyrus pratensis . . . . . | 3 | 0,43 | 40 | II | |
| Taraxacum officinale . . . . | 2 | 0,28 | 1 | III | Листья. |
| Phleum pratense . . . . . | 1 | 0,14 | 58 | I | |
| Злаков крупных (не цветущих) | 72 | 10,37 | — | — | |
| „ мелких | 146 | 21,05 | — | — | |
| Всего экземпляров (побегов) | 694 | — | — | — | |

| | |
|---|---|
| Злаков . . . . . | 37,4% |
| Бобовых . . . . . | 5,6% |
| Хвоща . . . . . | 13,6% |
| Разнотравия . . . | 43,4% |
| | 100% |

Общее количество видов на площадке □ 32.
На I ярус приходится около 3,5% густоты травостоя.

Общее количество видов на участке определенное по методу Raunkiaer'a Q=62.
В среднем на одной элементарной (q) площадке встречалось 16 видов
Maximum „ „ „ . . . . . 24 „
Minimum „ „ „ . . . . . 11 „

**Луговое сообщество № 8.** *8 августа 1923 г.*

Географическое положение. Томская губерн. Щегловский уезд, Окр. д. Ажиндаровой на берегу р. Томи.

Топографическое положение. Луг высокого уровня на равнине с легким уклоном от берега, возвышающегося над водой сажени на $1^1/_2$

Микрорельеф. Совершенно ровный.

Растительность.

Общий характер. Луг с самого обрыва берега пересекается дорогой, от берега вглубь около луга идет поскотина. В $^1/_2$ версте от берега—старица с тальниковыми зарослями.

Травянистая растительность. Довольно пестрый луг с высоким травостоем. Злаков мало, много цветущих метелок Solidago Virga aurea, Hieracium umbellatum, Galium verum, Origanum vulgare. Луг служит в настоящее время покосом. Будучи расположен близ дороги и поскотины довольно сильно засорен. Много Equisetum pratense.

Древесная растительность. Саженях в 100 от берега начинают попадаться отдельные крупные березы и сосны отходящие от находящейся внутри поскотины сосновой рощи. На участке № 8 несколько берез.

Высота..

I ярус от 60 до 115—120 см.

Sanguisorba officinalis, Solidago Virga aurea, Dactylis glomerata, Polygonum alpinum.

II ярус до 60 см.

Equisetum pratense, Trollius asiatieus, Origanum vulgare, Hieracium umbellatum, Galium boreale.

Не имеет значения в травостое III ярус из Viola elatior. Ranunculus auricomus (листья). Brunella vulgaris.

Обмер высот и распределение некоторых растений по ярусам и их распространение по Drude.

| | Название растений. | Состояние. | Высота. | Ярус. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|---|
| Cop | Equisetum pratense . . . . | veg | 30—45 | II | |
| Cop | Solidago Virga aurea . . . . | fl | 85—95 | I | |
| Cop–sp. | Dactylis glomerata . . . . | fl | 110–120 | „ | |
| sp. | Origanum vulgare . . . . | fl. | 60—70 | II | |
| „ | Euisetum sylvaticum . . . . | veg. | 40—50 | „ | |
| „ | Equphorbia lutescens . . . . | fr. | 70—80 | I—II | |
| „ | Galium verum . . . . . | fr'. | 70—80 | „ | |
| „ | Lathyrus pisiformis . . . . | fl. | 60—75 | II | |
| „ | Sanguisorba officinalis . . . . | fr'. | 110–115 | I | |
| „ | Tragopogon orientalis . . . | fr. | 90—110 | „ | |
| grg | Polygonum alpinum . . . . | fr. | 95—110 | „ | |

Сравнительная таблица учета числа побегов с 0,5 mtr² и встречаемости по методу Raunkiaer'a

| Название растений. | Число побегов. | % густоты травостоя. | Встречаемость в % по Raunkiaer'у. | Ярус. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|---|
| Equisetum pratense | 31 | 5,35 | 90 | II | |
| Brunella vulgaris | 30 | 5,28 | 46 | III | |
| Ranunculus polyanthemos | 29 | 5,0 | 40 | II | |
| Solidago Virga aurea | 28 | 4,8 | 76 | I | |
| Achillea Millefolium | 23 | 4,2 | 64 | II | |
| Luzula campestris | 17 | 3,0 | 10 | „ | |
| Viola elatior | 17 | 3,0 | 86 | III | |
| Crepis sibirica | 15 | 2,64 | 20 | II | Вегетотивные побеги. |
| Iris ruthenica | 15 | 2 64 | 26 | II–III | Листья. |
| Hypocheris maculata | 13 | 2,4 | 42 | II | |
| Origanum vulgare | 14 | 2,4 | 48 | „ | |
| Trifolium pratense | 14 | 2,4 | 43 | „ | |
| Myosotis sp. | 12 | 2,2 | 18 | „ | |
| Crepis lyrata | 11 | 2,0 | 40 | „ | |
| Polygonum alpinum | 11 | 2,0 | 26 | I | |
| Hieracium umbellatum | 11 | 2,0 | 60 | II | |
| Tragopogon orientalis | 9 | 1,6 | 18 | I | |
| Bupleurum aureum | 9 | 1,6 | 40 | II–III | Листья. |
| Galium boreale | 9 | 1,6 | 72 | II—I | |
| Vicia Cracca | 9 | 1,6 | 36 | II | |
| Viola hirta | 7 | 1,2 | 14 | III | |
| Silene sp. | 7 | 1,2 | — | II | |
| Fragaria vesca | 6 | 1,1 | 24 | III | |
| Vicia sepium | 6 | 1,1 | 12 | II | |
| Taraxacum officinale | 6 | 1,1 | 24 | „ | Листья. |
| Aegopodium Podagraria | 5 | 0,88 | 34 | „ | Листья. |
| Lathyrus pisiformis | 4 | 0,7 | 28 | „ | |
| Euphorbia lutescens | 4 | 0,7 | 30 | I | |
| Trollius asiaticus | 4 | 0,7 | 70 | II | Засыхающие листья. |
| Thalictrum minus | 4 | 0,7 | 38 | I | |
| Geranium pseudo-sibiricum | 4 | 0,7 | 48 | II | |
| Viola uniflora | 3 | 0,53 | 10 | I | |
| Lathyrus pratensis | 3 | 0,53 | 20 | II | |
| Hypericum perforatum | 3 | 0,53 | 22 | „ | |
| Hemerocallis flava | 2 | 0,35 | 22 | „ | Листья. |
| Campanula Cervicaria | 2 | 0,35 | 1 | „ | |
| Adenophora liliifolia | 1 | 0,17 | 4 | I | |
| Ptarmica impatiens | 1 | 0,17 | 50 | II | |
| Стебли злаков: | | | | | |
| Dactylis glomerata | 32 | 5 63 | 54 | I | Цветущие экземпляры. |
| Calamagrostis arundinacea | 10 | 1,7 | 26 | „ | |
| Poa pratensis | 1 | 0,17 | 14 | II | |
| Побеги злаков | 142 | 24,9 | — | „ | |
| | 185 | 32.5 | — | — | |
| Всего | 569 | — | — | — | |

| | |
|---|---|
| Злаков . . . . . | 32,5% |
| Бобовых . . . . . | 6,3% |
| Хвощей . . . . . | 5,4% |
| Разнотравие . . . . . | 55,8% |
| | 100% |

Общее количество видов на площадке . . . . 43
На I ярусе приходится 11,46% густоты травостоя.

Общее количество видов на участке определенное по методу Raunkiaer'a Q=105.

В среднем на одной площадке встречалось . . . . . 22 вида.
Maximum „ „ „ . . . 33 „
Minimum „ „ „ . . . . . 16 „

**Луговое сообщество № 11.** *14 августа 1923 г.*

Географическое положение. Щегловский уезд. Левый берег р. Томи в 3-х верстах ниже с. Шевели.

Топографическое положение. Высокий незаливаемый берег близ пашень и покосов, постепенно понижающиейся от реки в глубь к логу. Почва черноземная.

Микрорельеф. Поверхность почвы совершенно ровная.

Растительность.

Общий характер. Обследуемый луг идет узкой полосой сажень 5 ширины между обрывом берегового яра и прошлогодней пашней. Вверх по реке эта полоса довольно круто спускается в лог к ручью переходя, в заросший Salix, склон, а вниз по реке, полосу прерывают изредка молодые березы (Betula verrucosa). Под обрывом берегового яра галечный берег, на устье ручья болотистый и заросший тальниками.

Древесная растительность. Одно или два дерева Betula verrucosa и изредка кустики Rosa cinnamomea.

Травянистая растительность. Не сомкнутый травостой. Совершенно ясно видны голые участки почвы между растениями 1—2 кв. вершка. На общем фоне растительности возвышаются Peucedanum officinale как цветущие так и группы прикорневых листьев.

Высота. Средняя высота не больше 40—50 см. I ярус—в среднем 80 см. (до 112 см. Peucedanum). Состоит главным образом из: Aconitum barbatum, Onobrychis sativa, Agropyrum strigosum, Libanotis montana, Peucedanum officinale, Thalictrum minus.

II ярус—35—40 см. образован следующими видами: Polygonatum officinale, Galatella punctata, Artemisia macrantha, Galium boreale (угнетенный), Galium verum, обильный злаковый подсед (Agropyrum repens, Calamagrostis Epigejos) и часто прикорневые листья: Peucedanum officinale, Libanotis montana, Pulsatilla patens. У самой земли Potentilla flagellaris, но III ярус выделять нет оснований.

Общее число видов методом простого учета Q=64.

Обмер высот некоторых растений по ярусам.

| Название растений. | Maxim выс. | Средн. выс. | Ярус. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|
| Peucedanum officinale . . . | 160 | 115 | I | |
| „ „ fol . . . | 75 | 50 | II | |
| Pulsatilla patens fol . . . . | 40 | 25 | „ | |

| Название растений. | Maxim выс. | Средн. выс. | Ярус. | Примечание. |
|---|---|---|---|---|
| Thalictrum minus . . . . . | — | 75 | I | |
| Libanotis montana . . . . . | — | 70 | „ | |
| „ „ fol . . . . . | — | 35 | II | |
| Galatella punctata . . . . . | — | 40 | „ | |
| Rosa cinnamomea . . . . . | 90 | 65 | I—II | |
| Filipendula Ulmaria . . . . . | 80 | 50 | II | |
| Artemisia macrantha . . . . | 70 | 50 | „ | |
| Polygonatum officinale . . . | 45 | 35 | „ | |
| Onobrychis sativa . . . . . | 110 | 90—100 | I | |
| Aconitum barbatum . . . . . | 80 | 65—70 | „ | |

Число стеблей и наземных побегов с 0,50 mtr²

| Название растений. | Число стеблей. | Число листовых побегов. | % густоты травостоя. | Ярус. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|---|
| Agropyrum repens . . . . . | 0 | 223 | 46,32 | II | |
| Calamagrostis Epigejos . . . | 0 | 7 | 1,33 | „ | |
| Poa pratensis . . . . . | 0 | 33 | 6,56 | „ | |
| Potentilla flagellaris. . . . | 6 | 41 | 9,34 | „ | |
| Iris ruthenica . . . . . | 0 | 20 | 3,96 | „ | |
| Galium boreale . . . . . | 0 | 14 | 2,66 | „ | |
| Galium verum . . . . . | 2 | 11 | 2,58 | „ | |
| Trifolium Lupinaster . . . . | 0 | 13 | 2,58 | „ | |
| Pulsatilla patens . . . . . | 0 | 9 | 1,79 | „ | |
| Caragana frutescens . . . . . | 0 | 9 | 1,79 | „ | |
| Artemisia macrantha . . . . | 2 | 8 | 1,96 | „ | |
| Galatella punctata . . . . . | 3 | 6 | 1,79 | „ | |
| Achillea Millefolim . . . . . | 0 | 9 | 1,79 | „ | |
| Artemisia latifolia . . . . . | 0 | 9 | 1,79 | „ | |
| Filipendula Ulmaria . . . . | 0 | 7 | 1,33 | „ | |
| Agrimonia pilosa . . . . . | 0 | 7 | 1,33 | „ | |
| Phlomis tuberosa . . . . . | 1 | 5 | — | I | |
| Hieracium umbellatum . . . | 0 | 5 | 0,98 | II | |
| Polygonatum officinale . . . | 5 | 5 | 1,96 | „ | |
| Libanotis montana . . . . . | 0 | 5 | 0,98 | „ | |
| Silene nutans . . . . . | 0 | 4 | 0,79 | „ | |
| Peucedanum officinale . . . . | 1 | 3 | 0,79 | „ | |
| Fragaria collina . . . . . | 0 | 3 | 0,6 | „ | |
| Dianthus Seguieri . . . . . | 1 | 2 | 0,6 | „ | |
| Orobus lathyroides . . . . . | 0 | 3 | 0,6 | „ | |
| Onobrychis sativa . . . . . | 0 | 2 | 0,40 | I | |
| Thalictrum minus . . . . . | 1 | 1 | 0,40 | I | |
| Inula salicina . . . . . | 2 | 0 | 0,40 | II | |
| Sanguisorba officinalis . . . | 0 | 1 | 0,20 | „ | |
| Potentilla viscosa . . . . . | 0 | 1 | 0,20 | „ | |
| Polygonum alpinum . . . . . | 0 | 1 | 0,20 | „ | |
| Plantago Urvilleana . . . . . | 0 | 1 | 0,20 | „ | |
| Viola pratensis . . . . . | 0 | 1 | 0,20 | „ | |
| Итого | 24 | 477 | | | |
| Всего | 503 | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Злаков . . . . . | 54,3% | | Общее количество видов на площадке . . . . . 33 |
| Бобовых . . . . . | 5,4% | | |
| Ирис . . . . 3,96% | } 40,36% | | На I ярус приходится 0,6% не более 1% густоты травостоя |
| Разнотравие 36,4 % | | | |

**Луговое сообщество № 12.** *14 августа 1923 г.*

Топографическое положение. Тоже что в луг. № 11.

Топографическое положение. Равнина в 100 саженях от берега близ пашни в недалеке от оврага.

Микрорельеф. Совершенно ровный.

Растительность.

Общий характер. На равнине типичная степь, в овраге заросли кустарников.

Древесная растительность. Изредка попадаются очень маленькие кустики Caragona frutex и Rosa cinnamomea.

Травянистая растительность. Очень редкий травостой. Господствуют полыни Artemisia campestris. Злаки не образуют густого травостоя. Общий фон растительности сероватый.

Высота.

I ярус образуют Artemisia campestris, Calamagrostis Epigejos, Onobrychis sativa, Agropyrum srigosum.

II ярус—злаковый подсед, Potentilla viscosa, P. sibirica, Galium verum.

Число стеблей и наземных побегов на $^1/_2$ mtr$^2$.

| Название растений. | Число стеблей | Число побегов. | % густоты травостоя | Ярус. | Примечания. |
|---|---|---|---|---|---|
| Galium verum . . . . . | 7 | 2 | 3,0 | II | |
| Libanotis montana . . . . . | 1 | 0 | 0,33 | „ | fol. |
| Artemisia Sieversiana . . . . | 3 | 2 | 1,65 | „ | fol. |
| A. campestris . . . . . | 4 | 0 | 1,35 | I | |
| Odontites rubra . . . . . | 1 | 0 | 0,33 | II | |
| Polygonum alpinum . . . . . | 3 | 0 | 0,99 | „ | fol. |
| Potentilla viscosa . . . . . | 4 | 0 | 1,35 | „ | |
| Achillea Millefolium . . . . | 3 | 3 | 2,0 | | |
| Gypsophyla altissima . . . | 1 | 2 | 0,99 | I | |
| Sedum hybridum . . . . . | 8 | 3 | 2,65 | | |
| Rosa acicularis . . . . . | 1 | 0 | 0,33 | | |
| Dracocephalum nutans . . . . | 1 | 1 | 0,66 | | |
| Potentilla sibirica . . . . . | 1 | 0 | 0,33 | | |
| Chenopodium sp. . . . . | 1 | 0 | 0,33 | | |
| Androsace septentrionalis . . | 3 | 0 | 0,99 | | |
| Draba nemorosa . . . . . | 33 | 0 | — | | Сухие. |
| Agropyrum strigosum . . . . | 10 | 25 | 11,8 | I | |
| Calamagrostis Epigejos . . . | 1 | 53 | 18,4 | I и II | |
| Setaria viridis . . . . . | 3 | 0 | 0,99 | | |
| Poa pratensis . . . . . | 16 | 99 | 32,2 | II | |
| | 105 | 190 | — | — | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Злаков . . . . . | 71,2% | Общее количество видов | |
| Полынь . . . . . | 3% | на площадке . . . . . | 20 |
| Разнотравия . . . . . | 25,18% | | |

## IV.

### Анализ луговых сообществ.

Если взять список всех растений, встречающихся на более или менее детально обследованных лугах № 1, 3, 6, 7. 8, 11, 12 и расположить их в виде таблицы с указанием их встречаемости и плотности травостоя (см. методику изучения луговых сообществ), то, не принимая еще во внимание этих цифровых данных, а только сопоставляя нахождение растений в том или другом из перечисленных луговых сообществ, можно сделать интересные заключения. Уже на первый взгляд обращает внимание неравномерное распределение растений рассматриваемого списка по сообществам и намечаются три группы, повидимому, значительно отличающиеся друг от друга растительным составом (Artenlist). Эти группы будут: I) Луг № 6, II) Луга №№ 7, 8, 3, 1 и III) луга № 11 и 12. Для доказательства осуществимости такой группировки попробуем произвести анализ этих сообществ и возьмем за основу II-ую группу, называя ее группой лесных лугов*). Принимая, что вид встречающийся в 50% и больше обследованных сообществ, является постоянным для данных сообществ (Konstant), мы будем считать те виды постоянными, которые встречаются хотя бы в 3-х из 4 х сообществ лесных лугов, обозначая их Konst. Таких константных (постоянных) для этого типа сообществ видов мы найдем тогда 64 из общего количества видов II типа сообществ 165. Эти константные виды являются основой для изучения сообщества. Имея такой твердый список, мы можем теперь сопоставлять его с другими соседними группами: I (№ 6), черневой луг и III (№ 11 и 12) степной луг. В самом деле, мы можем заметить, что из 64 константных видов в III типе сообществ отсутствует 40 видов (в частности на лугу № 12 отсутствует 53 вида), и общих видов с III типом из константных для II имеем 24 вида.

По сравнению с типом I мы имеем 36 видов константных, отсутствующих в I типе сообщества.

Приведенные цифры говорят вполне определенно о фитосоциологической самостоятельности сообщества типа II со стороны его видового состава и со стороны экологии видов, поскольку можно судить по их морфологии. Видов, свойственных исключительно II типа сообществ из обследованных нами, мы находим из числа константных—24, это будут: Festuca pratensis, F. rubra, Tritolium pratense, T. repens, Lathyrus pisiformis, Carum Carvi, Brunella vulgaris, Dianthus Seguieri, Campanula Steveni, Chrysanthemum Leucanthemum, Fragaria vesca, Hypocheris maculata, Lilium Martagon, Myosotis sparsiflora, Nepeta Glechoma, Plantago media, Polygonum Bistorta, Polygala comosa, Ranunculus polyanthemos, Rhinanthus Crista galli, Stellaria graminea, Taraxacum officinale, Tragopogon orientalis, Viola elatior. Но видовой состав отдельных сообществ типа II не остается отнюдь постоянным и сильно варьирует в зависимости от географического положения пункта. Вообще же, почти весь тип II приурочен к тем местам долины р. Томи, которые на-

*) Напомним, что все эти луга высокого уровня.

ходятся в дернисто-луговой подзоне (№ 1, 3, 8), лишь № 7 лежит несколько глубже в тайгу, но за то он и носит ряд характерных особенностей, отличающих его от остальных лугов этой же группы.

Покончив с качественной стороной видового состава всей II группы в целом, переходим к сравнительному изучению отдельных сообществ как с качественной же стороны (список, Artenlist), так и особенно с количественной. Обобщение количественных итогов анализа этого типа сообществ позволит нам его еще резче отделить от I и III типов.

Луг № 1. Общий список видов по методу Raunkiaer'a достигает цифры $Q=101$.

Если принять в среднем количество видов на элементарной площадке (метод Raunkiaer'a) в $q=16$ видов, то примерный список наиболее часто встречающейся в ассоциации группировки будет следующий:

| | |
|---|---|
| *Equisetum pratense* | Potentilla chrysantha |
| *Achillea Millefolium* | P. argentea |
| *Chrysanthemum Leucanthemum* | *Phleum pratense* |
| *Trifolium repens* | *Poa pratensis* |
| *Ranunculus polyanthemos* | *Rhinanthus Crista Galli* |
| *Plantago media* | *Nepeta Glechoma* |
| Pimpinella Saxifraga | Geum strictum |
| Viola arenaria. | *Festuca pratensis**). |

Общее количество константных ввдов на лугу № 1 будет 58 из общего числа 64, из них общих с типом III—23 вида, а всего константных видов общих у типа II с III имеется 24, следовательно, 95% константных видов, проникающих в степь, имеет здесь место. В то же время отсутствуют среди константных видов такие глубоко лесные константные же формы, как Bupleurum aureum, Euphorbia lutescens, Ptarmica impatiens, Viola elatior, Geranium pseudo sibiricum.

Таким образом, в отношении качественного состава сообщества оно относится ко II типу.

Переходя к количественному анализу луга № 1, при взгляде на таблицу учета наземных побегов, мы видим, что значительную покровную способность проявляют злаки и в особенности прикорневые отпрыски злаков, в общем давших около 33% всех побегов. Затем идут представители разнотравья: Rhinanthus Crista Galli—11,4%, Pimpinella Saxifraga—10,8%; Potentillae—10% и проч. Но в общей сумме на долю разнотравия и хвоща приходится 63%. Число побегов на площадке $\square=504$.

Отношение $\frac{\square}{Q}=5$.

Из сопоставления степени встречаемости наиболее часто встречающихся константных видов и плотности их распределения на площадке можно характеризовать луговое сообщество № 1 видами Pimpinella saxifraga, Potentilla chrysantha, Equisetum pratense, Phleum pratense.

Луг № 8. Число видов на участке, найденное по Raunkiaer'у $Q=105$; среднее количество видов элементарной площадки $q=22$ и наиболее часто встречающаяся группировка будет:

---

*) Виды располагаются в порядке убывания их встречаемости. Указания встречаемости в таблице № 1. Курсивом обозначены константные виды.

*Equisetum pratense**)
*Viola elatior*
*Solidago Virga aurea*
*Galium boreale*
Trollius asiaticus
*Achillea Millefolium*
*Hieracium umbellatum*
*Dactylis glomerata*
*Phleum pratense*
*Ptarmica impatiens*
Origanum vulgare
Sanguisorba officinalis
*Festuca pratensis*
*Geranium pseudo-sibiricum*
*Brunella vulgaris*
*Hypocheris maculata*
*Ranunculus polyanthemos*
*Bupleurum aureum*
Crepis lyrata
*Thalictrum minus*
*Trifolium pratense*
*Galium verum.*

Общее количество константных видов (II типа) для полного списка луга № 8 будет 60, из них общих с типом III—24 вида, что составит 100% всего количества общих для этих двух типов константных видов. В отношении списка (Artenlist) и соотношений константных видов луг № 8 очень сближается с лугом № 3. В густоте травостоя опять как в № 1 преобладает разнотравие+хвощ 61,2% из него Equisetum pratense 5,35%; Brunella vulgaris 5,28% (не играет роли во II ярусе), Ranunculus polyanthemos 5%, Solidago Virga aurea 4,8% и т. г. Несмотря на господство в густоте травостоя разнотравия, все же роль отдельных видов здесь значительно меньше чем в № 1 и 3. Злаки участвуют в покрове только в 32,5% при чем как в № 3 господствующим остается Dactylis glomerata. Число побегов на 0,5 mtr² □=569 и отношение $\frac{\square}{Q} = 5.3$

Делая сводку всему изложенному характеризуем сообщество луга № 8 видами:

Solidago Virga aurea, Equisetum pratense, Dactylis glomerata.

Луг № 3. Количество видов луга обследованного по методу Raunkiaer'a будет Q=96 из них 3% степных: Artemisia Dracunculus, Filipendula hexapetala, Libanotis montana. Среднее количество видов на элементарной площадке q=20 видов и наиболее часто встречающаяся комбинация этих видов будет:

*Equisetum pratense*
*Dactylis glomerata*
*Polygonatum officinale*
*Phleum pratense*
*Galium boreale*
*Trifolium Lupinaster*
*Sanguisorba officinalis*
*Vicia Cracca*
*Ptarmica impatiens*
*Trifolium repens*
Filipendula hexapetala
Trollius asiaticus.
Agropyrum caninum.
Potentilla chrysantha.
*Festuca pratensis*
*Pulmonaria molissima*
*Agrostis alba.*
*Hypocheris maculata.*

Общее количество константных видов II типа на лугу № 3 будет 64, из них общих с III типом 24 т. е. 100% от количества константных видов общих для II и III типов.

При обследовании плотности травостоя на первом месте стоят злаки с их прикорневыми отпрысками занимающие около 60% всего количества экземпляров, особенно большую роль играет Dactylis

*) Курсивом обозначены константные виды.

glomerata и Phleum pratense. Разнотравие здесь играет уже более подчиненную роль участвуя в густоте травостоя только на 35,4%. На первом месте из разнотравия идут: Galium boreale 10,7%, Equisetum pratense—6,7% и другие менее 3% в отдельности каждый. И здесь можно указать виды с очень большой встречаемостью и малой кроющей способностью напр. Trifolium Lupinaster 7%.

Число побегов на 0,5 кв. метра □=587.

Отношение числа экземпляров к числу видов на всем участке

$$\frac{\square}{Q} = 6.1$$

На основе сопоставления всех изложенных и приведенных в таблицах фактов мы имеем право характеризовать данное сообщество луга № 3 видами: Dactylis glomerata, Phleum pratense, Galium boreale, Equisetum pratense.

Луг № 7. Число видов на участке найденное по методу Raunkiaer'a Q=62, среднее число видов элементарной площадки p=16, и наиболее часто встречающаяся группировка будет:

*Equisetum pratense.*
*Bupleurum aureum.*
*Dactylis glomerata.*
*Ptarmica impatiens.*
*Viola elatior.*
*Hieracium umbellatum*
*Agrostis alba*
*Trifolium Lupinaster.*
*Geranium Pseudo-sibiricum.*
*Phleum pratense.*
*Galium boreale.*
*Tanacetum vulgare.*
*Myosotis sp.*
*Ranunculus polyanthemos.*
*Thalictrum minus.*
*Lathyrus pratensis.*

Общее количество константных видов 44, из них общих с III типом сообществ 16 т. е. только 66% константных для II типа сообществ видов встречающихся одновременно и в III типе. Здесь мы видим уже сообщество наиболее, из рассмотренных нами сообществ II типа, удаленное от III типа сообществ.

Наибольшую роль в густоте травостоя играет разнотравие+хвощ 57,0%, особенно следующие виды: Equisetum pratense—13,6%; Geranium pseudo-sibiricum 4,9%, Campanula Steveni 4,6%, Viola elatior 4,32% и Burleurum auereum 3,45%.

Злаки участвуют в густоте травостоя на 37,4% причем выделяются: Agrostis alba 3,45%.

