

**Académie impériale des sciences.
Comptes rendus des séances
de la
Commission sismique permanente.
Tome 7, 1915-1924, Saint-Pétersbourg.**

SOMMAIRE

Livraison I, 1915

*Séance du 15 mars 1913	I
* » » 10 mai 1913	VII
* » » 1 novembre 1913	XV
* » » 13 décembre 1913	XXIV
*Rapport sur l'installation des sismographes à la Station sismologique d'Ekaterinburg	XXX
*Séance du 17 janvier 1914.....	XXXIII
*Rapport financier pour l'année 1913.....	XXXIX
*Projet de budget pour l'année 1914.....	XLIII
*Rapport sur l'installation des sismographes à la Station sismologique de Samarkand.....	XLVI
*Rapport sur l'installation des sismographes à la Station sismoloque d'Os.....	L
*Séance du 18 avril 1914	LIV
* » » 30 mai 1914	LIX
* » » 26 novembre 1914	LXV

Comptes-rendus des séances de la Commission Centrale Sismique Permanente :	
Pr. B. Galitzine (Golicyn). Etude comparative du mouvement du sol dans la phase principale d'un tremblement de terre	1
O. Backlund. Remarks on the relation between the amplitude and the period in the motion of the seismic pendulum.....	31
O. Backlund. Relations between Seismic Elements	37
*M. Rozental. Sur la détermination de la profondeur du foyer d'un tremblement de terre (2-me communic.)	41

Livraison II, 1919

Pr. B. Galitzine (Golicyn). Microseismic movements	97
Pr. B. Galitzine (Golicyn). Sur l'angle d'émergence des rayons sismiques.....	185
M. Wilip. Sur le tremblement de terre du 26 mai 1914 dans le Pacifique	335

Livraison III, 1924

*P. Nikiforov. Sur le variomètre de gravité d'Eötvös	343
*P. Nikiforov. Sur le calcul de la position d'équilibre de la balance à torsion d'après les ordonnées de la courbe du mouvement propre	382
*Irène Bobr. Sur l'amortissement des oscillations harmoniques.	397
*Irène Bobr. Sur les mouvements microsismiques d'après les observations de 1914	402
*S. Maljavkin. Analyse de l'article : Dott. Leonardo Ricciardi. Il terremoto del 13 Gennaio 1915	433

Le titre désigné par un astérisque * présente la traduction du titre original.

ИМПЕРАТОРСКАЯ АКАДЕМІЯ НАУКЪ.

ИЗВѢСТІЯ
ПОСТОЯННОЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ
КОМИССИИ.

—
Томъ 7.

—
Выпускъ I.

—
ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES.

COMPTES RENDUS DES SÉANCES
DE
LA COMMISSION SISMIQUE PERMANENTE.

—
Tome 7.

—
Livraison I.

—
ПЕТРОГРАДЪ. 1915. PETROGRAD.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.
Августъ 1915 года. Непремѣнный Секретарь академикъ *С. Ольденбургъ*.

ТИПОГРАФІА ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.
Вас. Остр., 9 лин., № 12.

Оглавление. — Sommaire.

Протоколы засѣданій Постоянной Центральнoй Сейсмической Комиссiи:	Стр.	Comptes-rendus des séances de la Commission Centrale Sismique Permanente:	Pag.
Засѣданіе 15-го марта 1913 г.	I	*Séance du 15 mars 1913.	I
» 10-го мая 1913 г.	VII	* » » 10 mai 1913	VII
» 1-го ноября 1913 г.	XV	* » » 1 novembre 1913.	XV
» 13-го декабря 1913 г.	XXIV	* » » 13 décembre 1913.	XXIV
Отчетъ объ установкѣ приборовъ на Екатеринбургской Сейсмической станціи	XXX	* Rapport sur l'installation des sismographes à la Station sismologique d'Ekaterinburg.	XXX
Засѣданіе 17-го января 1914 г.	XXXIII	*Séance du 17 janvier 1914.	XXXIII
Финансовый отчетъ за 1913 г.	XXXIX	* Rapport financier pour l'année 1913.	XXXIX
Смѣта расходовъ въ 1914 г.	XLIII	* Projet de budget pour l'année 1914.	XLIII
Отчетъ объ установкѣ приборовъ на сейсмической станціи въ Самаркандѣ	XLVI	* Rapport sur l'installation des sismographes à la Station sismologique de Samarkand	XLVI
Отчетъ объ установкѣ приборовъ на сейсмической станціи въ Ошѣ	L	* Rapport sur l'installation des sismographes à la Station sismologique d'Osh.	L
Засѣданіе 18-го апрѣля 1914 г.	LIV	*Séance du 18 avril 1914.	LIV
» 30-го мая 1914 г.	LIX	* » » 30 mai 1914.	LIX
» 26-го ноября 1914 г.	LXV	* » » 26 novembre 1914.	LXV
<hr/>		<hr/>	
*Князь Б. Голицинъ. Сравнительное изученіе движенія почвы въ главной фазѣ землетрясенія	1	Pr. B. Galitzine (Golicyn). Etude comparative du mouvement du sol dans la phase principale d'un tremblement de terre.	1
*О. Баклундъ. Замѣтка о зависимости между амплитудой и періодомъ при движеніи сейсмическаго маятника.	31	O. Backlund. Remarks on the relation between the amplitude and the period in the motion of the seismic pendulum	31
*О. Баклундъ. О соотношеніяхъ между сейсмическими элементами.	37	O. Backlund. Relations between Seismic Elements	37
Э. Розенталь. Объ опредѣленіи глубины очага землетрясенія. (Второе сообщеніе).	41	*M. Rozental. Sur la détermination de la profondeur du foyer d'un tremblement de terre (2-me communic.)	41

Заглавіе, отмѣченное звѣздочкой *, является переводомъ заглавія оригинала.

Le titre désigné par un asterisque * présente la traduction du titre original.

ПРОТОКОЛЫ ЗАСѢДАНІЙ

Постоянной Центральной Сейсмической Комиссіи.

Протоколъ засѣданія 15-го марта 1913 года.

Подъ предсѣдательствомъ О. А. Баклунда присутствовали Высочайше утвержденные члены Комиссіи: Д. К. Бобылевъ, А. П. Герасимовъ, князь Б. Б. Голицынъ, Г. В. Левицкій, А. Я. Орловъ, И. И. Померанцевъ и Э. В. Штеллингъ, секретарь Комиссіи П. М. Никифоровъ и приглашенные на засѣданіе гости: А. М. Бенаевъ, К. И. Богдановичъ, Н. А. Бѣлелюбскій, И. И. Вилипъ, И. С. Свищевъ, Н. Я. Цингеръ и Л. А. Ячевскій.

§ 1.

Читанъ и утвержденъ протоколъ предыдущаго засѣданія 14-го декабря 1912 г.

§ 2.

Князь Б. Б. Голицынъ сдѣлалъ докладъ:

„Къ вопросу объ анализѣ сложныхъ гармоническихъ кривыхъ“.

Одну изъ важнѣйшихъ задачъ точной сейсмометріи составляетъ раздѣленіе на простыя синусоиды той сложной записи, которую даютъ обычно при землетрясеніяхъ сейсмографы, даже установленные на границу аперіодичности. Докладчикъ ограничился случаемъ двойныхъ незатухающихъ синусоидъ и далъ чисто физическій методъ для опредѣленія какъ отношенія періодовъ обѣихъ составныхъ синусоидъ, такъ и ихъ амплитудъ. Отъ этого частнаго случая всегда можно перейти и къ болѣе общему, когда число слагаемыхъ болѣе двухъ. Предварительно былъ показанъ рядъ двойныхъ синусоидъ, причемъ оказалось, что форма кривой опредѣляется главнымъ образомъ отношеніемъ періодовъ отдѣльныхъ синусоидъ. Методъ князя Б. Б. Голицына основанъ на явленіи резо-

нанса и состоитъ въ слѣдующемъ. Стекланный цилиндръ оклеивается непрозрачной бумажной лентой, одинъ край которой ограниченъ кривою линіей, представляющею изслѣдуемую двойную синусоиду; абсолютные максимумы кривой касаются второй бумажной ленты съ прямолинейнымъ краемъ. Изнутри цилиндра выходила узкая полоса свѣта, ширина которой измѣнялась по тому же закону, какъ и ординаты изслѣдуемой кривой. Полоса свѣта падала на селеновый препаратъ, включенный въ одну изъ вѣтвей мостика Витстона, причемъ сопротивленія подбирались такимъ образомъ, чтобы гальванометръ въ мостикѣ находился въ покоѣ, когда свѣтовая полоса имѣла ширину равную средней ординатѣ кривой. При вращеніи цилиндра періодически измѣнялась площадь освѣщенной части препарата, сопротивленіе котораго также становилось періодической функціей времени. Гальванометръ приходилъ въ колебательное движеніе и опредѣлялось то число оборотовъ цилиндра въ единицу времени, при которомъ гальванометръ давалъ наибольшіе розмахи, т. е. періодъ синусоиды становился равнымъ періоду гальванометра. При двойной синусоидѣ такихъ чиселъ два; отсюда легко вычислить отношеніе періодовъ. Максимальные розмахи гальванометра при резонансѣ пропорціональны амплитудамъ составныхъ синусоидъ и зная коэффиціентъ пропорціональности можно вычислить и амплитуды.

Рядъ опытовъ, произведенныхъ съ двойными синусоидами, составная части которыхъ были заранѣе извѣстны, показалъ большую точность даваемыхъ результатовъ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 3.

И. И. Померанцевъ сдѣлалъ докладъ: „О нѣкоторыхъ случаяхъ раздѣленія сложной синусоиды“.

Докладчикъ предложилъ графическій способъ для раздѣленія сложныхъ синусоидъ и въ качествѣ примѣра показалъ разложеніе двойной синусоиды заданной уравненіемъ:

$$y = \sin x + \frac{1}{3} \cos 3x.$$

Способъ заключается въ томъ, что строятъ простую синусоиду проходящую черезъ точки перегиба такимъ образомъ, чтобы разности ординатъ заданной кривой и вновь построенной дали также простую синусоиду. Эта послѣдняя синусоида, построенная по разностямъ, сказалась однако не вполне правильной; былъ взятъ тогда средній періодъ и средняя амплитуда и построена по нимъ уже исправленная синусоида разности ординатъ которой съ заданной дали вторую вполне правильную кривую.

Теоретическое обоснованіе этого способа заключается въ слѣдующемъ. Двойная синусоида можетъ быть представлена формулой:

$$y = a_1 \sin \frac{2\pi}{T_1}(t + \Delta_1) + a_2 \sin \frac{2\pi}{T_2}(t + \Delta_2) (1)$$

Точки перегиба этой кривой удовлетворяют уравненію:

$$\frac{a_1}{T_1^2} \sin \frac{2\pi}{T_1} (t_0 + \Delta_1) + \frac{a_2}{T_2^2} \sin \frac{2\pi}{T_2} (t_0 + \Delta_2) = 0. (2)$$

Обозначимъ

$$Y_1 = a_1 \sin \frac{2\pi}{T_1} (t_0 + \Delta_1)$$

и

$$Y_2 = a_2 \sin \frac{2\pi}{T_2} (t_0 + \Delta_2),$$

тогда на основаніи (2):

$$Y_1 = - \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 Y_2$$

или

$$Y_2 = - \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^2 Y_1$$

Проведемъ черезъ точки перегиба кривую

$$Y = Y_1 + Y_2 = Y_2 \left[1 - \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 \right] = Y_1 \left[1 - \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^2 \right].$$

Т. е. видно, что черезъ точки перегиба можно провести двѣ простыя синусоиды съ періодами T_1 и T_2 , которыя и будутъ представлять собою составныя части заданной кривой. Способъ этотъ удалось примѣнить однако до сихъ поръ лишь къ тѣмъ кривымъ, гдѣ T_1 не слишкомъ близко совпадаетъ съ T_2 .

Принято къ свѣдѣнію.

§ 4.

А. Я. Орловъ сдѣлалъ докладъ: „О борьбѣ съ оползнями въ Одессѣ“.

Въ прошломъ году въ г. Одессѣ оторвалась отъ берега полоса земли на протяженіи 1 версты. Въ виду того, что оползни въ Одессѣ приняли характеръ экономическаго бѣдствія, была созвана Комиссія для выработки мѣръ борьбы съ этимъ явленіемъ и въ составъ Комиссіи вошли представители отъ Университета, въ числѣ которыхъ находился и докладчикъ.

Комиссія эта пришла къ заключенію, что явленіе вызывается водоноснымъ слоемъ, вторымъ отъ поверхности земли, который подмываетъ слой известняка, состоящій изъ вертикальныхъ кусковъ, постепенно обрушающихся.

Въ качествѣ мѣръ противъ этого явленія было предложено удалить воду изъ водоноснаго слоя или дать ей свободный выходъ въ море — сдѣлать подземную галерею, параллельно берегу и соединить ее съ моремъ перпендикулярными къ берегу штольнями.

Нѣкоторыя соображенія заставляютъ однако сомнѣваться въ раціональности такой мѣры.

Такъ, береговой маякъ былъ отрѣзанъ такимъ каналомъ, но въ немъ

воды не оказалось, между тѣмъ какъ нѣсколько лѣтъ спустя оползень повторился.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 5.

Князь Б. Б. Голицынъ сдѣлалъ докладъ: „О новомъ типѣ простого пружиннаго сейсмографа“.

Докладчикъ демонстрировалъ вновь построенный имъ пружинный сейсмографъ, весьма простой конструкціи, портативный и вмѣстѣ съ тѣмъ обладающій вполне достаточною чувствительностью и точностью для того, чтобы съ успѣхомъ обслуживать сейсмическія станціи 3-го разряда, которыя слѣдовало бы расположить въ большемъ числѣ въ эпицентральныхъ областяхъ.

Приборъ состоитъ изъ крѣпкой стальной пружины съ прямоугольнымъ сѣченіемъ, укрѣпленной однимъ концомъ въ прочномъ желѣзномъ столбикѣ на чугунной фундаментной плитѣ. На другомъ концѣ пружина снабжена свинцовымъ грузомъ и можетъ колебаться въ горизонтальной плоскости.

Для исключенія по возможности собственнаго движенія пружины, ея внѣшній конецъ сочленяется съ короткимъ плечомъ прямолинейнаго рычага, длинное плечо котораго снабжено мѣдной пластинкой, находящейся между полюсами двухъ постоянныхъ магнитовъ. Пишущее перо смотря по надобности можно укрѣпить или на концѣ длиннаго плеча рычага или же непосредственно на концѣ пружины. Для удлиненія періода примѣнено весьма остроумное астазирующее приспособленіе; состоящее изъ спиральной пружины съ большимъ числомъ витковъ, пружина эта при отклоненіи груза сейсмографа дѣйствуетъ въ сторону противоположную той, куда направлена сила упругости плоской пружины сейсмографа.

Далѣе, была изложена теорія этого инструмента, приведены формулы для вычисленія истиннаго смѣщенія почвы и указаны приемы, при помощи которыхъ можно исключить изъ сейсмограммы собственное движеніе прибора въ томъ случаѣ, когда совершенно выключено затуханіе. Въ заключеніе докладчикъ привелъ результаты опредѣленія постоянныхъ и лабораторнаго изслѣдованія прибора, обнаружившаго большую точность даваемыхъ имъ данныхъ.

О. А. Баклундъ благодарилъ отъ имени Комиссіи докладчика за его сообщеніе, весьма интересное въ теоретическомъ отношеніи и столь полезное для дальнѣйшаго развитія наблюденій.

Положено напечатать докладъ князя Б. Б. Голицына въ „Изв. С. К.“.

§ 6.

Доложено, что по всеподданнѣйшему докладу Министра Народнаго Просвѣщенія отъ 4-го февраля с. г. Сейсмической Комиссіи предоста-

влено приобретать от своего имени права по имуществу, в томъ числѣ право собственности на недвижимыя имѣнія, принимать на себя обязательство и отвѣчать на судѣ и что, вслѣдствіе такового Высочайшаго соизволенія, Центральное Бюро уполномочило Завѣдывающаго Ташкентской Обсерваторіей совершить отъ имени Комиссіи соотвѣствующій нотаріальный актъ о переходѣ въ собственность Комиссіи участковъ земли, мѣрою по 100 кв. саж. каждый, жертвуемыхъ для нуждъ мѣстныхъ сейсмическихъ станцій городскими общественными управленіями гг. Вѣрнаго, Оша и Самарканда.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 7.

Обсуждался вопросъ о выборѣ мѣста и наблюдателя для сейсмической станціи на о. Сахалинѣ, въ виду того, что рекомендованный губернаторомъ въ качествѣ наблюдателя священникъ Шастовъ, по отзыву Н. Г. Ф. О. оказался не вполне подходящимъ лицомъ.

Э. В. Штеллингъ замѣтилъ, что станція могла бы быть выстроена на Рыковскомъ опытномъ полѣ Г. У. З. и З., гдѣ имѣется также достаточно интеллигентныхъ лицъ для замѣщенія должности наблюдателя.

Положено передать вопросъ на заключеніе Центрального Бюро.

§ 8.

Доложено, что Центральное Бюро постановило ходатайствовать передъ Министерствомъ Н. П. о причисленіи къ Министерству наблюдателей при станціяхъ 1-го разряда съ откомандированіемъ сихъ лицъ для занятій въ Сейсмическую Комиссію, съ тѣмъ, чтобы наблюдатели производимы были въ чины на основаніи общихъ на сей предметъ положеній и при занятіи штатныхъ должностей по вѣдомству М. Н. П. приобрѣли также и права на пенсію по расчету таковой со дня причисленія къ Министерству.

Положено одобрить постановленіе Центрального Бюро.

§ 9.

Доложено, что Международная Сейсмологическая Ассоціація обратилась съ просьбою утвердить бюджетъ Ассоціаціи до 31-го марта 1914 г. и что князь Б. Б. Голицынъ, какъ делегатъ Россіи, отвѣтилъ согласіемъ, причемъ Центральное Бюро отзывъ князя Б. Б. Голицына утвердило.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 10.

Доложено, что Международная Сейсмологическая Ассоціація обратилась ко всѣмъ делегатамъ съ просьбою сообщить въ возможно короткій

срокъ списокъ лицъ, которыхъ желательно пригласить отъ имени Президента Ассоціаціи на третье общее собраніе Ассоціаціи и пятую сессию Постоянной Комиссіи въ С.-Петербургѣ въ 1914 г.