Число побегов на пробной площадке в 0,5 mtr² □=694 (!), отношение $\frac{\square}{Q}$=11!

Здесь особенно бросается в глаза крупная цифра числа побегов и малое число видов на участке, если отметить еще довольно значительные цифры участия отдельных элементов разнотравия в плотности травостоя, то можно сделать вывод, что мы имеем луг однообразный с довольно обильно представленными отдельными видами.

Характеризуем луг № 7 следующими видами: Geranium pseudo-sibiricum, Ptarmica impatiens, Equisetum pratense, Agrostis alba.

Сравнивая между собой все данные полученные от анализа растительных сообществ II типа т. е. лугов № 1, 8, 3, 7 и принимая во внимание еще цифровые данные в соответствующих таблицах приложения, мы сможем расположить эти луга в особый ряд начиная с луга № 1 и кончая № 7. Наш ряд будет иметь вид 1—8—3—7.

Первые три луга содержат почти все 100% из числа общих II и III типам константных видов, а № 7 содержит их всего лишь 66%.

Число видов на участке, (Q) даст в этом ряду цифры—101—105—96—62.

Опять таки видно, что первые три луга содержат приблизительно одинаковое число видов, но к № 7 имеем резкое понижение. За то число побегов на пробной площадке в 0,5 mtr², □ держит себя совершенно обратно возрастая от № 1 к № 7, мы имеем такой ряд

504—569—587—694.

Возрастет в нашем ряду и средняя высота ярусов.

I ярус: 90—115—120—130.

II ярус: 40— 60— 60 —70.

Следовательно по мере удаления от III (степного) типа лугового сообщества и приближения к высокотравному I типу с уменьшением количества видов, возрастает плотность травостоя и средняя высотя обоих ярусов. Во всех четырех сообществах типа II, неизменно с высокой встречаемостью остаются лишь немногие из константных видов напр.: Equisetum pratense, Phleum pratense, Galium boreale, Sanguisorba officinalis и пожалуй Dactylis glomerata и Poa pratensis, а остальные же виды обладая высокой встречаемостью в одном сообществе, теряют ее до минимума в другом. Подметить какую нибудь законость в связи с построенным нами рядом в колебании встречаемости почти не удается. Только у трех видов такая законность выражена более или менее отчетливо.

| | | |
|---|---|---|
| Equisetum pratense | (встречаемость) | 86—90—100—100. |
| Dactylis glomerata | ( „ ) | 8—54— 80— 82. |
| Lathyrus pratensis | ( „ ) | 4—20— 34— 40. |

Здесь мы видим убывание встречаемости с приближением к III типу сообществ. Некоторые растения колебаниями своей встречаемости, как бы указывают на оптимальные условия своего существования в типичных сообществах II типа.

| | | |
|---|---|---|
| Pulmonaria molissima | (встречаемость) | 8—32—42—32. |
| Solidago Virga aurea | ( „ ) | 4—76—30— 4. |
| Vicia Cracca | ( „ ) | 16—36—56—32. |

и некоторые другие.

Быть может последние сопоставления не вполне надежны ввиду малого числа участков, но во всяком случае вероятность такой законо мерности колебаний отрицать трудно. Попытки найти какую-нибудь правильность в степени участия различных видов в густоте травостоя в пределах наших 4-х сообществ подметить не удалось, возможно, что она у некоторых растений не связана с условиями среды, а зависит от индивидуальности каждого растения напр., способности давать отпрыски, образовывать кусты, особенности семян и проч Резкие колебания в количестве побегов на 0,5 mtr ², в связи с встречаемостью мы видим у*)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Achillea Millefolium | от | $^{70}/_{9}$ | и $^{30}/_{1}$ | до | $^{64}/_{23}$ |
| Brunella vulgaris | „ | $^{44}/_{2}$ | | „ | $^{46}/_{30}$ |
| Ptarmica impatiens | „ | $^{50}/_{1}$ | | „ | $^{80}/_{19}$ |
| Galium boreale | „ | $^{72}/_{9}$ | | „ | $^{72}/_{63}$. |

и некоторые другие.

Итак, в нашем ряду 1—8—3—7, наблюдается на целом ряде фитосоциологических признаков закономерное их изменение от сообще.

*) В числителе встречаемость в знаменателе число побегов на 0,5 mtr.²

ства, № 1 к сообществу № 7 изменения связанные, как с морфологией сообщества так и с географическим местоположением участка, и составляющие более или менее постепенный переход от ксерофитных сообществ степных (тип. III) к влаголюбивым лесным лугам (Hygropoium Diels'a и Sempervirenti prata Brockmann—Jerosch'a и Rübel), и далее к I типу сообществ (высокотравие). Таким образом, мы видим здесь фитосоциологический ряд, центральные два звена которого 3 и 8 представляют собой тип сообщества II, а крайние боковые звенья луг № 1 и № 7 являясь переходными примыкают к III и I типам сообществ, составляющим продолжение того же ряда.

II тип сообществ был рассмотрен нами первым как основной из, которого можно вывести морфологию III типа, а луг № 7 выводится, как увидим ниже, из 1 типа.

Применить, для оценки сообществ III типа, метод константных видов не представляется возможным ввиду недостатка данных, а потому ограничимся здесь другими признаками.

**Луг № 11.** Общее число видов на участке путем простого учета Q—64 из них свойственных только III типу--24 вида т. е. около 37%.

Степных форм здесь имеется 28%. Наиболее распространенные виды:

| | |
|---|---|
| Agropyrum repens. | Galatella punctata. |
| Calamagrostis Epigejos. | Iris ruthenica. |
| Potentilla flagellaris. | Pulsatilla patens. |
| Galium verum. | Peucedanum officinale. |

Наибольшую роль в густоте травостоя играют злаки 54,3% из них на первом месте Agropyrum repens 46,32% и Poa pratensis 6,56% На долю разнотравия приходится 40,36% из них Potentilla flagellaris 4,34%, Iris ruthenica 3,96%.

Общее число побегов на 0,5 mtr² довольно значительно □ =513, но значительно меньше средняго числа побегов для II типа.

Характеризовать луг можно следующими видами: Agropyrum repens, Galatella punctata, Peucedanum officinale, Calamagrostis Epigejos.

**Луг № 12.** Общее количество видов на участке путем простого учета Q—41. Из них свойственных только III типу—17 видов т. е. около 41%. Степных форм здесь имеется около 32%. Наиболее распространенные виды из представителей луга № 12.

| | |
|---|---|
| Artemisia campestris | Poa pratensis. |
| Agropyrum strygosum. | Galium verum. |
| Calamagrostis Epigejos. | Draba nemorosa. |

Учет плотности травостоя на пробной площадке дает чрезвычайно характерные цифры.

На 0,5 mtr мы имеем только 293 побега, что свидетельствует о разреженном травостое.

В плотности травостоя наиболее участвуют злаки 71,2% из них Agropyrum strigosum 11,8% Calamagrostis Epigejos 18,4 и Poa pratensis 40%. Разнотравие учавствовало в травостое на 25,4% преимущественно Artemisia campestris . A. S eversiana 3% Galium verum 3%.

Обращает внимание крайняя бедность числа видов.

Сопоставляя эти немногочисленные данные, мы уже видим по своеобразности видового состава возможность резко отграничить эту фитосоциологическую группу. В общем в III типе сообществ мы имеем

29 видов свойственных только ему из 82 видов (не константных) вообще участвующих в образовании III типа сообществ т. е. 35% характерных форм. Из этих 29 видов, свойственных только III типу сообществ мы имеем 82% степных. Многие виды игравшие большую роль в II типе, в III почти отсутствуют, напр. Equisetum pratense, Ptarmica impatiens, Dactylis glomerata, Phleum pratense.

Признаки морфологии сообщества, как редкий травостой (малочисленность видов на □), значительно уменьшившаяся высота I яруса

в № 11—I ярус—80 см.

в № 12—I „ —75 см,

значительное количество степных видов, форм ксерофитного типа—все эти данные позволяют обособить III тип сообществ в сообщество степного луга (Xeropoium Diels'a или Succideserta по Brockmann—Ierosch und Rübel).

Надо заметить, что нарастание характерных для сообщества степного луга признаков идет от № 11 к № 12. Луг № 11 является связующим звеном с типом II, а луг № 12 естественно включаются в наш фитосоциологический ряд, замыкая его ксерофитным степным лугом № 12. Тогда наш ряд примет вид

12—11—1—8—3—7

I тип сообществ представлен, к сожалению, только одним лугом № 6 более или менее типичным. Но ввиду значительной однородности этого типа сообщества, он все же дает представление о типе высокотравных лугов таежной подзоны. Отличаясь. сравнительно немного от ближайших звеньев II типа (луг № 7) по видовому составу, I тип. имеет чрезвычайно характерные черты в морфологии сообщества.

Луг № 6. Общее количество видов на участке путем обычного подсчета Q=44. Из них свойственных только I типу сообществ—8 видов т. е. 18%, это будут:

| | |
|---|---|
| Digraphis arundinacea | Vicia tenuifolia |
| Festuca gigantea | Archangelica decurrens |
| Phragmites communis | Calystegia sepium |
| Medicago plathycarpa | Ligularia sibirica |

Здесь мы видим очень влаголюбивые формы как Digraphis arundinacea, Phragmites communis, Ligularia sibirica.

| | |
|---|---|
| Lathyrus pratensis | Digraphisarundinacea |
| Aegopodium Podagraria | Ligularia sibirica |
| Phragmites communis | Filipendula Ulmaria |

Наибольшую роль в густоте травостоя играет разнотравие на 49%: Ligularia sibirica 7,9%, Filipendula Ulmaria 7,3%. Злаки участвуют на 36% особенно Digraphis, 1, Alopecurus pratensis. В общем же травостой поразительно редкий. На пробной площадке на 0,5 mtr² мы находим только 153 вида! Это минимальная цифра из всех обследованных нами сообществ. Бросается в глаза буйный рост большинства видов в среднем достигающий 150 см. I ярус цветущими метелками достигает 180 см. II ярус в настоящем смысле слова отсутствует т. к. подседа почти никакого нет, а вся растительность вытянулась до 100 см. Обращает на себя внимание большое количество зонтичных: Archangelica decurrens. Heracleum dissectum, Pleurospermum uralense, Anthriscus sylvestris, Angelica sylvestris, Aegopodium Podagraria, Bupleurum aureum.

Важно отметить Festuca gigantea указывающую на связь сообщества с черневой тайгой.

Итак, на лугу № 6 мы имеем тип сообщества тесно связанный видовым составом с черневой тайгой, где такие сообщества характерны для открытых влажных мест, а морфология сообщества настолько своеобразна малой густотой травостоя, его исключительной высотой и сравнительным однообразием, что все это дает право на выделение I типа сообществ в самостоятельную гидрофильную фитосоциологическую группу сообществ: высокотравных таежно-черневых лугов. (по Diels'y это относится к одной из разновидностей Hygropoium, по Brockmann Jerosch und Rübel пожалуй к разновидности Altherbiprata). Сообщество луга № 6 развивалось совершенно в естественной обстановке без вмешательства человека и этому обязано сохранение его характерных черт. Этого нельзя сказать про луг № 7, II типа. морфология которого в известной степени обязана воздействию человека, в смысле угнетения повторным сенокошением буйного роста некоторых форм и предоставления таким образом большого доступа света формам энергично образующим II ярус с его густым травостоем. Предоставляя луг № 7 на произвол судьбы, можно будет заметить опять повышение и выравнивание ярусов и связанное с этим разрежение травостоя, исчезновение светолюбивых форм и обеднение видового состава. Вряд ли в конечном итоге луг № 7 в процессе эволюции дойдет обратно до луга № 6, т к. для луга № 6 требуется повидимому большая влажность почвы, но во всяком случае приблизится к типу I сообществ он может, тем более что лежит как раз в районе черневой тайги.

Таким образом подвергая сообщество I типа воздействию культуры (сенокошению) и увеличивая таким образом воздействие фактора света с одной стороны, а с другой стороны искуственно задерживая развитие высокотравных многолетников, мы можем перейти к сообществу близкому к лугу № 7, находящемуся по своему морфологическому строю ближе к II типу сообществ. Мало того, поддерживая искуственно и длительно влияние фактора света и угнетения представителей высокотравия (главн. обр. Umbelliferae мы создаем условия благоприятные для проникновение в это сообщество видов типичных для суходольно-лесных лугов (II тип. сообществ), видов которые попав в благоприятную для них хотя и искуственно сложившуюся обстановку укрепляются в ней, лишь с трудом уступая свое место. Длительное применение искусственных условий (создаваемых сенокошением) в конечном счете не может не вызвать и некоторых почвенных изменений в сторону еще более благоприятствующую выделению лугово лесных форм из сообществ II типа.

На лугу № 7 находящемуся как раз в условиях перехода от I типа к II мы видим таким образом сообщество переходящее в состояние неустойчивого равновесия, поддерживаемого только искусственно деятельностью человека. Но стоит только изменится внешним физико-географическим факторам в сторону уменьшения влажности, как равновесие переходного сообщества нарушается и усиливается его заселение из смежных в фитосоциологическом ряду сообществ, менее влаголюбивого типа. Изменение этих физико-географических условий не трудно себе представить хотя бы уничтожением крупных лесных массивов, этих мощных влагособирателей являющихся в тоже время непреодолимой преградой для проникновения более сухолюбивых форм.

Можно думать, что если бы луг № 7, находящийся всего в 20 верстах от д. Ажиндаровой, где комплекс физико географических условий совершенно иной и где мы имеем уже луг № 8 типичный для II типа, оказался в прямом сообщении с лесостепным районом луга № 8 путем уничтожения лесов, то в процессе эволюции мы могли бы ожидать со временем превращение луга № 7 в сообщество типа луга № 8.

И так на место погорелой или вырубленной черневой тайги или примыкающих к ней лугов высокого уровня мы имеем сообщество I типа (луг № 6) таежно-черновое высокотравие. Воздействием культуры оно может превратиться в луг № 7 крайнее звено II типа лесных лугов, изменением физико-георгафических условий (вследствие космических, геологических или исторических причин) оно может превратится в типы, еще более высокие, еще более ксерофитные.

Из сказанного ясно, что луг № 6 представляет сообщество находящееся в тесной связи с лугом № 7 естественно и необходимо входит в наш фитосоциологический ряд в виде его исходного звена ибо выводя из него луг № 7 мы тем самым генетически выводим и весь II тип сообществ. В конце концов наш фитосоциологический ряд будет иметь такой вид 12—11—1—8—3—7—6.

Все изменения морфологических элементов сообщества, в нашем фитосоциологическом ряду чрезвычайно наглядно можно представить в виде кривых (см. таблица № 2).

## V.

## Некоторые данные практической сельско-хозяйственной ценности лугов долины р. Томи.

Кроме приведенных выше 7 луговых сообществ нами с точки зрения сельско-хозяйственной ценности было обследовано еще три луга № 5 и № 9 и № 10. Описание № 5, залегающего в таежно-черневой зоне дано было при общем описании района в главе I, луг же № 9 залегает рядом с № 8, но только занимает положение едва ниже, ближе к старице, луг № 10 также упоминается в описании долины реки Томи. К обследованию этих 9 лугов с указанной точки зрения был применен весовой метод заключающийся в следующем. Брали на обследуемом лугу типичную площадку в $^1/_2$ mtr$^2$ и всю траву состригали ножницами, немедленно разбирали ее по группам имеющим кормовое значение. Обычно выделялись группы: злаки, бобовые, разнотравие, хвощ. В случае присутствия в значительном количестве еще какой нибудь сорной или вредной травы она также отделялась при разборке в особую группу напр. ирис, полынь. Разобранная по группам трава взвешивалась высушивалась и опять взвешивалась, при чем таким образом определялась усушка. Все взвешивания производились в граммах, а потом результаты переводились в проценты. Общий вес сухого сена пересчитывался всякий раз на десятину в пудах с поправкой в 25% на меньшую укосность сравнительно с состриганием площадки. При сравнении, где это возможно, данных полученных весовым методом, с ранее полученными данными густоты травостоя, по тем же группам (табл. № 1) мы не только не находим никакого соответствия, но часто получаем даже противоположные результаты. Так на лугу № 8, по весовому методу злаков 32,5% и бобовых 6,5 %, а по густоте травостоя злаков 8,6%, а бобовых 18,5%. Но такие явные несоответствия нисколько не умень-

шают ценности обоих методов исследования. Если весовой метод говорит о степени участия массы отдельных групп растений в данном луговом сообществе, то метод густоты травостоя указывает характер распределения этой массы в травостое.

Для характеристики лугов как кормовых угодий, для нас особенно важен весовой метод.

Рассматривать сравнительную урожайность лугов *) и их кормовые достоинства лучше всего пожалуй по районам залегания.

*Луга таежно-черневой зоны.*

**Луг № 6**, представляющий собой черневое высокотравие никакой сельско-хозяйственной ценности не имеет так как представляет собой почти сплошную „дудку" (зонтичные) и грубые злаки. Но он представляет интерес в том отношении, что крестьяне, повторным выкашиванием в течении ряда лет добиваются превращения таких лугов в прекрасные луга типа № 7 (подробнее об этом в главе IV).

**Луг № 7**, имеет урожайность около 212 пудов с десятины, при чем на долю злаков приходится 27,3%, а бобовых 15,5%, остальные 57,2% остаются за разнотравием и хвощем. Разнотравие довольно хорошего качества, сорных и вредных растений в нем вероятно не больше 5—7%. Нужно признать этот луг одним из лучших несмотря на довольно значительное количество хвоща! (13,4%). Густота травостоя здесь очень высока, велика и задерненность почвы. Подбор злаков: ежа, полевица белая, тимофеевка отличается высокими кормовыми и луговыми достоинствами.

**Луг № 5**, тоже таежно черневой полосы представляет уже совершенно иную картину. При урожайности 122 пуда мы имеем 39% злаков и всего лишь 3,2% бобовых! Хвощ отсутствует. Из 57,8% разнотравия большое количество сорников: подорожник, приручейник, липучка, чемерица черная, сныть и полупаразит погремок. Такая засоренность об'ясняется соседством поскотины и тем, что луг этот некогда был под поскотиной. Подбор злаков хороший. В общем, луг можно считать посредственным для этой полосы, крестьянским, покосом.

Следующий ряд лугов связан уже с более сухим режимом и лесо степной подзоной.

*Луга лесо-степной подзоны.*

**Луг № 3.** Урожайность 212 пудов.

Обращает внимание высокий процент злаков 47%! Бобовых 6,6%. Из 32,2% разнотравия сорных и других трав не больше 5%, хвоща 13,6%. Отмечаем большую густоту травостоя и прекрасный подбор злаков: ежа, тимофеевка луговая, овсянница луговая полевица белая, лисехвостник и др. Луг выдающийся по своим кормовым достоинствам.

**Луг № 1.** Урожайность 186 пудов.

Значительно хуже № 3, большое количество хвоща 19,6% и довольно засоренное разнотравие 43,4% (отметим сорных и вредных: поповник, лютик, подорожник, лапчатка, погремок). Засоренность об'ясняется близостью города и давнишней эксплоатацией луга (появился уже мох в небольшем, правда количестве). Высокий уровень луга не позволяет почве достаточно обогатиться приносимым в небольшом ко-

*) См. таблицу № 3 и № 1 и диаграмму № 1.

личестве илом. Состав злаков хороший.

Луг № 8. Урожайность 122 пуда.

Поражает ничтожное количество злаков, всего лишь 8,6%! Количество бобовых 18,5%, но это мало повышает ценность луга т. к. мы имеем 20,5% не пригодного касатика (Iris ruthenica) и довольно засоренное разнотравие (сорники и вредные—черноголовка, ожика луговая козлобородник). Совсем плохой луг, расположен тоже около поскотины и близ дороги.

Луг № 9. Урожайность 162 пуда.

Несмотря на то что лежит почти рядом с лугом № 8, только несколько ниже и дальше от дороги, этот луг неизмеримо превосходит по качеству луг № 8. Злаков 51,5,%! Это самый высокий процент злаков на всех обследованных нами лугах. Состав злаков превосходный: овсянница луговая, тимофеевка луговая, полевица белая, ежа сборная и др). Засореность небольшая (черноголовка, мотик, чемерица). Хвоща всего 2,7 %. Превосходный луг по качеству и вполне удовлетворительный по урожайности.

Луг № 10. Урожайность 165 пудов.

Это уже луг на высоких холмах над долиной. Злаков много 47,2%. Порядочно и бобовых 12,4%, но в разнотравии много грубых трав и полыней. Злаковый состав средний. Довольно много вейника. В общем луг хороший.

*Луга степной подзоны.*

Луг № 11. Урожайность 202 пуда.

Урожайность чрезвычайно высока для этой полосы, но качество трав низкое. Количество злаков ничтожное 10%, и подбор их плохой: пырей, вейник наземный. Разнотравие, несмотря на свое количественное преобладание 84,6%, по составу совершенно неудовлетворительно: полыни, жесткие и крупные травы Луг в общем не представляет никакой с. х, ценности, хотя ввиду недостатка покосов используется.

Луг № 12. Урожайность 76,5 пудов.

Злаков правда 44,4%, но по составу они совершенно неудовлетворительны: вейник низенный и пырей крайне жесткие степные виды. Мятлик луговой настолько ниский, что в укос попадают почти только стебли. Очень много полыни 32%, а разнотравие состоит из сухих степных форм. Несмотря на непригодность луга как кормового угодья, он все же используется под покос.

Сопоставляя качества лугов и их урожайность с растительной зоной в которой они залегают, можно указать, что наиболее ценные как по качеству, так и по урожайности будут луга высокого уровня лесостепной полосы (№ № 1, 3, 9, 10). Исключение представляет луг № 8 по причинам выше указанным.

Хороши вторичные луга (выработавшиеся из черневого высокотравия) таежно-черневой полосы, также высокого уровня (№ 7). Совершенно не пригодны луга степные лежащие как на незаливаемых местах (№ 12), так и высокого уровня (11).

Упоминаемые в дневнике заливные луга ниского уровня с канаречником тоже не представляют ценности.

В таблице № 4 приведены некоторых диаграммы некоторых лугов во Сернандер'у.

## ЛИТЕРАТУРА.

1) Rübel E. Geobotanische Untersuchungsmethoden. Berlin. 1922.

2) Rübel E. Ökologische Pflanzengegraphie. Jena. 1913.

3) Материалы по организации и культуре кормовой площади. Изд. Департамента Земледелия. Обследование лугов и болот. Петроград 1915.

4) Там же. К вопросу об исследовании лугов и болот. С.-Петербург. 1913.

5) Сукачев В. П., Савенков А. П. Наливкина Е. В. Княжедворский луговой стационарный пункт. в 1914 и 1915 г.г. Петроград 1916.

6) Сукачев В. Н. и Кушнеренко В. П. Растительность долины р. Чу. Петроград 1919.

7) Баранов В. И. Материалы по исследованию лугов Казанской губ. Казань 1915.

8) Программы ботанико-географических исследований. Составлено Ботан.-географ. подкомис. Вольного экономического общества. С.-Петербург. 1909.

9) Алехин В. Луга как зональное явление. Дневник I-го Всероссийского с'езда русских ботаников в 1921 г.

10) Шенников А. П. Из результатов исследования морфологии и изменчивости сообществ травянистой растительности. Днезник 1-го Всероссийского с'езда русских ботаников в 1921 г.

11) Ревердатто Л. Ф. Очерк растительности юго-восточной части Томской губернии. Извест. Томск. Госуд. Универ. т. 74. 1924.

# СВОДНАЯ ТАБЛИЦА

видового состава луговых сообществ №№ 1, 3, 6 7, 8, 11, 12, с указанием их встречаемости и числа их побегов на $^1/_2$ mtr $^2$.

Цифры в числителе указывает встречаемость, а в знаменателе число побегов на □ в 0,5 mtr $^2$. × обозначает вид регистрированный без определения встречаемости.

| № | НАЗВАНИЕ РАСТЕНИЙ. | №№ сообществ. | | | | | | | Примечание. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | 7 | 3 | 8 | 1 | 11 | 12 | |
| 1 | Agropyrum caninum (L.) R. et Sch | | | 50/1 | 1 | | | | |
| 2 | A. Gmelini Kryl. | | | | | 18/× | | | |
| 3 | A. repens P. B. | | 26/6 | 24/2 | | 16/× | ×/233 | | Const. |
| 4 | A. strigosum Boiss | | | | | | ×/ | ×/33 | Степной. |
| 5 | Agrostis alba L. | × | 68/22 | 40/ | 24/ | 36/× | | | Const. |
| 6 | Alopecurus pratensis L. | ×/15 | 18/ | 34/ | 4/ | 4/× | | | Const. |
| 7 | Avena pubescens L. | | | 12/ | | 10/3 | | | |
| 8 | Brachypodium pinnatum P. B. | × | 8/ | | | | | | |
| 9 | Bromus inermis Leyss | | 4/1 | | | | × | | |
| 10 | Calamagrostis arundinacea Roth | | | 4/ | 26/10 | | | | |
| 11 | C. Epigejos Roth | | | | | | ×/7 | ×/54 | |
| 12 | C. Langsdorfii (Link) Trin. | × | 6/ | | | | | | |
| 13 | Dactylis glomerata | × | 82/5 | 80/1 | 54/32 | 8/× | | | Const. |
| 14 | Digraphis arundinacea (L.) Trin. | × | | | | | | | |
| 15 | Festuca gigantea Vill. | × | | | | | | | |
| 16 | F. pratensis Huds. | | 16/ | 44/ | 44/ | 34/3 | | | Const. |
| 17 | F. rubra L. | | | 12/ | 8/ | 18/4 | | | Const. |
| 18 | Koeleria gracilis var. | | | 10/? | | 20/× | | | Степной. |
| 19 | Phleum pratense L. | × | 58/1 | 74/14 | 54/ | 44/× | | | Const. |
| 20 | Ph. Boehmeri Wibel. | | | 26/ | | 10/× | × | | |
| 21 | Phragmites communis Trin. | ×/15 | | | | | | | |
| 22 | Poa pratensis L. | | 24/4 | 22/ | 14/ | 40/20 | ×/33 | ×/115 | Const. |
| 23 | Setaria viridis P. B. | | | | | | | × | |
| 24 | Trisetum flavescens P. B. | | | 10/ | | 1/ | | | |
| 25 | Злаков не плодущих | /31 | /218 | /332 | /142 | 9/100 | /269 | /177 | |

| № | НАЗВАНИЕ РАСТЕНИЙ. | №№ сообществ. | | | | | | | Примечание. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | 7 | 3 | 8 | 1 | 11 | 12 | |
| 1 | Astragalus hypoglottis L. | | | 8\|17 | | 6\|20 | | | |
| 2 | Caragana frutex DC | | | | | 1 | ×\|9 | | |
| 3 | Lathyrus humilis Fisch | | | | | 4\|× | | | |
| 4 | L. pisiformis L. | | | 34 | 28\|4 | 10\|× | | | Const. |
| 5 | L. pratensis L. | ×\|22 | 40\|3 | 34\|11 | 20\|3 | 4\|× | | | Const. |
| 6 | Medicago plathycarpa Ledb. | × | | | | | | | |
| 7 | Onobrychis sativa Lam. | | | | | | ×\|2 | | Степной. |
| 8 | Orobus lathyroides L. | | | | 8 | 10\|× | ×\|3 | | |
| 9 | O. luteus L. | | | 6 | 4 | | | | |
| 10 | Oxytropis uralensis Pall. | | | | | 1 | | | |
| 11 | Vicia amoena Fisch. | | | | | | × | × | Степной. |
| 12 | V. Cracca L. | × | 32\|11 | 56\|2 | 36\|9 | 16\|× | × | | Const. |
| 13 | V. megalatropis Ledb. | | 24 | | | 1 | | | |
| 14 | V. sepium L. | ×\|2 | 12 | 4\|12 | 12\|6 | 1 | | | Const. |
| 15 | Vicia tenuifolia Roth | × | | | | | | | |
| 16 | Trifolium Lupinaster L. | | 66\|9 | 70\|1 | 30 | 12\|1 | ×\|13 | | Const. |
| 17 | T. pratense L. | | 36\|15 | 18 | 38\|14 | 20\|1 | | | Const. |
| 18 | T. repens L. | | 8\|1 | 52\|1 | 6 | 60\|1 | | | Const. |
| 1 | Achillea Millefolium L. | | 8 | 30 | 64\|23 | 70\|9 | ×\|9 | ×\| 6 | Const. |
| 2 | Aconitum barbatum Patr | | | | | | | × | Степной. |
| 3 | A. septentrionale Köll. | × | | | 1 | | | | |
| 4 | A. volubile Pall. | | | | 8 | | | | |
| 5 | Adenophora liliifolia Ledb | × | 4 | | 4\|2 | 1 | × | | |
| 6 | Aegopodium Podagraria L. | ×\|20 | 8 | | 34\|5 | | | | |
| 7 | Agrimonia pilosa Ledb. | × | | 1 | | | ×\|7 | × | |
| 8 | Allium lineare L | | | | | | 1 | × | |
| 9 | A. Schoenoprasum L. | | | 14\|2 | | | | | |
| 10 | Alchemilla vulgaris L. | | | 1 | | | | | |

| № | НАЗВАНИЕ РАСТЕНИЙ. | №№ сообществ. | | | | | | | Примечание. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | 7 | 3 | 8 | 1 | 11 | 12 | |
| 11 | Anchusa myosotidiflora Lehm. | | | | 30 | | | | |
| 12 | Androsace septentrionalis L. | | | | | | | × 3 | |
| 13 | Angelica silvestris L. | × | 1 | 6 | 16 | 1 | | | Const. |
| 14 | Artemisia campestris L. | | | | | | × | × 4 | Степной |
| 15 | A. Dracunculus L. | | | 1 | | | | | Степной. |
| 16 | A. laciniata Willd. | | | | | 4 | | | Степной |
| 17 | Artemisia latifolia Ledb. | | | | | | × 9 | | Степной. |
| 18 | A. macrantha Ledb. | | | | | | × 10 | | Степной. |
| 19 | A. sacrorum Ledb. | | | | | | × | × | Степной. |
| 20 | A. Siewersiana Web. | | | | | | | × | |
| 21 | A. vulgaris L. | × | | | 6 | | | | |
| 22 | Archangelica decurrens Ledb. | × | | | | | | | |
| 23 | Botrichium Lunaria Sn. | | | | 4 2 | | | | |
| 24 | Brunella vulgaris L. | | 44 3 | | 4 30 | 10 × | | | Const. |
| 25 | Bupleurum aureum Fisch. | × 1 | 88 22 | 12 | 40 9 | | | | Const. |
| 26 | Calystegia sepium R. Br. | × | | | | | | | |
| 27 | Campanula Cervicaria L. | | | | 1 2 | | | | |
| 28 | Campanula glomerata L. | | | 1 | 14 | | | | |
| 29 | C. rotundifolia L. | | | | | 10 × | | | |
| 30 | C. Steveni M. a Bieb. | | 40 32 | 10 3 | 8 | 4 × | | | Const. |
| 31 | Carex pallescens L. | | | | 14 | | | | |
| 32 | Carex sp. | × 5 | | 8 | | 26 × | | | |
| 33 | Carum Carvi L. | | | 1 | 1 | 14 × | | | Const. |
| 34 | Carlina vulgaris L. | | | | 4 | | | | |
| 35 | Centaurea Scabiosa L. | | | 4 | | 16 1 | | | |
| 36 | Cerastium vulgatum, L. | | 1 | | 10 | | | | |
| 37 | Chenopodium sp. | | | | | | | × 1 | |
| 38 | Chrysanthemum Leucanthemum L. | | 1 | 18 | 4 | 64 39 | | | Const. |
| 39 | Cimicifuga foetida L. | | | 1 | | | × | | |

| № | НАЗВАНИЕ РАСТЕНИЙ. | № № сообществ. | | | | | | | Примечание. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | 7 | 3 | 8 | 1 | 11 | 12 | |
| 40 | Cirsium heterophyllum All. . . . | | 1 | | 4 | | | | |
| 41 | Conioselinum Fischeri Wimm. et Grab. . . . . | | | | 6 | | | | |
| 42 | Crepis lyrata Fröl. . . . . | | 20 9 | | 40 11 | | | | |
| 43 | C. praemorsa Tausch. . . . . | | | | 10 | | | | |
| 44 | C. sibirica L. . . . . | × 7 | | 4 | 20 15 | | | | |
| 45 | C. tectorum L. . . . . | | | | | 1 | | | |
| 46 | Delphinium elatum L. . . . . | | | 16 1 | 10 | 6 1 | × | | Const. |
| 47 | Dianthus Seguieri Vill. . . . . | | 1 | | | 14 × | × 3 | | |
| 48 | D. superbus L. . . . . | | | 1 | 4 | 6 × | | | Const. |
| 49 | Draba nemorosa L. . . . . | | | | | | | × 33 | |
| 50 | Dracocephalum nutans L. . . . | | | | | | × | × 2 | |
| 51 | D. Ruyschiana L. . . . . | | | | | | × | | |
| 52 | Erigeron acris L. . . . . | | 4 | | | 4 × | | × | |
| 53 | Euphorbia lutescens C. A. M. . | × | 24 2 | 14 2 | 30 4 | | | | Const. |
| 54 | Euphrasia officinalis L. . . . . | | 4 | | | | × | × | |
| 55 | Filipendula hexapetala Gilib. . . | | | 52 3 | 4 | 6 × | × | × | Const. |
| 56 | F. Ulmaria Max. . . . . | × 11 | 10 5 | 16 6 | 14 | 1 | × | × | Const. |
| 57 | Fragaria collina Ehrh. . . . . | | | | | 20 × | × 3 | | |
| 58 | F. vesca L. . . . . | | | 4 | 24 6 | 12 2 | | | Const. |
| 59 | Galatella punctata Lindl. . . . | | | | | | × 9 | | Степной. |
| 60 | Galium boreale L. . . . . | × 6 | 52 10 | 72 63 | 72 9 | 18 × | × 14 | | Const. |
| 61 | G. uliginosum L. . . . . | | | 1 | 12 | | | | |
| 62 | Galium verum L. . . . . | | | 18 | 36 | 28 × | × 13 | × 9 | Const. |
| 63 | G. vernum Scop. . . . . | | | | 1 | | | | |
| 64 | Gentiana macrophylla Voll . . . | | | | | 4 × | | | |
| 65 | Geranium pratense L. . . . . | × | | 1 | 4 | 10 × | × | | Const. |
| 66 | G. pseudo-sibiricum J. Mey. . . | | 62 34 | 6 | 48 4 | | × | × | Const. |
| 67 | G. sibiricum L. . . . . | | | | | 8 × | | | |
| 68 | G. sylvaticum L. . . . . | | | 10 | 6 | | | | |

| № | НАЗВАНИЕ РАСТЕНИЙ. | №№ сообществ. | | | | | | | Примечание. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | 7 | 3 | 8 | 1 | 11 | 12 | |
| 69 | Geum strictum Ait. | | | | | 36 × | | × | |
| 70 | Gnaphalium sylvaticum L. | | 4 | | 10 | | | | |
| 71 | Gymnadenia conopsea K. Br. | | | | 1 | | | | |
| 72 | Gypsophyla altissima L. | | | | | | × | × 3 | Степной. |
| 73 | Heracleum dissectum Ledb. | × 1 | 14 | 28 | 1 | 1 | × | | Const. |
| 74 | Hemerocallis flava L. | | | 12 | 22 2 | | × | | |
| 75 | Hieracium echioides Waldst et Kit. | | | | | | | × | Степной. |
| 76 | H. umbellatum L. | × | 70 15 | 38 | 60 11 | 1 | × 5 | × 1 | Const. |
| 77 | Hypochaeris maculata L. | | | 40 | 42 13 | 4 × | | | Const. |
| 78 | Hypericum perforatum L. | | 4 | | 22 3 | | | | |
| 79 | Inula salicina L. | | | 4 3 | 26 | 1 | × 2 | | Const. |
| 80 | Iris ruthenica Ait. | | | | 26 15 | | × 20 | | |
| 81 | Libanotis montana All. | | | 6 | 4 | 14 × | × 5 | × 1 | Const. Степной. |
| 82 | Ligularia glauca O. Hoffm. | | | | 14 | | | | |
| 83 | L. sibirica Cass. | × 12 | | | | | | | |
| 84 | Lilium Martagon L. | | | 6 | 8 | 1 | | | Const. |
| 85 | Linaria vulgaris Mill. | | | | | | × | × | |
| 86 | Luzula campestris DC. | | | | 10 17 | 1 | | | |
| 87 | L. pilosa Willd. | | | 1 | | | | | |
| 88 | Lychnis pratensis Spreng. | | | | 10 | 1 | × | | |
| 89 | Lysimachia vulgaris L. | × | | | 4 | | | | |
| 90 | Lithospermum officinale L. | | | | | | | × | |
| 91 | Myosotis sparsiflora Mik. | | | | | 14 1 | | | |
| 92 | Myosotis sp. | | 50 2 | 4 | 18 12 | | | | Const. |
| 93 | Nepeta Glechoma Benth. | | 4 6 | 1 | | 38 8 | | | Const. |
| 94 | N. nuda L. | | | | | | | × | Степной. |
| 95 | Odontites rubra Pers. | | | | 1 | | × | × 1 | |
| 96 | Orchis sp. | | 1 | | | | | | |
| 97 | Origanum vulgare L. | × | 16 | | 48 14 | | | | |

| № | НАЗВАНИЕ РАСТЕНИЙ. | №№ сообществ. | | | | | | | Примечание. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | 7 | 3 | 8 | 1 | 11 | 12 | |
| 98 | Pedicularis comosa L. | | 38\|5 | 1 | 6 | 10\|× | | | Const. |
| 99 | Peucedanum officinale L. | | | | | | ×\|4 | | Степной. |
| 100 | Phlomis tuberosa L. | × | | 34 | 18 | 6\|× | 6 | | Const. |
| 101 | Plantago media L. | | 10 | 16\|1 | 1 | 52\|39 | | | Const |
| 102 | P. media L. var. Urvilleana | | | | | | ×\|1 | ×\|1 | |
| 103 | Pleurospermum uralense Hoffm. | × | 1 | 1 | | 1 | | | Const. |
| 104 | Polemonium coeruleum L. | | | 1 | | | | | |
| 105 | Polygonum alpinum All. | | 36 | 8\|7 | 26\|11 | 1 | ×\|1 | ×\|3 | Const. |
| 106 | Polygonum Bistorta L. | | 12 | 26\|1 | 18 | 1 | | | Const. |
| 107 | Polygala comosa L. | | | 1 | 6 | 10\|× | | | Const. |
| 108 | Polygonatum officinale All. | | | 76\|17 | 28 | 14\|× | ×\|10 | × | Const. |
| 109 | Potentilla argentea L. | | | | | 44\|51 | | | |
| 110 | P. chrysantha Trev. | | | 50\|2 | | 46\|? | | | |
| 111 | P. flagellaris L. | | | | 30 | 22\|× | × | × | Степной. |
| 112 | P. fruticosa L. | | | | | 1 | | | |
| 113 | P. sibirica | | | | | | × | ×\|1 | Степной |
| 114 | P. viscosa Don. | | | | | | ×\|1 | ×\|4 | Степной. |
| 115 | Primula cortusoides L. | | | 1 | | | | | |
| 116 | Ptarmica impatiens DC. | × | 80\|19 | 52\|8 | 50\|1 | | | | Const. |
| 117 | Pulmonaria molissima Kern. | ×\|3 | 22\|3 | 42\|3 | 32 | 8\|× | | | Const. |
| 118 | Pulsatilla patens Mill. | | | | | 14\|× | ×\|9 | | |
| 119 | Pimpinella Saxifraga L. | | | 26 | | 50\|55 | | | |
| 120 | Ranunculus auricomus L. | | | 18 | 12 | | | | |
| 121 | R. polyanthemos L. | | 44\|5 | 32\|2 | 40\|29 | 56\|8 | | | Const. |
| 122 | Rhinanthus Crista Galli L. | | | 4 | 14 | 40\|68 | | | Const. |
| 123 | Rosa acicularis Lindl. | | | | | | | ×\|1 | |
| 124 | R. cinnamomea L. | | | | | | × | | |
| 125 | Rubus saxatilis L. | | | 1 | 12 | | | | |
| 126 | Rumex Acetosa L. | | | 24\|5 | | 32\|8 | × | | |

| № | НАЗВАНИЕ РАСТЕНИЙ. | №№ сообществ. | | | | | | | Примечание. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | 7 | 3 | 8 | 1 | 11 | 12 | |
| 127 | R. crispus L. . . . . | | | | 1 | | | | |
| 128 | Sanguisorba officinalis L. . . . . | × | 36 | 60\|7 | 46 | 20\|× | ×\|1 | | Const. |
| 129 | Scutellaria galericulata L. . . . | | | | | 1 | | | |
| 130 | Sedum hybridum L. . . . . | | | | | | × | ×\|11 | |
| 131 | S. purpureum Link. . . . . | | 1 | | | | × | | |
| 132 | Serratula coronata L. . . . . | | | | 6 | | | | |
| 133 | Silene inflata Smith. . . . . | × | 18 | | | | | | |
| 134 | S. nutans L. . . . . | | | | | 10\|× | ×\|4 | | |
| 135 | S. repens Patr. . . . . | | | 4 | \|7 | | × | × | |
| 136 | Solidago Virga aurea L. . . . . | | 4\|3 | 30\|11 | 76\|28 | 4\|× | | | Const. |
| 137 | Stellaria graminea L. . . . . | | | 4 | 1 | 32\|× | | | Const. |
| 138 | Tanacetum vulgare L. . . . . | × | 52\|7 | 8\|2 | 8 | 1 | | | Const. |
| 139 | Taraxacum officinale Wigg. . . . | | 1\|2 | 6 | 24\|6 | 12\|× | | | Const. |
| 140 | Thalictrum minus L. . . . . | | 44\|7 | 21\|1 | 38\|4 | 6\|× | ×\|2 | × | Const. |
| 141 | Th. simplex L. . . . . | × | | 10\|3 | 6 | 4\|× | | | Const. |
| 142 | Thesium refractum C. A. M. . . | | | | | | × | | Степной. |
| 143 | Tragopogon orientalis . . . . . | | | 4 | 18\|9 | 12\|× | | | Const. |
| 144 | Trollius asiaticus C. A. M. . . . | | | 52\|4 | 70\|4 | | | | |
| 145 | Veratrum album L. . . . . | | | | | 1 | | | |
| 146 | V. nigrum L. . . . . | | 8 | 8 | 6 | 6\|× | × | | Const. |
| 147 | Veronica longifolia L. . . . . | ×\|3 | 8 | 4 | | 1 | | | Const. |
| 148 | V. spicata L. . . . . | | | | | 1 | × | × | |
| 149 | V. spuria L. . . . . | | | | | 6\|× | × | × | |
| 150 | Veronica Teucrium L. . . . . | | | 32\|4 | | 34\|26 | × | | |
| 151 | Viola arenaria DC. . . . . | | | 4 | | 48\|10 | | | |
| 152 | V. canina L. . . . . | | | | | 8\|× | ×\|1 | | |
| 153 | V. dissecta Ledb. . . . . | | | | | | | × | |
| 154 | V. elatior Fries. . . . . | | 74\|30 | 34\|6 | 86\|17 | | | | Const. |
| 155 | V. hirta L. . . . . | | | | 14\|7 | 10\|× | | | |

| № | НАЗВАНИЕ РАСТЕНИЙ. | №№ сообществ. | | | | | | | Примечание. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | 7 | 3 | 8 | 1 | 11 | 12 | |
| 156 | V. pratensis Mert et Koch. . . . | | | | | | ×\|1 | | Степной. |
| 157 | V. uniflora L. . . . . | | | 20\|1 | 10\|3 | | | | |
| | Equisetum arvense L. . . . . | | | | 4\| | 12\|× | | | |
| | E. pratense Shrh. . . . . | ×\|3 | 100\|94 | 100\|36 | 90\|31 | 86\|40 | × | | Const. |
| | E. silvaticum L. . . . . | ×\|2 | 6\|1 | | 20\| | | | | |
| | Общее количество видов участка (Q) . . . . . | 44 | 62 | 96 | 105 | 101 | 64 | 43 | |
| | Общее количество видов на элем площ. (q) . . . . . | — | 16 | 20 | 22 | 16 | — | — | |
| | Общее количество побегов на 1/2 mtr² (□) . . . . . | 153 | 694 | 587 | 569 | 504 | 503 | 293 | |
| | Константных видов . . . . . | — | 44 | 64 | 60 | 58 | — | — | |

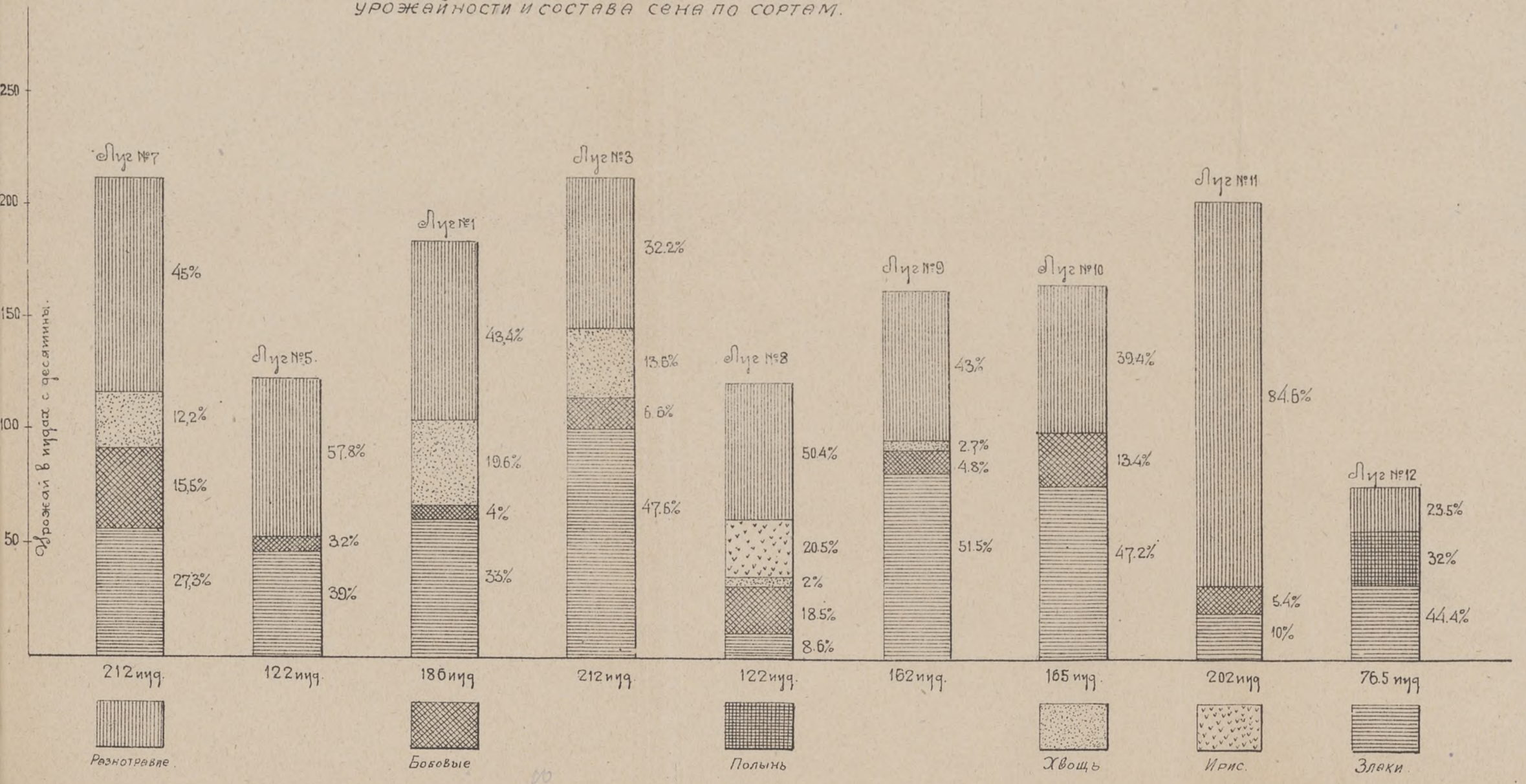
Таблица № 3.

| №№ обследов. уч | Название пункта. | | Анализ по весовому методу на ½ mtr. Абсол. весов. колич. состав. част. Всего с ½ mt. | Злаки. | Бобовые. | Разнотравие | Хвощи | Ирис + гемерокалис | Полынь. | Составные части в % Злаки. | Бобовые. | Разнотравие | Хвощи | Ирис/гемерокалис. | Полынь. | Возможный укос на 1 десят. пудов. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | осоки | | | | | | осоки | | |
| 1 | Окр. Кузнецка Заливной луг | сырой | 457 | 118 | 25 | 222 | 80 | 12 | — | 28,8 | 5,7 | 48,2 | 17,5 | 2,8 | — | 186 |
| | | сухой | 186 | 61,5 | 7,5 | 76,2 | 36,7 | 4,5 | — | 33,0 | 4,0 | 41,0 | 19,6 | 2,4 | — | |
| | | усушка | 271 | 56,5 | 17,5 | 145,8 | 43,3 | 7,5 | — | 47,0 | 70,0 | 65,6 | — | — | — | |
| 3 | Окр. д. Сидоровой На острове, заливной луг | сырой | 502 | 199 | 34 | 194 | 75 | — | — | — | — | — | — | — | — | 212 |
| | | сухой | 212 | 101 | 14 | 68,5 | 29 | — | — | 47,6 | 6,6 | 32,2 | 13,6 | — | — | |
| | | усушка | 290 | 98 | 20 | 125,5 | 46 | — | — | 49,2 | 58,2 | 64,6 | — | — | — | |
| 5 | Ниже Нарыка лев. бер. Полузаливной луг | сырой | 315,7 | 117 | 11,7 | 187 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 123 |
| | | сухой | 123 | 48 | 4 | 71 | — | — | — | 39,0 | 3,2 | 57,8 | — | — | — | |
| | | усушка | 192,7 | 69 | 7,7 | 116 | — | — | — | 59,1 | 65,8 | 62,0 | — | — | — | |
| 7 | Заимка Богданова Заливной луг близ тайги | сырой | 490 | 112 | 75 | 233 | 70 | — | — | 22,8 | 15,3 | 47,2 | 14,7 | — | — | 212 |
| | | сухой | 212 | 58 | 33 | 95 | 26 | — | — | 27,3 | 15,5 | 45,0 | 12,2 | — | — | |
| | | усушка | 278 | 54 | 42 | 138 | 44 | — | — | 48,2 | 57,3 | 59,2 | — | — | — | |
| 8 | д. Ажидарово. Суходольн. луг | сырой | 320,5 | 26 | 49 | 131,5 | 6 | Iris 58 | — | 8,1 | 15,5 | 56,5 | 1,8 | Iris 18,1 | — | 122 |
| | | сухой | 122,0 | 10,5 | 22,5 | 61,5 | 2,5 | 25 | — | 8,6 | 18,5 | 50,4 | 2.0 | 20,5 | — | |
| | | усушка | 193,5 | 15,5 | 26,5 | 120,0 | 3,5 | 33 | — | 59,6 | 54,0 | 66,1 | — | — | — | |
| 9 | Там же Более низкие места в полянах | сырой | 394 | 164 | 16 | 202 | 12 | — | — | 41,6 | 4,1 | 51,3 | 3 | — | — | 162 |
| | | сухой | 162 | 83,5 | 8 | 68 | 4,5 | — | — | 51,5 | 4,8 | 43,2 | 2,7 | — | — | |
| | | усушка | 232 | 80,5 | 8 | 134 | 7,5 | — | — | 49,0 | 50,0 | 66,3 | — | — | — | |
| 10 | Между Змеинкой и Кр. Яром. Лесной суходольн. луг | сырой | 459 | 199 | 58 | 202 | — | — | — | 43,3 | 12,6 | 44,1 | — | — | — | 165 |
| | | сухой | 165 | 78 | 22 | 65 | — | — | — | 47,2 | 13,4 | 34,4 | — | — | — | |
| | | усушка | 294 | 121 | 36 | 137 | — | — | — | 60,8 | 62,0 | 67,8 | — | — | — | |
| 11 | Ниже с. Шевели. Степной луг | сырой | 439 | 42 | 19 | 378 | — | — | — | 9,5 | 4,3 | 86,2 | — | — | — | 202 |
| | | сухой | 202 | 20 | 11 | 171 | — | — | — | 10,0 | 5,4 | 84,6 | — | — | — | |
| | | усушка | 237 | 22 | 8 | 207 | — | — | — | 52,3 | 42,1 | 54,7 | — | — | — | |
| 12 | Там же. Более сухой (выкашив.) | сырой | 159 | 56 | — | 48 | — | — | 55 | 35,2 | — | 30,2 | — | — | 34,6 | 76,5 |
| | | сухой | 76,5 | 34 | — | 18 | — | — | 24,5 | 44,5 | — | 23,5 | — | — | 32,0 | |
| | | усушка | 82,5 | 22 | — | 30 | — | — | 30,5 | 39,4 | — | 62,5 | — | — | — | |

К работе В.В. Ревердатто.
„Луговая растительность р. Томи"

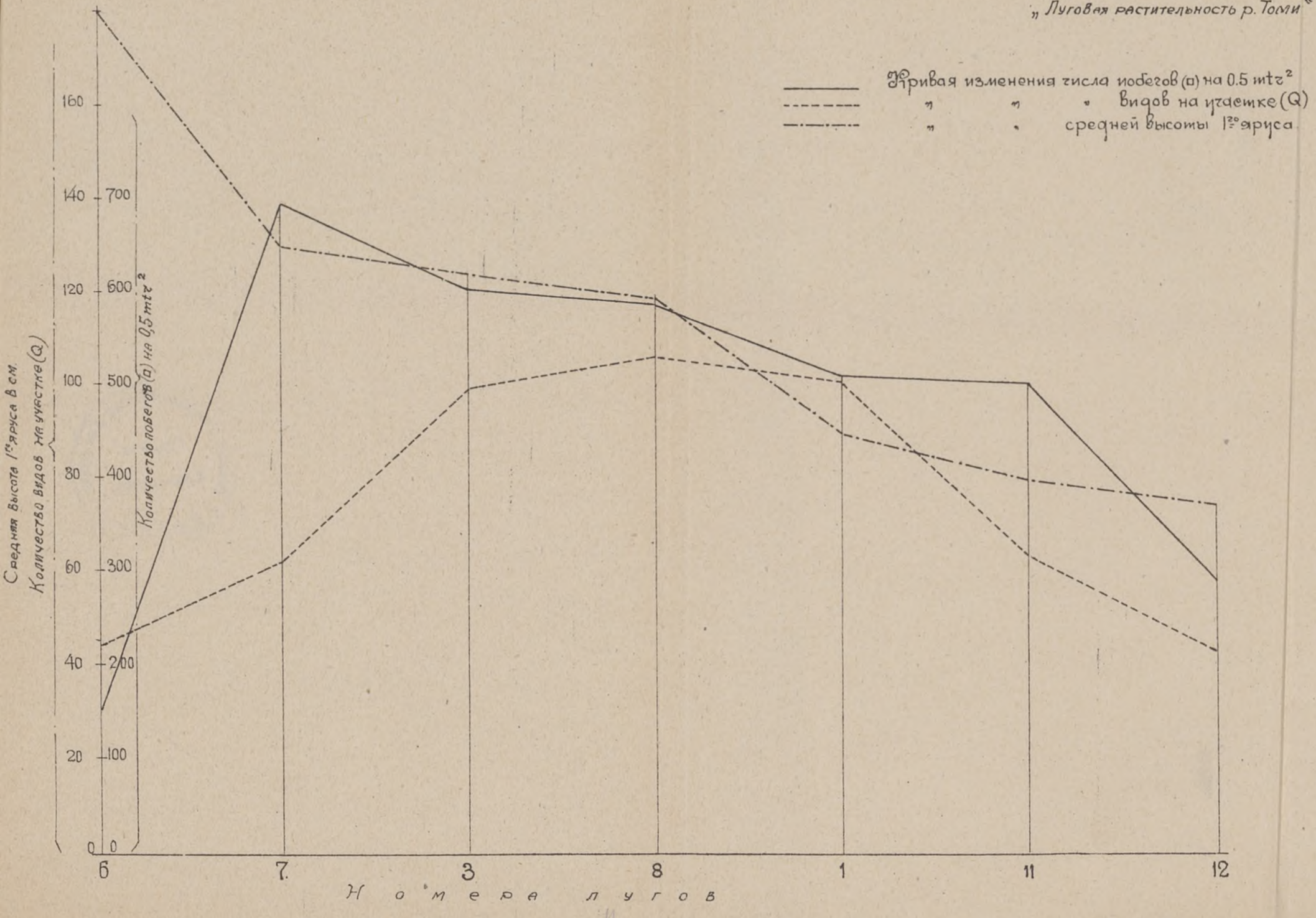
# Диаграма № 1.