Положено что делегатами отъ Россіи явятся всѣ члены Сейсмической Комиссіи и, кромѣ того, членами Комиссіи будутъ указаны особо лица, которыхъ желательно пригласить въ качествѣ гостей на засѣданіе Ассоціаціи.

§ 11.

Доложено, что Президентъ и Исполнительный Комитетъ 12-го Международнаго Геологическаго Конгресса просятъ Комиссію прислать делегацію на сессию, которая состоится въ Канадѣ въ августѣ 1913 г.

Положено просить *Θ. Н. Чернышева* быть делегатомъ Комиссіи.

§ 12.

Доложено, что Организаціонный Комитетъ 1-го всероссійскаго съѣзда маркшейдеровъ въ С.-Петербургѣ въ апрѣлѣ 1913 г. проситъ Комиссію назначить представителя въ Комитетъ въ виду того, что на съѣздѣ будутъ затронуты вопросы, тѣсно связанные съ дѣятельностью Комиссіи.

Положено просить *А. П. Герасимова* быть представителемъ Комиссіи въ Комитетѣ.

Протоколь засѣданія 10-го мая 1913 года.

Подъ предѣдательствомъ О. А. Баклунда присутствовали Высочайше утвержденные члены Комиссіи: Д. К. Бобылевъ, князь Б. Б. Голицынъ, А. П. Карпинскій, Г. В. Левицкій, И. И. Померанцевъ, А. П. Поспѣловъ, Ю. М. Шокальскій и Э. В. Штеллингъ, секретарь Комиссіи П. М. Никифоровъ и приглашенные на засѣданіе гости: Я. И. Алексѣевъ, З. Г. Архарова, А. М. Бенаевъ, И. И. Вилипъ, Е. Г. Вопилина, Т. А. Иванова, А. Я. Левицкая, Н. А. Медзвѣцкій, В. С. Мошкова, М. Е. Орлова, И. А. Пинчуковъ и И. С. Свищовъ.

§ 13.

О. А. Баклундъ отъ имени Комиссіи привѣтствовалъ А. П. Поспѣлова, какъ новаго члена Комиссіи.

§ 14.

Читанъ и утвержденъ протоколь предыдущаго засѣданія 15-го марта сего года.

§ 15.

Князь Б. Б. Голицынъ сдѣлалъ докладъ: „Сравнительное число землетрясеній, отмѣченныхъ на различныхъ станціяхъ“.

Сопоставленіе числа землетрясеній, отмѣченныхъ на различныхъ станціяхъ, произведенное докладчикомъ на основаніи бюллетеней, обнаружило замѣчательное превосходство русскихъ сейсмическихъ станцій надъ иностранными. Оставляя далеко за собою иностранныя станціи по общему количеству зарегистрированныхъ землетрясеній, русскія станціи часто даютъ азимуть и географическія координаты эпицентра въ тѣхъ случаяхъ, когда на иностранныхъ станціяхъ не представлялось возможности хотя бы отмѣтить предварительныя фазы. Подобный успѣхъ русской сейсмической сѣти слѣдуетъ приписать высокимъ качествамъ установленныхъ на нихъ инструментовъ.

Въ заключеніе докладчикъ указалъ также на рядъ другихъ интересныхъ выводовъ, вытекающихъ изъ его сопоставленія.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 16.

Князь Б. Б. Голицынъ сдѣлалъ докладъ: „Записи вертикальныхъ сейсмографовъ въ двухъ, взаимно перпендикулярныхъ азимутахъ“.

Названныя наблюденія были произведены на Центральной Сейсмической станціи въ Пулковѣ съ вертикальными аперіодическими сейсмографами системы князя Б. Б. Голицына для гальванометрической регистраціи для выясненія вопроса, дѣйствительно ли эти приборы реагируютъ лишь на вертикальныя смѣщенія почвы и не подвержены вовсе вліянію смѣщеній горизонтальныхъ.

Ближайшее изслѣдованіе сейсмограммъ нѣсколькихъ землетрясеній обнаружило полный параллелизмъ записей и каждая особенность одной кривой повторяется и на второй. Амплитуды на сейсмограммахъ отъ обоихъ маятниковъ получились не равныя, т. к. оба прибора обладали различными чувствительностями, но послѣ вычисленія истиннаго смѣщенія почвы получены были вполне согласныя между собою величины.

При опытахъ, произведенныхъ ранѣе, подобный же параллелизмъ записей былъ доказанъ и для горизонтальныхъ аперіодическихъ маятниковъ системы князя Б. Б. Голицына.

Отмѣченный результатъ служитъ лучшимъ доказательствомъ, что аперіодическіе горизонтальные и вертикальные сейсмографы дѣйствительно даютъ величины вполне реальныя, независяція отъ индивидуальныхъ свойствъ инструмента.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 17.

П. М. Никифоровъ сдѣлалъ докладъ: „Опредѣленіе постоянныхъ вариометра“.

Изложивъ вкратцѣ постановку задачи, сводящейся къ измѣренію пространственныхъ измѣненій силы тяжести, докладчикъ обратился къ описанію метода Этвеша, дающаго возможность опредѣлить величины:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x \cdot \partial y}, \quad \frac{\partial^2 U}{\partial y \cdot \partial z} \quad \text{и} \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x \cdot \partial z},$$

гдѣ U — потенциалъ силы тяжести.

Вариометръ Этвеша состоитъ изъ крутильныхъ вѣсовъ, въ которыхъ одинъ грузъ прикрѣпленъ къ коромыслу, а другой подвѣшенъ къ нему на платиновой нити, и оба груза находятся такимъ образомъ на различныхъ высотахъ.

Вслѣдствіе неоднородности поля силы тяжести, коромысло вѣсовъ закручивается на нѣкоторый уголъ ϕ сравнительно съ его положеніемъ

въ однородномъ полѣ, при чемъ для φ Этвешъ вывелъ въ случаѣ равно-
мѣрно измѣняющагося поля слѣдующую формулу:

$$\varphi = \left. \begin{aligned} & \frac{1}{2} \frac{K}{\tau} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) \sin 2\alpha + \frac{K}{\tau} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} \cos 2\alpha - \\ & - \frac{ml_1 l_0}{\tau} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \sin \alpha + \frac{ml_1 l_0}{\tau} \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} \cos \alpha \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ K — моментъ инерціи системы вокругъ оси вращения,
 τ — постоянная крученія,
 m — масса подвѣшеннаго груза,
 l_1 — длина нити, на которой виситъ грузъ m ,
 l_0 — длина плеча коромысла вѣсовъ,
 α — уголъ между осью x 'овъ и направлениемъ коромысла.

Въ формулу (1) входятъ два постоянныхъ множителя: $\frac{K}{\tau}$ и $\frac{ml_1 l_0}{\tau}$.
 Первый изъ этихъ множителей можно опредѣлить изъ опыта на осно-
 ваніи слѣдующаго соотношенія:

$$\frac{K}{\tau} = \frac{1}{8\pi^2} [T_0^2 + T_0'^2], \dots \dots \dots (2)$$

гдѣ T_0 и T_0' — періоды колебанія коромысла въ двухъ, взаимно перпен-
 диккулярныхъ азимутахъ. Визуальныя наблюденія дали весьма несогласныя
 между собою значенія для T при одномъ и томъ же азимутѣ отчасти
 вслѣдствіе крайней медленности движенія (T достигаетъ 20 м.) и обусло-
 вленной этимъ трудности уловить моментъ прохожденія коромысла черезъ
 нулевое положеніе, отчасти же вслѣдствіе возмущающаго вліянія массы
 самого наблюдателя.

По этой причинѣ примѣнена была оптическая регистрація собствен-
 наго движенія коромысла, позволившая опредѣлять T съ точностью до
 0,5 сек. Однако первыя же кривыя обнаружили, что въ одной и той же
 группѣ волнъ послѣдовательныя T не равны между собою, отличаясь на
 7—8 сек., и среднія величины изъ различныхъ серій наблюденій также
 расходятся на 5—7 сек. Такая точность наблюденій не достаточна, ибо
 T_0 и T_0' отличаются всего лишь на 8 сек. Можно указать на двѣ вѣроят-
 ныя причины отмѣченнаго выше несогласія: вопервыхъ, въ приборѣ
 Этвеша имѣются два коромысла, повернутыя на 180° одно относительно
 другого, и при наблюденіяхъ оба они были свободны; несомнѣнно, что
 они вліяли возмущающимъ образомъ другъ на друга; вовторыхъ —
 нижній подвѣсокъ могъ совершать собственныя колебанія, какъ верти-
 кальный маятникъ, нарушая тѣмъ самымъ правильность вращательнаго
 движенія коромысла.

Предстояло такимъ образомъ пополнить теорію собственного дви-
 женія прибора, выведенную Этвешемъ въ предположеніи твердости си-
 стемы съ возможностью лишь вращательнаго движенія вокругъ верти-
 кальной оси, тогда какъ на самомъ дѣлѣ возможны колебанія также и

вокругъ верхней точки подвѣса и колебанія нижняго подвѣска. Анализъ движеній, произведенный подъ руководствомъ князя Б. Б. Голицына, привелъ къ заключенію, что періодъ вращательнаго движенія можно считать въ первомъ приближеніи независящимъ отъ прочихъ движеній системы, если оба груза прикрѣплены непосредственно къ коромыслу. Руководствуясь этимъ указаніемъ, нижній подвѣсокъ подняли до самаго коромысла и кромѣ того арретировали второе коромысло.

Полученные послѣ этого результаты оказались въ очень удовлетворительномъ согласіи, какъ видно изъ приведенныхъ ниже таблицъ, гдѣ приведены среднія значенія періодовъ изъ отдѣльныхъ серій наблюденій при азимутахъ (α) и ($\alpha + 90^\circ$).

Азимуть: (α)	Азимуть: ($\alpha + 90^\circ$)
$T_0 = 19^m 46^s, 5$	$T_0' = 19^m 55^s, 06$
19 47, 5	19 55, 26
19 46, 5	19 54, 40
19 47, 6	Среднее $T_0' = 19^m 54^s, 91$
<u>Среднее $T_0 = 19^m 47^s, 02$</u>	

Отсюда вычислено $\frac{K}{\tau}$ по формулѣ (2):

$$\frac{K}{\tau} = 35929.$$

Кромѣ того былъ произведенъ слѣдующій опытъ. Снаружи отъ ящика вѣсовъ, на продолженіи оси коромысла, былъ установленъ свинцовый шаръ, имѣющій массу около 13 кгр., на разстояніи 15 см. отъ груза вѣсовъ, и произведено было опредѣленіе T_0 сначала безъ шара, потомъ съ нимъ и затѣмъ для контроля опять безъ него. Этотъ опытъ показалъ, что присутствіе шара сокращаетъ T_0 на 8 сек. Отсюда становится понятнымъ возмущающее вліяніе второго коромысла, если оно не закрѣплено, а также понятна и недопустимость визуальныхъ наблюденій, если наблюдатель остается вблизи отъ инструмента.

Что касается второй постоянной, входящей въ формулу (1), а именно $\frac{ml_1 l_0}{\tau}$, то m , l_1 , l_0 получаютъ путемъ непосредственныхъ измѣреній; постоянная же крученія τ находится, если повторить опытъ Кавендиша, поднося къ грузу вѣсовъ массивный свинцовый шаръ, и наблюдая вызываемое этимъ закручиваніе коромысла. Ниже приведены значенія τ , полученные изъ отдѣльныхъ опытовъ:

$$\tau = 0, 680$$

$$0, 680$$

$$0, 681$$

$$\tau = 0,695$$

$$0,703$$

$$0,704$$

$$\text{Среднее } \tau = 0,6905.$$

Для опредѣленія приведенныхъ въ началѣ вторыхъ производныхъ отъ U , приборъ Этвеша устанавливается послѣдовательно, черезъ каждыя 2 часа, въ трехъ азимутахъ, черезъ 120° , и въ каждомъ азимутѣ регистрируется фотографически положеніе равновѣсія обоихъ коромыселъ. Такъ какъ въ приборѣ имѣется два коромысла, повернутыя одно къ другому на 180° , то всего будемъ имѣть шесть уравненій вида (1) съ 4 неизвѣстными вторыми производными и съ 2 неизвѣстными значеніями φ , отвѣчающими положенію того и другого коромысла въ однородномъ полѣ. Эти наблюденія также были произведены, и въ докладѣ приведены значенія искомымъ величинъ, полученныя изъ ряда наблюденій, хорошо согласовавшихся между собою.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 18.

Доложено, что наблюдатель при сейсмической станціи 1-го разряда въ Макѣвкѣ, Тихомировъ, по личнымъ обстоятельствамъ покинулъ службу при названной станціи и что на освободившуюся должность предполагается назначить И. А. Пинчукова, проходящаго нынѣ практическій курсъ сейсмометрии въ Физической Лабораторіи Академіи Наукъ; временно же въ Макѣвку командированъ Центральнымъ Бюро С. В. Шимановскій, которому поручено установить тамъ вертикальный сейсмографъ и синхронизировать съ этимъ приборомъ горизонтальные маятники.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 19.

Положено уволить съ 1-го іюня с. г. С. А. Бѣляева отъ занимаемой имъ должности наблюдателя при сейсмической станціи 1-го разряда въ Тифлисѣ, согласно прошенію, и назначить съ того же числа на эту должность С. В. Шимановскаго.

§ 20.

О. А. Баклундъ доложилъ, что при Астрономической обсерваторіи въ г. Николаевѣ имѣется удобное помѣщеніе для установки маятниковъ Цельнера для наблюденій надъ приливами и отливами въ земной корѣ подъ вліяніемъ луннаго притяженія.

Положено учредить въ г. Николаевѣ станцію для названныхъ наблюденій и ассигновать въ текущемъ году на ея содержаніе 360 рбл.

§ 21.

Доложены представленные М. Я. Минчиковским „отчетъ о дѣятельности Иркутской станціи въ 1912 году“ и „отчетъ о ревизіи второклассныхъ станцій въ Кабанскѣ и Маритуѣ въ ноябрѣ 1912 г.“, назначенные Центральнымъ Бюро къ печатанію въ И. С. К.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 22.

Доложено, что Финансовое и Контрольное вѣдомства не встрѣтили препятствій къ отпуску въ теченіе 3 лѣтъ всего 92000 рбл. на снаряженіе Иссыкъ-Кульской геодезической экспедиціи, и въ Министерствѣ Народнаго Просвѣщенія въ настоящее время заготавливается представленіе въ Совѣтъ Министровъ по сему дѣлу.

Принимая однако во вниманіе, что утвержденіе соответствующаго законопроекта могло бы послѣдовать въ лучшемъ случаѣ лишь въ іюлѣ мѣсяцѣ, а ассигнованіе кредита изъ остатковъ по дѣйствующей смѣтѣ лишь въ концѣ 1913 г., и экспедиція въ 1913 году не могла бы состояться, князь Б. Б. Голицынъ просилъ Министерство испросить отпущеніе на данную надобность средствъ съ будущаго года, съ тѣмъ, однако, чтобы весь кредитъ, имѣющій быть ассигнованнымъ на снаряженіе экспедиціи въ 1914 году былъ открытъ Сейсмической Комиссіи не позднѣе 1-го марта 1914 г.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 23.

Доложено, что, принимая во вниманіе, что въ ежегодныхъ бюллетеняхъ Комиссіи приводятся данныя лишь для первой и второй предварительныхъ фазъ и для длинныхъ волнъ, тогда какъ въ еженедѣльныхъ бюллетеняхъ первоклассныхъ станцій приводятся помимо того подробныя данныя о максимальной фазѣ и о микросейсмическихъ колебаніяхъ 1-го, а отчасти и 2-го рода, которыя желательно публиковать болѣе широко, чѣмъ это дѣлалось до сихъ поръ, и что печатаніе отдѣльныхъ томовъ съ изложеніемъ всѣхъ данныхъ отъ первоклассныхъ станцій сопряжено было бы съ повтореніемъ набора и повторнымъ чтеніемъ корректуръ, Центральное Бюро постановило печатать еженедѣльные бюллетени всѣхъ станцій 1-го разряда въ количествѣ 300 экземпляровъ, при чемъ не болѣе 100 изъ нихъ должны разсылаться немедленно тѣмъ учрежденіямъ, которыя заинтересованы въ скорѣйшемъ обмѣнѣ наблюденіями, остальные же 200 экземпляровъ брошюровать по окончаніи года и разсылать по особому списку.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 24.

Доложено, что Центральное Бюро постановило опубликовывать въ отдѣльномъ томѣ, начиная съ 1912 г., данныя о 1-ой и 2-ой предваритель-

ныхъ фазахъ, о длинныхъ волнахъ, о моментахъ, періодахъ и амплитудахъ максимумовъ въ главной фазѣ для тѣхъ станцій второго разряда, которыя снабжены тяжелыми маятниками съ затуханіемъ, системы князя Б. Б. Голицына.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 25.

Доложено, что Центральное Бюро постановило обратиться къ Директору Астрономической Обсерваторіи Императорскаго Юрьевского Университета, проф. К. Д. Покровскому, съ просьбою о предоставленіи во временное пользованіе Комиссіи принадлежащихъ Университету легкихъ маятниковъ Цельнера для установки ихъ на сейсмической станціи въ Томскѣ для наблюденій надъ земными приливами и отливами.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 26.

Доложено, что по всеподданѣйшему докладу Министра Народнаго Просвѣщенія въ 12 день марта с. г. Государь Императоръ Всемилюстивѣйше соизволилъ на утверженіе профессора Императорскаго Томскаго Университета по кафедрѣ физики коллежскаго совѣтника Александра Петровича Поспѣлова въ званіи члена Сейсмической Комиссіи.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 27.

А. П. Поспѣловъ высказалъ пожеланіе о томъ, чтобы устроенный при Томскомъ Университетѣ на средства Комиссіи павильонъ былъ расширенъ и такимъ образомъ могъ служить не только для наблюденій надъ земными приливами и отливами, но также и для регулярной записи землетрясеній.

Положено заявленіе А. П. Поспѣлова имѣть въ виду при возможномъ въ будущемъ времени расширеніи сейсмической сѣти.

§ 28.

Положено снестись съ Инспекторомъ сельскаго хозяйства на о. Сахалинѣ по вопросу объ учреженіи сейсмической станціи 2-го разряда при Тымовской опытно-показательной фермѣ.

§ 29.

Положено напечатать въ „И. С. К.“ статью Е. И. Бюса: „Eine graphische Methode zur Umwandlung von Koordinaten“.

§ 30.

Положено поручить наблюдателю сейсмической станціи въ Баку составить смѣту расходовъ на изданіе наблюденій названной станціи за 1911 и 1912 гг., а также на періодическое изданіе еженедѣльнаго бюллетеня, и просить Э. Л. Нобеля объ отпускѣ необходимыхъ для сего средствъ.

§ 31.

Доложенъ представленный Ташкентской обсерваторіей: „отчетъ о дѣятельности сейсмической станціи 1-го разряда при Ташкентской астрономической и физической обсерваторіи и о работахъ по устройству станцій 2-го разряда въ гг. Вѣрномъ, Ошѣ и Самаркандѣ“.

Положено напечатать отчетъ въ И. С. К.

§ 32.

Доложено, что князь Б. Б. Голицынъ обратился къ проф. Омори съ просьбою о присылкѣ періодическихъ бюллетеней японскихъ сейсмическихъ станцій.

Въ отвѣтъ на это проф. Омори сообщилъ, что онъ обратился ко всѣмъ японскимъ сейсмологическимъ учрежденіямъ съ просьбою о доставкѣ по адресу кн. Б. Б. Голицына издаваемыхъ ими годовыхъ, ежемѣсячныхъ и еженедѣльныхъ бюллетеней.

Положено благодарить проф. Омори.

Протоколь засѣданія 1-го ноября 1913 года.

Подъ предсѣдательствомъ О. А. Баклунда присутствовали Высочайше утвержденные члены Комиссіи: Д. К. Бобылевъ, В. Н. Веберъ, князь Б. Б. Голицынъ, А. П. Карпинскій, А. Я. Орловъ, И. И. Померанцевъ, Ѳ. Н. Чернышевъ, Ю. М. Шокальскій и Э. В. Штеллингъ, секретарь Комиссіи П. М. Никифоровъ и приглашенные на засѣданіе гости: И. К. Бобръ, И. И. Вилипъ, Е. К. Дубенко, Г. В. Колосовъ, А. Я. Левицкая, Н. А. Линденъ-Голышева, К. К. Матвѣевъ, В. С. Мошкова, В. Н. Оболенскій, К. А. Рейнфельдтъ, И. С. Свищевъ и Л. Э. Шарловъ.

§ 33.

Читанъ и утвержденъ протоколь предыдущаго засѣданія 10-го мая 1913 г.

§ 34.

Князь Б. Б. Голицынъ сдѣлалъ докладъ: „Краткій отчетъ о заграничной командировкѣ лѣтомъ 1913 г.“.

Цѣлью поѣздки за границу было ближайшее ознакомленіе съ нѣкоторыми спеціальными научными учрежденіями, а также участіе въ съѣздѣ Международнаго Союза для изслѣдованія солнца въ Воннѣ, въ съѣздѣ *Astronomische Gesellschaft* въ Гамбургѣ и въ совѣщаніи Комитета Международной Сейсмологической Ассоціаціи въ Страсбургѣ.

Докладчикъ посѣтилъ новую обсерваторію въ горахъ Taunus, близъ Франкфурта на М., гдѣ производятся наблюденія надъ атмосфернымъ электричествомъ, надъ верхними слоями атмосферы, а также имѣется хорошая надземная сейсмическая станція съ двумя аперіодическими горизонтальными маятниками системы князя Б. Б. Голицына и съ другими приборами.

Была осмотрѣна затѣмъ сейсмическая станція въ Jugenheim, гдѣ вниманіе докладчика привлекъ пріемный радіотелеграфный аппаратъ для полученія времени.

Въ засѣданіяхъ Комитета Международной Сейсмологической Ассоціаціи, созваннаго въ Страсбургѣ княземъ Б. Б. Голицынымъ какъ

Президентомъ Ассоціаціи, былъ рѣшенъ рядъ весьма важныхъ финансовыхъ, хозяйственныхъ и спеціально-техническихъ вопросовъ. Попутно была осмотрѣна сейсмическая станція въ Страсбургѣ.

Докладчикъ посѣтилъ также сейсмическія станціи въ Aachen'ѣ и Hamburg'ѣ и сообщилъ объ нихъ очень интересныя свѣдѣнія.

Въ заключеніе князь Б. Б. Голицынъ изложилъ свои впечатлѣнія отъ осмотра другихъ научныхъ учреждений и главнѣйшіе результаты къ которымъ пришли упомянутые выше съѣзды.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 35.

Князь Б. Б. Голицынъ сдѣлалъ докладъ: „Приборъ для непосредственнаго опредѣленія начальной энергіи сейсмическихъ движеній“.

Построенный докладчикомъ приборъ состоитъ изъ упругой пружины, одинъ конецъ которой укрѣпленъ въ прочномъ штативѣ а на другомъ имѣется массивный свинцовый грузъ. Свободный конецъ пружины соединяется съ увеличительнымъ приборомъ, записывающимъ на закопченной стеклянной пластинкѣ отклоненія пружины, причемъ послѣ перваго же отклоненія пружины выпадаетъ соединительная игла изъ увеличительнаго прибора и такимъ образомъ на пластинкѣ регистрируется лишь первое отклоненіе прибора, вызываемое приходомъ сейсмическихъ волнъ.

Теорія этого прибора показываетъ, что располагая двумя такими инструментами съ различными періодами можно по измѣреннымъ первымъ размахамъ опредѣлить какъ періодъ сейсмической волны, такъ и начальную скорость v_0 движенія частицы земной поверхности, а по послѣдней величинѣ и значеніе начальной энергіи, которая пропорціональна квадрату скорости.

Однако, для вычисленія v_0 достаточно располагать и однимъ лишь приборомъ, если сдѣлать его періодъ сравнительно короткимъ, напр. 0,3 — 0,4. Произведенные съ этимъ инструментомъ опыты, при которыхъ непосредственно опредѣлялось также v_0 , обнаружили хорошее согласіе вычисленныхъ величинъ съ наблюденными, причемъ наибольшее отклоненіе достигало всего лишь 14%, т. е. точность результата оказалась приблизительно такою же, какъ и при вычисленіи максимумовъ по записямъ чувствительныхъ приборовъ.

Значеніе этого весьма простого и дешеваго, доступнаго каждому наблюдателю прибора очевидно, т. к. съ помощью его является возможнымъ произвести раціональную динамическую оцѣнку начальной интенсивности землетрясенія и построить правильныя изосейсты.

Если же кромѣ прибора съ короткимъ періодомъ имѣть еще такой же приборъ съ періодомъ въ 3—4 сек., то, комбинируя данныя отъ обоихъ, можно помимо v_0 опредѣлить также и періодъ начальной сейсмической волны а отсюда и наибольшее ускореніе, характеризующее силу начальнаго толчка. Такимъ образомъ, съ помощью простого и компакт-

наго прибора возможно получить рядъ весьма важныхъ динамическихъ элементовъ землетрясенія.

При послѣдующемъ обмѣнѣ мнѣній высказано было пожеланіе испытать приборъ князя Б. Б. Голицына въ сейсмическихъ областяхъ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 36.

В. Н. Веберъ сдѣлалъ докладъ: „О статьѣ К. И. Гамова „Геодинамика“, представленной авторомъ къ печатанію въ И. С. К.“.

Свой отзывъ о названной статьѣ докладчикъ резюмировалъ слѣдующими словами:

„Въ представленной рукописи, содержащей семь главъ и литографированный къ ней атласъ, носящей заглавіе „Геодинамика“, авторъ очень неясно изложилъ свой взглядъ на причинную связь землетрясеній и тектоники земной коры съ лунно-солнечными приливными волнами магмы. Работа г. Гамова наполнена выписками изъ различныхъ сочиненій, которыя суммированы произвольно, выводы же автора голословны.“

Статья г. Гамова не подходитъ къ изданіямъ Сейсмической Комиссіи ни какъ обоснованное научное изслѣдованіе, ни какъ компилятивное изложеніе вопросовъ геодинамики“.

Положено сообщить К. И. Гамову, что его статья не можетъ быть напечатана въ И. С. К., и возвратить рукопись.

§ 37.

И. И. Вилипъ сдѣлалъ докладъ: „О записи пулковскими сейсмографами искусственнаго взрыва близъ м. Колпино, 5/18 VIII. 1913 г.“.

5/18. VIII. 1913 года между Колпиномъ и Ижорой на разстояніи 18 килом. отъ Пулкова былъ произведенъ инженерными войсками опытный взрывъ зарятаго въ землю заряда въ 300 пуд. артиллерійскаго пороха. Вызванныя взрывомъ колебанія были отмѣчены на сейсмограммахъ Центральной сейсмической станціи въ Пулковѣ, и вызвали запись, длившуюся 5 мин. и похожую на близкія землетрясенія.

Изъ сопоставленія этой записи съ сейсмограммами сейсмическаго происхожденія докладчикъ вывелъ рядъ очень интересныхъ и важныхъ заключеній о происхожденіи отдѣльныхъ группъ волнъ въ первой предварительной фазѣ, объ энергіи, освобождающейся при катастрофальномъ землетрясеніи, объ энергіи, необходимой для вызова искусственнаго землетрясенія опредѣленной интенсивности и на опредѣленномъ разстояніи.

Докладчикъ остановился также на пульсаціяхъ, весьма короткаго періода ($T_p = ca 1$ сек.), наблюдающихся на самыхъ чувствительныхъ приборахъ и вызываемыхъ повидимому работой мощныхъ машинъ прилегающихъ фабрикъ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 38.

П. М. Никифоровъ сдѣлалъ докладъ: „О гармоническомъ анализаторѣ Генрици“.

Упомянувъ о возможности представлять произвольныя функціи при помощи тригонометрическихъ рядовъ Фурье, докладчикъ обратился къ теоріи и описанію гармоническаго анализатора Генрици, пріобрѣтеннаго Физической Лабораторіей Академіи Наукъ отъ механика Кореди въ Цюрихѣ.

Для выясненія точности даваемыхъ анализаторомъ результатовъ было предпринято разложеніе въ ряды такихъ функцій, для которыхъ извѣстны теоретическіе коэффиціенты рядовъ Фурье. Сличеніе опыта съ теоріей показало, что отдѣльные коэффиціенты даются анализаторомъ съ точностью до 1%.

Въ заключеніе докладчикъ остановился на примѣненіи анализатора къ разложенію сложныхъ синусоидъ съ цѣлю опредѣленія амплитудъ и періодовъ слагаемыхъ т. е. къ вопросу, непосредственно интересующему сейсмологію.

Какъ извѣстно, особенныя трудности представляетъ разложеніе синусоидъ, когда ихъ періоды близки. Названный выше приборъ, дающій девять \sin 'овъ и девять \cos 'овъ ряда Фурье, позволяетъ отдѣлить такія синусоиды, періоды которыхъ отличаются другъ отъ друга на $\frac{1}{9}$ большаго періода. Такъ какъ въ сейсмометріи чаще всего приходится имѣть дѣло съ $T_p = 18$ сек., то ясно, что отъ такой синусоиды можно отдѣлить наложившіяся синусоиды съ $T_p = 16$ сек., 14 сек. и т. д., т. е. черезъ каждыя 2 сек. Но такъ какъ въ сейсмологіи вообще время опредѣляется съ точностью до 1 сек., то нельзя не признать, что анализаторъ Генрици является для сейсмологіи очень цѣннымъ инструментомъ, точность работы котораго не оставляетъ желать ничего лучшаго.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 39.

Доложено, что на сейсмической станціи въ Томскѣ всѣ намѣченныя А. Я. Орловымъ работы по переустройству исполнены; закончены каменные работы, проведены газъ и электричество, построены новый бетонный столбъ для установки четырехъ аппаратовъ и прибыли изъ Юрѣва легкіе маятники Цельнера.

Положено просить А. Я. Орлова посѣтить Томскую станцію во время рождественскихъ вакацій для установки приборовъ и для общихъ указаній по производству наблюденій.

§ 40.

Доложено, что въ Комиссіи Государственной Думы по направленію законодательныхъ предположеній одобренъ законопроектъ объ отпускѣ

средствъ на снаряженіе Иссыкъ-Кульской геодезической экспедиціи, въ 1915 г. — 33.600 руб., въ 1916 г. — 32.800 руб. и въ 1917 г. — 23.300 руб., а всего 89.700 руб. т. е. съ сокращеніемъ на 3.000 руб. испрашивавшейся Комиссіей суммы въ 92.7000 руб.

И. И. Померанцевъ сообщилъ, что полк. Свищевъ минувшимъ лѣтомъ предпринялъ наблюденія съ вариометромъ Этвеша на пунктахъ первоклассной триангуляціи подь Петербургомъ, причемъ выяснился цѣлый рядъ конструктивныхъ недостатковъ прибора, исключающихъ возможность дальнихъ съ нимъ путешествій. По этой причинѣ И. И. Померанцевъ предложилъ воспользоваться болѣе портативнымъ приборомъ Brulouin'a, представляющимъ крутильные вѣсы съ обоими грузами на одинаковыхъ высотахъ.

Князь В. Б. Голицынъ возражалъ противъ этого предложенія, т. к. приборъ Brulouin'a не даетъ измѣненія силы тяжести по горизонтальной составляющей.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 41.

Должено, что послѣ вновь произведенныхъ минувшимъ лѣтомъ работъ по каптированію Екатерининскаго источника въ Боржомѣ, наблюдается почти полное исчезновеніе интермитенціи, вслѣдствіе чего возникаетъ вопросъ о переносѣ наблюденій на какой-либо другой источникъ той же группы.

Ө. Н. Чернышевъ высказался за производство наблюденій на Екатерининскомъ источникѣ, т. е. можетъ оказаться, что степень газированія источника измѣнится послѣ землетрясенія.

Положено продолжать наблюденія надъ Екатерининскимъ источникомъ и если обнаружится въ Боржомѣ другой источникъ съ болѣе выраженной интермитенціей, то наблюденія перенести на него.

§ 42.

Положено высылать изданія Сейсмической Комиссіи въ Астрономическую Обсерваторію Новороссійскаго Университета и въ Пермскую Городскую Общественную Библіотеку.

§ 43.

Князь В. Б. Голицынъ доложилъ, что, какъ директоръ Н. Г. Ф. О. онъ предполагаетъ расширить дѣятельность филиальныхъ магнитно-метеорологическихъ обсерваторій, направивъ ихъ изслѣдованія въ область геофизики, причемъ въ первую очередь, въ число обязательныхъ функцій обсерваторій будутъ включены сейсмометрическія наблюденія; объ изложенномъ уже сообщено директорамъ Екатеринбургской и Тифлисской

обсерваторій, директору же Иркутской обсерваторіи сообщено будетъ послѣ его пріѣзда въ Петербургъ въ началѣ будущаго года.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 44.

Доложено, что 3-го октября начала дѣйствовать сейсмическая станція 1-го разряда въ г. Екатеринбургѣ, снабженная комплектомъ приборовъ для гальванометрической регистраціи, для всѣхъ трехъ составляющихъ, что установка приборовъ произведена была наблюдательницей Архаровой, что на переустройство столбовъ подъ регистрирные аппараты переведено было 350 руб. изъ строительнаго кредита и на содержаніе станціи до конца года 1650 руб. изъ кредита обыкновеннаго и что Обсерваторія ходатайствуетъ о пріобрѣтеніи для нуждъ станціи магазиновъ сопротивленія и омметра.

Принимая во вниманіе, что магазины сопротивленія и части мостика Витстона были высланы обсерваторіи одновременно съ сейсмографами и что опредѣленіе сопротивленій омметромъ является вообще недостаточно точнымъ для цѣлей сейсмометрии, Центральное Бюро не признало возможнымъ уважить ходатайство обсерваторіи о пріобрѣтеніи приборовъ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 45.

Доложено, что назначенный на должность наблюдателя при Тифлисской станціи С. В. Шимановскій выѣхалъ къ мѣсту службы изъ Петербурга 10-го іюля с. г. по полученіи изъ кредита комиссіи проѣздныхъ денегъ въ суммѣ 250 руб., что на названной станціи установленъ и пущенъ въ ходъ 18-го сентября аперіодическій вертикальный сейсмографъ князя Б. Б. Голицына, что тяжелые маятники, будучи по условіямъ помѣщенія установлены въ надземномъ залѣ, обнаруживали значительныя микросейсмическія колебанія 2-го рода, но послѣ исключенія увеличительнаго прибора колебанія эти почти прекратились, что на печатаніе еженедѣльныхъ бюллетеней было переведено 571 рубль, согласно представленной обсерваторіей смѣтѣ и что по ходатайству обсерваторіи заказанъ точный магазинъ сопротивленій, не полученный станціей при ея реорганизациі, т. к. въ Обсерваторіи имѣлся собственный магазинъ сопротивленій, оказавшійся впоследствии непригоднымъ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 46.

Доложено, что изъ кредита Комиссіи переведено въ распоряженіе Директора Иркутской Обсерваторіи 200 руб. на проводку электрическаго тока въ жиломъ домѣ при Иркутской сейсмической станціи, причемъ однако уплата за электрическую энергію потребленную въ помѣщеніяхъ,

занятыхъ наблюдателемъ, должна производиться изъ личныхъ средствъ наблюдателя, что въ связи съ увеличеніемъ количества печатаемыхъ еженедѣльныхъ бюллетеней до 300 (вмѣсто прежнихъ 100) Обсерваторіи переведено 333 рубля въ дополненіе къ ранѣ ассигнованнымъ 370 руб. 50 коп. и что наблюдатель станціи М. Я. Минчиковскій прислалъ Предѣдателью Центрального Бюро оффиціальное письмо, въ которомъ указываетъ на рядъ стѣснительныхъ ограниченій, установленныхъ по отношенію къ нему Директоромъ Обсерваторіи.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 47.

Доложено, что въ подвалахъ сейсмической станціи въ Ташкентѣ произведенъ анализъ воздуха, обнаружившій присутствіе слѣдовъ сѣроводорода, чѣмъ и объясняется быстрая порча зеркалъ на станціи и что наблюдатель станціи, Поповъ, представилъ замѣтку, изъ которой видно, что для цѣлей сейсмологіи можно примѣнять зеркала, посеребренные съ задней поверхности, вводя поправку, которая легко можетъ быть взята изъ вычисленной Поповымъ таблицы и къ тому же очень мала, въ виду чего Поповъ ходатайствуетъ о разрѣшеніи примѣнять на Ташкентской станціи зеркала, посеребренные съ задней поверхности, какъ болѣе прочныя, на что и дано было Центральнымъ Бюро разрѣшеніе.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 48.