УРОЖАЙНОСТИ И СОСТАВА СЕНА ПО СОРТАМ.



# Таблица № 2

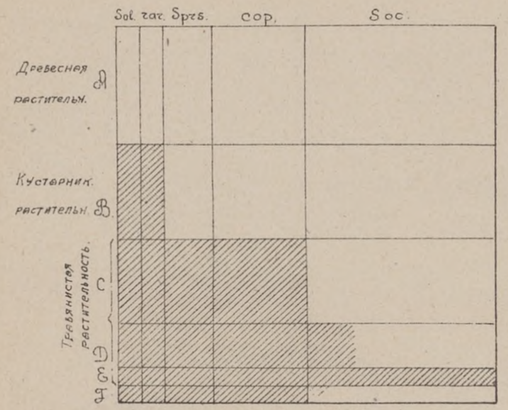
К работе В.В. Ревердатто
„Луговая растительность р. Томи"



К работе ВВ. Ревердатто.

# Таблица №4.

## Луг №1.

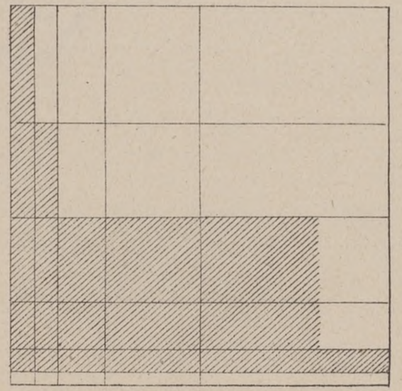



Salix (группы)

Phleum pratense, Festuca pratensis, Pimpinella saxifraga.

Chrysanthemum Leucanthemum, Achillea Millefolium. Equisetum pratense, Trifolium repens. (листья злаков)

## Луг №3.



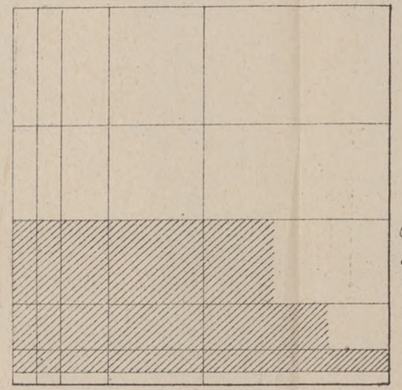
Betula verrucosa.

Salix

Dactylis glomerata, Phleum pratense.

Polygonatum officinale, galium boreale, Sanguisorba officinalis (листья) Equisetum pratense, (листья злаков)

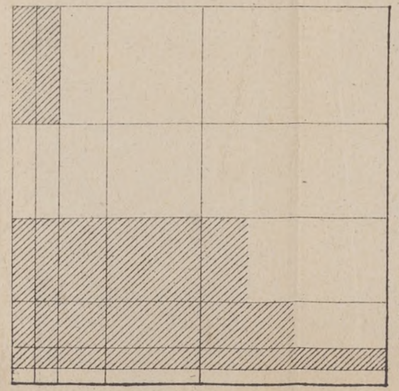
## Луг №7.



Dactylis glomerata, Phleum pratense, Tanacetum vulgare, Sanguisorba officinalis.

Hieracium umbellatum, Ptarmica impatiens, Agrostis alba, geranium pseudo-sibiricum Equisetum pratense, Viola elatior, злаки подсад.

## Луг №8

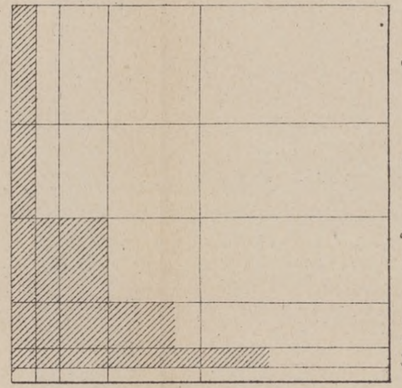


Betula verrucosa

Dactylis glomerata, Sanguisorba officinalis, galium verum. Festuca pratensis.

Trollius asiaticus, Ptarmica impatiens, Ranunculus polyanthemos, galium boreale Equisetum pratense, Brunella vulgaris. Злаковый подсад.

## Луг №11.



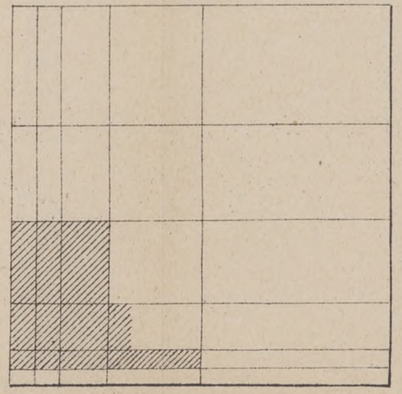
Betula verrucosa

Rosa cinnamomea, (низкие единичные кустики)

Libanotis montana, Peucedanum officinale, Thalictrum minus.

Galatella punctata, galium verum; g. boreale, Pulsatilla patens. Злаковый подсад, Iris ruthenica.

## Луг №12.



Artemisia compestris, Agropyrum strigosum, galium verum.

Poa pratensis, Hieracium umbellatum злаки подсад

В. Д. Кузнецов и М. А. Большанина.

# Уменьшение силы электрического тока, проходящего через керосин при его движении параллельно электродам.

Одним из нас [1]) теоретически рассмотрен вопрос о прохождении электричества через жидкий диэлектрик, движущийся параллельно электродам, и получена зависимость между силой тока $i_v$ при движении жидкости со скоростью $v$, силой пока $i_0$ в покоющейся жидкости, скоростью $c$ и вязкостью $\eta$. Оказалось, что при движении со скоростью $v$ происходит относительное у м е н ь ш е н и е силы тока, равное:

$$\frac{\Delta i}{i_0}=\frac{\beta v}{b}\left(1-e^{-\frac{b}{\beta v}}\right), \qquad (1)$$

где $\Delta i=i_v-i_0$, $b$ — ширина электрода по направлению движения и

$$\beta=\frac{m}{k^2\eta},$$

некоторый коэффициент, зависящий от массы $m$ иона, вязкости жидкости $\eta$ и от некоторой величины $k^2$, характеризующей сопротивление, которое испытывает ион при движении внутри жидкости и зависящей от формы и размеров иона

При выводе этой формулы были сделаны следующие допущения: 1) при стационарном равномерном движении жидкого диэлектрика все ионы целиком увлекаются струями, т. е. кроме собственного беспорядочного движения, подобного Броуновскому движению, они имеют вместе с жидкостью поступательное движение со скоростью $v$; 2) движущийся ион встречает со стороны молекул жидкости сопротивление, которое пропорционально первой степени скорости иона и коэффициенту внутреннего трения; 3) коэффициент рекомбинации $\alpha=0$, т. е. практически рекомбинация не происходит; 4) число ионов в 1 см³ в различных частях диэлектрика одинаково и не изменяется с течением времени, т. е. сила тока подчиняется закону Ома.

Итак, мы должны были ожидать, что в жидких диэлектриках, для которых $\alpha$ очень мало, при не слишком высоких потенциалах, когда справедлив закон Ома, изменение силы тока при движении диэлектрика пропорционально силе тока и находится в более сложной зависимости от скорости $v$.

Можно высказать сомнение в правильности предположения, что сопротивление при движении иона пропорционально первой степени его скорости, а также коэффициенту внутреннего трения жидкости. Однако, как это указано в цитированной выше работе, формула Стокса является, повидимому, справедливой для сколь угодно малых частиц, без ограничения радиуса, и многократно применялась в ионной теории, давая хорошие результаты. Экспериментальное подтверждение вышеприведенной форму-

---

[1]) В. Д. Кузнецов. Влияние движения жидкого диэлектрика на его электропроводность. Изв. Томского Унив. 72 (1923)

лы было бы прекрасным доказательством применимости формулы Стокса к тяжелым ионам в диэлектрической жидкости.

Цель настоящей работы: экспериментальная проверка теоретической формулы (1).

Для измерения силы тока мы пользовались методом Бронсона[1]). На черт. 1 изображена схема нашей установки. Здесь: ММ—электрофорная машина Фосса, L—батарея из шести лейденских банок на изолирующих подставках, P—парафиновый переключитель с четырьмя лунками, наполненными ртутью, для изменения направления тока в измерительном конденсаторе, К—измерительный конденсатор (подробно описан ниже) с электродами А и В, ЕВ—электрометр Брауна для высокого напряжения, от фирмы Гюнтер и Тегетмейер в Брауншвейге, с аттестатом, Е—квадрантный электрометр Долежалека от фирмы Пай и К-о в Кэмбридже (Pye & Co), R—большое сопротивление и В—батарея элементов Pt—вода—Zn.

В предварительных опытах мы применяли гальванометрический метод, но он оказался мало чувствительным.

Источником разности потенциалов нам служила электрофорная машина, кондукторы которой были соединены с внутренней и наружной обкладками батареи лейденских банок, изолированных от стола при помощи эбонитовых пластинок. Банки служили для того, чтобы легче было поддерживать постоянство разности потенциалов. Для сохранения неизменной разности потенциалов приходилось время от времени поворачивать круг машины на долю окружности. Чем суше был воздух в лаборатории, тем легче было поддерживать напряжение. Потенциал заряженного электрода измерительного конденсатора определялся электрометром Брауна с делениями на градусы.

На черт. 2 изображен измерительный конденсатор. Кристаллизатор $K_1$ диаметром 17·5 см был приклеен смолкой к деревянной тарелке M, которая была насажена на ось зубчатого колеса Z, приводимого во вращение при помощи бесконечного винта W, соединенного короткой резиновой муфтой с осью электромотора. Внутри кристаллизатора $K_1$ был поставлен концентрически другой кристаллизатор $K_2$ диаметром 10·9 см. Чтобы кристаллизатор $K_2$ не мог смещаться при вращении, в него была насыпана свинцовая дробь. Скорость шунтового электромотора могла регулироваться при помощи двух реостатов: 1) с подвижным контактом, введенного в цепь якоря и 2) лампового, введенного в шунт.

Электродами служили две медных пластинки А и В шириною 1·0 см. и длиною 3·0 см. Они были укреплены на расстоянии 0·8 см друг от друга в особой эбонитовой пластинке P, прикрепленной к неподвижной подставке T. Пластинка P состояла из двух частей, скрепляемых друг с другом винтом. В одной части были сделаны желобки, в которые вставлялись отчасти спиленные круглые стерженьки; к их концам были припаены проволоки *a* и *в*, несущие на своих концах электроды. Эти проволоки были покрыты шеллаком, чтобы устранить возможное увеличение силы тока вследствие небольшого поднятия жидкости у электродов при вращении кристаллизатора. Электроды помещались достаточно глубоко, чтобы понижение жидкости между ними, происходящее при больших скоростях, вследствие центробежной силы, не могло оказывать влияния.

Одна пара квадрантов электрометра была отведена к земле, а другая соединялась через переключитель $P_2$ (черт. 1) или с землей или с электро-

[1]) Bronson. Phil. Mag. 11. 143 (1906).

дом A, который, кроме того, был соединен с землей через большое сопротивление R. В качестве сопротивления R мы пользовались графитовой чертой, проведенной на эбонитовой пластинке, между двумя клеммами. Чувствительность метода регулировалась изменением длины и ширины этой черты.

Если обозначим через V потенциал на электроде A, то сила тока i, протекающего через измерительный конденсатор выразится через

$$i=\frac{V}{R}$$

Так как R остается неизменным, то потенциал V, вызывающий отклонение стрелки гальванометра, служит мерой силы тока i. При небольших углах отклонения стрелки можно считать, что отклонение—разность отсчетов по шкале—пропорционально силе тока i.

Можно было ожидать, что при движении жидкости между электродами, эти последние электризуются трением. Этобы исключить влияние электризации, ток через диэлектрик пропускался то в одном, то в обратном направлении, и за меру силы тока принималась разность отсчетов. При такой постановке, добавочный потенциал, получаемый электродом A от электризации трением, исключается. В самом деле, если V—потенциал электрода A и X—добавочный потенциал, то общий потенциал в случае положительного V будет V+X, а в случае отрицательного V будет —V+X, где X имеет какой угодно, но неизменный в обоих случаях знак; разность отсчетов даст 2 V и электризация будет исключена.

Что же касается силы тока i, от величины которого зависит $\Delta$ i, то электризация на нее не может оказывать влияния, так как оба электрода электризуются одноименно и добавочного поля не получается. Однако все это справедливо, если нет униполярной проводимости. В нашем случае электроды были совершенно одинаковы и униполярности не могло быть.

При дальнейших исследованиях мы убедились, что электризация трением ничтожно мала. Не прилагая разности потенциалов, мы заставляли жидкость двигаться, при чем электрод A был соединен с электрометром, а электрод B с землей, тогда оказывалось, что стрелка электрометра приходила только в колебательное движение около положения равновесия.

Поэтому, мы в наших окончательных наблюдениях не изменяли направление поля, а ограничивались только тем, что время от времени наблюдали нулевое положение стрелки электрометра.

Об'ектом исследования нам служил продажный керосин, который нами был только профильтрован. Нам пришлось в силу необходимости взять этот, неопределенный по составу диэлектрик, так как у нас не было в достаточном количестве другого.

Было произведено несколько серий наблюдений. В одних исследовалось влияние скорости на уменьшение силы тока при неизменном напряжении, в других, при неизменной скорости, находилась зависимость между силой тока и разностью потенциалов.

Теоретическая формула выведена в предположении, что жидкость движется поступательно параллельно электродам, в наших же опытах жидкость вращалась. Однако, принимая во внимание что расстояния электродов от оси вращения были сравнительно велики—они равнялись

7·7 и 8·4 см., т. е. среднее расстояние равнялось 8·0 см.,—можно считать движение ионов поступательным со средней скоростью.

$$v = 2\pi R \cdot \frac{1}{T} = \frac{50{\cdot}2}{T} \frac{\text{см.}}{\text{сек.}}$$

где T—время одного оборота.

Как известно, проводимость не очищенного жидкого диэлектрика зависит от целого ряда побочных обстоятельств, которые трудно учесть. В течение двух месяцев мы старались устранить эти побочные влияния и в конце концов нам удалось свести их до минимума. Несмотря на это, все-таки наши опыты не могут претендовать, по техническим условиям, на большую точность.

Следующие обстоятельства оказывали влияние на точность наших наблюдений.

1. Отсутствие батареи аккумуляторов высокого напряжения заставило нас воспользоваться электрофорной машиной, у которой невозможно было, несмотря на батарею лейденских банок, поддерживать один и тот же потенциал. Изменения потенциала вызывали колебания стрелки электрометра и делали невозможным производить точные отчеты по шкале. Приходилось брать некоторое среднее из отчетов, которые иногда могли быть случайными.

2. Потенциал, даваемый машиной, измерялся электрометром Брауна у которого одно деление между 40° и 50° шкалы соответствует 100 вольтам, а между 50° и 60°—120 вольтам; если удавалось поддерживать потенциал с точностью до $^1/_2$ деления, то ошибка составляла около $\frac{50}{3500} 100 = 1{\cdot}5\%$ всего потенциала.

3. Вследствие отсутствия в физическом кабинете металлической комнаты для электростатической защиты электрометра и измерительного конденсатора с проводниками, не была исключена возможность внешних электрических влияний, неблагоприятно влияющих на результаты.

4. Сила тока в жидком диэлектрике вообще убывает с течением времени. Закон убывания сложен и зависит от приложенной разности потенциалов и от „электрической" истории диэлектрика. Мы приближенно принимали, что убывание тока пропорционально времени. Сила тока наблюдалась в покоющейся жидкости до и после опытов и затем вводились соответствующие поправки. Можно было бы найти закон изменения силы тока с течением времени и по нему вводить соответствующие поправки, чтобы привести значение $i_0$ к тому моменту, в который наблюдался ток $i_v$, но тогда пришлось бы поддерживать один и тот же потенциал в течение всей серии опытов, а не исследовать зависимость силы тока от скорости при различных потенциалах, что было бы менее убедительно.

5. При движении жидкости происходит ее перемешивание, тем большее, чем больше скорость. При спокойном состоянии жидкости, различные посторонние вещества, в виде взвешенных пылинок, постепенно оседают на дно, а при движении они снова поднимаются. Это, конечно, влияет на проводимость, а, следовательно, и на точность результатов.

6. Скорость вращения электромотора не оставалась постоянной, вследствие колебаний напряжения в осветительной цепи. Изменение скорости влияло на отклонение электрометра. Чтобы учесть неравномерность вращения кристаллизатора, во время наблюдений определялся секундомером тот промежуток времени, в течение которого кристаллизатор совершал 10 оборотов.

Несмотря на ряд недостатков все же наши опыты дали совершенно определенные результаты. В различных сериях мы пользовались различными чувствительностями метода, изменяя толщину и длину графитовой черты, и получили различные отклонения стрелки электрометра. Однако результаты отдельных серий совпадали не только качественно, но приблизительно и количественно. Это привело нас к убеждению, что результаты наших опытов не являются случайными, а выражают явление.

Как пример полученных результатов, ниже мы приводим три таблицы наблюдений. Первые две таблицы относятся к одной и той же серии наблюдений, а III таблица относится к другой серии.

Таблица I дает зависимость силы тока в неподвижном керосине от приложенной разности потенциалов. Графически эта зависимость изображена кривой v=o на черт. 3.

ТАБЛИЦА I.

| | Покой до опытов. | | | Покой после опытов. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вольты. | Отсчет. | Нуль. | $i'_0$. | Отсчет. | Нуль. | $i''_0$. |
| 1120 | 26·25 | 24·15 | 2·10 | 26·20 | 24·10 | 2·10 |
| 1630 | 27·05 | „ | 2·90 | 26·95 | „ | 2·85 |
| 2280 | 28·20 | „ | 4·05 | 27·85 | „ | 3·75 |
| 3010 | 29·40 | „ | 5·25 | 28·65 | „ | 4·55 |
| 4030 | 30·80 | „ | 6·65 | 30·10 | „ | 5·40 |

Из этой таблицы видно, что сила тока убывает с течением времени значительно только при больших напряжениях. Приблизительно до 2500 вольт сила тока пропорциональна разности потенциалов.

Таблица II дает зависимость силы тока $i_v$ в движущемся керосине от приложенной разности потенциалов при различных скоростях. В ней символ $i_0$ (прив.) обозначает приведенную силу тока $i_0$ в неподвижном керосине к тому моменту, в которой наблюдался ток $i_v$. Здесь же приведены значения: $\Delta i$: $i_0$ (прив.). На черт. 3 изображены зависимости силы тока от разности потенциалов при различных скоростях $v$ см/сек движения керосина.

ТАБЛИЦА II.

| Скорость V см. сек. | Вольты. | Отсчет. | Нуль. | $i_v$. | $i_0$ прив. | $\Delta i = i_0$ прив. $- i_v$. | $\Delta i / i_0$ прив. | Скорость средняя. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16·4 | 1120 | 25·15 | 24·15 | 1·00 | 2·10 | 1·10 | 0·52 | |
| | 1630 | 25·25 | „ | 1·40 | 2·90 | 1·50 | 0·52 | |
| | 2280 | 26·15 | „ | 2·00 | 4·03 | 2·03 | 0·48 | 16·6 |
| | 3010 | 27·10 | „ | 2·95 | 5·23 | 2·28 | 0·43 | |
| 16·7 | 4030 | 28.30 | „ | 4·15 | 6·61 | 2·46 | 0·37 | |

| Скорость $V\frac{см.}{сек.}$ | Вольты. | Отсчет. | Нуль. | $i_v$ | $i_0$ прив. | $\Delta i = i_0$ прив. $- i_v$ | $\Delta i/i_0$ прив. | Скорость средняя. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26·4 | 1120 | 24·85 | 24·15 | 0·70 | 2·10 | 1·40 | 0·67 | |
| | 1630 | 25·22 | „ | 1·07 | 2·90 | 1·83 | 0·63 | |
| 27·1 | 2280 | 25·70 | „ | 1·55 | 4·00 | 2·45 | 0·61 | 26·8 |
| | 3010 | 26·35 | „ | 2·20 | 5·20 | 3·00 | 0·57 | |
| | 4030 | 27·30 | „ | 3·15 | 6·56 | 3·41 | 0·52 | |
| 40·1 | 1120 | 24·80 | 24·15 | 0·65 | 2·10 | 1·45 | 0·69 | |
| | 1630 | 25·00 | „ | 0·85 | 2·90 | 2·05 | 0·70 | |
| | 2280 | 25·40 | „ | 1·25 | 3·98 | 2·73 | 0·68 | 40·8 |
| | 3010 | 25·90 | „ | 1·75 | 5·13 | 2·43 | 0·66 | |
| 41·1 | 4030 | 26·90 | „ | 2·75 | 5·30 | 3·55 | 0·56 | |

Наконец, таблица III дает зависимость силы тока в движущемся керосине от разности потенциалов при одной и той же скорости.

ТАБЛИЦА III.

| | ПОКОЙ. | | | ДВИЖЕНИЕ. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вольты. | Отсчет. | Нуль. | $i_0$. | Отсчет. | Нуль. | $i_v$. | $\Delta i = i_0 - i_v$. | $\frac{\Delta i}{i_0}$. |
| +1120 | 25·70 | 24·00 | 1·70 | 24·60 | 24·00 | 0·60 | 1·10 | 0·65 |
| 1630 | 26·20 | „ | 2·20 | 24·70 | „ | 0·70 | 1·50 | 0·68 |
| 2280 | 26·80 | „ | 2·80 | 24·90 | „ | 0·90 | 1·90 | 0·68 |
| 3010 | 27·50 | „ | 3·50 | 25·20 | „ | 1·20 | 2·30 | 0·66 |
| 4030 | 28·30 | „ | 4·30 | 25·60 | „ | 1·60 | 2·70 | 0·63 |
| 5240 | 30·00 | „ | 6·00 | 26·30 | „ | 2·30 | 3·70 | 0·62 |

Черт. 4 дает зависимость между абсолютным умельшением силы тока $\Delta i$ и скоростью движения $v$ при различных разностях потенциалов.

Рассматривая таблицы, мы приходили к заключению, что качественно теория вполне подтверждается, т. е. сила тока при движении жидкости убывает и убывает тем сильнее, чем больше скорость. При одной и той же скорости движения умельшение силы тока зависит от напряжения.

Однако более детальное количественное изучение результатов наблюдений показывает, что явление происходит несколько сложнее, чем предполагает теория. Это вполне понятно, так как в диэлектрике такого

неопределенного состава, как керосин, и при том совершенно неочищенный, трудно ожидать полной определенности явления. Здесь играет роль, как уже было указано выше, целый ряд побочных, иногда случайных, обстоятельств.

Прежде всего, мы замечаем, что отношение $\frac{\Delta i}{i_0}$ не остается постоянным при одной и той же скорости, а убывает с повышением напряжения. Это можно об'яснить отступлением от закона Ома. Сила тока пропорциональна разности потенциалов приблизительно до 2500 вольт, следовательно, только до этого напряжения остается справедливой теория. Когда же закон Ома перестает быть верным, изменение силы тока $\Delta i$ может и не быть пропорциональным $i_0$. Не зная в точности процесса прохождения электричества через диэлектрик в этом случае, невозможно вывести соответствующее выражение для $i_0$.

При данном напряжении отношение $\frac{\Delta i}{i_0}$ должно изменяться при изменении скорости $v$ по формуле:

$$\frac{\Delta i}{i_0} = \frac{\beta v}{b}\left(1 - e^{-\frac{b}{\beta v}}\right),$$

где $\beta$—коэффициент пропорциональности, зависящий от массы иона.

Для сравнения полученных нами кривых для зависимости $\frac{\Delta i}{i_0}$ от скорости $v$ с теоретической кривой, вычислим значение $\beta$ для скорости $v = 16{\cdot}6 \frac{см}{сек}$ при разности потенциалов 1120 вольт из таблицы II. Оказывается: $\beta = 0{\cdot}040$.

Черт. 5 дает экспериментальную зависимость $\frac{\Delta i}{i_0}$ от скорости $v$ при различных напряжениях. На этом же чертеже сплошными линиями вычерчены теоретические кривые для $\beta = 0{\cdot}040$, $0{\cdot}030$ и $0{\cdot}020$.

По теории значение $\beta$ должно быть одинаковым для всех скоростей. Фактически же значение $\beta$ уменьшается: 1) при повышении разности потенциалов и 2) при увеличении скорости Эти результаты неизменно повторялись и при других сериях наблюдений.