Доложено, что въ виду высокихъ цѣнъ на строительные матеріалы и рабочія руки на Сахалинѣ и Камчаткѣ не представляется возможнымъ соорудить сейсмическіе павильоны по нормальному проекту за ассигнованную закономъ сумму въ 3.500 руб. на каждый, въ виду чего были выработаны и отосланы по назначенію упрощенные проекты зданій: на Сахалинѣ — Инспектору сельскаго хозяйства съ переводомъ 3.000 руб. на постройку павильона при Тымовской опытно-показательной фермѣ, и на Камчатку — Камчатскому губернатору съ переводомъ 3.500 руб.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 49.

Доложено объ отправкѣ приборо́въ для сейсмическихъ станціи въ Вѣрномъ, Опшѣ и Самаркандѣ, причемъ въ Самаркандѣ посланы также и штативы для маятниковъ, въ виду того, что на мѣстной станціи не были возведены каменные столбы и устройство фундаментовъ не будетъ сопряжено съ большими передѣлками.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 50.

Доложено, что генеральный консулъ въ Кашгарѣ, С. В. Соковъ, вновь ходатайствуетъ объ увольненіи К. А. Лауренти отъ должности

наблюдателя при мѣстной сейсмической станціи и сообщаетъ, что владѣлецъ дома, въ которомъ помѣщены сейсмографы, грозитъ выселеніемъ станціи за неплатежъ квартирной платы въ теченіе 5 мѣсяцевъ. Въ отвѣтной телеграммѣ князь Б. Б. Голицынъ просилъ отнестись снисходительно къ К. А. Лауренти, т. к. Сейсмическая Комиссія не можетъ назначить ему замѣстителя; что же касается неплатежа квартирной платы, то по этому поводу было указано, что необезпеченность станціи помѣщеніемъ произошла по винѣ консульства, отказавшагося принять деньги на постройку павильона.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 51.

Доложено, что въ виду большой влажности въ сейсмическомъ павильонѣ въ Н. Ольчедаевѣ, графъ И. Д. Марковъ распорядился построить надъ павильономъ желѣзную крышу, послѣ чего влажность стала замѣтно уменьшаться.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 52.

Доложено, что Министръ Финансовъ и Государственный Контролеръ дали согласіе на отпускъ изъ средствъ Забайкальской желѣзной дороги одновременно 3.730 руб. на оборудованіе станціи въ Маритугѣ новыми приборами съ постройкой зданія и ежегодно по 150 руб. на оплату хозяйственныхъ расходовъ. При этомъ начальнику Забайкальской ж. д. поручено обсудить совмѣстно съ Директоромъ Иркутской обсерваторіи вопросъ о томъ, кто именно будетъ производить впредь сейсмическія наблюденія на Маритугской станціи и за чей счетъ будетъ выдаваться наблюдателю вознагражденіе. Сверхъ того въ распоряженіе Иркутской обсерваторіи отпущено по 200 руб. въ годъ на обработку записей Маритугской станціи за 1910, 1911, 1912 и 1913 года и нынѣ не возбуждено вопроса о прекращеніи этого ассигнованія.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 53.

Доложено, что наблюдательницы при Центральной Сейсмической Станціи въ Пулковѣ, Т. А. Иванова и М. Е. Орлова оставили службу при станціи и на ихъ должности приглашены З. А. Бѣлопольская и К. А. Рейнфельдъ. Кромѣ того для вычислительныхъ работъ при Центральномъ Бюро приглашена И. К. Бобръ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 54.

Доложена программа занятій Сейсмологическаго Конгресса въ 1914 г. въ С.-Петербургѣ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 55.

Положено уполномочить Центральное Бюро возбудить соответственное ходатайство о представлении къ наградамъ нѣкоторыхъ лицъ, по указанію Иркутской обсерваторіи, оказавшихъ содѣйствіе по устройству телеграфнаго сообщенія между Иркутской обсерваторіей и Кабанской станціей.

§ 56.

Положено напечатать въ И. С. К. статьи:

- 1) М. Я. Минчиковскій. Байкальскія землетрясенія 1912 г
 - 2) Г. В. Поповъ. О примѣнимости простыхъ (посеребренныхъ съ задней поверхности) зеркалъ на сейсмическихъ станціяхъ 1-го разряда.
-

Протоколъ засѣданія 13-го декабря 1913 года.

Подъ предѣдательствомъ О. А. Баклунда присутствовали Высочайше утвержденные члены Комиссіи: Д. К. Бобылевъ, А. П. Герасимовъ, князь Б. Б. Голицынъ, А. Я. Орловъ и Э. В. Штеллингъ, секретарь Комиссіи П. М. Никифоровъ и приглашенные на засѣданіе гости: В. К. Абольдъ, Я. И. Алексѣевъ, А. М. Бенаевъ, И. К. Бобръ, И. И. Вилипъ, Е. К. Дубенко, Г. В. Колосовъ, Н. А. Линденъ, К. К. Матвѣевъ, Н. А. Медзвѣцкій, В. С. Мошкова, В. Н. Оболенскій, К. А. Рейнфельдъ, И. С. Свишевъ, А. Д. Стопневичъ, Н. Я. Цингеръ, Л. Э. Шарловъ и Л. А. Ячевскій.

§ 57.

Читанъ и утвержденъ протоколъ предыдущаго засѣданія 1-го ноября 1913 года.

§ 58.

О. А. Баклундъ сдѣлалъ докладъ: „Къ вопросу объ опредѣленіи глубины залеганія очага землетрясенія“.

Князь Б. Б. Голицынъ въ своей статьѣ „Къ вопросу объ опредѣленіи глубины очага землетрясенія и пр.“ вывелъ основное дифференціальное уравненіе, опредѣляющее форму сейсмическаго луча:

$$d\vartheta = \frac{\alpha}{\sqrt{v^2 \rho^2 - \alpha^2}} \frac{d\rho}{\rho},$$

гдѣ

$$v = \frac{\mu}{\mu_0} \quad \text{и} \quad \rho = \frac{r}{r_0},$$

причемъ μ и r обозначаютъ показатель преломленія и радіусъ бесконечно тонкаго сферическаго слоя земли а μ_0 и r_0 — значеніе тѣхъ же величинъ у земной поверхности; $\alpha = \cos e_0$, гдѣ e_0 — уголъ выхода сейсмической радіаціи и наконецъ $d\vartheta$ — уголъ, подъ которымъ изъ центра земли усматривается элементъ траекторіи луча, лежащій въ разсматриваемомъ бесконечно тонкомъ слое.

Для интегрированія этого уравненія необходимо величину v выразить аналитически какъ функцию отъ ρ , но видъ этой функции неизвѣстенъ и потому князь Б. Б. Голицынъ разбиваетъ траекторію луча на участки и въ предѣлахъ одного участка полагаетъ: $v^2 = 1 - c + c\rho^2$.

О. А. Баклундъ въ своемъ докладѣ сдѣлалъ болѣе простое предположеніе: $v^2 = \rho^c$, гдѣ c — постоянное. При этомъ предположеніи приведенное выше уравненіе и другія, изъ него вытекающія, интегрируются значительно проще. Вычисленныя докладчикомъ для нѣкоторыхъ частныхъ случаевъ времена пробѣга сейсмическихъ лучей и углы выхода радіаціи имѣли тѣ же численныя значенія, какъ и найденныя княземъ Б. Б. Голицынымъ при его предположеніи.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 59.

Князь Б. Б. Голицынъ сдѣлалъ докладъ: „Приборъ для опредѣленія максимальнаго ускоренія движенія почвы при землетрясеніяхъ“.

Докладчикъ предложилъ новый приборъ весьма простой конструкціи, позволяющій опредѣлить максимальное ускореніе при какомъ угодно законѣ движенія почвы.

Приборъ состоитъ изъ стальной пружины, колеблющейся въ горизонтальной плоскости. Одинъ конецъ пружины зажатъ въ неподвижную стойку, другой же снабженъ грузомъ и движется около зубчатой шкалы; придѣланная на концѣ собачка позволяетъ пружинѣ двигаться лишь въ сторону возрастающихъ отклоненій.

Князь Б. Б. Голицынъ развилъ теорію прибора и вывелъ формулы для вычисленія наименьшаго ускоренія w_{\min} , при которомъ свободный конецъ пружины, отклоненной предварительно на нѣкоторое дѣленіе m шкалы, перескакиваетъ на слѣдующее дѣленіе.

Для повѣрки теоріи, приборъ былъ установленъ на подвижную платформу, ускореніе движенія которой можно было опредѣлить по записи на регистрирующемъ аппаратѣ.

Въ слѣдующей таблицѣ сопоставлены результаты опыта съ теоріей.

m	w_{\min} (теор.)	w (набл.)
0	17 см./сек. ²	—
5	60	65 см./сек. ²
7	78	82
10	103	110
12	121	126
15	147	156
17	164	169
20	190	195

Такимъ образомъ можно опредѣлить максимальное ускореніе съ точностью до 6 Gal, если располагать серіей подобныхъ пружинъ, отклоненныхъ на разныя величины и расположенныхъ во взаимно перпендикулярныхъ направленіяхъ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 60.

А. Я. Орловъ сдѣлалъ докладъ: „О распредѣленіи силы тяжести вокругъ Томской станціи“.

Эти наблюденія были произведены докладчикомъ лѣтомъ и осенью 1913 г. въ связи съ организованными въ г. Томскѣ подъ его руководствомъ наблюденіями надъ земными приливами и отливами.

Цѣль наблюденій надъ силой тяжести составляло выясненіе вопроса о томъ, насколько равномернымъ является распредѣленіе массъ внутри земной коры вокругъ Томской станціи, и по этому вопросу докладчикъ сообщилъ рядъ весьма интересныхъ свѣдѣній.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 61

Л. А. Ячевскій сдѣлалъ докладъ: „О геотермическихъ наблюденіяхъ, произведенныхъ лѣтомъ 1913 года“.

Наблюденія удалось произвести въ нѣсколькихъ мѣстностяхъ Европейской Россіи (Москва, Иваново-Вознесенскъ, Донецкій и Домбровский каменноугольные бассейны и Грозненскій нефтеносный районъ) и Сибири (Красноярскъ, Абаненскій заводъ).

Изъ числа полученныхъ результатовъ, которые въ ближайшемъ будущемъ появятся въ печати въ изданіяхъ Геологическаго Комитета, слѣдуетъ отмѣтить чрезвычайную пестроту величинъ геотермическаго градіента для Грозненскаго нефтеноснаго района, чрезвычайно незначительнаго по своимъ размѣрамъ. — Величины градіента колеблются въ предѣлахъ отъ 7 до 40 метровъ а наивысшая температура, какую пришлось наблюдать изслѣдователю достигала $70,1^{\circ}$ С. и она относилась къ глубинѣ нѣсколько превышавшей 1000 метровъ. Однако въ этомъ же районѣ буровыми мастерами отмѣчались на глубинахъ значительно меньшихъ температуры до 73° С.

Явленіе пестроты температуръ водяныхъ источниковъ на чрезвычайно малой площади наблюдалось докладчикомъ въ окрестностяхъ Грознаго въ Горячеводской станицѣ, гдѣ отдѣльные грифоны, расположенные на ничтожной площадкѣ, даютъ колебанія температуръ отъ 84 до 92° С.

Л. А. Ячевскій обратилъ вниманіе Сейсмической Комиссіи на желательность установки электрическихъ термометровъ сопротивленія съ регистрирующими аппаратами на разныхъ глубинахъ, а именно въ 10, 20, 30, 40, 50 и 100 метрахъ въ Пятигорскѣ рядомъ съ имѣющей тамъ сейсмическую станцію.

Эти приборы будутъ играть роль варіаціонныхъ приборовъ и да-

дуть возможность внести въ область геотермики новый элементъ, а именно время.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 62.

Доложенъ напечатанный въ приложеніи къ сему протоколу отчетъ З. Г. Архаровой объ установкѣ приборовъ на Екатеринбургской сейсмической станціи.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 63.

Доложено, что на сейсмической станціи въ Баку закончены перестройки, предпринятія въ концѣ лѣта, въ связи съ установкою вертикальнаго сейсмографа, причемъ выяснилось, что фундаменты для маятниковъ покоятся не на естественной скалѣ, а на глинѣ, и что наблюдатель при станціи, Е. И. Бюсъ, подалъ Управляющему Бакинскимъ Отдѣломъ Т-ва Бр. Нобель докладную записку, въ которой просилъ: 1) отвести для надобностей станціи рабочее помѣщеніе, 2) ассигновать на печатаніе бюллетеней 1912 и 1913 г. до 1000 руб., 3) приобрести для станціи нѣкоторые электроизмѣрительные приборы, секундомѣръ и арифмометръ и 4) ассигновывать съ 1914 года до 1500 руб. ежегодно на нужды станціи, включая сюда и расходы по печатанію бюллетеней.

Доложено также, что князь Б. Б. Голицынъ при письмѣ отъ 25. XI. 1913 г. препроводилъ Э. Л. Нобелю счетъ Типографіи И. А. Н. на 420 р. 21 к. за печатаніе Бакинскаго бюллетеня 1910 г. и съ своей стороны также указалъ на желательность ассигнованія 1000 руб. на изданіе наблюденій 1912 и 1913 гг. и ежегоднаго отпуска средствъ на печатаніе текущихъ №№ бюллетеня.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 64.

Доложено, что, какъ выяснилось по наведеннымъ въ Управленіи желѣзныхъ дорогъ справкамъ, Начальникъ Забайкальской ж. д. призналъ наиболѣе удобнымъ по финансовымъ соображеніямъ произвести передачу Маритуйской станціи въ вѣдѣніе Иркутской Обсерваторіи лишь съ 1915 года, причемъ испрашивается разрѣшеніе Управленія на ежегодное ассигнованіе съ 1915 г. изъ средствъ дороги кредита въ 600 руб. на уплату вознагражденія наблюдателю и на хозяйственные расходы, считая въ томъ числѣ и ассигнуемыя нынѣ въ распоряженіе Обсерваторіи 200 руб. на обработку сейсмограммъ. Далѣе, Совѣтомъ Управленія З. ж. дороги разрѣшено возмѣстить Директору Иркутской Обсерваторіи 178 руб., израсходованные имъ по осмотру и содержанію Маритуйской станціи въ прежніе годы; что же касается единовременнаго расхода въ 3730 руб. на оборудованіе станціи новыми приборами и постройку

зданія, то по выяснившимся сбереженіямъ за текущій годъ таковой расходъ представляется возможнымъ и въ Совѣтъ Управленія 3. ж. дороги внесенъ соответствующій докладъ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 65.

А. Я. Орловъ доложилъ, что В. К. Абольдъ согласился принять на себя завѣдываніе наблюденіями въ Томскѣ надъ земными приливами и отливами, при этомъ А. Я. Орловъ просилъ о переводѣ назначеннаго на содержаніе станціи кредита непосредственно въ распоряженіе В. К. Абольда, т. к. расходование денегъ, въ случаѣ перевода ихъ Правленію Университета, сопряжено было бы съ излишними формальностями въ ущербъ для самаго дѣла.

Положено: 1) поручить В. К. Абольду завѣдываніе наблюденіями въ Томскѣ, подъ общимъ руководствомъ А. Я. Орлова, 2) перевести въ 1914 г. въ распоряженіе В. К. Абольда 990 руб. на расходы по производству наблюденій и А. Я. Орлову 300 руб. на расходы по обработкѣ наблюденій и 3) объ изложенномъ поставить въ извѣстность Правленіе Томскаго Университета.

§ 66.

А. Я. Орловъ доложилъ, что въ подвалахъ Астрономической обсерваторіи въ г. Николаевѣ установлены легкіе маятники Цельнера и съ января мѣсяца возможно будетъ приступить къ наблюденіямъ надъ земными приливами и отливами.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 67.

Заслушанъ докладъ Центрального Бюро по вопросу о порядкѣ занятій на Международномъ Сейсмологическомъ Конгрессѣ въ С.-Петербургѣ въ 1914 г.

Положено принять слѣдующій распорядокъ:

- 30 VIII (17 VIII) — воскресенье. Вечеръ для взаимнаго ознакомленія (Залъ Географическаго Общества).
- 31 VIII (18 VIII) — понедѣльникъ. Оффиціальное открытіе Конгресса. Засѣданія Постоянной Комиссіи (подъ предсѣдательствомъ Президента Ассоціаціи).
- 1 IX (19 VIII) — вторникъ. Засѣданія Постоянной Комиссіи (подъ предсѣдательствомъ Президента Ассоціаціи).
- 2 IX (20 VIII) — среда. Засѣданія Общаго собранія. Раутъ въ залѣ Академіи Наукъ.
- 3 IX (21 VIII) — четвергъ. Осмотръ Пулковской обсерваторіи и Центральной Сейсмической станціи.

4 IX (22 VIII) — пятница. Засѣданія Общаго собранія.

5 IX (23 VIII) — суббота. Засѣданія Общаго собранія. Парадный обѣдъ (залъ Арміи и Флота).

6 IX (24 VIII) — воскресенье. Поѣздка въ Петергофъ.

Сверхъ того положено:

1) Засѣданія происходятъ отъ 10 до 12 $\frac{1}{2}$ и отъ 2 $\frac{1}{2}$ до 5 час. дня.

2) Въ засѣданія Общаго собранія предсѣдательствуютъ почетные предсѣдатели.

3) Во время перерыва засѣданій устраивать холодные завтраки въ Академіи.

4) Устроить справочныя бюро съ участіемъ за особое вознагражденіе лицъ, владѣющихъ иностранными языками.

5) Заготовить печатныя программы распорядка дня на всю недѣлю съ необходимыми справочными свѣдѣніями.

6) Организовать осмотры Зимняго Дворца, Музея Императора Александра Третьяго, соборовъ Исаакіевскаго и Воскресенскаго.

7) Возбудить ходатайство объ освобожденіи членовъ Конгресса отъ таможеннаго досмотра и о безпрепятственномъ пропускѣ евреевъ и іезуитовъ.

8) Устроить въ залахъ Академіи выставку сейсмографовъ.

9) Учредить дамскій комитетъ.

*Приложеніе къ § 62 протокола засѣданія Сейсмической Комисіи
13-го декабря 1913 года.*

Отчетъ объ установкѣ приборовъ на Екатеринбургской Сейсмической станціи.

Выпуская первый Сейсмическій бюллетень считаю своимъ долгомъ представить въ сейсмическую Комиссію краткій отчетъ объ установкѣ приборовъ и о состояніи Екатеринбургской Станціи въ настоящее время.

Приборы получены въ Обсерваторіи 7-го августа 1913 года. Сразу выяснилось, что въ пути сильно пострадалъ одинъ изъ часовыхъ механизмовъ: сорвана верхняя пластинка рамы у регулятора и вся рама сильно погнута. Другой изъ часовыхъ механизмовъ потерѣлъ тоже поврежденія, но незначительныя и только регистрирующій аппаратъ № 13 прибылъ въ полномъ порядкѣ и со времени установки до настоящаго времени работаетъ вполне исправно. При изслѣдованіи гальванометровъ оказалось, что у гальванометра № 25 измѣнился періодъ на 0,3 сек. приблизительно. Гальванометръ былъ изслѣдованъ и вновь точно опредѣлена величина постоянной R_a . Два другихъ гальванометра, а также всѣ три маятника прибыли въ полномъ порядкѣ. Поврежденные приборы исправлялись въ мастерской Обсерваторіи. Къ седьмому августу передѣлки столбовъ въ помѣщеніи для регистраціи были уже закончены. Оставалось покрыть столбы мраморными досками, что было выполнено къ 25-му августу. Надо сказать, что подвалъ представляетъ изъ себя вполне удобное для маятниковъ помѣщеніе. Большая центральная комната окружена довольно широкимъ проходомъ. Въ подвалѣ имѣется печь.

Немедленно было приступлено къ закладкѣ соединительныхъ кабелей и свинцовыхъ трубокъ для проводки газа въ подвальное помѣщеніе, въ цѣляхъ освѣщенія шкалъ при опредѣленіи постоянныхъ. Кромѣ того верхнее помѣщеніе и подвалъ были соединены телефономъ. Слѣдуетъ замѣтить, что еще до моего приѣзда по указанію г-на Директора Обсерваторіи Г. Ѳ.

Абельсъ Павломъ Карловичемъ Мюллеръ было точно установлено направление меридіана въ подвальномъ помѣщеніи.

26-го августа мною были собраны горизонтальныя маятники, а 27-го былъ установленъ вертикальный сейсмографъ.

Затѣмъ было произведено опредѣленіе сопротивленій соединительныхъ проводовъ и выполнено соединеніе маятниковъ съ гальванометрами. Всѣ сопротивленія приведены къ $13,8^{\circ}$ С., т.-е. къ той температурѣ, которая поддерживается въ подвальномъ помѣщеніи до настоящаго времени¹⁾ 5-го сентября былъ установленъ газометръ. Сразу же обнаружилась сильная утечка газа черезъ выводящія колѣнчатыя трубки. Приборъ былъ снятъ и трубки вновь перепаяны. 8-го сентября вновь удалось произвести пробу съ газометромъ. Утечки нѣтъ до настоящаго времени. Въ цѣляхъ предупрежденія скапливанія воды въ свинцовыхъ трубкахъ, были поставлены банки съ хлористымъ кальціемъ, какъ на пути слѣдованія газа къ фонарю, такъ и въ подвальное помѣщеніе. Результаты чрезвычайно хорошіе. Затѣмъ было испробовано освѣщеніе шкалъ въ подвальномъ помѣщеніи. Свѣта вполне достаточно. 17-го октября мною были опредѣлены постоянныя всѣхъ трехъ маятниковъ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ привожу результаты моихъ изслѣдованій:

Сост.	$N_{\text{маят. и г.}}$	l	T	T_1	μ	k	$\lg C$
Z	8	$399.4^m/m$	12.6	12.8	—0.017	396.8	3.3785
$E—W$	25	123.9	25.2	25.1	—0.051	49.95	3.7695
$N—S$	26	123.5	24.5	24.7	—0.080	50.02	3.8026

19-го сентября установлена оптика по плану, предложенному княземъ Б. Б. Голицынымъ. Расходящійся пучекъ свѣта отъ одного фонаря освѣщаетъ всѣ три гальванометра. Свѣточувствительная бумага въ первый разъ была одѣта 3-го октября новаго стilia. Обнаружилось, что при самомъ наибольшемъ возможномъ давленіи въ резервуарѣ газометра, свѣтящіяся точки чрезвычайно слабы. Несмотря на то, что фонарь былъ подвинутъ такъ близко къ гальванометрамъ, поскольку позволили это присланныя чечевицы, линіи на сейсмограммахъ получались сѣрыя, вслѣдствіе чего главная фаза землетрясеній совсѣмъ терялась. При изслѣдованіи горѣлокъ найдено возможнымъ расширить отверстія для выхода газа и тогда пламя при томъ же самомъ давленіи въ резервуарѣ газометра получалось шире и

¹⁾ Въ непродолжительномъ времени въ подвальномъ помѣщеніи будутъ установлены гигрографъ и термографъ.

ярче. Съ 25-го октября удалось получить ту интенсивность свѣтовыхъ точекъ, которую надо признать удовлетворительной для регистраціи. Вместе съ этимъ письмомъ посылаю часть оригинальныхъ сейсмограммъ. Надо замѣтить, что микросейсмическія движенія I-го рода записываются совершенно аналогично, какъ и приборами, установленными въ Пулковѣ. Такъ же ясно замѣтна пульсація и такъ же ясно выражаются maximum'ы и minimum'ы. Считаю долгомъ обратить вниманіе Комиссіи, что микросейсмическія движенія II-го рода до сихъ поръ не были зарегистрированы приборами Екатеринбургской станціи. Считаю возможнымъ предполагать, что столь выгодныя условія для записей есть слѣдствіе того обстоятельства, что маятники установлены на природномъ скалистомъ массивѣ.

Относительно регистрирующихъ приборовъ должна сказать, что агаты, на которыхъ покоятся маятники часовыхъ механизмовъ испортились послѣ полутора-мѣсячной работы и что механизмы останавливаются раньше 24-хъ часовъ регистраціи. Главной причиной послѣдняго вѣроятно надо считать слишкомъ большую нагрузку на одинъ часовой механизмъ.

Завѣдующая Сейсмической станціей

З. Архарова.

8-го ноября 1913 года
г. Екатеринбургъ.

ПРОТОКОЛЫ ЗАСѢДАНІЙ

Постоянной Центральной Сейсмической Комиссіи.

Протоколъ засѣданія 17-го января 1914 года.

Подъ предѣдательствомъ О. А. Баклунда присутствовали Высочайше утвержденные члены Комиссіи: Д. К. Бобылевъ, В. Н. Веберъ, А. В. Вознесенскій, А. П. Герасимовъ, С. В. Гласекъ, князь Б. Б. Голицынъ, И. И. Померанцевъ, М. А. Рыкачевъ, Ю. М. Шокальскій и Э. В. Штеллингъ, секретарь Комиссіи П. М. Никифоровъ и приглашенные на засѣданіе гости: Г. Ф. Абельсъ, А. М. Венаевъ, И. И. Вилипъ, С. Д. Грибоѣдовъ, Е. К. Дубенко, А. Я. Левицкая, Н. А. Линдевъ-Голышева, К. К. Матвѣевъ, В. С. Мопкова, В. Н. Оболенскій, К. А. Рейнфельдъ, И. С. Свищовъ, Н. Я. Цингеръ, Л. Э. Шарловъ и Л. А. Ячевскій.

§ 1.

О. А. Баклундъ произнесъ рѣчь, посвященную памяти почившаго члена Комиссіи, О. Н. Чернышева.

Собраніе почтило память О. Н. Чернышева вставаніемъ.

§ 2.

Читанъ и утвержденъ протоколъ предыдущаго засѣданія 13-го декабря 1913 г.

§ 3.

О. А. Баклундъ сдѣлалъ докладъ: „Международная конвенція о передачѣ времени по радіотелеграфу“.

Международный союз для передачи времени по радиотелеграфу имѣетъ своею цѣлью сохраненіе времени различными астрономическими обсерваторіями. При пасмурной погодѣ, длящейся иногда нѣсколько дней подрядъ, исключается возможность инструментальнаго опредѣленія времени на обсерваторіи и въ такомъ случаѣ невозможно получить интерполяціей время съ точностью до $0^{\circ}02$, какъ это необходимо для научныхъ цѣлей.

Въ виду этого, входящія въ составъ союза обсерваторіи, имѣющія возможность произвести непосредственныя наблюденія, передаютъ по радиотелеграфу своё время въ Парижскую обсерваторію, а эта послѣдняя передаетъ сигналы всѣмъ прочимъ обсерваторіямъ.

Въ составъ союза входятъ 19 державъ, причемъ для государствъ, имѣющихъ населеніе свыше 20 миллионновъ, установленъ членскій взносъ въ 2.000 франковъ; во всемъ остальномъ уставъ союза совпадаетъ въ смыслѣ организациі съ уставомъ Геодезической Ассоціациі.

Въ Пулковскую обсерваторію сигналы передаются въ $11^h 30^m$ ночи (гринв. вр.) и въ слѣдующіе затѣмъ 5^m принимается 299 сигналовъ, т. е. отдѣльные сигналы слѣдуютъ другъ за другомъ черезъ $0^{\circ}98$.

Средняя ошибка принятія сигнала колеблется около $0^{\circ}005$; для исключенія личной ошибки сигналы можно фотографировать, однако соответствующій аппаратъ въ Пулковѣ пока не установленъ, впрочемъ произведенныя одновременно тремя астрономами наблюденія показали на весьма малую величину личной ошибки.

Союзъ предпринялъ также опредѣленіе разности долготъ между Парижемъ и Вашингтономъ — предпріятіе это будетъ стоить около 120.000 фр.

Сообщивъ далѣе принятыя для передачи условные знаки, докладчикъ отмѣтилъ недостаточную точность опредѣленія времени на самой Парижской обсерваторіи, достигающую лишь $0^{\circ}02 - 0^{\circ}05$.

Съ своей стороны Пулковская обсерваторія предполагаетъ установить обмѣнъ сигналами съ обсерваторіей въ Симеизѣ.

Докладъ О. А. Баклунда сопровождался оживленнымъ обсужденіемъ, въ которомъ приняли участіе князь В. В. Голицынъ, Ю. М. Шокальскій, А. В. Вознесенскій, Н. Я. Цингеръ и М. А. Рыкачевъ. Было высказано пожеланіе, чтобы обмѣнъ временемъ былъ организованъ и въ предѣлахъ Россіи между всѣми обсерваторіями и учрежденіями, нуждающимися въ точномъ времени.

§ 4.

Князь В. В. Голицынъ сдѣлалъ докладъ: „Къ вопросу о вычисленіи кривыхъ временъ пробѣга“.

При новѣйшихъ наблюденіяхъ замѣчено, что время пробѣга сейсмическихъ волнъ отъ эпицентра до мѣста наблюденія зависитъ отъ румба и отъ глубины очага и, строго говоря, каждое землетрясеніе имѣетъ свою собственную кривую временъ пробѣга.

Для цѣлей современной сейсмометріи въ примѣненіи къ сравнительно удаленнымъ землетрясеніямъ достаточно однако съ возможной точностью установить среднюю кривую. Примѣняемые обычно методы вычисленія, когда точно не извѣстны ни эпицентральное разстояніе, ни моментъ начала землетрясенія, нельзя признать удовлетворительными. Докладчикъ изложилъ собственный приѣмъ обработки наблюдательнаго матеріала, долженствующій привести къ гораздо болѣе точнымъ результатамъ. Разсужденія докладчика относились къ волнамъ продольнымъ, дающимъ первую фазу, но тѣ же разсужденія примѣнимы вполне къ другимъ типамъ волнъ.

Приѣмъ заключается въ слѣдующемъ. Кривую времени пробѣга разбиваютъ на участки, соответствующіе эпицентральнымъ разстояніямъ на примѣръ $\Delta = 0 - 1000$ км.; $1000 - 4000$; $4000 - 7000$ и т. д.

Въ предѣлахъ одного участка кривую можно считать вѣтвью параболы и въ предѣлахъ одного участка, на примѣръ $\Delta = 1000 - 3000$ км. можно положить

$$t = A_1 + B_1 \Delta_1 + C_1 \Delta_1^2 \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ t — время пробѣга, A_1, B_1, C_1 — пост. коэффиціенты и $\Delta_1 = \Delta - 1000$.

При

$$\Delta_1 = 0, \quad t = t_1 = A_1$$

тогда

$$t - t_1 = B_1 \Delta_1 + C_1 \Delta_1^2 \dots \dots \dots (2)$$

Наблюденія даютъ моменты P прихода продольныхъ волнъ на различныхъ станціяхъ; очевидно $t - t_1 = P - P_1$, и

$$P = P_1 + B_1 \Delta_1 + C_1 \Delta_1^2 \dots \dots \dots (3)$$

На основаніи чиселъ Wiechert'a можно найти приближенныя значенія P_1, B_1 и C_1 , а также опредѣлить приближенно координаты эпицентра и Δ_1 .

Затѣмъ, на основаніи имѣющихся изъ наблюденія чиселъ P , слѣдуетъ искать поправки $\delta P_1, \delta B_1, \delta C_1$ а также поправку $\delta \Delta_1$, выраженную черезъ $\delta \varphi_e$ и $\delta \lambda_e$. Система линейныхъ уравненій, составляемыхъ для опредѣленія этихъ поправокъ, рѣшается по способу наименьшихъ квадратовъ. Такимъ образомъ получаютъ вѣроятнѣйшія значенія координатъ эпицентра и коэффиціентовъ B_1 и C_1 для перваго интервала.

Затѣмъ тотъ же приѣмъ повторяется для втораго интервала и т. д.

К. А. Рейнфельдъ примѣнила методъ князя Б. Б. Голицына къ 5 землетрясеніямъ и получила для времени пробѣга волнъ первой предв. фазы участокъ кривой для $\Delta = 1000 - 4000$ км., нѣсколько отличающійся отъ данныхъ Wiechert'a. Такъ для $\Delta = 4000$ км. время пробѣга оказалось на 16,7 меньше.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 5.

Князь Б. Б. Голицынъ сдѣлалъ докладъ: „Рефератъ о книгѣ: Modern Seismology, by G. W. Walker“.

По отзыву докладчика, сочиненіе это является краткимъ, но обстоятельно написаннымъ курсомъ, со строго научнымъ, вполне правильнымъ и точнымъ изложеніемъ предмета съ точки зрѣнія рациональныхъ основъ физики и механики. Методъ изложенія строго математическій, но часто безъ достаточнаго развитія доказательствъ, что нѣсколько затрудняетъ чтеніе.

Несмотря однако на конспективный характеръ изложенія, все важное и новое сообщено въ книгѣ, и она является вполне современнымъ трактатомъ, заслуживающимъ быть переведеннымъ на русскій языкъ.

Книга содержитъ всего лишь 88 страницъ, на которыхъ авторъ прекрасно сумѣлъ дать общую картину современной точной сейсмологіи. Приложены 13 рисунковъ и чертежей.

Сочиненіе распадается на 2 части: 1) Сейсмометрія и 2) Сейсмогеофизика, по 5 главъ въ каждой части. Докладчикъ въ сжатой формѣ изложилъ содержаніе книги, остановившись нѣсколько подробнѣе на тѣхъ вопросахъ, которые получили въ реферируемомъ сочиненіи новую или оригинальную трактовку.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 6.

Доложены и утверждены напечатанные въ приложеніи къ сему протоколу:

1) финансовый отчетъ за 1913 г. и 2) смѣта расходовъ въ 1914 г.

§ 7.

Принимая во вниманіе, что по уставу Сейсмической Комиссіи членами ея могутъ быть представители отъ всѣхъ учреждений, при которыхъ организованы сейсмическія наблюденія, положено возбудить черезъ Физико-математическое Отдѣленіе Императорской Академіи Наукъ всеподданнѣйшее ходатайство о включеніи въ составъ Комиссіи Директоровъ обсерваторій: Екатеринбургской — Г. Ф. Абельса и Владивостокской — С. Д. Грибоѣдова и Завѣдывающаго Ташкентской Обсерваторіей — А. И. Аузана.

§ 8.

Должено, что учрежденіе сейсмической станціи въ г. Владивостокѣ при мѣстной метеорологической обсерваторіи представляется нецѣлесообразнымъ, въ виду господствующихъ тамъ сильныхъ вѣтровъ способныхъ вызвать интенсивныя микросейсмическія движенія II-го рода.

Въ виду изложеннаго положено учредить сейсмическую станцію

при магнитно-аерологическомъ отдѣленіи Владивостокской обсерваторіи, для котораго намѣчено мѣсто въ с. Спасскомъ. Въ случаѣ же рѣшенія Николаевской Главной Физической Обсерваторіи перенести названное отдѣленіе въ другой пунктъ, туда же должна быть перенесена и сейсмическая станція.

§ 9.

Доложены напечатанные въ приложеніи къ сему протоколу отчеты объ установкѣ приборовъ на сейсмическихъ станціяхъ 2-го разряда въ гг. Опшѣ и Самаркандѣ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 10.

Доложено, что по распоряженію Центрального Бюро отправлены приборы въ г. Омскъ для установки при Военно-Топографическомъ отдѣлѣ и что Центральное Бюро постановило ассигновать въ настоящемъ 1914 году Омскому Военно-Топографическому Отдѣлу на производство наблюдений 150 руб. съ отнесеніемъ расхода на счетъ ст. VI, § 3 смѣты расходовъ въ 1914 г.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 11.

Доложено, что Департаментъ Народнаго Просвѣщенія отношеніемъ отъ 8-го с. января за № 445 запросилъ именной списокъ іезуитовъ и евреевъ — делегатовъ на Международный Сейсмологическій Конгрессъ въ С.-Петербургѣ въ 1914 г. для сообщенія списка въ Министерство Внутреннихъ Дѣлъ на предметъ полученія этими лицами свободнаго пропуска въ Россію.

Центральное Бюро съ своей стороны увѣдомило Департаментъ, что просимыя свѣдѣнія будутъ сообщены немедленно по полученіи отъ Генеральнаго Секретаря Ассоціаціи общаго списка делегатовъ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 12.