Отступление кривых, полученных из опытов, от теоретических можно об'яснить следующим образом. При выводе формулы предполагалось, что все ионы в диэлектрике обладают одной и той же массой, которая во время движения ионов остается неизменной. В действительности же в диэлектриках всегда существуют ионы разных сортов и, между прочим, так называемые тяжелые, медленные ионы. В неочищенных диэлектриках тяжелых ионов особенно много и ими, главным образом, обусловлена проводимость. Уменьшение $\beta$ можно приписать: 1) уменьшению массы иона, или 2) увеличению сопротивления при движении иона (увеличение $k^2$) или 3) одновременному уменьшению массы $m$ и коэффициента $k^2$, если только масса уменьшается быстрее $k^2$.

Уменьшение массы иона при увеличении напряжения вполне возможно. Ион представляет собою некоторый заряженный осколок молекулы или электрон, окруженный большим числом нейтральных молекул. Тяжелый же ион является совокупностью заряженной посторонней частицы (напр., капельки воды) и нейтральных молекул. Электрические силы увлекают ион по направлению, перпендикулярному движению жид-

кости. При таком движении, когда скорость иона отлична от скорости жидкости, последняя может как бы смывать внешние, наименее прикрепленные к иону, молекулы, подобно тому, как ветер отрывает от облака внешние части, увлекая их за собой с большей скоростью, чем движется облако Такое отрывание должно быть тем больше, чем больше разность скоростей жидкости и иона, т. е. чем выше напряжение и чем больше скорость жидкости. Масса при этом может уменьшаться сильнее, чем коэффициент $k^2$. Действительно, если принять ионы за шарики и считать возможным приложение к ним формулы Стокса, то масса уменьшается пропорционально кубу радиуса, а коэффициент $k^2$—пропорционально первой степени радиуса.

Итак, можно считать, что теория в общих чертах подтвердилась, но вследствие ряда обстоятельств, искажающих явление, нет точного количественного совпадения.

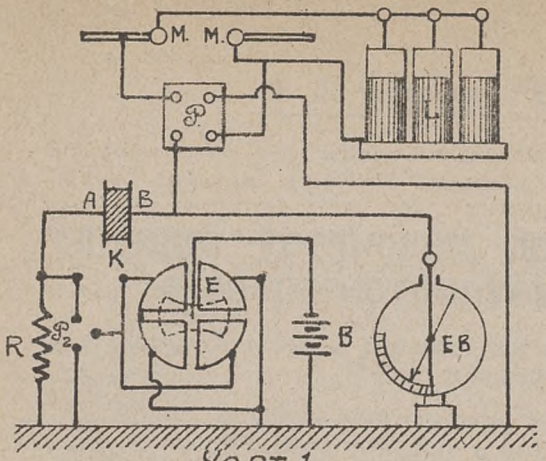
Дальнейшая работа должна идти в направлении возможного исключения посторонних влияний. Для этого необходимо исследовать диэлектрик по возможности определенного химического состава, без посторонних механических примесей; затем необходимо учесть возможно точнее изменение силы тока с течением времени и вести исследование преимущественно при невысоких напряжениях, когда справедлив закон Ома.

---

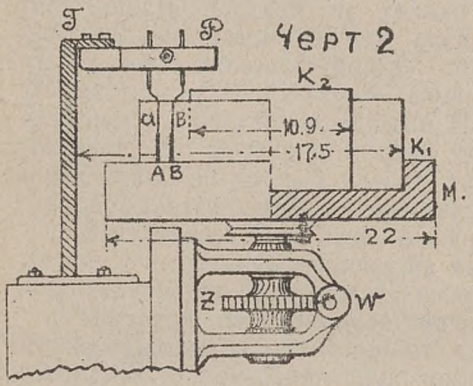
Физический кабинет
Томского Гос. Университета.
Декабрь 1923 г.

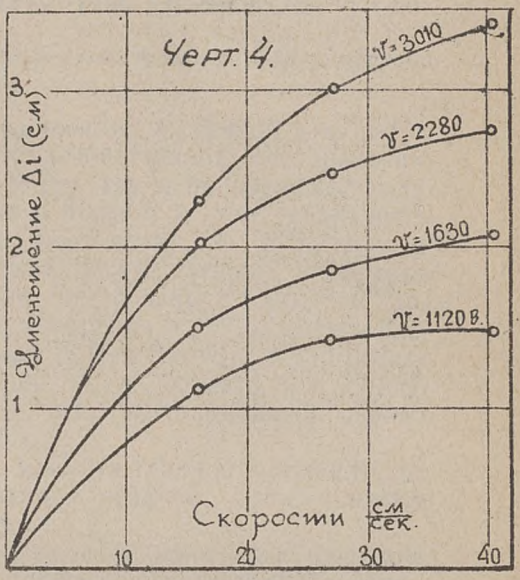
В.Д. Кузнецов и М.А. Большанина.

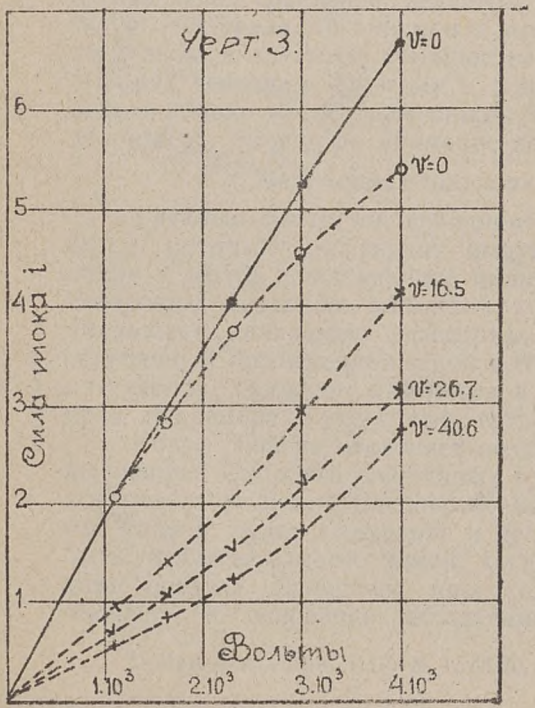
# Уменьшение силы электрическ. тока через керосин при его движении параллельно электродам.

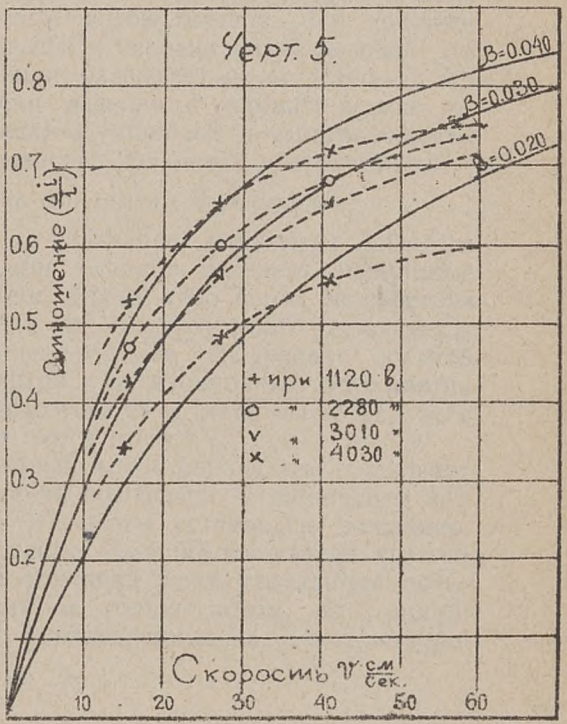


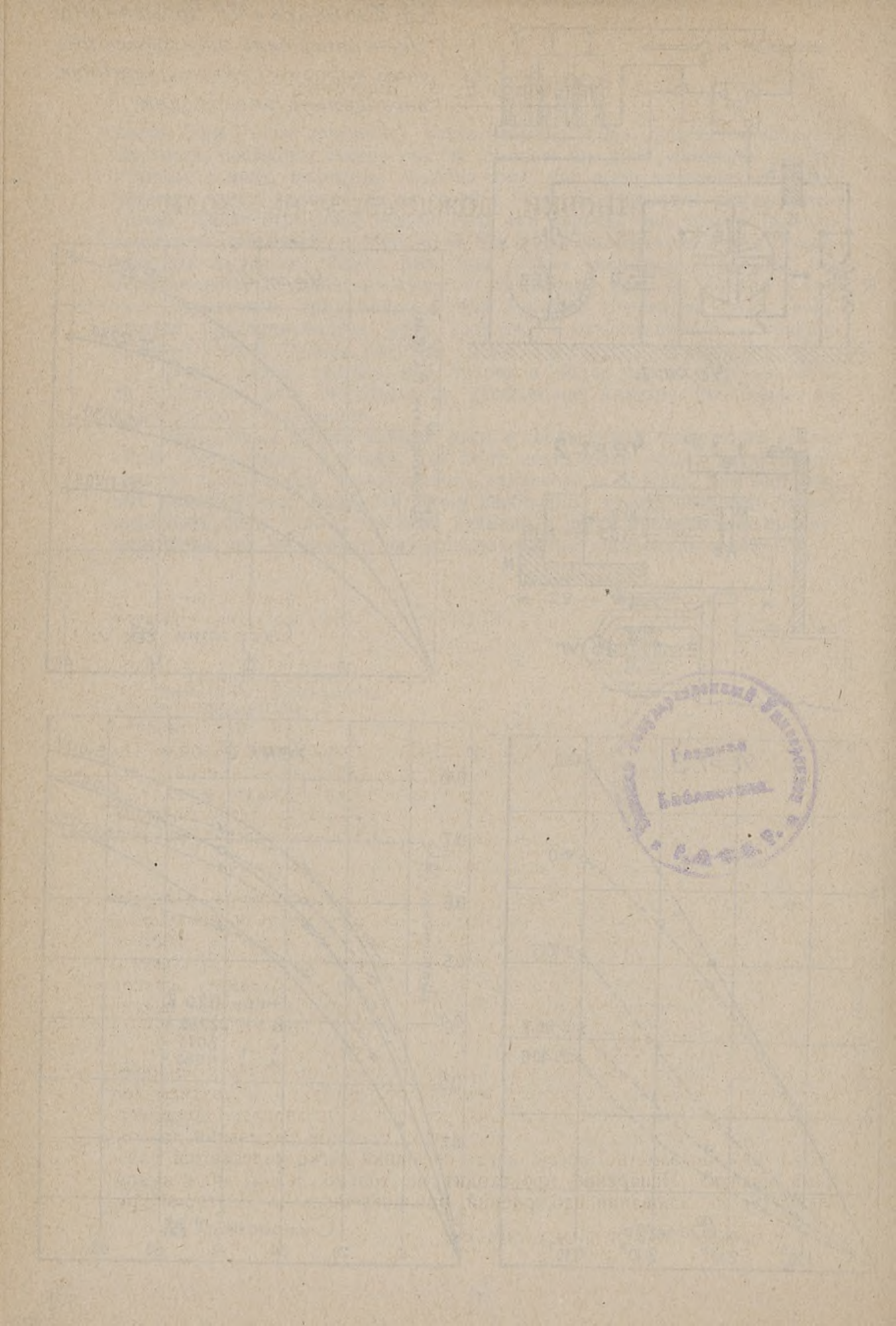

Черт. 1.





**В. Д. Кузнецов и Е. Ф. Короткова.**

# Влияние установки дождемера на количество регистрируемых им осадков.

*§ 1. Значение точной регистрации количества осадков для сельского хозяйства.*

Вопрос о количестве осадков, выпадающих в данной местности, имеет первостепенное значение в сельско-хозяйственной метеорологии. Знание распределения осадков, как по месту, так и по временам года, дает возможность правильно распределять посевы и тем увеличивать урожайность. Осадки не только увлажняют почву, но и питают ее атмосферным азотом и его соединениями. Искусственные удобрения только тогда приносят пользу, когда они согласованы с климатом данной местности. В противном случае эти удобрения могут оказаться бесполезными, а иногда—вредными. Например, опыты Вагнера в Дармштате показали, что фосфорно-кислые удобрения могут оказать благоприятное влияние на урожай только там, где весь вегетационный период сопровождается значительной влажностью.

Заключение о степени влажности климата данной местности делается на основании количества выпадающих осадков, а тип климата характеризуется временем их выпадения.

Несмотря на громадное значение вопроса о количестве осадков, все же методы их регистрации нельзя считать удовлетворительными. Весьма часто показания двух дождемеров не могут быть сравниваемы и если такое сравнение делается чисто автоматически, без критического отношения, то оно может привести к неправильным выводам. На показания дождемеров большое влияние оказывает их установка и целый ряд факторов. Поэтому о степени влажности климата можно говорить только после тщательного анализа установки и местоположения дождемера, приняв во внимание целый ряд побочных обстоятельств.

*§ 2. Факторы, влияющие на показания дождемера.*

Главным фактором, влияющим на показание дождемера, является ветер, который производит выдувание осадков, создавая воздушные вихри у краев дождемерного цилиндра. Кроме того ветер, способствуя испарению воды, не успевшей стечь в нижнюю часть дождемера, уменьшает количество регистрируемых осадков. Выдувание осадков ослабляется применением защиты Нифера и установкой плотного плетня или забора, радиусом в 2 метра и высотою на 1 метр выше верхнего края дождемера. Лучше, если есть и то, и другое.

Конус Нифера отклоняет воздушный поток вниз и тем уменьшает выдувание. Скорость воздушных течений возрастает с поднятием над поверхностью земли. Следовательно, чем выше установлен дождемер, тем больше будет выдувание и испарение. Влияние выдувания должно быть особенно заметно зимой, когда снежинки легко увлекаются потоками воздуха. Испарение происходит не только летом, но и зимой. Мюллер[1]), на основании наблюдений, произведенных на Екатеринбург-

[1]) Метеорол. сборн. Т. III № 4. СПБ. 1892.

ской Обсерватории, показал, что во все часы суток количество влаги, испаряющейся с поверхности снега, превышает количество оседающих конденсированных паров. Во всяком случае это явление наблюдается чаще, чем противоположное.

Вследствие выдувания и испарения, показания двух стоящих в одной местности дождемеров, из которых один защищен, а другой открытый, или установленных на разных высотах, не могут быть одинаковы. Работа Брицке[2]) над сравнением числа дней с осадками по наблюдениям в Павловске с защищенным и незащищенным дождемерами вполне подтверждает теоретические предположения.

### *§ 3. Наблюдения с тремя дождемерами в Томске.*

С сентября 1922 г. в Томске наблюдения над осадками производятся по трем дождемерам, из которых два принадлежат метеорологической станции при физической лаборатории Технологического Института и один—станции Г. К. Тюменцева. Мы воспользовались наблюдениями в течение одного года: с сентября 1922 г. по сентябрь 1923 г. Несмотря на краткость наблюдений, все же можно сделать определенные выводы, правильность которых вряд-ли подлежит сомнению.

Дождемер I находится во дворе Технологического Института между Физическим, Химическим и Горным корпусами. К юго-западу от дождемера, на расстоянии около 20 метров находится Физический корпус, высота которого равна приблизительно 16 метрам. На северо-запад, на расстоянии около 50 метров расположен Химический корпус, а на северо восток—Горный корпус. Только с востока дождемер слабо защищен низкими постройками и рощей на противоположной стороне улицы. Он находится на расстоянии около 5 метров от метеорологической будки Вильда. Двор около дождемера покрыт травой. Несколько невысоких, ежегодно подстригаемых, тополей растут между дождемером и Физическим корпусом. Расстояние дождемера от ближайшего тополя около 10 метров. Водоемов вблизи дождемера нет. Высота верхнего края сосуда дождемера от поверхности земли нормальная, т. е. 2 метра. Дождемер можно считать защищенным от ветров, главным образом от, наиболее частых, южных и юго-западных.

Дождемер II стоит на площадке башни Физического корпуса в ее северо-западном углу, на высоте 20 метров от поверхности земли. С запада и севера от дождемера идут отвесные стены, способствующие восходящим потокам. Высоких предметов около дождемера нет. Башня Физического корпуса—самое высокое место Верхней Елани, и дождемер со всех сторон открыт действию ветров. Дождемер снабжен нормальной защитой Нифера.

Дождемер III принадлежит метеорологической станции Г. К. Тюменцева, расположенной на северо-западном углу Бульварной и Красноармейской улиц. Он помещен на маленком дворе, в огороде, среди деревянных невысоких построек, около будки Вильда. Водоемов вблизи нет, двор не мощен, с юго-западной стороны находится сад с высокими деревьями. С 1884 года Г. К. Тюменцев непрерывно производит с ним наблюдения.

### *§ 4. Данные наблюдений и их сопоставление.*

В таблице I приведены по месяцам и за год количества осадков (в мм.) по трем дождемерам. Кроме того, в ней приведены отношения

[2]) Геофизич. сборн. Т. III. вып. 3. Пгр. 1917.

показаний первого и второго дождемеров к третьему и вид осадков, при чем введены сокращенные обозначения: Д—дождь и С—снег. Третий дождемер взят нами, как основной, в виду того, что наблюдения с ним производятся уже около 40 лет.

ТАБЛИЦА I.

| Год. | МЕСЯЦ. | Дождемеры. | | | Отношения. | | Вид осадков. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | I к III | II к III | |
| 1922 | Сентябрь. . . . . | 56·2 | 45·1 | 53·4 | 1·05 | 0,84 | Д |
| | Октябрь . . . . . | 45·0 | 26·3 | 75·3 | 0·60 | 0·34 | ДС |
| | Ноябрь . . . . . | 24·2 | 20·9 | 50·0 | 0·48 | 0·42 | С |
| | Декабрь . . . . . | 25·8 | 14·9 | 39·5 | 0·66 | 0·38 | С |
| 1923 | Январь. . . . . | 21·2 | 8·8 | 37·7 | 0·56 | 0·23 | С |
| | Февраль . . . . . | 7·5 | 4·0 | 14·1 | 0·53 | 0·28 | С |
| | Март . . . . . | 39·5 | 10·2 | 61·4 | 0·64 | 0·33 | С |
| | Апрель . . . . . | 21·8 | 18·8 | 32·2 | 0·66 | 0·58 | СД |
| | Май . . . . . | 61·2 | 32·5 | 76·1 | 0·80 | 0·43 | Д |
| | Июнь . . . . . | 32·1 | 23·0 | 40·5 | 0·79 | 0·57 | Д |
| | Июль . . . . . | 74·4 | 53·7 | 68·8 | 1·08 | 0·78 | Д |
| | Август. . . . . | 11·0 | 10·2 | 11·9 | 0·92 | 0·86 | Д |
| | За год . . . . | 419·9 | 278·4 | 560·9 | 0·75 | 0·50 | — |

Приведенные цифры совершенно отчетливо говорят о влиянии местонахождения дождемера на его показания. Дождемер III, как наиболее защищенный от ветров, дал и наибольшие показания. Дождемер I, менее защищенный, показал за год только 75%, а дождемер II, открытый влиянию ветров, дал всего 50% сравнительно с III. Только в июле и сентябре первый дождемер зарегистрировал осадков больше, чем третий, но, это отступление находит простое об'яснение. В сентябре 1922 г. наблюдавшиеся дожди проходили полосой, так как некоторые из них совершенно отсутствуют в записях станции Г. К. Тюменцева и отмечены на станции Технологического института. 27-го июля 1923 г. по Томску полосой прошел очень сильный ливень, который захватил Институт и только в виде дождя средней интенсивности наблюдался на станции Тюменцева. Все же остальные показания третьего дождемера выше первого. Особенно заметна разница в те месяцы, когда осадки выпадали в виде снега, и когда снежинки относились от дождемера воздушными течениями или выдувались из него.

При сравнении дождемеров двух станций еще можно говорить о

некотором влиянии микроклимата, но при сравнении дождемеров первого и второго, отстоящих друг от друга всего на несколько метров, влияние микроклимата совершенно отпадает.

В таблице II приведены отношения в процентах показаний второго дождемера к показаниям первого с указанием вида осадков и средней за месяц силы ветра.

ТАБЛИЦА II.

| Месяц. | Сен | Ок. | Н. | Дек. | Ян. | Фев | Мр. | Ап. | М. | Ин. | Ил. | Ав. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Отношение $\frac{II}{I}$ . | 80·2 | 58·4 | 86·3 | 57·7 | 41·5 | 53·3 | 51·1 | 86·2 | 53·1 | 71·3 | 72·1 | 92·7 |
| Вид осадков . | Д | Д | С | С | С | С | С | СД | Д | Д | Д | Д |
| Ср. сила ветра. | 3·8 | 8·0 | 7·6 | 7·0 | 9·3 | 4·3 | 12·1 | 6·0 | 9·3 | 4·2 | 3·8 | 4·0 |

Эта таблица показывает, что главная причина расхождения показаний дождемеров—это выдувание, а не испарение. Влияние испарения особенно сильно сказалось бы в летние месяцы, между тем как именно летом разница значительно меньше, чем зимой.

За неимением на станции самопищущего прибора, регистрирующего силу ветра, невозможно указать интенсивность воздушных течений во время выпадения осадков. Средняя же месячная сила ветра не может служить характеристикой ветра в отдельные моменты. Тем не менее заметно, что с увеличением средней силы ветра отношения убывают.

Резко выделяются четыре месяца: сентябрь, ноябрь, апрель и август. Показания дождемеров за эти месяцы сравнительно мало отличаются друг от друга. Это об'ясняется тем, что в эти месяцы осадки выпадали при тихой погоде.

Из отдельных наблюдений за летние месяцы можно указать на 17 июня, когда дождь, сопровождавшийся сильным ветром, дал 11·5 мм. в нижний и 6·9 в верхний дождемеры и—на 27 июля, когда ливень с ветром дал 55·0 в нижний и 36·0 в верхний.

В мае дожди выпадали почти исключительно при ветре. Из отдельных наблюдений в мае можно привести следующие:

Таблица III.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| День месяца . . . . | 8 | 11 | 18 | 23 |
| Нижний дождемер . | 0·6 | 2·0 | 9·6 | 12·0 |
| Верхний дождемер . | 0·0 | 0·1 | 3·8 | 5·0 |

Только один раз (3 мая) за все месяцы верхний дождемер дал несколько больше нижнего.

Особенно большая разница получилась в зимние месяцы, когда выдувание сказалось очень резко. В январе, когда почти все осадки выпадали при сильном ветре, получилось наименьшее отношение. В марте, несмотря на большую среднюю силу ветра, получилось меньшая разница, чем в январе. Записи показывают, что в марте осадки бывали и в тихую погоду, да при том весенний мокрый снег труднее увлекался воздушными течениями.

В таблице IV приведены наблюдения над осадками в зимние месяцы. В нее помещены только такие наблюдения, когда можно было более или менее определенно говорить об условиях, при которых выпадали осадки.

В таблице обозначение „тихо“ нужно понимать, что осадки выпадали при штиле или при слабом ветре, а „ветер“—при метелях или сильном ветре. Нижний дождемер обозначен буквой—Н, верхний—В. Подчеркнутые числа являются некоторым отступлением от общего правила.

Влияния направления ветра на показания дождемеров обнаружено не было.

ТАБЛИЦА IV

| Ноябрь. | | | | Декабрь. | | | | Январь. | | | | Февраль. | | | | Март. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тихо. | | Ветер | | Тихо. | | Ветер. | | Тихо. | | Ветер | | Тихо. | | Ветер. | | Тихо. | | Ветер. | |
| Н | В | Н | В | Н | В | Н | В | Н | В | Н | В | Н | В | Н | В | Н | В | Н | В |
| 0·2 | 0·0 | 4·6 | 2·6 | 1·3 | 1·3 | 2·9 | 1·5 | 0·6 | 0·4 | 0·8 | 0·1 | 1·4 | 1·2 | 3·0 | 0·7 | 1·0 | 0·5 | 4·0 | 0·8 |
| 2·2 | 1·5 | 1·9 | 0·2 | 0·5 | 0·2 | 0·4 | 0·0 | 2·1 | 1·6 | 1·9 | 0·7 | 0·2 | 0·0 | | | 8·9 | 7·8 | 1·2 | 0·3 |
| 0·8 | 0·7 | 2·7 | 1·0 | 3·6 | 2·4 | 0·2 | 0·0 | 2·8 | 0·8 | 3·8 | 1·3 | 0·2 | 0·0 | | | 0·4 | 0·2 | 3·2 | 0·3 |
| 3·4 | 1·5 | 1·4 | 0·3 | 1·2 | 1·0 | 3·2 | 1·9 | 2·6 | 1·6 | 1·0 | 0·1 | 0·3 | 0·4 | | | 0·2 | 0·1 | 1·2 | 0·4 |
| 2·2 | 2·3 | 0·6 | 0·2 | 2·8 | 2·6 | 2·3 | 0·3 | | | 1·2 | 0·4 | 1·4 | 1·0 | | | | | 0·8 | 0·0 |
| 4·4 | 4·5 | | | 1·1 | 0·8 | 0·6 | 0·5 | | | 0·5 | 0·0 | | | | | | | 1·9 | 0·0 |
| 1·2 | 1·0 | | | | | 2·3 | 0·8 | | | 0·5 | 0·6 | | | | | | | 6·8 | 5·0 |
| | | | | | | 2·3 | 0·8 | | | 0·5 | 0·1 | | | | | | | 0·3 | 0·0 |
| | | | | | | | | | | 0·1 | 0·0 | | | | | | | 2·0 | 1·3 |
| | | | | | | | | | | 2·6 | 1·1 | | | | | | | 0·7 | 0·1 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3·4 | 1·5 |

## *§ 5. Заключение.*

Из приведенных данных видно, что делать заключения о влажности климата по показаниям дождемера нужно с большой осторожностью. Количество осадков, регистрируемое дождемером, может на десятки процентов отличаться от действительного. Чтобы исключить возможность ошибочного суждения о климате данной местности, необходимо, во первых, снабжать дождемеры надежной защитой от ветра и, во вторых, расставлять их по возможности густой сетью и брать среднее из их показаний. Только при этих условиях могут получиться хоть сколько нибудь надежные результаты.

Можно сказать определенно, что вопрос об измерении количества выпадающих осадков является не решенным. Все производящиеся наблюдения представляют сравнительно малую ценность, так как они дают иногда совершенно ложные представления о климате. Все наблюдения производятся с точностью до десятых долей миллиметра, а рас-

хождения за год показаний отдельных дождемеров могут достигать сотен миллиметров. Чем сильнее и чаще ветры, тем меньше показания дождемера и тем ошибочнее заключение о влажности климата.

В виду важности вопроса об измерении осадков нам кажется совершенно необходимым обратить внимание на рациональную конструкцию дождемера и придать ему такую форму, при которой влияние ветра было бы сведено до минимума. Необходимо построить несколько разнообразных дождемеров и произвести их сравнительное изучение в природной, а еще лучше в лабораторной обстановке, создавая искусственно различные условия.

Январь, 1924 г.

Томск.

**В. Д. Кузнецов.**

# Влияние температуры на внутреннее трение парафина.

*1.* В вопросе о внутреннем трении твердых тел имеет весьма большое значение накопление опытного материала, который в настоящее время очень скуден. Только при большом запасе экспериментальных данных можно будет разгадать природу внутреннего трения, явления релаксации и упругого последействия. Может быть, самое понятие о внутреннем трении твердых тел придется подвергнуть критике и заменить его другим. Особенно важно исследовать зависимость между внутренним трением и температурой. Самый факт убывания внутреннего трения с повышением температуры остается совершенно непонятным. Напротив, с точки зрения кинетической теории вещества, при повышении температуры внутреннее трение должно возрастать, как это имеет место у газов.