Доложено, что по распоряженію Э. Л. Нобеля изъ средствъ Т-ва Бр. Нобель уплачено типографіи Имп. Акад. Наукъ 420 р. 21 к. за бумагу и печатаніе Бакинскаго Бюллетеня 1910 г. и кромѣ того передано князю Б. В. Голицыну 1000 руб. на изданіе наблюдений Бакинской станціи за 1912 и 1913 гг., каковую сумму князь Б. В. Голицынъ полагалъ бы необходимымъ перевести въ Бакинскую Контору Т-ва съ соответствующимъ объяснительнымъ письмомъ, т. к. печатаніе бюллетеня будетъ производиться въ г. Баку подъ наблюденіемъ завѣдывающаго станціей Е. И. Бюсса. Сверхъ того Э. Л. Нобелемъ разрѣшено ежегодное ассигнованіе Бакинской станціи въ 650 руб. на печатаніе текущихъ №№ бюллетеня.

Завѣдывающій Бакинскою станціей, Е. И. Бюссъ, письмомъ отъ 8-го января 1914 г. увѣдомилъ съ своей стороны, что Правленіе Т-ва Бр. Нобель ассигнуетъ на содержаніе и устройство станціи въ 1914 г. 1.500 руб. и разрѣшаетъ на печатаніе бюллетеней 1912 и 1913 гг. кредитъ до 1.500 руб., за счетъ остатковъ отъ каковой суммы Е. И. Бюссъ предполагаетъ издать и Балаханскія наблюденія 1912 и 1913 гг.

Въ томъ же письмѣ Е. И. Бюссъ ходатайствовалъ о присылкѣ Комиссіей для надобностей станціи чернаго глобуса и стеклянной пластинки для обмѣра минутныхъ марокъ.

Принимая во вниманіе вышеизложенное, Центральнымъ Бюро было постановлено: 1) снестись съ Э. Л. Нобелемъ о средствахъ ассигнованныхъ на изданіе бюллетеня 1912 и 1913 гг., въ виду возможности что Э. Л. Нобель прислалъ 1.000 руб. на имя князя Б. Б. Голицына, не зная объ одновременномъ ассигнованіи Правленіемъ Т-ва Бр. Нобель на тотъ же предметъ 1.500 руб. и 2) выслать Бакинскою станціи во временное пользованіе принадлежащіе Комиссіи черныи глобусъ и стеклянную пластинку.

Принято къ свѣдѣнію.

Приложение къ § 6 протокола засѣданія Сейсмической Комиссiи
17-го января 1914 г.

ФИНАНСОВЫЙ ОТЧЕТЪ ЗА 1913 Г.

А. Кредитъ сѣтнѣй.

На какой предметъ.	Ассигновано.		Расходъ.		Перерасходъ.		Остатокъ.	
	РУБ.	КОП.	РУБ.	КОП.	РУБ.	КОП.	РУБ.	КОП.
I. Содерж. Центр. Бюро.								
1) Содерж. 3-мъ чл. Бюро по 600 р.	1.800	—	1.800	—	—	—	—	—
2) Содерж. помощн. редак.	840	—	840	—	—	—	—	—
3) » механикамъ. . .	1.500	—	1.500	—	—	—	—	—
4) » 3-мъ вычислит. по 600 р.	1.800	—	2.275	—	475	—	—	—
5) На расх. по механ. маст.	300	—	160	—	—	—	140	—
	6.240	—	6.575	—	335	—	—	—
II. Содержанiе Центр. станц. въ Пулковъ.								
1) Содержанiе завѣдываю- щему	840	—	840	—	—	—	—	—
2) Содержанiе 2 набл. по 900 р.	1.800	—	1.750	—	—	—	50	—
3) Содержанiе механику . .	900	—	900	—	—	—	—	—
4) на бум. для сейсмограф. и мет. пр.	1.300	—	778	94	—	—	521	06
5) на хозяйственные рас- ходы	3.660	—	3.637	26	—	—	22	74
	8.500	—	7.906	20	—	—	593	80

На какой предметъ.	Ассигновано.		Расходъ.		Перерасходъ.		Остатокъ.	
	руб.	коп.	руб.	коп.	руб.	коп.	руб.	коп.
III. Содерж. 4-хъ станцій								
<i>1-го разряда.</i>								
1) Содержаніе завѣдыв. по 1800 р.	7.200	—	6.300	—	—	—	900	—
2) на хоз. р. и фот. бум. по 1500 р.	6.000	—	5.445	—	—	—	555	—
3) на изд. еженед. бюлл. въ Ирк.	200	—	1.276	50 ¹⁾	1.076	50	—	—
4) на мелкіе расходы по станц.	500	—	392	07	—	—	107	93
	<u>13.900</u>		<u>13.413</u>		<u>57</u>		<u>486</u>	
								<u>43</u>
IV. Содержаніе 7-ми стан-								
<i>цій 2-го разряда.</i>								
1) Содержаніе 6-ти станц. по 450 р.	2.700	—	2.700	—	—	—	—	—
2) Содержаніе станція въ Кашг.	570	—	826	10	256	10	—	—
3) Мелкіе расх. по станц.	500	—	251	25	—	—	248	75
	<u>3.770</u>		<u>3.777</u>		<u>35</u>		<u>7</u>	
								<u>35</u>
V. На изданія	3.500	—	2.184	29	—	—	1.315	71
VI. На научныя пред-								
<i>пріятія.</i>								
1) Наблюденія въ Томскѣ.	1.290	—	1.290	—	—	—	—	—
2) Научныя предпріятія ..	2.410	—	1.046	92	—	—	1.363	08
	<u>3.700</u>		<u>2.336</u>		<u>92</u>		<u>1.363</u>	
								<u>08</u>
VII. На инспекцію и ко-								
<i>мандировки.</i>								
	3.500	—	2.858	—	—	—	642	—

¹ Въ томъ числѣ для Тифлисской станціи 571 р.

На какой предметъ.	Ассигновано. РУБ. КОП.	Расходъ. РУБ. КОП.	Перерасходъ. РУБ. КОП.	Остатокъ. РУБ. КОП.
VIII. На канцелярію и библиотеку.				
1) Содержан. секретарю..	600 —	600 —	— —	— —
2) вознаграгр. переписч.	180 —	165 —	— —	15 —
3) на разсылку изданій и канцелярскіе расходы..	650 —	666 34	16 34	— —
4) на покупку книгъ и перепл.	900 —	395 48	— —	504 52
	<u>2.330 —</u>	<u>1.826 82</u>	<u>— —</u>	<u>503 18</u>
Всего....	45.440 —	40.878 15	— —	4.561 85

Остатокъ 4.561 р. 85 к.

Приобрѣтено приборовъ для районныхъ станцій на..... 2.557 р. — к.

Выдано разнымъ лицамъ за особые труды. 1.700 » — »

Итого.... 4.257 р. — к.

Остатокъ къ 1-му января 1914 года 304 » 85 »

Б. Кредитъ строительный.

На какой предметъ.	Ассигновано. РУБ. КОП.	Расходъ. РУБ. КОП.	Перерасходъ. РУБ. КОП.	Остатокъ РУБ. КОП.
I. Окончателное устройство Центр. сейсмич. станцій въ Пулковѣ...				
	14.243 —	28.078 59	13.835 59	— —
II. Станціи 1-го разряда.				
1) Зданіе для станціи въ Екатер.	3.492 —	350 —	— —	3.142 —
2) Жилой домъ при станц. въ Иркутскѣ	3.000 —	4.200 —	1.200 —	— —
3) приобр. недостающихъ приборовъ	1.300 —	4.125 89	2.825 89	— —
			<u>4.025 89</u>	<u>3.142 —</u>
	<u>7.792 —</u>	<u>8.675 89</u>	<u>883 89</u>	<u>— —</u>

На какой предметъ.	Ассигновано.		Расходъ.		Перерасходъ.		Остатокъ.	
	руб.	коп.	руб.	коп.	руб.	коп.	руб.	коп.
III. Станции 2-го разряда.								
1) Зданія для 3-хъ станц. въ Турк.	3.528	—	453	44	—	—	3.074	56
2) Зданія для ст. въ Ше- махъ и Кабан.	2.000	—	125	59	—	—	1.874	41
3) Зданія для ст. въ Алек- сандровскѣ и Петропав- ловскѣ	7.000	—	6.500	—	—	—	500	—
4) Зданіе для ст. въ Каш- гарѣ	3.500	—	—	—	—	—	3.500	—
5) Зданіе для ст. въ Бар- науль	2.200	—	542	65	—	—	1.657	35
6) Приобр. недост. прибо- ровъ	13.250	—	6.256	52	—	—	6.993	48
	<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>	
	31.478	—	13.878	20	—	—	17.599	80

IV. Зданіе для станцій въ

<i>Томскъ</i>	—	—	1.650	—	1.650	—	—	—
	<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>	
					16.369	48	17.599	80
	<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>	
	53.513	—	52.282	68	—	—	1.230	32

Примѣчанія къ отчету.

А. Кредитъ смѣтный.

Ст. III. §§ 1 и 2. На станцію въ Екатер. кредитъ перев. лишь съ 1. VII. 1913 г.	
Ст. IV. § 2. Уплачено 256 р. 10 к. за наемъ помѣщ. для сейсмографовъ.	
Ст. VI. § 2. Переведено на ст. въ г. Николаевѣ	360 р. — к.
» » » » Юрьевѣ	250 » — »
Израсходовано на изслѣд. при Центр. Бюро.	436 » 92 »
	<hr/>
Итого.	1.046 р. 92 к.

Б. Кредитъ строительный.

Ст. I. Перерасходъ вызванъ необходимостью установить на электр. станціи болѣе мощный двигатель, расширить зданіе электр. стан-

ціи, пристроить баню и прачешн., спланиров. землю на нѣкото-
рыхъ мѣстахъ участка и т. под.

Ст. II. § 1. Расходъ покрытъ изъ остатковъ по другимъ назначеніямъ.

§ 3. Приобр. приборы для станціи во Владивостокѣ на сумму
2.464 р. 50 к. на каковую надобность будетъ отпущено въ
1914 г. изъ средствъ Госуд. Казн. 4.100 р.

Ст. III. §§ 1 и 2. Расходъ покрытъ изъ остат. по друг. назначеніямъ.

§ 5. Оказалось возм. воспользов. подвал. метеорол. станц., послѣ
нѣкот. перестроекъ.

§ 6. Изъ остат. отъ смѣтн. кредита приобр. прибор. на 2557 руб.

Обязательства Комиссіи.

1) Постройка зданія въ г. Владивостокѣ	5.900 р.
2) » » » » Кашгарѣ	1.500 »
3) Вѣртикальн. сейсмогр. для 12-ти станц. по 500 р.	6.000 »
4) Пересылка приборовъ	1.000 »
	<hr/>
Итого	14.400 р.

Кредитъ Комиссіи.

1) Остатокъ отъ операций 1912 и 1913 гг.	1.230 р.
2) Назначено на 1914 г. по зак. 26. VI. 1912 г.	10.000 »
	<hr/>
Итого	11.230 р.
Дефицитъ	3.170 р.

Смѣта расходовъ въ 1914 году.

I. Содержаніе Центральнаго Бюро.

1) Содержаніе 3-мъ членамъ Бюро по 600 руб.	1.800 р.
2) » помощнику редактора	840 »
3) » механикамъ	1.500 »
4) » 4-мъ вычислительницамъ по 600 руб.	2.400 »
5) На расходы по механич. маст.	300 »
	<hr/>
Итого	6.840 р.

II. *Содержаніе Центральной сейсмической станціи.*

1) Содержаніе завѣдывающему	840 р.
2) » 2-мъ наблюд. по 900 р.	1.800 »
3) » механику.	900 »
4) На бумагу для сейсмограф. и метеор. приб.	800 »
5) На хозяйств. расходы, отопленіе, освѣщ. и пр.	3.660 »
Итого. . . .	8.000 р.

III. *Содержаніе 4-хъ станцій 1-го разряда.*

1) Содержаніе завѣдыв. по 1800 р.	7.200 р.
2) На фотограф. бум. и хозяйств. расх. по 1.500 руб.	6.000 »
3) На изданіе станціями еженед. бюлл.	1.500 »
4) На содерж. жил. дома въ Иркутскѣ.	150 »
5) На мелкіе расходы по станціямъ	200 »
Итого. . . .	15.050 р.

IV. *Содержаніе 8-ми станцій 2-го разряда.*

1) Содержаніе 6-ти станцій: въ Зурнабатѣ, Шемахѣ, Вѣр- номѣ, Ошѣ, Самаркандѣ и Кабанскѣ по 450 р.	2.700 р.
2) Содержаніе станціи въ Кашгарѣ	570 »
3) » » » Барнауль съ 1-го іюля	225 »
4) Мелкіе расходы по станціямъ	100 »
5) Приобр. вертик. сейсм. для 4-хъ станцій по 500 р.	2.000 »
Итого. . . .	5.595 р.

V. *На изданія* 2.000 р.

VI. *На научныя предпріятія.*

1) Наблюденія въ Томскѣ	1.290 р.
2) » » Николаевѣ	360 »
3) Научныя предпріятія (опыты Кн. Б. Б. Голицына, И. И. Померанцева и др.)	1.450 р.
Итого. . . .	3.100 р.

VII. *На инспекцію и командировки* 2.825 р.

VIII. *На канцелярію и бібліотеку*

1) Содержаніе секретарю.....	600 р.
2) вознагражд. переписч.....	180 »
3) на разсылку изданій и канц. расх.....	650 »
4) на покупку книгъ и переплеты.....	600 »
	<hr/>
	Итого..... 2.030 р.
	<hr/>
	Всего..... 45.440 р.

Приложеніе къ § 9 протокола засѣданія Сейсмической Комиссіи
17-го января 1914 года.

Отчетъ объ установкѣ приборовъ на сейсмической станціи въ Самаркандѣ.

Довожу до свѣдѣнія Комиссіи, что инструменты для Самаркандской и Ошской сейсмическихъ станцій были получены въ ноябрѣ мѣсяцѣ 1913 года, а для Вѣрненской станціи въ декабрѣ мѣсяцѣ.

На Самаркандской станціи инструменты установлены мною; на Ошской наблюдателемъ Ташкентской сейсмической станціи Г. В. Поповымъ; а на Вѣрненской станціи они устанавливаются механикомъ Туркестанскаго Военно-Топографическаго Отдѣла О. Ф. Редлинымъ; при чемъ объ окончаніи установки въ Вѣрномъ сообщенія пока не получено.

Въ Самаркандѣ инструменты прибыли въ исправности; помять лишь слегка одинъ бокъ стержня маятника установленнаго въ направленіи *EW*; и не оказалось трехъ гаекъ къ винтамъ для натягиванія струнъ того же маятника; кромѣ того отъ тряски въ пути слегка пострадали контакты часовъ и вслѣдствіе этого регулировать ихъ удалось съ большимъ трудомъ.

Помятая часть стержня маятника *EW* оставлена безъ исправленія: а три винтика для натягиванія струнъ изготовлены на мѣстѣ.

Подвалъ въ Самаркандѣ построенъ основательно, покрытъ онъ желѣзною крышей и со стороны фасада имѣетъ довольно красивый видъ. Необходимо лишь убрать находящійся впереди бугоръ земли, который выше крыши подвала и примыкаетъ къ самому подвалу. Для входа въ подвалъ вдоль фасада прорыта узкая дорожка.

Бугоръ предполагается снять лѣтомъ 1914 года и землю бугра обратить въ сырцовый кирпичъ; послѣдній частью можно будетъ продать, а другую часть и вырученныя отъ продажи деньги употребить на постройку ограды вокругъ участка сейсмической станціи. Если это удастся сдѣлать, то станція приметъ пріятный ви́шній видъ и будетъ предохранена отъ до-

стуга мальчишекъ и хулигановъ, которые срываютъ украшенія съ крыши и испещряютъ стѣпы своими надписями.

Подвалъ сдѣланъ изъ булыжнаго камня; а столбы для инструментовъ изъ кирпича на цементѣ. На меня не произвело впечатлѣнія, чтобъ цементъ для кладки столбовъ былъ составленъ безупречно, вѣрнѣе всего, что при разведеніи цемента употреблялся не особенно хорошій песокъ.

Столбы для установки штативовъ маятниковъ сдѣланы узковаты; вслѣдствіе этого переднія ножки штатива покоятся всего въ 3—4 сантиметрахъ отъ края столба. Получилось это вслѣдствіе того, что на чертежѣ, приложенномъ къ отношенію Комиссіи отъ 3 августа 1913 года за № 217 ширина столба указана въ 100 сантиметровъ; а оказалось, что 100 сантиметрамъ равно разстояніе между передними ножками штатива.

Столбики для магнитовъ и регистральныхъ аппаратовъ пришлось переделывать, такъ какъ они оказались отнесенными далеко отъ столба для маятниковъ.

Подвалъ очень сырой и потолокъ юго-западнаго угла оказался даже мокрымъ.

Во время установки инструментовъ усиленно топилась печка, сложенная въ сѣверо-западномъ углу подвала и къ концу установки инструментовъ воздухъ въ подвалѣ сдѣлался суше. Есть надежда, что топкою печки сырость со временемъ удастся выгнать. Печка герметическая, и если ее затопить до смѣны бумаги, то при сухихъ дровахъ, ее скоро послѣ смѣны бумаги можно будетъ закрывать и тогда тяги почти никакой не будетъ и на записи маятниковъ едва ли это будетъ имѣть большое вредное вліяніе.

Если со временемъ вредное вліяніе печки скажется, то придется сдѣлать щитъ, отдѣляющій печку отъ инструментовъ, что помѣщеніе подвала позволяетъ.

Какъ только инструменты и часы были установлены, регулированы и пущены въ ходъ, я тотчасъ же выѣхалъ изъ г. Самарканда.

Дольше оставаться въ г. Самаркандѣ служебныя дѣла мнѣ не позволяли, хотя на регулировку инструментовъ нельзя было смотрѣть, какъ на окончательную, такъ какъ для натягиванія струнъ не были еще сдѣланы гайки винтовъ и кромѣ того первые дни, благодаря натяженіямъ штативовъ и винтовъ, маятники выходили изъ нормальнаго положенія и ихъ ежедневно приходилось подрегулировать. Хотя наблюдателю подробно все было объяснено и показано; все же съ первыхъ же шаговъ самостоятельной дѣятельности сказалась недостаточная его опытность при обращеніи съ инструментами.

При регулировкѣ онъ слишкомъ повернулъ винтъ, благодаря чему маятникъ сильно отошелъ въ сторону; выскочила игла увеличительнаго

прибора; а когда ее сталь вставлять, то порвалась проволока образующая ось вращения прибора.

Наблюдателю довольно долго не удавалось установить увеличительный приборъ.

Получивъ сообщеніе, что осталось всего 6 спиральныхъ пружиннокъ, помощью которыхъ соединяется короткое плечо увеличительнаго прибора со стержнемъ маятника, я предложилъ наблюдателю скрѣпить короткое плечо со стержнемъ помощью легкихъ зажимовъ и временно, пока не будетъ достигнута достаточная опытность, пользоваться маятниками безъ увеличительныхъ приборовъ.

Когда видно будетъ, что опытность вполне достигнута, то увеличительные приборы будутъ поставлены.

Отъ Самаркандской станціи сейсмограммы регулярно стали получаться съ 1 января по новому стилю. Сейсмограммы эти по мѣрѣ полученія будутъ высылаться въ Сейсмическую Комиссію, хотя большинство изъ нихъ пока для обработки не годны.

Не достигнута еще достаточная опытность въ копченіи бумаги и не достигнута также удовлетворительная регулировка приборовъ.

Наблюдатель подполковникъ въ отставкѣ Викторъ Николаевичъ Владимировъ, повидимому, человекъ весьма аккуратный и старательный и можно надѣяться, что когда онъ получитъ достаточный навыкъ и дѣло наладится, то станція будетъ дѣйствовать исправно.

Трудновато лишь для него будетъ устанавливать, въ случаѣ порчи увеличительный приборъ и регулировать, такъ какъ зрѣніе не особенно острое и очень тонкія линіи для него разбирать трудновато.

Согласно сообщеніямъ механика Редлина и наблюдателя Вѣрненской сейсмической станціи часы въ г. Вѣрный пришли испорченными; одинъ ящикъ съ приборами пришелъ поломаннымъ и по вскрытіи оказалось, что у одного запаснаго барабана отскочило колесо и оно погнуто. Все это будетъ исправлено на мѣстѣ въ г. Вѣрномъ.

Что касается передачи времени на сейсмическія станціи, то этотъ вопросъ пока не налаженъ; особенно большія затрудненія встрѣчаются съ передачей времени въ г. Ошъ, такъ какъ для этого требуется, чтобъ линія аккуратно давалась въ трехъ пунктахъ: въ гг. Скобелевѣ, Андижанѣ и Ошѣ.

Часто случается, что въ какомъ-нибудь изъ этихъ пунктовъ провода неправильно соединены, или не соединены во время, благодаря чему сигналы передать не удается.

Кромѣ того большое неудобство, что въ настоящее время сигналы нельзя передавать непосредственно съ Обсерваторіи, а для этого приходится ѣздить съ хронометромъ въ городъ, — въ телеграфную контору.

Получилось это вслѣдствіе того, что въ ноябрѣ мѣсяцѣ Ташкентская телеграфная контора перенесена въ другую часть города — въ новое помѣщеніе. До прежней конторы обсерваторскій проводъ былъ подвѣшенъ на телефонныхъ столбахъ и ремонтировался городомъ; теперь же до конторы въ новомъ помѣщеніи для подвѣски проводовъ нужно ставить новые столбы и линію перенести. Это вызываетъ одновременный расходъ около 200 рублей. Обсерваторія обращалась къ пачальнику почтово-телеграфнаго округа и въ городскую управу съ просьбою устроить линію, но пока не удается этого достигнуть.

Въ началѣ декабря городской голова принципиально обѣщалъ, что линія будетъ проведена, но пока этотъ вопросъ думою не рассмотрѣнъ и нельзя быть увѣреннымъ, что деньги будутъ отпущены, такъ какъ городское самоуправленіе жалуется на недостатокъ денегъ.

Начальникъ же почтово-телеграфнаго округа говорилъ, что на проводку линіи составляется смѣта и таковая будетъ отправлена въ Главное Управление почтъ и телеграфа.

Было бы желательно, чтобъ линію построило и ремонтировало почтово-телеграфное вѣдомство, такъ какъ въ этомъ случаѣ она содержалась бы, по всей вѣроятности, въ болѣе образцовомъ порядкѣ.

Въ виду того, что при установкѣ увеличительнаго аппарата часто рвется проволока, составляющая его ось вращенія и портятся латунныя спиральныя пружины, прошу выслать 2—3 запасныхъ катушки проволоки и 2—3 коробочки пружинъ.

Описаніе относительно установки инструментовъ на Ошской станціи будетъ выслано дополнительно.

Генеральнаго Штаба

Полковникъ Аузанъ.

3-го января 1914 г.
г. Ташкентъ.

*Приложение къ § 9 протокола засѣданія Сейсмической Комиссiи
17-го января 1914 г.*

Отчетъ объ установкѣ приборовъ на сейсмической станціи въ Ошѣ.

Установка приборовъ началась 9-го декабря (по старому стилю) 1913 года. Приборы оказались прибывшими въ полномъ составѣ. Былъ испорченъ только контактный механизмъ въ стѣнныхъ часахъ и часовой механизмъ одного изъ регистральныхъ аппаратовъ дѣйствовалъ весьма плохо. Контактные часы были тотчасъ послѣ установки исправлены. Пересмотръ часового механизма регистрального аппарата былъ отложенъ за недостаткомъ времени. Одновременно съ установкой аппаратовъ производился и ремонтъ въ подвалѣ. Такъ, столбы, предназначенные для магнитовъ и регистральныхъ аппаратовъ оказались высокими. Пришлось снять по слою кирпича и обмазать ихъ цементомъ. Обѣ двери были разлажены отъ сырости и безъ замковъ. Пришлось ихъ вновь перебить, снявши предварительно съ петель и на всѣхъ углахъ привинтить желѣзные угольники, чтобы въ дальнѣйшемъ онѣ не разстраивались отъ сырости. Для изоляціи помещенія съ приборами отъ передней комнаты, непосредственно сообщающейся съ наружнымъ воздухомъ и не отапливаемой, нижняя дверь была обита кошмой и клеенкой, при чемъ подъ кошму была подложена рогожа.

Первая годная сейсмограмма была получена 1-го января 1914 года по новому стилю съ какого времени станція начала дѣйствовать регулярно. Однако первое время приходилось дѣлать большіе перерывы на регулировку приборовъ, обученіе наблюдателя и другія работы.

На первой же сейсмограммѣ было отмѣчено обоими приборами два землетрясенія близкаго происхожденія.

Второе ощущалось жителями Скобелева, Оша и Андижана и имѣло характеръ вертикальнаго толчка.

На Ташкентскихъ сейсмограммахъ отъ горизонтальныхъ маятниковъ запись его также незначительная.

Однако и послѣ установки и регулировки остался одинъ весьма важный недостатокъ, который никакъ не удалось устранить — сползаніе бумаги съ обоихъ барабановъ по направленію ихъ осей въ сторону обратную движенію. Причина этого явленія исключительно въ томъ, что барабаны движутся каждый въ сторону своего обода, а не обратно. Самое сильное натягиваніе бумаги не помогаетъ дѣлу, такъ какъ она сжавшись при нагрѣваніи снова расширяется отъ сырости въ подвалѣ и слабо держится на барабанѣ, по которому ползеть съ каждымъ ударомъ сигнальнаго молотка. Ободъ барабана могъ бы служить наилучшимъ задерживающимъ средствомъ. Но обратнаго движенія при данномъ устройствѣ механизмовъ получить не удалось. Остается просить Комиссію въ возможно короткій срокъ прислать на станцію четыре новыхъ оси съ другой винтовой нарѣзкой (присланные стержни съ правой винтовой нарѣзкой, нужно прислать съ лѣвой нарѣзкой).

Другой недостатокъ работъ на Ошской станціи, который отражается на первыхъ ея сейсмограммахъ состоитъ въ томъ, что наблюдателемъ въ теченіи двухъ недѣль во время его пребыванія въ г. Ошѣ удалось получить всего только два сигнала отъ Ташкентской Обсерваторіи. Часы регулировались съ помощью хронометра, взятаго изъ Обсерваторіи и поставленнаго по Гринвическому времени.

На первое время при обработкѣ Ошской станціи придется дѣлать интерполяціи въ промежуткѣ нѣсколькихъ дней, отъ одного удачнаго сигнала до другого. Главная причина этой неудачи лежитъ въ трудностяхъ сообщенія. На пути лежатъ четыре конторы: Ташкентъ, Ошъ, Андижанъ, Скобелевъ. Часто даются правительственныя, шифрованныя телеграммы между Андижаномъ и Иркештамомъ, при чемъ Ошъ совершенно выключается. Въ Ошѣ нѣтъ ночныхъ дежурствъ до 8 часовъ утра мѣстнаго времени.

Однако постепенно дѣло улучшается и въ дальнѣйшемъ сигналы на Ошской станціи будутъ получаться чаще.

Для регулировки маятниковъ пришлось прибить къ полу двѣ лѣстницы съ лѣвой стороны около каждаго маятника съ площадками на верху такъ, чтобы соприкосновенія со столбами не было.

Маятники установлены оба на одинаковый періодъ 21 с.

При такомъ періодѣ, маятники даже на первое время не нуждались въ регулировкѣ цѣлую недѣлю, что значительно должно облегчить недостаточно опытнаго наблюдателя.

Къ свѣдѣнію вычислителей надо прибавить еще слѣдующее. Оба ре-

гистрирныхъ аппарата расположены такъ, что поступательное движеніе барабана $N—S$ происходитъ по направленію отъ N къ S и движеніе барабана $E—W$ по направленію отъ W къ E . Такимъ образомъ, сообразно съ общепринятымъ условіемъ сигналъ пуска (верхъ сейсмограммы) на лентѣ $N—S$ приходится въ сторону (—) (отрицательную S), а на лентѣ $E—W$ въ сторону (+) (положительную — E) движенія почвы. (Направленіе движенія почвы одинаково съ направленіемъ движенія пера увеличительнаго прибора.

По предложенію наблюдательницы на одинъ изъ приборовъ ($N—S$) временно была поставлена ею же шелковая нитка вмѣсто мѣдной и съ помощью этой нити была произведена запись землетрясенія 19³¹_{XII}13 года, а также получены первыя кривыя собственнаго движенія маятника. На такой опытъ пришлось согласиться ввиду того, что проволока можетъ часто рваться и истощенія ея на Ошской станціи можетъ остановить дѣло.

Въ заключеніе необходимо прибавить еще нѣкоторыя соображенія касательно состоянія Ошской станціи.

Подвалъ станціи покрытъ кирпичнымъ сводомъ, на который сверху насыпана земля. Помѣщеніе внутри довольно сырое и отапливается керосиновой печью, которая горитъ день и ночь. Для уничтоженія сырости лучшимъ средствомъ была бы желѣзная крыша, при чемъ землю слѣдовало бы совершенно удалить.

По совѣту одного изъ городскихъ депутатовъ—Кокоянцъ подъ крышу хорошо было бы подложить слой камышу и отъ крыши сдѣлать водосточную трубу въ ровъ удаленный отъ подвала сажени на двѣ.

Такая крыша обойдется въ 390 рублей.

Для отопленія и освѣщенія наблюдательница Ошской станціи предлагаетъ воспользоваться электричествомъ, которое не будетъ дороже керосиноваго, но гораздо удобнѣ послѣдняго. Дѣйствующая керосиновая печь требуетъ ухода, частаго посѣщенія подвала, даетъ копоть и тяжелый воздухъ въ подвалѣ. Съ одной керосиновой лампой также обращаться неудобно.

Весьма необходимо было бы имѣть постояннаго человѣка, который бы помогалъ наблюдательницѣ при регулировкѣ приборовъ, сметалъ бы снѣгъ съ крыши подвала, ходилъ бы въ городъ за покупками, смотрѣлъ бы за печью, выметалъ бы подвалъ и т. д. Вознагражденія такому человѣку понадобится не болѣе 60 рублей въ годъ.

Необходимо также позаботиться и объ охранѣ подвала.

Подвалъ находится около церкви въ городскомъ паркѣ. Ограду ставить неудобно. Однако нельзя не опасаться за сохранность находящихся

въ немъ вещей (особенно ввиду того, что замокъ на станціи однажды оказался сломаннымъ). По предложенію наблюдательницы эту охрану удобно было бы отчасти возложить на часовыхъ, охраняющихъ церковь по ночамъ.

Въ заключеніе слѣдуетъ прибавить еще просьбу наблюдательницы снабдить ее какимъ-либо инструментомъ для опредѣленія поправки часовъ ввиду того, что, какъ было уже сказано, телеграфная передача сигналовъ весьма затруднительна на Ошской станціи.

Наблюдатель сейсмической станціи Поповъ.

4-го января 1914 г.
г. Ташкентъ.

Протоколъ засѣданія 18-го апрѣля 1914 года.

Подъ предѣдательствомъ князя Б. Б. Голицына присутствовали Высочайше утвержденные члены Комисси: Д. К. Бобылевъ, В. Н. Веберъ, А. П. Герасимовъ, А. П. Карпинскій, А. Я. Орловъ, И. И. Померанцевъ, М. А. Рыкачевъ, Ю. М. Шокальскій и Э. В. Штеллингъ; секретарь Комисси П. М. Никифоровъ и приглашенные на засѣданіе гости: А. М. Бенаевъ, И. К. Бобръ, И. И. Вилицъ, Е. К. Дубенко, Г. В. Колосовъ, А. Я. Левицкая, Н. А. Линденъ, А. И. Лукашукъ, К. К. Матвѣевъ, В. С. Мошкова, Э. Л. Нобель, С. Г. Петровицъ, К. А. Рейнфельдъ и Л. А. Ячевскій.

§ 13.

По предложенію князя Б. Б. Голицына собраніе почтило вставаніемъ память скончавшагося 13 (26) апрѣля с. г. д-ра Эдуарда Зюсса, бывшаго президента Академіи Наукъ въ Вѣнѣ.

§ 14.

Читанъ и утвержденъ протоколъ предыдущаго засѣданія 17 января 1914 г.

§ 15.

А. П. Герасимовъ сдѣлалъ докладъ: „Результаты обработки макросейсмического матеріала за 1912 г.“.

Докладчикъ отмѣтилъ недостаточность поступающихъ въ Комиссію свѣдѣній о землетрясеніяхъ, вслѣдствіе чего представляется весьма затруднительнымъ дать точную картину сейсмической дѣятельности въ предѣлахъ Россіи. Исключеніе въ этомъ отношеніи составляетъ районъ Иркутской Обсерваторіи.

Затѣмъ А. П. Герасимовъ остановился на нѣкоторыхъ важнѣйшихъ землетрясеніяхъ 1912 г., а именно: въ Юго-Западной Россіи (25-го мая), на Кавказѣ — большой рядъ землетрясеній въ различныхъ пунктахъ, при чемъ землетрясенія обходятъ главный хребетъ, локализи-

руясь по объѣ отъ него стороны; сибирскія землетрясенія, на Камчаткѣ, на Сахалинѣ и на островѣ Беринга.

По поводу доклада А. П. Герасимова, князь В. Б. Голицынъ сообщилъ, что Центральное Бюро постановило измѣнить порядокъ собиранія опросныхъ свѣдѣній, а именно открытыя письма будутъ доставляться адресатами филиальнымъ обсерваторіямъ, а не непосредственно Сейсмической Комиссіи. При такомъ порядкѣ Обсерваторіи будутъ имѣть возможность производить точный учетъ поступающихъ отвѣтовъ. А. Я. Орловъ сообщилъ, что во время его пребыванія въ Томскѣ до него дошли слухи о землетрясеніи на Алтаѣ и рекомендовалъ озаботиться изученіемъ этой области путемъ разсылки опросныхъ писемъ.

Положено: 1) послать Г. Ф. Абельсу и Б. П. Вейнбергу открытыя письма (старого образца) для распространенія ихъ на Алтаѣ; 2) въ остальномъ вышеизложенное принять къ свѣдѣнію.

§ 16.

А. Я. Орловъ сдѣлалъ докладъ: „О результатахъ новѣйшихъ наблюденій въ Томскѣ надъ земными приливами и отливами“.

Новая серія Томскихъ наблюденій охватываетъ промежутокъ времени съ сентября 1912 г. по июнь 1913 г., при чемъ обнаружился весьма интересный результатъ, что деформациі въ Томскѣ обратны деформациямъ наблюдавшимся въ Европ. Россіи.

По мнѣнію докладчика явленіе это можетъ быть объяснено или мѣстнымъ строеніемъ коры или неодинаковымъ давленіемъ приливныхъ волнъ на дно океана.

Затѣмъ докладчикъ остановился на подобныхъ же наблюденіяхъ, предпринятыхъ въ Америкѣ близъ Чикаго, гдѣ наблюдаются колебанія уровня воды, налитой въ трубу длиною 500 футовъ.

Въ заключеніе А. Я. Орловъ возбудилъ вопросъ о назначеніи на Томскую станцію специально подготовленнаго и отвѣтственнаго наблюдателя съ тѣмъ же вознагражденіемъ, какъ на станціяхъ перваго разряда.

Князь В. Б. Голицынъ сообщилъ, что еще раньше Walker предложилъ тотъ же способъ опредѣленія деформациій, который примѣняется въ Америкѣ, при чемъ для регистраціи колебаній уровня жидкости Walker рекомендуетъ примѣнить способъ интерференціи.

Положено: 1) вопросъ объ увеличеніи вознагражденія наблюдателю въ Томскѣ, равно какъ и прочіе вопросы, связанные съ этой станціей, передать на разсмотрѣніе Центрального Бюро, при чемъ было высказано принципиальное согласіе на то, чтобы въ теченіе ближайшаго года въ случаѣ надобности довести вознагражденіе наблюдателю до 100 рубл. въ мѣсяць.

§ 17.

И. И. Вилипъ сдѣлалъ докладъ: „Объ одной весьма характерной фазѣ при удаленныхъ землетрясеніяхъ“.

На записяхъ удаленныхъ землетрясеній (6000.—13000 км.) весьма часто обнаруживаются рѣзко выступающія волны, которыя можно принять за начало новаго землетрясенія; но неизмѣнное положеніе этихъ волнъ относительно фазъ *P* и *S* а также ближайшій анализъ вертикальной составляющей показываютъ, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ особой фазой землетрясенія.

Главную особенность этой фазы составляетъ то, что она встрѣчается исключительно на горизонтальной составляющей и притомъ на той, гдѣ интенсивнѣе продольныя колебанія.