В работе „Влияние температуры на внутреннее трение каменной соли“ [1]) я взял типичный кристалл с совершенно определенным строением и показал, что в пределах от 14° до 405° внутреннее трение $\eta_\theta$ может быть выражено формулой.

$$\eta_\theta = \eta_{14} e^{-0{,}024(\theta-14)}$$

В настоящей же работе я приведу результаты исследований над влиянием температуры на вязкость твердого парафина—вещества с неопределенной структурой. Вероятно парафин, так же, как и металлы, воск и стеарин, состоит из мелких, расположенных в хаотическом беспорядке, кристалликов с неправильной внешней огранкой (кристаллитов).

*2.* Я воспользовался тем же прибором, как и для каменной соли, с осью на шариковых подшипниках, но способ закрепления испытуемого образца в приборе и способ измерения угла кручения были изменены.

Парафиновому образцу была придана форма бруска квадратного сечения с утолщениями на концах. Образец представлял собою два куба со сторонами 2·4 см, соединенных бруском квадратного сечения 1·50 × 1·50 см. Длина средней тонкой части образца равнялась 9.5 см. Образец был выпилен из целого куска парафина. Для закрепления в прибор образца полые насадки на осях были подогреты и в них были вставлены утолщенные концы.

Для опытов был взят белый парафин от Штоля и Шмита, вероятно кавказского происхождения, с температурой плавления около 52°. Парафин был полупрозрачный с белыми непрозрачными хлопьями.

Для определения угла кручения, на конец оси было насажено зеркальце, которое можно было повертывать по мере закручивания образца.

---

[1]) Изв. Томск. Техн. Инст. 43 (1923).

3. Главною целью работы было: нахождение зависимости внутреннего трения от температуры. Подогревание производилось электрическим током, проходящим через манганиновую проволоку, натянутую на рамке. Рамка помещалась в двойной металлический кожух, заключавший в себе образец. Ток был взят от большой батареи аккумуляторов: сила его оставалась неизменной для данной температуры.

Гиря в 200 гр. была подвешена 7·12·18 года и неизменно висела до 20·12·18 г., т. е. почти две недели. За это время температура изменялась от 15·1° до 30·3°, при чем ее изменение производилось каждый раз после того, как устанавливалась постоянная угловая скорость при предыдущей температуре. Поднимать температуру выше 30·3° было невозможно, так как образец становился настолько мягким, что начинал провисать и угловая скорость становилась слишком большой.

4. Обрабатывались наблюдения следующим образом. На миллиметровой бумаге, графически, строилась зависимость отсчета по шкале от времени.—по оси абсцисс откладывалось время, а по оси ординат —отсчеты,—и, затем, из кривой выбирались такие отрезки, которые представляли собою прямые линии. Далее, на той же бумаге графически изображался ход температуры со временем.

Графическая зависимость служила для ориентировки в том, когда именно получались стационарные состояния. После выбора соответствующих прямолинейных отрезков, при которых температура мало изменялась, по таблице наблюдений вычислялись разности отсчетов $\Delta n$, соответствующие им промежутки времени $\Delta t$, средняя температура $\theta^0$ и коэффициент внутреннего трения $\eta_\theta$. Последний вычислялся по формуле:

$$\eta_\theta = \frac{6PgdL}{a^4} \cdot 2D \cdot \frac{\Delta t}{\Delta n},$$

где P=200 гр., g=981 см./сек², d=8·75 см., L=9·5 см., 2D=243 см. (удвоенное расстояние от зеркала до шкалы) и $a$=1·50 см.

Таблица содержит сводку полученных результатов.

Таблица.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\theta^0$= | 15·1° | 18·1° | 22·7° | 23·8° | 29·5° | 30·3° |
| $\Delta n$ см. | 0.11 | 0·16 | 0·46 | 0·96 | 10·90 | 2·51 |
| $\Delta t$ сек. | 4260 | 3600 | 4200 | 8700 | 18900 | 2640 |
| $\eta_\theta$= | $1{\cdot}82.10^{14}$ | $1{\cdot}05.10^{14}$ | $4{\cdot}31.10^{13}$ | $4{\cdot}23.10^{13}$ | $8{\cdot}15.10^{12}$ | $4.95{\cdot}10^{12}$ |

5. Если для зависимости $\eta$ от $\theta^0$ принять формулу:

$$\eta_\theta = \eta_0 e^{-\alpha\theta},$$

справедливую для каменной соли, то оказывается, что она приложима для парафина в пределах от 15° до 25°С. Выше 25° уменьшение $\eta_\theta$ происходит быстрее, чем по формуле. В пределах 15°—25° коэффициент $\alpha$=0·08, т. е. приблизительно в 3·3 раза больше, чем для каменной соли.

Б. и М. Троновы.

# Исследования в Южном Алтае.

## I Южный Алтай в истоках Кабы и Канаса.

(Краткое сообщение о поездках на Алтай в 1912, 13 и 15 гг.)

**Маршруты.** Южно Алтайский хребет, частью пограничный с Монголией, южным своим склоном и отрогами на востоке питает Монгольский Канас, западнее, приблизительно от Акульгунского прохода истоки реки Кабы. С этими последними, и главным образом с Белой Кабой, мы познакомились в кратковременных экскурсиях 1912 и 1913 гг.

В конце июня 1912 г., после неудавшейся попытки пройти перевалом Курту, мы поднялись на перевал Баканас против поселка Урыльского, спустились верст 15 вдоль Кара—Кабы до степного расширения долины и, пересекая невысокие отроги, достигли Арасан—Кабы несколько выше русских селений. После трудного и неудобного брода последовал перевал через водораздел с Темир—Кабой, берегом которой тропа привела к реке Ак—Кабе немного ниже брода в Монголию. Поднимаясь правой стороной долины, мы встретили препятствия в виде разлившихся круто падающих потоков и были на этот рав остановлены значительным притоком Тентек—булаком. Обратный путь мы сократили, поднявшись Темир—Кабой до ее истоков, откуда переваливают в верхнее течение Арасан—Кабы. Отсюда перевал Чеган—даба ведет к Кара—Кабе как—раз против Баканаса.

Удачнее оказалась поездка летом 1913 г., когда мы прошли ближайшим путем: пройдя через Коко—даба, а затем долиной Бухтармы до устья реки Курту, мы в течение 7 часов поднялись на пер. Курту, на высоту 3300 метров. Перевал не представляет седловины; это высокая оконечность гребня Таутекелю, огибающего истоки Курту. В этих горах хребет южного Алтая дает резкое повышение метров на 200—300 делая в то же время крутой изгиб Выдающийся на СЗ угол гребня отсылает к Бухтарме довольно крутой, но все же доступный склон, беснежный и с мелкой россыпью. С перевала, кроме обычных видов на Белуху и Чуйский хребет, можно обозревать истоки Ак—Кабы, за которыми виднеются остроконечные Акульгунские пики и обширные снега лежащих восточнее вершин. Если со стороны Бухтармы перевал труден главным образом вследствие величины под'ема, то спуск к Кабе имеет неприятные места. Сначала следует острый крутой гребень, где можно скатиться в обе стороны, затем снежное поле, где лошади проваливаются по брюхо, и, наконец россыпь крупных угловатых камней. Спуск ведет долиной второго правого притока Ак—Кабы, которая достигается верстах в 15 от истока. Путь отсюда до самых ледников Ак—Кабы проделан нами впервые, так как В. В. Резниченко [1]) поднимался первым правым притоком Казганджолом и видел ледники Кабы лишь издали. На обратном пути мы спустилнсь до Темир—Кабы и затем повторили маршрут возвращения прошлого года.

---

[1]) „Южный Алтай и его оледение" „Изв. Русск. Геогр. Общ", 1914 г.

Летом 1914 г. с высоких гребней Укокского и Алахинского ледников мы обозревали значительные ледниковые богатства южной стороны хребта в совершенно неисследованной части [1]). В 1915 г. с целью лучшего ознакомления с ними мы проникли в долину Монгольского Канаса и посетили его правые притоки. Первоначально мы направились к горному проходу Акульгун, ведущему из первого притока Бухтармы на другую сторону хребта, в непосредственную близость к высоким Акульгунским пикам. Поднявшись пешком на перевал и найдя его непроходимым для вьючных лошадей, мы решили воспользоваться более легким Канасским проходом. Перейдя здесь границу, спустились вдоль Западного Канаса в глубокую долину Монгольского (Большого) Канаса Пройдя долиной до впадения бурного потока Ак—Тюргунь, мы поднялись в его верховье, где осматривали ледники и производили их съемку. Из Ак—Тюргуня нашелся перевал в соседний к западу Кара—Ирек, левый исток Акульгуна Канасского. Осмотрев истоки его, а затем собственно Акульгуна, мы немного затронули систему Кабы перевалив к Нарын—Кабе. Пройдя верст 12 ее долиной, мы вернулись к Нижнему Канасскому озеру, перешли белый Акульгун и правой стороной Канаса направлялись обратно к Канасскому перевалу. Под конец посетили небольшой Джиты—булак, а затем Верхнее Канасское озеро, с которого и начнем описание истоков.

**Верхнее Канасское озеро и долина Канаса.** Верхнее Канасское озеро, где сливаются Северный и Южный Канас, запружено мощными валами древних морен несколько ниже скрещения обоих истоков, в долины которых оно глубоко вдается своими концами. Размеры и форма озера видны на прилагаемой схематической карте; глубина озера, судя по его уровню над дном долины ниже морен, достигла бы 130—140 метров, если исключить заиливание.

Со всех сторон к озеру подходят мало доступные склоны высоких гор, большей частью отсылающие к берегу крутые россыпи гранита, а кое-где, на затененных местах, поросшие лесом. Выше всего поднимаются вершины Эмегейты; снежные шапки их отражаются в белой воде и делают озеро чрезвычайно живописным. Для остановки у западного конца озера есть удобная площадка с правой стороны долины. Канас вытекает ближе к левой стороне, круто сливаясь по моренам.

От Верхнего Канасского озера до Нижнего более 40 верст. На этом протяжении долина Канаса в общем сохраняет свой характер. С левой стороны к самой реке подходят чрезвычайно крутые склоны гор Эмегейты, большой частью густо заросшие лесом, но местами падающие отвесными гранитными скалами Высота склона над дном долины в верхней ее части достигает 1800 метров. С правой стороны отроги пограничного хребта, тоже обыкновенно лесистые, падают менее круто и оставляют узкое дно,где проходит мало наторенная тропа. Густая чаща леса, главным образом ели и пихты, покрывает сырое дно долины. Только около правого притока Ак-Тюргуня попадается больше открытых мест с большетравьем и имеется терраса, на которой выросли береза и осина вместо когда-то сгоревшего хвойного леса.

Долина Канаса несомненно служила ложем древнего ледника, о чем можно судить по гранитным моренным остаткам, встречающимся ниже Ак-Тюргуня, где на склоне подходит сланец. Характерный хол-

[1]) См. нашу статью „По истокам Аргуна“ „Землеведение“, 1916 г.

мистый вид древних морен имеет также правый берег верхней части Нижнего озера. Здесь особенно хорошо выражены озерные террасы, составляющие выше озера непрерывный извилистый берег в несколько ярусов.

Канас вытекает из Верхнего озера сразу значительной рекой и при сильном уклоне долины (500 метров на 40 верст) все время шумит на камнях. Пополняясь многочисленными притоками, особенно с правой стороны, он к Нижнему озеру разливается спокойными волнами до 40 сажен в ширину.

**Левые притоки Канаса. Горы Эмегейты.** С левой стороны с крутых склонов Эмегейты в Канас низвергаются водопадами несколько потоков, берущихся из малых ледников, указанных на прилагаемой карте. Наибольший приток впадает верстах в 7 от Верхнего озера. Он берется из значительного ледника, который мы рассмотрели с противоположного склона, из верховья Джиты—булака. В тылу ледника поднимается двойная снежная вершина с черным скалистым гребнем посредине. Два широких потока спускаются крутыми ледопадами и несут морены от выступающих из-подо льда скал. Под срединным гребнем потоки соединяются в нижнее ледяное поле с резко выраженным моренным валом. Общая форма ледника—равносторонний треугольник со стороной версты в 4. Высота конца ледника около 2600 м., высота левой (западной) вершины—3770 м. Несколько впереди и к В. от ледника высовывается еще вершина, имеющая к нему отношение и, кажется, еще более высокая. Повидимому, она выделяется в группе Эмегейты при взгляде с Канасского перевала. Еще впереди и к Канасу и к озеру круто обрывается острый скалистый пик в 3650 м. К З. Эмегейты быстро понижаются, но к ЮВ, как это видно с того же перевала, тянется целый ряд вершин. В 1916 г. с Кийтына мы усмотрели здесь несколько ледников. Все это требует дальнейшего исследования, затруднительного благодаря трудному доступу к горам.

**Верхние правые притоки: Западный Канас, Джиты—булак и Ак-Тюргунь.** Первый правый приток Канаса—Западный Канас впадает верстах в 4-х ниже озера. Он берется из двух небольших ледников: один около Канасского перевала, другой несколько к ЮЗ. Первый исток верстах в 5 от ледника образует запруженное моренами круглое озерко, ниже которого притекает поток из второго ледника. Теперь речка падает в ущелье и в то же время меняет первоначальное юго-восточное направление, круто загибаясь в долину Канаса.

Второй приток—10 верст от озера—незначительная речка Джиты-булак (название наше), тоже с мутной водой, растекающаяся при впадении на несколько ручьев. Он берется из трех маленьких, но все-таки долинных ледничков, направленных на ЮЗ. Отношение этих пяти ледников между собой и к северному склону осталось пока не вполне выясненным.

Еще 10 ю верстами ниже находится устье значительного и белого потока, который урунхайцы называли Ак-Тюргунь. Он круто стекает к Канасу, а перед этим течет в высокой долине, выполненной моренными образованиями и частью поросшей лесом. Верховье его разделено на два истока высоким гребнем, представляющим удобный обозревательный пункт. В левом истоке помещается ледник в общем квадратной формы, имеющий около двух верст в длину и столько же в шири-

ну. Он спускается с главного хребта неправильными волнами, разорванными мелкими трещинами, а слева пополняется еще боковым потоком. Конец его разделен скалистым зубом на два языка. Из под левого вытекает белая речка и, круто загибаясь версты через две, стекает в ниже лежащую долину другого истока, более значительного.

Он также берется из ледников. Из них крайний к В, второй в Ак-Тюргуне, отделен от первого тонкой скалистой перегородкой с острыми шпилями. Он меньше первого, имеет правильную форму языка и спускается крутым уступами в ЮЗ—направлении. Эти два ледника соответствуют на северной стороне Южно-Алтайского хребта восточной половине Алахинского, и мы видели их при восхождении в 1914 г. на Алахе.

За коротким выступом в южную сторону срединного Алахинского гребня следует третий ледник, самый большой в Ак Тюргуне. Он соответствует западной половине Алахинского ледника и также пополняется справа, с бокового отрога. Скалистый выступ снизу глубоко вдается в ледник, разделяя его на две части, из которых левая значительно шире. Вследствие наклона ледникового ложа не только вперед, но и к правой части, правый конец спускается ниже, до высоты 2450 м.

Четвертый ледник принадлежит уже целиком тому же боковому отрогу, отходящему на ЮЗ от вершины между Укоком и Алахой. Кроме этих четырех в Ак-Тюргуне есть еще два ледничка, показанные на карте: каровый в левом и долинно-каровый в правом истоке. Рядом с четвертым ледником в боковом хребте есть сквозной лог, ведущий в соседнюю к западу долину Кара-Ирека.

**Кара—Ирек и Акульгун.** Кара Ирек и собственно Акульгун своими истоками занимают по хребту протяжение около 20 верст и вместе составляют самый значительный приток Канаса. В центре истоков их возвышаются Акульгунские пики, которые мы видели первый раз с перевала Курту, а потом лучше рассмотрели с седла Укокского ледника. Это два мощных гранитных повышения на отроге, отходящем на юг несколько западнее Бухтарминского ледника. По своей высоте (3900 метров северный пик и 3850 южный) они доминируют над всем хребтом вплоть до вершин Табын Богдо Ола. Северный пик—пик Сапожникова, как его назвал А. Н. Седельников. [1]) Это названиие приурочено Седельниковым к вершине, которую он отнес к истокам Ак-Кабы, что представляет очевидное недоразумение, так как в истоках Ак Кабы никаких особенно выдающихся вершин нет. В. В. Резниченко [2]), прилагая фотографию северного Акульгунского пика, описывает высокую вершину, которую называет „гора Кирей", но ошибочно относит ее к истокам Нарын Кабы. Мы сохраняем название пика Сапожникова за самой высокой вершиной Южно-Алтайского хребта, находящейся в истоках Акульгуна.

Этот пик, со снежной шапкой наверху, отвесно обрывается к Кара-Иреку на 1000 метров. Южный пик—это мрачная гранитная стена с зубчатой верхушкой.

Продолжение отрога, дающее еще усеченную вершину, имеет разветвления и одно из них, в виде скалистого выступа на восток, запирает с юга котловину истоков Кара-Ирека. Под гранитными склонами пиков и этой ветви изгибается большой Кара-Ирекский ледник. Начи-

[1]) „Записки „Зап.-Сиб. Отд. Русск. Геогр. Общ.", 1922 г. отдел хроники.
[2]) См. выше: „Южный Алтай и его древнее и современное оледенение".

наясь еще с главного хребта боковыми потоками, он обтекает разорванными уступами скалистый зуб и все время пополняется справа, где скапливается фирн в углублениях гранита. Загнувшись на восток, он образует ледяной язык на высоте 2390 м., правее которого вплоть до стены образуется ледяное поле с каменным покровом. Длина ледника достигает 7 верст при ширине до версты. Слева от него помещается еще совсем круглый каровый ледничек.

Второй и третий ледники Кара-Ирека, соответствующие на северном склоне также Бухтарме, залегают в ущельях к востоку от главного. Оба они невелики; потоки из них низвергаются водопадами.

Значительно больше четвертый ледник, занимающий место против всего Укокского и уже виденный нами в 1914 г. Он кончается раздвоенным языком с выдающейся правой частью. Судя по темнеющему гроту, из которого выливаются мутные ручьи, ледник имеет отмирающее продолжение скрытое под мореной. Высота грота около 2450 м.

Еще небольшой ледник, уже на боковом отроге, примыкает к четвертому с левой стороны.

В общем из всех истоков составляется значительная речка, обязанная первому леднику желто-серым цветом воды.

Прорываясь под упомянутым выступом, Кара-Ирек образует водопад, а дальше течет в узкой долине с крутыми склонами, местами в виде гладких гранитных скал, по которым струятся ручьи. В одном притоке справа, судя по мутной воде, мы предполагаем ледник. Долина поросла лесом и выполнена ледниковыми остатками, то в виде перемытых морен, то в виде запруженного озерка. Верст через 12 Кара-Ирек стекает в глубокое ущелье, где сливается с собственно Акульгуном—голубовато белой речкой такой же величины.

Выше долина Акульгуна несколько расширяется и по берегам появляются ровные террасы. После узкого места между сланцевыми скалами следует обширная терраса—площадка с одинокой лиственницей, куда притекают истоки Акульгуна. Верховья реки отчасти можно рассмотреть с Акульгунского перевала. В статье В. В. Резниченко находим снятую с этого пункта фотографию главного ледника Акульгуна, но под странным названием „Нарын Кабинского ледника". В.В. Резниченко повторяет ошибку, допущенную на существующих картах: на месте истоков Акульгуна почему-то помещается Нарын-Каба, хотя самые истоки изображены правильно. Если смотреть с перевала, то на ЮЮЗ виден глубокий лог между высокими вершинами, который, быть-может, и был принят за долину реки; в действительности же здесь стекает небольшой ключ, а Акульгун скрывается на ЮЗ в узкое трудно доступное ущелье. Побывав в этих местах, мы нашли и истоки Нарын Кабы, начинающейся верстах в 10 к ЮЗ от Акульгунского перевала.

Что с перевала течет именно Акульгун, а не Нарын-Каба можно было предполагать и раньше, судя по одинаковым названиям реки и перевала. Также проф. В. В. Сапожников [1]) упоминает о трудном проходе Акульгун, ведущем из истоков Бухтармы в реку Акульгун, приток Монгольского Канаса. Мы сами, осматривая в 1914 г. с седла Укокского ледника истоки реки около Акульгунских пиков, сочли ее принадлежащей системе Канаса.

[1]) „Пути по русскому Алтаю", стр. 151.

Вернемся к описанию Акульгуна. Главный ледник его помещается между крутой гривой северного пика и стеной южного. При длине версты в три, он расширен в верхней части, направлен на СЗ и кончается на высоте около 2400 метров. Морены его из глубины приносят гранитную породу, но ближе к концу на склонах пиков появляется сланец. Второй ледник, до двух верст длиной, на открытом северо-западном склоне северного пика, сначала спускается круто, потом образует пологое поле и повисший разорванный конец. Справа от него, у линии хребта, еще ледник, небольшой каровый.

Во втором истоке Акульгуна уже к западу от перевала, мы видели один небольшой ледник на СВ—склоне крутой вершины.

Наконец, прямо с запада притекает третий ключ, берущийся из двух ледников, из которых больший ниже по течению. В. В. Резниченко показывает на карте в „Нарын—Кабе" два небольших ледничка, но оба во втором истоке.

Между вторым и третьим истоками, по расспросным сведениям, есть перевал, которым попадают в систему Ак—Кабы, в ее первый правый приток.

В дальнейшем течении Акульгун пополняется слева с отрогов южного пика из двух небольших ледников, положение и форма которых приблизительно показаны на карте.

Более значительны правые притоки Акульгуна. Верстах в трех от площадки впадает значительный поток с мутной водой. Он берется справа (по течению) из трех маленьких каровых ледничков, слева—из висячего ледника с разорванной поверхностью, спускающегося со склонов усеченной скалистой вершины и направленного на ВЮВ. На южном склоне той же вершины, обращенном уже в долину Нарын—Кабы, под самой верхушкой залегает еще ледник неправильной формы; поток из него, круто загибаясь у невысокого водораздела, сворачивает тоже к Акульгуну. Вдоль этого ключа переваливают в Нарын Кабу. Ниже, не доходя до Кара—Ирека, есть еще приток но мы не знаем его верховья.

Дальнейшее течение Акульгуна, по расспросным сведениям, скрыто в трудно доступном ущелье. Мы были только около устья Акульгуна. Верстах в 8 от Нижнего Канасского озера он выходит из ущелья и здесь разделяется на протоки. Меньшая часть впадает в Канас, большая (до 20 сажен ширины) течет параллельно ему, делая изгибы на илистой почве, и в отстоявшуюся воду озера впадают две струи: белая—Акульгун и голубоватая—Канас.

**Каба.** Перейдем теперь к системе р. Кабы. Та самая усеченная вершина, о которой упоминали в конце предыдущей главы, служит, повидимому, центром, к которому принадлежат два ледника Белой Кабы. На запад от нее отходит отрог, питающий верхние левые притоки Кабы. Севернее тянется другой параллельный отрог; между ним и главным хребтом собирается первый правый приток Казганджол.

Первый ледник Ак-Кабы—ледник Сапожникова[1]) имеет в длину версты три, при ширине меньше версты, спускается на СЗ и оканчивается тонким раздвоенным язычком. Справа к нему примыкает значительный кар, находящийся как—раз против ледника в третьем истоке Акульгуна, о чем можно заключить по тождеству очертаний гребня.

---

(Названия ледников даны В. В. Резниченко.

На высоте около 2.600 м. вытекает совсем белый ключ, круто загибается влево и, прорывая в скалах извилистый ход, почти скрытый сверху, стекает на площадку для соединения с другим потоком. Ледник этого истока (ледник Литвинова) расположен параллельно первому, внизу отделен высокой гривой, но в верхней части ледники почти соединяются. Второй ледник меньше первого и кончается на высоте около 2700 метр. Несмотря на небольшие сравнительно размеры, ледники эти, благодаря мягкой сланцевой породе, дают большое количество мути и им главным образом обязана Ак-Каба белым цветом своей воды и илистыми берегами.

Образовавшись на треугольной площадке, Ак Каба опять грохочет в теснине до нового расширения долины на протяжении 5 верст. Это совершенно ровная обширная площадь, суженная посередине в виде восьмерки и вся усыпанная синевато серой галькой. Здесь в Кабу впадают два левых притока, один в верхней, другой в нижней половине восьмерки. Вода их как—будто прозрачна, но, согласно В. В. Резниченко, они вытекают тоже из ледников. За этим расширением, бывшим, наверное, озерным бассейном, опять следует короткий проход, где речка два раза протекает под снежными сводами.

В дальнейшем, до поворота на юг, долина Кабы остается узкой; но разнообразной и живописной. Россыпи сменяются лужайками в темном лесу, но особенно красивы и эффектны утесы левой стороны. Проехать возможно только правым берегом; тропы нет и приходится местами разбирать и укладывать камни.

В 15 верстах от ледников, где долина временно расширяется и Каба поворачивает на юг, приходит большой приток Казганджол, а немного ниже еще приток, по которому поднимаются на перевал Курту. Отсюда начинается обитаемая часть долины; здесь кочуют урунхайцы и есть торная тропа.

Теперь верст на 25 долина сохраняет свой характер. Дно ее—в густом лесу (ель, пихта и лиственница); местами открытые террасы с полянами; слева крутой склон, частью лесистый, частью с россыпями, прорезанный одной широкой долиной; справа ущелья с бурными потоками.

После указанного расширения скоро опять следуст узкое место, где Каба на целую версту круто падает и разбивается в сплошную пену. Ниже находится устье левого притока, протекающего в широкой, сплошь лесистой долине. Он совершенно неисследован, но предположительно его верховье надо отнести к углу между истоками Ак-Кабы и Нарын-Кабы.

Здесь Каба поворачивает к западу, под углом, одинаковым с прежним направлением и направления притока. На 8 верст дальше справа впадает очень бурный Тентек—булак, который можно перейти в брод только ближе к устью, а еще версты через 4—Тек-булак, меньшей величины.

Теперь Ак-Каба достигла сажен 20 в ширину, протекает в илистых берегах и цветом своей воды вполне заслуживает название Белой Кабы. Течение становится настолько тихим, что имеется, хотя и довольно глубокий, брод на Монгольскую сторону.

Скоро долина расширяется и получает характер степной террассы, где течение реки обозначено полосой леса. Сопки по сторонам заметно понижаются и приобретают округлые формы.

В 50 верстах от истока находится устье Темир—Кабы. Светлая речка имеет в длину верст 25 и сначала течет в открытой долине, где на террасах растут группы лиственниц. Перед Ак-Кабой она входит в узкое живописное ущелье, где шумит и пенится, а в одном месте скапливается в озерко и прорывается водопадом. По ущелью высоко над левым берегом проходит торная тропа, которой проезжают на Ак-Кабу и в Монголию.

Из других притоков Кабы опишем Нарын-Кабу, до сих пор, кажется, не посещавшуюся путешественниками. Мы заехали в верховья этой реки в 1915 г. из системы Канаса.

Вершина в истоках Ак-Кабы и Акульгуна одним склоном своим смотрит в долину Нарын Кабы, но единственный ледник на этой стороне относится к Акульгуну. Два миниатюрных ледничка Нарын-Кабы лежат западнее и дают почти светлую речку. Ниже перевала в Акульгун присоединяется еще ключ из маленького ледничка с левой стороны. Нарын-Каба здесь протекает в щели под высоким сланцевым утесом и принимает ЮЗ—направление. В верхней части есть группы лиственниц, но ниже открытая долина заполнена террасами и безлесна. Только по склонам много низкорослой пихты, которая здесь стелется по земле в виде кустарника с отдельными торчащими стволами. Дальше опять появляется лес на левой затененной стороне (много пихты). Правый склон изрезан оврагами с небольшими ручьями. Река прижимается к левой стороне, а по правому берегу идет торная тропа.

Ниже из двух скалистых ущелий справа и слева выходят более значительные притоки. По второму левому притоку проезжают к Нижнему Канасскому озеру, переваливая обширное плато, окруженное гранитными утесами, иногда причудливой формы. Сырая болотистая площадь с хорошей травой представляет великолепное пастбище, где вскармливаются принадлежащие урунхайцам стада.

**Заключение.** Подводя итог нашим исследованиям в области Южно-Алтайского хребта, мы можем сказать, что на южном склоне нашлось оледенение не менее богатое, чем на северном Правда, что тут нет таких громадных скоплений льда, образующих холодные центры, притягивающие осадки, как Алахинский ледник, но зато имеется непрерывный ряд меньших, но иногда все же значительных ледников. Различие в этом отношении об'ясняется прежде всего рельефом местности. В то время, как на севере имеются лишь редкие короткие гребни, южные отроги имеют многочисленные разветвления и несут такие выдающиеся вершины, как Акульгунские пики. Здесь нет обширных цирков, удобных для накопления фирна, но зато в каждой более высокой впадине непременно находится малый ледник. Более же значительные, напр., 3-й Ак-Тургуня, большой Кара-Ирекский и 1-й Акульгунский, спускаются приблизительно до такой же высоты, как громадный Алахинский ледник, и ниже других на северном склоне. Сравнивая общую площадь оледенения обоих склонов на протяжении от Акульгунского до Канасского перевала (т. е. не считая Кабы), получим почти одинаковые цифры: 35—40 кв. верст для северного склона и 30—35 для южного. Точно также и по количеству воды истоков (Акульгун, Кара-Ирек, Ак-Тюргунь, Джиты Булак и Западный Канас) южный склон почти равен северному (Бухтарма, Укок, Алаха, Русский Канас).

Все это вполне понятно. Южный склон с его отрогами первый принимает влагу от господствующих юго-западных ветров. Высокие

вершины этой стороны заметно ослабляют оледенение на севере, как то видно на истоках Бухтармы, расположенных за высокими Акульгунскими пиками, и восточнее Алахи, где на юге возвышаются вершины Эмегейты.

При всем том сказывается и более сильное нагревание южного склона. Обращенные к солнцу наклонные площади везде обнажены от снега, так что издали, если смотреть не сверху, хребет представляется совсем малоснежным.

## II. Горы Табын-Богдо-Ола.

[Краткий очерк 4-го путешествия по Алтаю (1916 г.)]

Горы Табын-Богдо-Ола возвышаются на восток от плоскогорья Укок, на границе с Монголией и являются узлом, где сходятся пограничный Южно-Алтайский хребет с главным хребтом Монгольского Алтая. Эта горная группа, заключающаяся в себе целый ряд вершин до 4000 метр. и выше, образует систему ледников, наиболее мощную для всего Алтая. Высота главной вершины, горы Кийтын, была определена проф. В. В. Сапожниковым [1]) в 4500 м., но довольно приблизительно (среднее из трех данных: 4350, 4500 и 4650), так что нельзя было с уверенностью сравнить ее с высотой Белухи в Русском Алтае, измеренной В. В. Сапожниковым [2]) более точно,—4540 м.

Описываемая наша поездка в горы Табын-Богдо-Ола принесла новые данные об этой горной группе, а главным образом о Кийтыне. Кроме того, мы имели случай еще раз посетить северные ледники Южно-Алтайского хребта и некоторые отроги Табын-Богдо-Ола, где нашлось несколько новых ледников.

**Путь на Укок. Китайская дорога.** 24 июня мы выступили из Урыля Укокским трактом и до моста на р. Бухтарме проделали старый, уже известный маршрут. Отсюда вверх по Бухтарме вместо обычного пути правым берегом реки, мы направились левой стороной, по так—называемой Китайской дороге, которой пользовались китайцы, когда Бухтарма составляла государственную границу. Теперь здесь ездят редко, лишь в случае необходимости об'ехать „слани“ на правом берегу, иногда непроходимые весной.

От Бухтарминского моста тропа, порядочно заброшенная и заваленная, идет в густом лесу высоко над рекой, пересекая по пути несколько круто падающих потоков, из которых наиболее значительна речка Крымза. Верстах в 5 от моста начинается под'ем на нагорье, расположенное вдоль линии хребта несколько ниже границы леса. Здесь древняя ледниковая деятельность оставила многочисленные моренные образования в виде нагромождения холмов, скрывающих за собой ряд ям—котловин.

Вечером мы стали у одной из таких ям, закрытой со всех сторон, с ровным дном усохшего озерка, а на другой день проехали мимо заметного озера, перетянутого на подобие восьмерки. Это—„Волчьи озера». Вся местность, сначала немного повышающаяся по направлению пути, усеяна гранитными валунами и поросла лесом. На открытых местах виднелись рядами лежащие, с корнем вырванные деревья –следы

[1]) „Монгольский Алтай в истоках Иртыша и Кобдо“.
[2]) „Катунь и ее истоки“.

недавней бури. Через час пути от озера тропа входит на дно лога, огороженного слева очень ровным валом. Этот лог, вероятное русло ледника, тянется версты две и спускается в сторону Бухтармы, при чем вал теряется на уклоне.

Весь путь довольно живописен, благодаря виду на вершины хребта. Под заметной острой вершиной снега сконцентрировались в небольшие ледники—ничтожный остаток прежнего оледенения, дающие однако заметно мутноватую речку. После брода через нее начинается спуск, сначала все тем же логом, и Бухтарма достигается близь устья нового, более значительного притока. Перейдя через него с некоторыми затруднениями, мы подошли к самому берегу Бухтармы, как—раз против впадения Чиндагатуя. Здесь переправиться не удалось, а выше Бухтарма образует значительные пороги. Пришлось продвинуться еще верст 5, пока нашлось покойное место. В общем Китайская дорога отняла у нас полтора дня, в то время как соответствующий промежуток на правой стороне проходится часов в 5—6. Впрочем, время не было потеряно, так как стояло ненастье и ясная погода установилась как-раз, когда мы подошли к Бухтарминскому леднику.

Мы не описываем дальнейший путь до выхода на Укок, где мы прямо свернули к истоку Бухтармы, пересекая болотистую равнину. Здесь упомянем обширную галечниковую площадь, образуемую Бухтармой ниже ледника. Миновав ее, мы остановились на зеленевшей гриве левого берега, непосредственно у выхода реки из-под морен, смешанных со льдом.

**Бухтарминский ледник и вершина Кругозорная.** 28 июня нас встретила безоблачная погода, абсолютно необходимая для задуманного нами восхождения на широкую и высокую вершину, разместившуюся между нижними течениями Бухтарминского и Укокского ледников. Это восхождение было намечено нами уже раньше[1]), так как стоящая перед ледниками вершина представляла наиболее удобный пункт для общего взгляда на хребет.

Поднимаясь в течение $2^1/_2$ часов, сначала нагромождениями конечных морен, а потом правой боковой мореной, мы постепенно огибали вершину и подошли непосредственно к ее склону, уже с южной стороны.

Дальнейший подъем здесь очень крут, так что имело бы смысл продвинуться ледником на самое Укок—Бухтарминское седло, где склон кажется более отлогим. Нам пришлось целый час карабкаться по ненадежной россыпи до гребня, отходящего от вершины на запад с загибом к северу. Еще час пути по гребню,—и мы были на широкой щебнистой макушке вершины, которой мы даем название Кругозорной в виду исключительно широкого вида во все стороны.

На севере были видны Катунский хребет с Белухой и Чуйский с рядом остроконечных вершин. Наиболее высокой представляется вершина в истоках Курбуна[1]). На востоке виднелись горы Табын Богдо-Ола с целым рядом снежных вершин до которых по прямому направлению было верст 30. На Кийтыке были заметны три повышения с чуть заметным превосходством среднего над широким северным и скалистым южным.

[1]) См. „По истокам Аргута".

Но наиболее интересным оказалось обозрение пограничного хребта с ледниками, которое собственно и было целью нашей экскурсии. Три ледника: Бухтарминский Укокский и Алахинский, а также ледниковая долина Канаса лишь в верхней части разделены короткими гранитными гребнями. Дальше следуют три глубоких выемки седла, за которыми поднимаются уже сланцевые передовые массивы. С юга они обнажены от снега, а на северной стороне несут иногда второстепенные ледники, как напр., Малый Алахинский. Кругозорная вершина также спускает ледниковый поток в сторону Бухтармы и несформировавшиеся разорванные языки к Укокскому леднику.

Прямо под нами находилось Укок-Бухтарминское седло. Оно выполнено фирном и питает оба ледника. Следующее к востоку Укок-Алахинское седло, со снежным полем и зеленоватым озерком под Алахинской мореной, значительно ниже. Через него по прямой линии виднелось седло в Канас, куда переливается ледниковый поток с Алахи[1]). Таким образом возможно совершить весьма интересную экскурсию из Бухтармы в Канас, пересекая все ледники.

Рельеф южной стороны хребта сложнее, так как более значительные отроги имеют разветвления и многочисленные боковые впадины. Здесь образуется целая система ледников, питающих правые притоки Монгольского Канаса. Над всей местностью доминируют великолепные Акульгунские пики, достигающие 3900 метров. Следующей по высоте является Алахинская центральная вершина, более 3650 метр. Очень значительно поднимаются передовые массивы. Мы были на высоте почти 3600 м., не ниже большей части вершин, что позволило взглянуть на них с новой точки зрения и лучше судить об их относительной высоте. Острая при взгляде спереди центральная вершина оказалась отлогим повышением гребня, а куполообразная широкая вершина хребта между Укоком и Бухтармой поднялась острым гребнем до высоты 3600 м.

Сделав измерения буссолью и сняв фотографии, мы стали спускаться более прямым путем и, кажется, еще круче, по присыпанной снегом россыпи, весьма похожей на стену. К 7 часам благополучно вернулись на стан.

День 29 июня был посвящен двум экскурсиям—на Бухтарминский ледник и к ледничку горы Кругозорной. Дойдя по моренам до выступа в середине общего Бухтарминского цирка, мы имели по обе стороны Большой и Малый Бухтарминские ледники, которые, как выяснилось, в настоящее время не соединяются. Большой ледник начинается двумя главными потоками и несет слабо выраженную морену. Левая морена, прежде бывшая срединной, тянется от нашего пункта и, соединяясь с конечной мореной, образует длинные продольные валы, скрывающие значительные массы льда. Эта отмирающая часть ледника тянется версты на четыре. Каменный покров ее состоит главным образом из гранита, но боковые морены приносят сланцы. Левый Бухтарминский ледник незначителен и, новидимому, находится на пути к исчезновению. Поток из него течет сначала между валами, а потом уходит под морену.

Бухтарма вытекает двумя совершенно мутными потоками и в полуверсте от ледника принимает справа также мутный ключ из ледника горы Кругозорной. Этот последний начинается из снегов близ самой

[1]) См. „По истокам Аргута".

вершины и крутыми ледяными валами падает в ушелье, образованное упоминавшимся выше гребнем. Высота конца ледника 2850 м. Ниже следуют нагромождения морен.

**Бутеу Канас и ледник Пржевальского.** 30 июня мы посетили истоки Укока и Бухтармы, чтобы отметить концы ледников. Относительно Укокского ледника это оказалось не так удобно сделать, так как снежное поле закрыло его конец. Все-таки, кучей камней отметили гранитную глыбу с левой стороны, от которой конец ледника находился приблизительно в направлении к шпилю противоположной вершины. Конец Алахинского ледника замечен по громадной, весьма заметной круглой гранитной глыбе, от которой он находится в 57 саженях по направлению SOS 166,5° (по компасу). За два года (1914—1916) ледник, судя по впечатлению, заметно отступил. Изменилось и место выхода Алахи, которая вытекала теперь из темной щели с правого боку. Площадка с левой стороны ледника по-прежнему послужила нам местом для стана, но в этом году даже короткое пребывание на Алахе отравлялось обилием комаров; они преследовали нас даже на леднике.

1 июля мы перешли Алаху у выхода ее из озера, Канас у его устья, круто поднялись в выше лежащую долину Бутеу-Канаса и в тылу ее увидели вершину Кийтын. На следующий день достигли известного по описанию В. В. Сапожникова седла в Монгольский Канас, где долина Бутеу-Канаса близко подходит к Кийтыну.

3 июля. Предполагая предпринять выхождение на Кийтын, мы занялись его осмотром с возвышенного пункта против ледника Матусовского, откуда Кийтын был хорошо виден.

Прямо на запад Кийтын обрывается отвесной стеной с более отлогими спусками по сторонам и производит впечатление своими скалами и гребнями. Здесь нет подходящих условий для накопления снега и имеется лишь один более значительный ледник, с волнистой поверхностью,—ледник Матусовского; да и то он отделен от Кийтына скалистой стенкой, а питается главным образом, снегами передовой вершины, которую окружает, загибаясь влево. С правой стороны над ледником имеются два фирновых поля, из которых нижнее образует ледяной язык, подходящий вплотную к морене. Поднявшись с этой стороны, мы подошли бы как раз к более пологому направлению Кийтына но не было возможности наметить дальнейший маршрут; пришлось бы, быть может, преодолевать еще гребни или даже спускаться в верхнюю часть ледника Потанина.

Для лучшего осмотра Кийтына, а также для обследования истоков Бутеу Канаса мы предприняли под'ем к северу, на широкую вершину в отроге, отходящем от Кийтына на запад и отделяющем Бутеу-Канас от системы Калгутты. С этой вершины берется поток, который растекается внизу на две стороны; одна ветвь составляет исток Бутеу-Канаса, а другую он отдает Канасу Монгольскому. Через час под'ема по глубокому оврагу мы добрались до конца небольшого ледника, на высоте 3160 м., а на высоте 3.300 м. выбрались на щебнистую площадку, откуда увидели следующее:

Ледник спускался по открытому склону с востока прямо к нам и, дойдя до площадки, круто поворачивал к югу, оставляя невыполненной покатость на запад. Весь ледник имеет в длину больше версты, довольно хорошо выработан и в нижней части обнажен от снега;

но, будучи расположен на большой высоте, он только днем, при большой инсоляции, дает значительный и мутный ключ.

На западе, под нашими ногами, мы увидели на склоне котловины скопление фирна, ниже переходящее в раздвоенный ледяной язык. Это был ледник второго, правого истока Бутеу-Канаса. Находясь на теневой стороне, он весь оказывается под первым ледником.

Дальнейший подъем к востоку скоро привел нас к краю страшного истрескавшегося обрыва на север. Внизу, в узкой долине, показались еще два ледника, относящиеся, как потом выяснилось, к системе Калгутты. Левый собирался из нескольких крутых полос фирна; правый, больший, начинался уже на восточном склоне все той же вершины и, выходя в долину, располагался рядом с первым. В общем, получился небольшой ледниковый узел, где соприкасаются истоки Калгутты, Алахи и Монгольского Канаса.

Поднимаясь по склону вдоль обрыва, мы были уже недалеко от вершины, как вдруг под ногами послышался глухой шум садившегося фирна. Не готовясь к серьезному восхождению и не захватив даже веревки, мы сочли более благоразумным вернуться назад, не увидев Кийтына. Восхождение принесло уже известные результаты, а на гостеприимство Кийтына с этой стороны мы уже мало расчитывали.

Ясный день 4 июля был использован для экскурсии в долину Монгольского Канаса, к леднику Пржевальского, для определения его отступания и для нового осмотра Кийтына.

Спускаться в долину Канаса приходится без тропы, по очень крутому склону. Еще очень высоко, около 450 метр. над дном долины, начинают попадаться гранитные валуны. Так как окружающая порода здесь сланец, то они, очевидно, были принесены ледником, что указывает на мощность древнего оледенения.

Крутой спуск через час приводит в глубокую долину Канаса, которая близ ледника необыкновенно живописна. После пустынных видов Укока резкий контраст составляют чрезвычайное разнообразие и красочность картин. Снеговые куполы величаво поднялись над могучей рекой льда, а бурный желтый Канас в скалистых рамках между зелеными берегами с грохотом катит и обтачивает громадные камни. Темный лес чередуется с зелеными полянами и не может удержаться на взгромоздившихся скалах Корабля[1]). Все делает верхнюю долину Канаса одним из наиболее привлекательных мест Алтая. Притом здесь довольно тепло, так что под самым ледником встречаются раскидистые кедры, и, кажется, сравнительно мало комаров.

Оставив лошадей на последней зеленеющей поляне, мы в течение $^3/_4$ часа перешли перемытые морены ниже ледника. Не доходя до него, увидели на камнях оставленные В. В. Сапожниковым знаки, указывавшие на конец ледника в 1909 г. Определив его теперешнее положение, мы нашли, что за 7 лет ледник отступил на 50 сажен, т. е. около 15 метров в год.

Окончив измерения, мы вступили на ледник с правой морены. Поверхность льда усыпана гранитным щебнем и изборождена быстро струящимися ручейками. Тут и там видны конусы льда, покрытые мусором, и поднимаются ледниковые столы, наиболее многочисленные и

[1]) Вершина между Бутеу-Канасом и Монгольским Канасом. Название дано В. В. Сапожниковым.

значительные около средней морены. По мере под'ема, некрутого и нетрудного, открывается вид на снежные пики и скоро из-за передовой вершины показывается Кийтын. С этой стороны его склоны обнажены от снега, но, кажется, не столько от крутизны, сколько под лучами солнца. Что касается восхождения, то и тут не было возможности наметить определенный путь до самой вершины; к тому же оно было бы трудно вследствие величины под'ема от конца ледника. Вообще, мы уже определенно решили отложить восхождение до посещения ледника Потанина и подняться на Кийтын с востока. Не совершая длительной экскурсии по леднику Пржевальского, мы в 3½ часа спустились с ледника и к 6 ч. вечера были на стану.

**Маршрут к леднику Потанина: Кара-Чад, Восточный Укок, Эльбесин, Ойгур.** Чтобы пройти в вершину Аккола [1]), мы выбрали новый, никем не описанный маршрут, именно: долиной р. Кара-Чад, притока Бутеу-Канаса, перевалить на Укок, в систему Калгутты, а затем воспользоваться перевалом Эльбесин, чтобы попасть в непосредственную близость к леднику Потанина.

Спустившись немного по Бутеу-Канасу, мы свернули вдоль светлого ключа, по ровной террасе правого берега. Плоское дно долины ограничено крутыми склонами, ровно обрезанными вверху. Такой рельеф характерен для столовых гор Укока Чолок Чад, составляющих предгорья группы Табын-Богдо-Ола. Плоское возвышение прорезано каньонообразными долинами, по стенам—склонам которых торчат сланцевые утесы, спускающие вниз крутые осыпи, часто красного цвета, принимающего различные оттенки. Кара-Чад, которым мы поднимались, берется с плоского водораздела, из небольших озер, затерявшихся в моренных образованиях, со стоком то в ту, то в другую сторону. Спуск с водораздела, сначала отлогий, заканчивается крутыми уступами по склону новой долины, в тылу которой справа показались два ледника, открытые нами еще при восхождении на Бутеу-Канасе.

Весь перевал занял около трех часов. Во время спуска хмурившаяся с утра погода разразилась сильной бурей с дождем и снегом, заставившей нас поскорее укрываться в палатках.

Речка, на которой мы стояли,—тоже Кара-Чад. Она берется из указанных ледников, образует два зеленоватых озерка и протекает еще верст 8 узкой долиной, направленной на ССЗ. Выходя на Укок, она поворачивает к востоку и впадает в Калгутты.

Под вечер погода улучшилась и мы спустились Кара-Чадом до конца ущелья. С левой стороны видны расщелины с каровым ледником в одной из них; с правой обращает на себя внимание прислоненный к склону заросший моренный вал до 100 метров высоты.

6 июля направились по равнине Укока к перевалу Эльбесин. Взяв приблизительное направление, мы без тропы наискось пересекали юго-восточную часть Укока. По пути, с возвышенного плато, был виден Кийтын, выглядывавший из-за передовых снежных вершин. Затем следует спуск в долину Калгутты и брод сначала через левый исток реки, потом через правый, больший, с грязно-желтой водой.

Особенно интересной частью Восточного Укока является ровная точно нивеллированная площадь, почти в 100 кв. верст, при слиянии

[1]) Мы слышали у местного населения только название Аккол. Может-быть, название Цагангол, приводимое В. В. Сапожниковым, употреблялось китайцами.

истоков Калгутты и в долине Черной Калгутты, несомненное дно древнего озера. Вся местность совершенно выжжена солнцем. Белая илистая почва, усыпанная гранитными валунами, чуть прикрыта высохшей травкой. Лучший травяной покров в некоторых местах котловины является следствием искусственного орошения, устроенного киргизами, которые в большом количестве зимуют в этой части Укока и которым необходим запас корма для скота. Сухость воздуха и скудость осадков легко об'ясняются тем, что высокие горные цепи отнимают у господствующих юго-западных ветров почти всю влагу[1]). Тем же обусловлена главным образом и бедность ледниками северного склона таких высоких гор, как Табын-Богдо-Ола, хотя в этом отношении большое значение имеет и отсутствие здесь глубоких выемок, где мог бы накапливаться снег. Заметим еще, что, судя по впечатлению, восточная часть Укока, представляющая котловину, защищенную от ветров, лучше прогревается солнцем и потому среди более холодных областей естественно должна отличаться сухостью.

Дойдя до небольшого ключа Эльбесин, мы свернули в его ущелье, где нашли торную тропу, и к вечеру были под перевалом. Недалеко были и истоки Эльбесина; в них имеются два небольших висячих ледника, придающие воде некоторую мутность.

7 июля в течение $^1/_2$ часа мы круто поднялись вдоль ключа правой стороны в верхний этаж долины, а затем в'ехали в узкий овраг с крутыми сланцевыми осыпями по бокам и плоским размытым дном. Этот корридор, делая изгибы, тянется версты $2^1/_2$, почти до самого перевала. Последний небольшой под'ем вправо выводит, наконец, на плоскую седловину между округлыми невысокими сопками. Высота перевала очень значительна, 3415 метр., и в ясную погоду с него должен был бы открыться обширный вид, но теперь стояло ненастье и туман такой, что с трудом можно было найти присыпанную снегом тропу.

Спуск с перевала некоторое время ведет таким же оврагом, но ниже он обращается в глубокое ущелье, а тропа лепится высоко по склону на крутом косогоре, и здесь надо ехать с осторожностью. Скоро справа показывается круто повисший ледник и тропа подходит к мутно ватому ключу—одному из истоков р. Ойгур. Россыпи, наконец, кончаются и сменяются в уширенной долине террасами и моренными холмами, заросшими травой. В общем перевал Эльбесин оказался не таким трудным и притом часто посещаемым. На этом пути, пройденном нами и в обратную сторону мы видели и русских киргиз и киреев, а также встретили двух торговцев, везших товар в Монголию. Несмотря на это, в литературе до сих пор не было описаний перевала.

Через час ходу от перевала тропа выходит на террасу правого берега, а слева притекает другой ключ, также берущийся из карового ледника и мутный. Зашумевшая река скрывается в овраге с красными стенами, соединяется с новым потоком, также с левой стороны, и устремляется на юг, в расширение на значительной площади, где происходит слияние с другим потоком, значительным и мутным, приходящим с запада.

Обширная котловина с дном то болотистым, то галечниковым ограничена с востока эффектными красно-фиолетовыми стенами, а с про-

[1]) Кроме того ветер, достигающий восточного Укока через высокие горные цепи, должен стать и теплее, подобно фёну Швейцарии.

тивоположной стороны отлого поднимается зеленый склон невысокой гривы. Поднявшись сюда, мы оказались бы непосредственно сбоку ледника Потанина, при чем грива Гляден [1]) осталась бы слева. Не предполагая этого, мы, по указанию киргиз, взяли тропу левее, в южном направлении, с некрутым под'емом по холмистому склону. По пути попадаются, иногда довольно значительные, глыбы красной породы, крепко сцементированной из сланцев (конгломерат или брекчия).

Скоро мы выехали на зеленое плато и впереди себя видели плоский хребет, как бы разорванный посредине в виде ворот, запертых сзади значительно понизившейся осевшей стеной. Перед воротами показалось округлое озеро, запруженное моренным валом, довольно значительное ($1^1/_2$—2 версты длины). Разрез хребта с правой стороны много шире и окружает озеро крутым осыпающимся склоном. Левое продолжение много уже и оставляет отлогий берег, по которому тропа огибает озеро, направляясь в ворота Выход оказывается в левую сторону, в ущелье между разветвлениями хребта, при чем правая ветвь оказывается, как видно из предыдущего, много ниже. Сюда же вытекает и озеро, пробившееся небольшим ручьем через морену. Узкое дно долины заполнено моренными образованиями, при чем попадаются гранитные валуны, каким-то путем занесенные древним оледенением (вероятно, с ледника Потанина). Крупные россыпи по бокам состоят из сланцев, зеленоватых в свежем изломе и краснеющих со временем. Выше торчат острые гребни утесов, не так заметные спереди, но бросающие длинные тени под лучами вечернего солнца. В общем получается тот же рельеф столовых гор Укока с плоскими хребтами и узкими долинами.

В речке, которой мы спускались, мы узнаем р. Проходную на карте В. В. Сапожникова, но только направлена она не на юг, а почти прямо на восток. Некоторый поворот к югу следует только перед спуском к Акколу, до которого от слияния истоков Ойгура около 3 часов пути.

Большая долина производит впечатление неожиданным изменением масштаба высоких хребтов, глубоко спускающихся к белой ленте реки. Контраст после болотистых пустынных пространств довершается сухостью почвы и показавшимися группами лиственниц. Тропа, вдруг оказавшаяся высоко над рекой, заворачивает вверх по Акколу, постепенно приближаясь к реке. По берегам тянутся сухие террасы, почти лишенные всякой растительности. Мы долго не находили корма для лошадей и уже совсем в темноте остановились на первой чуть зеленевшей площадке у небольшого ключа. Лесу давно уже не было, кустов тоже не оказалось, но на дрова было довольно кизяку. Верхняя долина Аккола является одним из любимых мест для кочевья урунхайцев ранним летом. Но теперь Аккол был совершенно безлюден, так как долина выжигается солнцем и только у редких ручейков попадается зеленая травка.

**Ледник Потанина и восхождение на Кийтын.** 8 июля мы скоро миновали ключ Холодный, около которого на зеленой лужайке видны следы большого аула, и берегом реки продолжали подвигаться ближе к леднику Потанина. На протяжении около 5 верст ниже ледника река протекает в узком ущелье с красными стенами; такой же щелью про-

[1]) Название В. В. Сапожникова.

текает и боковой поток из ледников Гране и Крылова. Порода, в которой прорыт этот извилистый корридор, не сплошная, а крепко сцементирована из сланцев и кварца, с преобладанием первых. По берегам попадаются глыбы той же породы, но еще чаще глыбы гранита, иногда довольно значительные. Лавируя между ними, мы через 3 часа всего пути достигли площадки перед высокой конечной мореной. Здесь река разлилась на отдельные рукава в галечниковых берегах и бродится легко. Поднявшись на правый берег, мы пересекли еще овраг старого русла и стали на площадке под моренным валом метров в 70 высоты.

Во вторую половину дня мы совершили экскурсию на ледник Потанина, для чего пришлось преодолеть нагромождения конечных морен. Ледник в нижней части усыпан гранитным щебнем и имеет неровную поверхность. Всюду видны ледяные образования в виде побелевших бугров, особенно многочисленных с левой стороны, где бугры достигают 3—4 метров вышины. Здесь же, ближе к концу, имеются многочисленные трещины, радиально расходящиеся. Конец ледника, на высоте 2900 м, состоит из двух покатых ледяных языков, из которых левый несколько шире. Они разделены высоким валом срединной морены, выдающимся вперед сажен на 300 и скрывающим значительные массы льда. Справа от него образуется продолговатая площадка, где под илистой поверхностью также, повидимому, имеются слои льда. Сверху видны ледяные конусы, покрытые песком, а между ними растекается довольно мутный, но, повидимому, не поддонный поток. Левый ледяной язык спускается в белую воду озера, а поток выбивается наружу крутой волной. Озеро состоит из двух частей, соединенных широким протоком. Нижняя часть, более глубокая, ограничена справа полукруглой ледяной стеной, вымытой в выступающей вперед средней части ледника. Белая река, с громадным количеством мути, срывается по моренам, пополняясь более поверхностным правым потоком.

9июля. Мы нашли, что наш стан слишком удален от Кийтына, чтобы было удобно предпринять восхождение. Подыскивая подходящее место, мы в этот день проехались вдоль левого края ледника. С этой стороны, начиная от гривы Гляден, нет высокого склона, а к леднику подходит косогор болотистого плато, покатого с другой стороны в котловину Ойгура. У самых морен ледника держится мало заметная ненаторенная тропинка, по которой мы проехали верст 7 до подступивших к леднику россыпей водораздельного с Укоком хребта. Здесь, на последних лужайках мы и решили обосноваться, на высоте 3200 м.

10 июля перебрались на новое место и раскинули палатки на площадке довольно-таки сырой и наклонной. Дров не было и помину; даже за плохо горевшими кустами приходилось ездить верст за 10; а стоянка наша, по милости ненастья, оказалось довольно продолжительной. Зато в других отношениях наш стан был удачен. В непосредственной близости был ледник и отделялся лишь моренным валом, под которым бежал светлый ключ, шумно сбегавший с поверхности льда.

До Кийтына от нас по прямому направлению было верст 6. В эту сторону, т. е. на восток, он обрывался отвесной стеной с нависшими массами фирна, по сторонам понижался бблее отлогими гребнями и в общем проектировался в виде полукруга.

Чтобы выбрать для восхождения тот или другой склон (т. е. северный или южный), мы в следующий, довольно ненастный, день предприняли новую экскурсию, принесшую еще некоторые другие ре-

зультаты в смысле знакомства с местностью. Выше нашего стана к леднику вплотную подходит крутая стена осыпи, прорванная посредине, где сбегает небольшой ключ и зеленеет лужайка. На косогоре тропа становится заметна и очень облегчает езду. Через полчаса мы выехали опять на площадку, прорезанную двумя светлыми ключами. Слева в моренах, здесь особенно значительных, виднелось зеленоватое озерко, а впереди поднималась уже крайняя к востоку вершина Табын-Богдо-Ола. На камнях и на траве тропа исчезла, но когда мы стали подниматься вправо, то на осыпающемся склоне опять нашли ее зигзаги. Таким образом, здесь оказывался еще новый перевал, с Укока ведущий прямо к леднику Потанина, непосредственно мимо снежных вершин. Этот перевал—Аргамжи—показан на 3-верстной карте Омского штаба, но нигде совершенно не описан. Через полчаса под'ема мы были на высоте 3600 м., на вершине перевала, кажется, самого высокого во всем Алтае.

Ровное плато тянется от крайней вершины далеко на восток, в истоки Ойгура. Кое-где оно несет плоские снежные поля, но большей частью бесснежно, несмотря на высоту, и покрыто щебнем зернисто-кристаллической выветрившейся породы, легко рассыпающейся в песок. С перевала открывается обширный вид во все стороны, особенно интересный (на юг) с южного края плато. Громадный ледник, выходя из северного цирка, несколько с'уживается, обтекая Кийтын, и вновь расширяется, приняв большой правый приток. Производит впечатление широкое поле льда, за которым возвышаются многочисленные вершины; протянувшиеся по водоразделу с Канасом. Нас специально интересовал Кийтын, и действительно, отсюда оказалось возможно наметить для восхождения более пологий южный гребень, ограничивающий слева верхний приток ледника. Заметим также, что вид Кийтына почти не меняется, смотреть ли на него с ледника или сверху, с перевала. Это обстоятельство отчасти указывает на действительную форму Кийтына, в чем мы убедились на другой день.

Вечером стало ясно и мы готовились к восхождению.

12 июля. В 7 час. вступили на ледник, на высоте 3300 м., с проводниками Сеильханом Джамауловым и казаком Иваном Соколовым, и подвигались сначала довольно быстро, так как поверхность ледника была довольно ровной и бесснежной; только ближе к Кийтыну стали попадаться трещины, иногда прикрытые снегом. Через 50 минут пересекли ледник, поднявшись почти на 200 метров, и подошли к снежной террасе, которой заканчивался выбранный для восхождения гребень.

Под'ем, пока еще нетрудный, становится довольно крут. На гребне снежный навес чередуется с обнажениями гранита, а по сторонам обрывы делаются все глубже. Так продолжается до высоты 4000 м., откуда начинается опасное место гребня. Гребень теряет уклон, но становится крайне тонким. Снежный навес на нем перекидывается с одной стороны на другую, а по бокам открываются глубокие пропасти с темными впадинами оборвавшегося снега. После минутного колебания мы вступили на гребень, ступая так, чтобы не провалиться в одну сторону и не скатиться в другую. Гребень становится все тоньше и, наконец, остается не более ¼ аршина покатого места, где может ступить нога.

Этот небольшой сравнительно переход оставляет довольно жуткое впечатление и является единственным трудным местом на избранном

нами маршруте. Выше гребень опять стал шире, и под'ем круче, и через час, в $11^1/_2$ часов, мы вылезли наверх, на небольшую снежную площадку на высоте 4300 метр.

Отсюда мы могли бросить общий взгляд на царство снега и льда, окружавшее нас. На далекое пространство виднелись снежные куполы и пики и нельзя было сразу остановить внимание на отдельных вершинах,—их все сравняла наша собственная высота. Только на западе еще несколько возвышались над нами высшие точки Кийтына, вдруг оказавшиеся за глубокой пропастью. Кийтын оказывался на массивной вершиной, а острым и тонким гребнем, загнутым в виде подковы с концами, обращенными на юг. Посредине остается выполненная фирном котловина со страшно обрывистыми стенами. Понижения концов гребня еще более спирают ее, так что остается лишь узкий выход для одного из притоков ледника Пржевальского—кажется, ледник Роборовского. Было бы интересно подняться по леднику Пржевальского и подойти к Кийтыну с этой стороны.

От нашего пункта на ЮВ—конце гребень Кийтына тянется на ССЗ в виде обнажений гранита с левой стороны и снежного навеса с правой. Особо упомянем о лишайнике, встречающемся на камнях на солнечной стороне, несмотря на громадную высоту. После седловидной выемки следует постепенное повышение до СВ—угла. Этот пункт представляется вершиной Кийтына, если смотреть с востока, а с вершины Кругозорной, с запада,—левым широким повышением Затем гребень круто поворачивает к западу, с постепенным загибом к югу. После нового понижения он дает острую вершинку со снежным навесом и, наконец, скалистый выступ.

Продвижение по гребню от нашего пункта вплоть до высших точек представлялось вполне возможным, но было решено отказаться от этого плана, так как кругом надвигались темные тучи, уже заволакивавшие горизонт. Оставшиеся свободные минуты до ожидаемого бурана мы использовали, чтобы произвести измерения и снять фотографии. Полученные данные позволяют с некоторой достоверностью судить о высоте Кийтына и сравнить его с Белухой.

СВ—вершина поднималась над нами на 5°, что при измеренном снизу расстоянии 413 метр. составляет повышение 37 м. Принимая во внимание высоту нашего места около 4315 м. (возвышение над станом (3220 м.) 1086 м. по барометру и 1106 м. по угломерному измерению), в общем получим около 4350 м., что близко совпадает с определением В. В. Сапожникова с гривы Гляден.

Вершинка на другой стороне поднималась на 4,1°, что при крайнем возможном удалении гребня к западу, какое можно допустить из рассмотрения Кийтына с разных сторон, дает возвышение не более 100 метров. Взгляд с вершины Кругозорной показывает также, что существует лишь ничтожная разница в высоте между тремя повышениями Кийтына. В общем мы останавливаемся на величине 4400—4450 метров, т. е. все-таки ниже Белухи.

Другие вершины еще не были закрыты тучами и мы могли также судить об их высоте. Все они оказались несколько ниже нас. Наиболее высокой представляется вершина М на карте Сапожникова. Затем следуют вершина Снежная Церковь и острый пик за нижним течением ледника Пржевальского. Значительно ниже вершина Петр Петрович, которая легко узнается по треугольному пятну скал. Для нее мы даем

только около 4000 м. или даже ниже; цифра же В. В. Сапожникова—4240 м. нам кажется преувеличенной, как преувеличена полученная при той же с'емке для Кийтына высота 4650 м. Главные вершины протянулись по водоразделам Канас—Аккол и Канас-Кобдо и все имеют отношение к леднику Пржевальского, многочисленные потоки которого посеревшие и обнаженные от снега, стекаются со всех сторон на широкую площадь посредине.

В другую сторону, на СВ, виднелись округлые вершины, выходящие на Укок, в том числе Русский шатер, но большая часть северного цирка ледника Потанина была закрыта выступом Кийтына.

Из далеких видов нас интересовали горы Эмегейты, где около выдающейся вершины мы видели значительные потоки ледников; но, к сожалению, картина уже закрывалась тучами.

Лишь только мы начали спускаться, в 12 часов, как разразился буран. Переход по острому гребню при сильнейшем боковом ветре стал еще опаснее; но он уже не производил прежнего впечатления, так как скрылись пропасти по сторонам. Мы старались только ступать по старым следам, еще не занесенным. Ниже мы несколько сбились со старого пути, уклонившись вправо, к притоку ледника, но в это время тучи разогнало, так что дальнейший спуск не представил затруднений. Внизу направились прямо к стану, пересекая ледник наискось. Свежий снег присыпал неровности льда и идя довольно быстро, мы неоднократно попадали ногами в ледниковые стаканы, иногда довольно глубокие. В 4 ч. достигли палаток.

Сравнивая выполненное восхождение с под'емом на Белуху, мы должны сказать, что последний требует гораздо большей затраты сил. Восхождение на Кийтын, даже если его распространить до высших точек, легко совершается в один день и покажет туристу такие картины, каких не может быть на одинокой Белухе. Минусом является упомянутый опасный переход, которого нельзя миновать при нашем маршруте. Надо заметить, впрочем, что снежный наносный гребень, вероятно, меняет свой вид и в иной год может оказаться менее острым, но едва ли он может быть еще тоньше, чем был при нашем восхождении. Кроме того, если хорошенько приняться за дело, захватить лопаты и потратить больше времени, то можно проделать тропу и пройти достаточно безопасно. Что касается возможности другого пути, напр., с севера, также с ледника Потанина, прямо к высшим пунктам, то мы затрудняемся сказать что-либо определенное.

Нам оставалось еще произвести угломерное определение, но край не ненастный день 13 июля совершенно не позволил приняться за работу. При непрекращавшемся ненастье совершили все-таки небольшую экскурсию на другую сторону, ледника, ко второму правому притоку. Поверхность льда в этом направлении не особенно ровна, так как уже начинается область трещин и бугров, многочисленных в нижней части ледника. От Кийтына по леднику тянется разрозненная полоса камней. Ниже эта морена, ставшая более плотной, делает крутой зигзаг и оттесняется к левому берегу, в чем должна сказываться неровность дна. Через 35 мин. пересекли среднюю морену, образованную ледником Александры и представляющую невысокий вал. Еще через 20 мин. мы были у противоположного края, ледника, где боковая морена отделена от берега небольшим снежным полем, а на льду виднеется много ледяных конусов. Немного спустившись, мы в течение 15 мин. достигли

впадения малого притока. Он состоит из двух потоков и имеет среднюю и боковые (состоящие из гранитов) морены. Соединяясь с главным, он не может оттеснить его морену от берега, а только несколько приподнимает край ледника. Его же влияние сказывается в нагромождении морен с правой стороны и в распространении под ними льда ниже конца ледника.

Возвращаясь к палаткам, мы взяли направление правее, т. е. ниже по леднику и должны были долго преодолевать разрывы и неровности льда.

14 июля несколько прояснило. Мы отмерили поперек ледника 400 сажен (от берега почти до средней морены) приблизительно перпендикулярно к направлению на Кийтын и, пользуясь этой базой, взяли главные направления и измерили углы возвышения. За неимением точного угломерного прибора пришлось пользоваться буссолью, но этот слабый пункт отчасти искупается величиной базы при небольших сравнительно расстояниях. Результаты измерения будут частью представлены в таблице, а здесь скажем, что для СВ—вершины Кийтына получилось возвышение 1156 м., для пункта нашего восхождения. как уже говорилось, —1106 м. Более точную разность высот между этими точками получим по расстянию между ними и углу возвышения, непосредственно измеренному при восхождении.

**Возвращение**. 15 июля, наконец, расстались с неуютным станом, чтобы возвращаться домой, но не перевалом Аргамжи, а старой дорогой: мы предполагали еще найти ледники в Ойгуре. По пути сделали короткий раз'езд к ледникам Гране и Крылова. Конец первого ледника оказался ниже, чем у ледника Потанина, именно 2885 м. Второй кончается несколько выше, в его моренах граниты уже сменяются сланцами.

Верстах в 6 от ледника, на берегу Аккола сделали привал. Шумящая в овраге река в одном месте образует водопад. Белая струя падает в узкой щели, а вверху над обрезом воды показывается снежная вершина (вершина С по карте Сапожникова).

В этот день ночевали на р. Проходной, а 16 июля задержались в котловине Ойгура. Поднимаясь вдоль правого истока его, мы с гряды холмов увидели снежные вершины. Но это были истоки Аккола и прежде всего мы узнали вершину С. Через час были у небольшого озерка при входе в узкую долину. Здесь речка меняет первоначальное восточное направление, загибаясь к северу при выходе в котловину.

Еще час пути по ущелью,—и мы были против порядочного ледника на правой стороне. Плоское фирновое поле разделено еше высоко и дает два ледяных языка, при чем левый, узкий, располагается на скалистой стенке над правым, большим. Общее направление ледника на восток. На нем можно взять длину с версту и такую же ширину. Высота конца около 3200 м. Мутная речка пополняется еще из небольшого карового ледника, лежащего в отдельной впадине севернее главного.

17 июля второй раз перевалили через Эльбесин. Теперь погода была ясная и имело смысл подняться на плоское возвышение налево от перевала. На ЮЗ показался Кийтын, над которым все время клубились облака. Ближе виднелась извилистая линия плоского хребта, круто падающего по сторонам. В глубоком ущелье висели леднички

Эльбесина, а рядом с ними, отделенное тонкой полосой щебня, располагалось фирновое поле Ойгурского ледника.

В этот день спустились на равнину Укока и остановились ночевать, не доходя до тракта ведущего с перевала Улан—даба.

18 июля скоро вышли на торную дорогу. При приближении к р. Калгутты попадаются болотца с белой водой, а потом тропа проходит мимо большого очера, образованного рекой на плоском дне Укока. После брода через Калгутты путь пересекает речка Кара—Чад, уже перед водоразделом с Западным Укоком. С вершины холмов опять показывается Кийтын. Видны все три повышения, но отсюда восточное кажется чуть повыше, что может служить указанием на направление гребня.

В 12 часов спустились к Алахе против таможенного пикета, но здесь брод оказался настолько глубок, что вода непременно подмочила бы вьюки. Пришлось продолжать путь тем же берегом к устью Канаса, где легко бродятся под ряд Бутеу—Канас, Канас и Алаха. Бутеу—Канас, вырвавшись из узкой щели, разлился несколькими потоками, мутными и многоводными. Он берется из многих малых ледников и в зависимости от времени дня и погоды очень меняет свою величину.

Ночевали на правом берегу Канаса выше устья, где он протекает в песчаных холмах извилистым глубоким руслом.

19 июля мы предполагали совершить еще экскурсию на Канасский ледник с небольшим восхождением, но непогода опять помешала нам и заставила предпочесть прямой маршрут Укокским трактом к Урылю, куда мы вернулись 22 июля.

О геологическом строении посещенных нами частей южного Алтая пока можно дать лишь самые краткие сведения.

Горный узел Табын—Богдо—Ола сложен из гранита. На его отрогах, по крайней мере там, где мы были, гранит сменяется сланцами. На СВ гранит прекращается уже к перевалу Аргамжи. На перевале Эльбесин хребет сложен наверху из бурого глинистого или глинисто-кремнистого сланца, ниже—серые и частью красные метаморфические сланцы.

Хребты между Ойгуром и Акколом в области речки Проходной состоят из твердого зеленовато-серого метаморфического сланца; из сланца же сложен хребет между Акколом и Кобдо, начиная от ледника Крылова

На запад от Кийтына серый метаморфический сланец начинается приблизительно у конца ледника Пржевальского Из него состоит группа Корабль. У конца посещенного нами ледника Бутеу-Канаса есть выход (среди сланцев) буровато-серой мелко-зернистой породы.

Северные отроги Табын-Богдо-Ола—горы Чолок-Чад состоят из мягких сланцев очень часто красного цвета (поэтому, напр., вода в ключе, который вытекает из правого ледника Бутеу Канаса, наполнена красноватой мутью). Та же порода образует такие же ровные столового характера хребты в Монголии, к востоку и СВ от Ойгура.

В верхней долине Аккола, начиная от самого ледника Потанина, а также и в котловине слияния истоков Ойгура—дно долины сложено из брекчии, сцементированной из обломков того же красного сланца, иногда с примесью кварцевых галек; местами эта брекчия по своей плотности напоминает яшму.

В главном Южно-Алтайском хребте как раз на Канасском перевале (немного западнее тропы), сланец опять сменяется гранитом, который тянется на запад до самого перевала Акульгун. Гранит здесь, как и в горах Табын-Богдо-Ола, серый, обычно светло серый; в моренах восточной части Алахинского ледника и противолежащего 2-го ледника Ак Тюргуня попадается гранит с синеватым кварцем (вероятно, раздробленным мельчайшими трещинами).

На южной стороне хребта в области Западного Канаса и Джитыбулака гранит проходит через долину Канаса в горы Эмегейты. Отроги по обе стороны Ак Тюргуня (как и противолежащая часть группы Эмегейты—судя по очертаниям вершин и по цвету)—сланцевые.

Отроги северной стороны также сложены из сланца; сланец серый, твердый, только в одном месте между Укоком и Алахой попадается очень мягкий светло-зеленый.

И на севере и на юге отроги отделены от центрального гранитного массива заметными понижениями. Повидимому, в самом поясе контакта породы отличаются малой прочностью

Западнее истоков Бухтармы от хребта отходит массивный гранитный отрог с Акульгунскими пиками, который протянулся в южном направлении через среднюю часть Кара-Ирека. Может-быть, продолжением этого массива являются гранитные сопки на водоразделе Нарын-Кабы с Нижним Канасским озером.

Западнее пиков. в долине Акульгуна и в верховьях Кабы горы состоят исключительно из сланца—темносерого, мягкого, раскалывающего на тонкие плитки. Особенно это выражено около Ак Кабинских ледников. У перевала из Темир Кабы в Арасан-Кабу торчат тонкие плиты, которые издали кажутся иглами. Мягкие округлые формы вершин к западу от Акульгунского прохода составляют резкий контраст с дикими утесами Акульгинских пиков.

Формы выветривания гранита во всем районе—обычные для высокогорного Алтая скалы с крупно параллелепипедальной отдельноссью. Матрацевидной отдельности и карманов выветривания не встречается (кроме разве сопок между Нарын-Кабой и Нижним Канасским озером).

Простирание сланцев вообще не совпадает с направлением хребтов, что согласно с мнением В. А. Обручева [1]) о преобладающей роли диз'юнктивных дислокаций на Алтае; падение обычно крутое, почти вертикальное.

Во всей области наших исследований совершенно не попадалось окаменелостей, так что о возрасте пород этой местности можно будет судить только по сопоставлению с другими районами. Известняков, в которых чаще встречаются окаменелости, мы совершенно не находили.

Относительно минеральных богатств описываемой местности можно сказать только следующее:

Кое-где здесь встречается свинцовый блеск. Немного его попадалось в моренах Бухтарминского и Укокского ледников; очень хороший кусок (но, может-быть, привезенный откуда-нибудь) найден на перевале Эльбесин; наконец, брекчия под ледником Потанина вся пронизана прожилками этой руды.

Ничтожные следы меди попадались у ледничка вершины Кругосорной (зеленая окраска породы) и в морене у конца ледника Потанина (то же и немного медного колчедана).

[1]) В. А. Обручев: „Нечто о тектонике русского Алтая" и „Алтайские этюды".

На перевале Эльбесин найден кусок волокнистого красного железняка.

Вообще, насколько пока можно об этом судить, горы Табын-Богдо-Ола и Южно-Алтайский хребет значительно уступают по богатству рудами и другими ценными минералами не только богатейшим западным предгорьям Алтая, но и высокогорной центральной области, где, напр., на морене у Раздельного гребня Белухи мы нашли самородную медь.

Настоящая статья является лишь кратким предварительным сообщением о далеко еще незаконченных исследованиях в области горных цепей Южного Алтая и центрального узла Табын-Богдо-Ола,—места особенно интересного для исследователя, так как здесь, повидимому, лежит центр радиальных дислокаций Алтая; здесь же и оледенение достигает наибольшего развития, приближаясь к покровному.

Прилагаемая карта в значительной части представляет результат собственной с'емки особенно в центре. Северный и западный края взяты главным образом с трехверстной карты Омского штаба, восток —с карты ледников Табын-Богдо-Ола, составленной В. В. Сапожниковым:

## Таблица высот, отнесенных к уровню моря.

| | | Высоты в метрах: |
|---|---|---|
| Канасский перевал | | 2695 |
| Верхнее Канасское озеро | | 2035 |
| Западный Канас: | озерко при слиянии истоков | 2310 |
| | устье | 1810 |
| Джиты-Булак: | устье | 1695 |
| Ак-Тюргунь: | конец III ледника | 2450 |
| | слияние истоков | 2010 |
| | перевал к Кара Иреку | 2700 |
| | устье | 1600 |
| Кара Ирек: | конец I ледника | 2390 |
| | стан под перевалом к Ак-Тюргуню | 2130 |
| Акульгун: | Акульгунский перевал | 3025 |
| | слияние истоков | 2160 |
| | устье 1 го правого притока | 2045 |
| | перевал к Нарын Кабе | 2315 |
| | устье протоки в Канас | 1490 |
| Эмегейты: | вершина в тылу большого ледника | 3770*) |
| | передовая вершина | 3650*) |
| | конец большого ледника | 2590*) |
| | устье речки из него | 1720 |
| Северн.-Канас: | конец ледника Пржевальского | 2530 |
| | граница леса | 2510 |
| Нарын-Каба: | долина близ слияния истоков | 2000 |
| | долина под перевалом к Н. Канасскому озеру | 1635 |
| | перевал к озеру | 2325 |

| | | |
|---|---|---|
| Аккол и ледник Потанина: | северо-восточная вершина Кийтына | 4352*) |
| | вершина Снежная Церковь | 4155*) |
| | вершина С. | 4135*) |
| | вершина над ледником Потанина против стана | 3920*) |
| | Кийтын, пункт восхождения | 4315 |
| | опасное место гребня | 3985 |
| | южный гребень Кийтына, терраса у ледника | 3530 |
| | конец ледника Потанина | 2910 |
| | стан у конца ледника | 2880 |
| | стан под Кийтыном на берегу ледника | 3220 |
| | перевал Аргамжи | 3595 |
| | конец ледника Гране | 2885 |
| | озеро в истоке р. Проходной | 2980 |
| Ойгур: | конец главного ледника правого истока | 3175 |
| | конец висячего ледника под перевалом Эльбесин | 3270 |
| | слияние истоков Ойгура | 2870 |
| Перевал Эльбесин | | 3415 |
| Бутеу-Канас: | перевал Бутеу-Канас | 2735 |
| | конец ледника Бутеу-Канаса | 3160 |
| | верхний этаж долины Бутеу-Банаса | 2650 |
| Укок: | равнина Восточного Укока (долина Ч. Калгутты) | 2340 |
| | перевал Кара-Чад | 3025 |
| | водораздел (по тракту) между Восточным и Западным Укоком) | 2505 |
| | конец Алахинского ледника | 2395 |
| | конец Укокского ледника | 2610 |
| Бухтарма: | конец Большого Бухтарминского ледника | 2515 |
| | конец Западного Бухтарминского ледника | 2840 |
| | стан под Бухтарминским ледником | 2495 |
| | вершина Кругозорная | 3585 |
| | конец ледника вершины Кругозорной | 2850 |

*) Угломерное определение.

# Карта ледников Южного Алтая

По маршрутам экспедиций Б. и М. Троновых (1913-1916 г.г.)

Масштаб 6 верст в дюйме.

56°20' 56°30' 56°40' 56°50' 57° 57°10' 57°20' 57°30' 57°40'

49°20' 49°10' 49° 48°50'

Дер. Арчаты. р. Бухтарма р. Кыргын р. Казганджол р. Як-Кааба р. Як-Ааба р. Кемир-Ааба р. Карын-Ааба р. Каба

Пер. Акальчун 3565 3525 3550 3580 2760 2315 2395 1490

Горы Эмегейты. р. Канас

Озеро Нижнее Канасское

Укокский заложенный ледник р. Ак-Алаха р. Ак-Алаха р. Ак-Кок р. Ак-Кок р. Ак-Канас р. Ак-Канас-Канас р. Ак-Канас-Ледник р. Ак-Канас-Ледник

Пер. Ак-Канас 2695 3445 3360 2720 3020 3220 3360 3315 3595 3415 2340

Лед. Матусовского Лед. Потанина Лед. Грене Лед. Крыленко 2885

Ледник Певцова Ледник Пржевальского Ледник Обручева

Озеро Верхнее Канасское 2035 3650 3830 3770

р. Южный Канас р. Ак-Су р. Жаманкыр р. Сом

## Условные обозначения:

- Государственная граница
- Маршрут
- Вершины
- Населенное место
- Стан.
- 3915 Высота в метрах над уровнем моря.