Азимутъ эпицентра, вычисленный по новой фазѣ, всегда отличается отъ истиннаго на 180° и, принимая во вниманіе эту поправку, можно опредѣлить такимъ путемъ координаты эпицентра; это обстоятельство имѣетъ особое значеніе для разстояній 10000—13000 км., когда фаза *P* выходитъ весьма слабо, между тѣмъ какъ амплитуда новыхъ волнъ достигаетъ значительной величины.

Новую фазу часто ошибочно принимаютъ за *S*.

Докладчикъ построилъ также годографъ для открытыхъ имъ волнъ, причемъ обнаружилъ, что для $\Delta = 6000—9000$ км. скорость распространенія ихъ меньше, чѣмъ для поперечныхъ волнъ, а для $\Delta > 9500$ км. — уже больше.

Въ заключеніе докладчикомъ было высказано предположеніе о возможной причинѣ происхожденія новыхъ волнъ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 18.

И. И. Померанцевъ доложилъ о нивелировкѣ на Апшеронскомъ полуостровѣ, произведенной въ 1912 г., при чемъ отчетъ объ этой нивелировкѣ по постановленію Центрального Бюро будетъ напечатанъ въ И. С. К.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 19.

Доложенъ Высочайше утвержденный 14-го февраля с. г. законъ объ отпускѣ изъ средствъ Государственнаго Казначейства 8000 рублей на расходы по устройству въ 1914 г. въ С.-Петербургѣ Общаго Собранія Международной Сейсмологической Ассоціаціи. Доложено далѣе, что Центральное Бюро постановило учредить приѣмный комитетъ по случаю предстоящаго Сейсмологического Конгресса, при чемъ принять участіе въ трудахъ Комитета согласились слѣдующія лица: О. О. Баклундъ, Н. Ф. Погребовъ, В. А. Рышковъ, И. С. Свищовъ, Ю. М. Шокальскій и Э. В. Штеллингъ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 20.

Доложено, что наблюдатель при Иркутской Сейсмической станціи Минчиковскій въ письмѣ на имя Предсѣдателя Ц. Б. просилъ объ

освобожденіи его отъ обязанностей наблюдателя съ 1-го Іюня с. г., о предоставленіи ему 3-хъ-мѣсячнаго отпуска съ сохраненіемъ содержанія и о выдачѣ денегъ на обратный прїѣздъ въ С.-Петербургъ; въ томъ же письмѣ Минчиковскій рекомендовалъ въ качествѣ своего замѣстителя инженера А. Ф. Боровинскаго.

По этому поводу Центральное Бюро опредѣлило: 1) разрѣшить Минчиковскому съ 1-го Іюня с. г. отпускъ съ сохраненіемъ содержанія на 2½ мѣсяца по расчету 1 мѣсяць отпуска за 1 годъ службы при Комиссіи, со дня приступа къ фактическому исполненію обязанностей наблюдателя въ Иркутскѣ, 2) выдать Минчиковскому изъ кредита Комиссіи деньги на билетъ 2-го класса съ плацкартою отъ Иркутска до С.-Петербурга и на провозъ 10 пуд. багажа, 3) предложить Минчиковскому подать Директору Обсерваторіи прошеніе объ увольненіи отъ должности, 4) объ изложенномъ сообщить Директору Обсерваторіи, предоставивъ ему рѣшеніе вопроса о замѣщеніи освобождающейся вакансіи.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 21.

Доложено, что Ташкентская Обсерваторія увѣдомила Комиссію о крайне недобросовѣстномъ отношеніи къ своимъ обязанностямъ наблюдателя станціи „Вѣрный“, Грошовина, вслѣдствіе чего наблюденія на станціи не могутъ быть налажены, несмотря на всѣ прилагаемыя Обсерваторіей мѣры, почему Обсерваторія сочла себя вынужденной просить Семирѣченскаго губернатора объ увольненіи Грошовина отъ должности наблюдателя и о замѣнѣ его другимъ лицомъ. Вслѣдствіе изложеннаго князь Б. Б. Голицынъ просилъ завѣдующаго переселенческимъ дѣломъ въ Семирѣченскомъ районѣ, Б. Х. Шлегеля, принять на себя заботы о правильномъ функціонированіи станціи „Вѣрный“, сносясь по всѣмъ касающимся станціи вопросамъ съ Ташкентской Обсерваторіей.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 22.

Доложено, что помѣщеніе для сейсмографовъ въ подвалѣ метеорологической станціи въ Барнаулѣ закончено и въ настоящее время производится кладка фундаментовъ подъ инструменты.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 23.

Доложены списки для разсылки еженедѣльныхъ бюллетеней русскихъ сейсмическихъ станцій перваго разряда.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 24.

Доложено, что на станціи „Кабанскъ“ устроена защита къ сейсмографамъ, для предохраненія ихъ отъ воздушныхъ теченій, послѣ чего качества сейсмограммъ значительно улучшились.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 25.

Доложено о выходѣ въ свѣтъ нѣмецкаго перевода сочиненіи князя Б. Б. Голицына: „Лекція по сейсмометріи“.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 26.

Доложено, что въ виду просьбы И. А. Пинчукова освободить его, вслѣдствіе плохого зрѣнія, отъ обязанностей наблюдателя при сейсмической станціи „Макѣвка“ на такуюю должность могъ бы быть назначенъ окончившій С.-Петербургскій Университетъ А. І. Лукашукъ, приступившій съ 10-го Марта с. г. къ практическимъ занятіямъ по сейсмометріи причемъ председателемъ Центрального Бюро. ему назначена съ того же числа стипендія въ суммѣ 50 рубл. ежемѣсячно изъ средствъ Комиссіи.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 27.

Доложено объ отправкѣ приборовъ для сейсмическихъ станцій 2-го разряда „Зурнабатъ“ и „Шемаха“ и годового запаса бумаги для 4 станцій 2-го разряда на Кавказѣ.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 28.

Доложенъ отчетъ о дѣятельности Ташкентской Сейсмической станціи въ 1913 году.

Положено напечатать отчетъ въ И. С. К.

§ 29.

Доложенъ законъ 12 марта 1914 г. объ отпускѣ изъ Государственнаго Казначейства средствъ на снаряженіе Геодезической экспедиціи для изслѣдованія пространства, затронутого землетрясеніемъ 1910 года вблизи озера Иссыкъ-Куль въ Семирѣченской области:

„Отпустить изъ средствъ Государственнаго Казначейства на „снаряженіе геодезической экспедиціи для изслѣдованія пространства, „затронутого землетрясеніемъ 1910 года вблизи озера Иссыкъ-Куль „въ Семирѣченской области: въ 1915 году — тридцать три тысячи „шестьсотъ (33.600) рублей, въ 1916 году — тридцать двѣ тысячи „восемьсотъ (32.800) рублей и въ 1917 году — двадцать три тысячи „триста (23.300) рублей, а всего восемьдесятъ девять тысячъ семь- „сотъ (89.700) рублей“.

Постановлено: вышеизложенное принять къ свѣдѣнію и поручить Центральному Бюро рассмотреть различные вопросы связанныхъ съ организаціей экспедиціи.

Протоколь засѣданія 30-го мая 1914 года.

Подъ предѣдательствомъ О. А. Баклунда присутствовали Высочайше утвержденные члены Комиссiи: В. Н. Веберъ, князь Б. Б. Голицынъ, И. И. Померанцевъ и Э. В. Штеллингъ, приглашенные на засѣданіе гости: А. М. Бенаевъ, И. К. Бобръ, Н. А. Бѣлелюбскій, И. И. Вилипъ, Е. К. Дубенко, А. Я. Левицкая, Н. А. Линденъ, А. І. Лукашукъ, К. К. Матвѣевъ, В. С. Мошкова, В. Н. Оболенскій, С. Г. Петровичъ, К. А. Рейнфельдъ, И. С. Свищевъ, и Л. А. Ячевскій.

§ 30.

Читанъ и утвержденъ журналъ предыдущаго засѣданія 18-го апрѣля 1914 года.

§ 31.

Князь Б. Б. Голицынъ сдѣлалъ докладъ: „О внутреннемъ строеніи земли“.

Изученіе сейсмическихъ лучей является наилучшимъ средствомъ для изслѣдованія внутреннихъ свойствъ земли. Методъ докладчика основанъ на непосредственномъ измѣреніи угла выхода сейсмической радіаціи, причемъ было обработано въ этомъ отношеніи свыше 100 землетрясеній за 1912—1913 гг. по записямъ Пулковской станціи.

Первымъ результатомъ явилось обнаруженіе аномальной дисперсiи для продольныхъ волнъ, т. е. волны болѣе короткаго періода имѣютъ большую скорость распространенія.

Далѣе, представивъ графически зависимость между угломъ выхода и эпицентральной разстояніемъ, докладчикъ обнаружилъ три характерныхъ изгиба въ ходѣ кривой, свидѣтельствующихъ о существованіи трехъ поверхностей разрыва сплошности физическихъ свойствъ. Эти поверхности лежатъ на глубинахъ: $h_1 = 420 - 538$ км., $h_2 = 1641 - 1946$ и $h_3 = 2272 - 2277$. Поверхности h_2 и h_3 близко подходят къ найденнымъ Вихертомъ (1650 и 2450 км.), первая же является совершенно новой и

прежними изслѣдователями обнаружена не была. Нѣкоторыя соображенія наводятъ на мысль, что глубина этой поверхности соответствуетъ наименьшему предѣлу для глубины минеральной оболочки земли.

Докладчикомъ была построена также кривая зависимости между скоростью распространения продольныхъ волнъ и глубиной, причемъ обнаружилось при $h = 953$ км. рѣзкое измѣненіе скорости. Повидимому, на этой глубинѣ и находится нижняя граница минеральной оболочки, мощность которой составляетъ такимъ образомъ около $\frac{1}{7}$ земного радіуса.

Была опредѣлена также глубина проникновенія сейсмическихъ лучей при различныхъ Δ .

По поводу доклада князя Б. Б. Голицына, Г. В. Левицкій отмѣтилъ большой интересъ изслѣдованій докладчика и новизну пути, которымъ онъ пошелъ къ разрѣшенію затронутыхъ вопросовъ.

Между прочимъ Г. В. Левицкій замѣтилъ, что различіе кривыхъ построенныхъ Вихертомъ и княземъ Б. Б. Голицынымъ можно было бы объяснить существованіемъ пустотъ въ землѣ и отмѣтилъ желательность подобныхъ же построеній на основаніи матеріаловъ отъ различныхъ сейсмическихъ станцій.

Н. А. Бѣлелюбскій вкратцѣ остановился на своихъ изслѣдованіяхъ надъ деформациями различныхъ каменныхъ породъ, причемъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ образцы породъ имѣли искусственныя пустоты внутри. Объ этихъ изслѣдованіяхъ, имѣющихъ отношеніе къ заслушанному докладу, Н. А. Бѣлелюбскій, по просьбѣ князя Б. Б. Голицына согласился сдѣлать докладъ въ одномъ изъ осеннихъ засѣданій Комиссіи.

По поводу доклада князя Б. Б. Голицына высказывался также и Л. А. Ячевскій.

§ 32.

В. Н. Веберъ сдѣлалъ докладъ: „Рефератъ о монографіи К. И. Богдановича, И. М. Карка, Б. Я. Королькова и Д. И. Мушкетова Землетрясеніе въ сѣверныхъ цѣпяхъ Тянь-шаня 4 января 1911 г.“

Тянь-шанское землетрясеніе было изслѣдовано экспедиціей проф. Богдановича. Каждое макросейсмическое явленіе имѣетъ свои особенности и методы изслѣдованія его могутъ быть весьма разнообразны. Несмотря на крупныя разрушительныя послѣдствія землетрясенія, опросныхъ свѣдѣній о немъ не могло быть получено въ достаточномъ количествѣ, въ виду малой населенности эпицентральной области. Экспедиція объѣхала всѣ мѣста пострадавшія отъ землетрясенія, съ цѣлью зарегистрировать всѣ нарушенія въ почвѣ и связать ихъ съ геологическими свойствами мѣстности.

Сопоставляя собранныя о послѣднемъ землетрясеніи матеріалы съ данными о прежнихъ землетрясеніяхъ въ этомъ районѣ, начиная съ 1887 г., К. И. Богдановичъ указываетъ на возможность нѣкоторыхъ заключеній о сейсмической дѣятельности изученнаго района въ будущемъ.

Отчетъ авторовъ распадается на три части.

Въ первой части описываются разрушенія на поверхности земли. Всѣ происшедшія нарушенія подробно классифицируются и анализируются; на приложенной къ отчету картѣ съ большою подробностью обозначены всѣ нарушенія почвы въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ произошли сотрясенія. Изъ наблюдений К. И. Богдановича между прочимъ видно, что оползни могутъ существовать не только въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ были вертикальные толчки, но и тамъ, гдѣ были только горизонтальные.

Главную цѣль изслѣдованія составляло установленіе связи сейсмическихъ явленій съ тектоническими условіями мѣстности.

Во второй части приводится описаніе разрушеній построекъ, причемъ вопросъ трактуется съ точки зрѣнія сейсмической прочности зданій. Эта глава имѣетъ важное техническое значеніе; приложены полностью всѣ постановленія Комиссій по анти-сейсмическимъ постройкамъ; въ этой же главѣ приводится попытка вычисленій максимальнаго ускоренія сейсмической волны, потребнаго для разлома простыхъ конструкций въ мегасейсмической области, въ цѣляхъ полученія нѣскольکو болѣе объективныхъ данныхъ объ интенсивности землетрясенія 1911 г.

Въ третьей части приведены маршруты участниковъ экспедиціи горн. инж. Д. И. Мушкетова и И. М. Карка.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 33.

И. И. Виллипъ сдѣлалъ докладъ: „О Тихо-океанскомъ землетрясеніи 26 мая 1914 г.“.

Запись этого землетрясенія на Пулковскихъ сейсмограммахъ носитъ весьма сложный характеръ, причемъ предварительныя фазы обнаруживаютъ нѣсколько послѣдовательныхъ толчковъ. Главнѣйшіе изъ нихъ приведены докладчикомъ:

$$iP_1 = 14^h 36^m 30^s$$

$$iP_2 = 37 \quad 12$$

$$iP_3 = 26$$

$$iS_1 = 48 \quad 03$$

$$iS_2 = 37$$

$$iS_3 = 49 \quad 10$$

Соотвѣтствующія эпицентральныя разстоянія:

$$\Delta_1 = 10810 \text{ км.}$$

$$\Delta_2 = 10620$$

$$\Delta_3 = 11080$$

Координаты эпицентра по третьему, наиболее сильному толчку имѣютъ слѣдующее значеніе:

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= 0;3 S \\ \lambda &= 138;8 E \\ \alpha &= 74;1 NE \end{aligned} \right\} N-W \text{ берегъ Новой Гвинеи.}$$

Смѣщеніе почвы въ Пулковѣ достигло наибольшей величины $x_m = 1030 \mu$ при $T_p = 46;0$. При разстояніи въ 2500 км. x_m должно бы равняться для этого землетрясенія $5000 \mu = 5^m / \text{м.}$, т. е. данное землетрясеніе по своей силѣ подобно знаменитому Вѣрненскому землетрясенію 1910 г., когда при разстояніи 3800 км. наблюдалось въ Пулковѣ смѣщеніе почвы въ 3 — $5^m / \text{м.}$

На сейсмограммахъ обнаруживаются также W_2 -, W_3 - и W_4 -волны и по нимъ вычислена средняя скорость распространенія поверхностныхъ волнъ $v = 3,36^{\text{км}} / \text{сек.}$

Опредѣлены также коэффициенты поглощенія сейсмической энергии, причемъ для $N-S$ составляющей по W_2 -волнамъ получился коэффициентъ значительно большій, чѣмъ для Z составляющей; отсюда докладчикъ вывелъ заключеніе о неодинаковой поглощаемости волнъ различныхъ типовъ.

О. А. Баклундъ сообщилъ, что въ день землетрясенія въ ходѣ самыхъ лучшихъ часовъ Пулковской Обсерваторіи былъ замѣченъ скачекъ въ 6 сек.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 34.

Князь Б. Б. Голицынъ предлагаетъ вниманію Комиссіи сопоставленіе данныхъ всѣхъ сейсмическихъ станцій. Докладчикъ привелъ цифровыя данныя за 1911, 1912 и 1913 гг. (опубликов. въ И. А. В. № 9), изъ которыхъ усматривается, что русская сейсмическая сѣть даетъ несравненно болѣе обширный и точный матеріалъ, чѣмъ иностранныя станціи.

Г. В. Левицкій отмѣтилъ важное значеніе подобной статистики и указалъ, что благодаря приборамъ князя Б. Б. Голицына можно имѣть точную статистику, на основаніи которой выяснятся рядъ важныхъ вопросовъ напр. о періодичности землетрясеній.

§ 35.

Доложено письмо французскаго посланника въ С.-Петербургѣ, отъ 19 мая (1 іюня) с. г., на имя князя Б. Б. Голицына о томъ, что Гастонъ Дарбу (Gaston Darboux) назначенъ постояннымъ делегатомъ французскаго правительства въ Постоянную Комиссію Международной Сейсмологической Ассоціаціи, причемъ въ виду разстроеннаго здоровья г. Дарбу,

онъ передалъ свои полномочія на время предстоящаго въ С.-Петербургѣ общаго собранія Ассоціаціи Директору Центрального Метеорологическаго Бюро г. Анго (Angot).

Принято къ свѣдѣнію.

§ 36.

Доложено, что *rater Pigot* увѣдомилъ телеграммою на имя князя Б. Б. Голицына о томъ, что *Австралія* присоединяется къ Международной Сейсмологической Ассоціаціи, причемъ *Pigot* прибудетъ на предстоящее въ С.-Петербургѣ общее собраніе въ качествѣ делегата.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 37.

Доложено, что отношеніемъ отъ 1 мая с. г. за № 1936 за Министра Народнаго Просвѣщенія Товарищъ Министра увѣдомилъ Императорскую Академію Наукъ о томъ, что завѣдывающій сейсмической станціей въ Боржомѣ Л. Э. Шарловъ опредѣленъ на службу по Министерству Народнаго Просвѣщенія съ причисленіемъ къ оному и откомандированіемъ для занятій въ Физическую Лабораторію Академіи Наукъ, съ 1 декабря 1913 г.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 38.

Доложена телеграмма Директора Иркутской Обсерваторіи отъ 10-го мая с. г. на имя князя Б. Б. Голицына: „Минчиковскій приготовился съ іюня оставить службу, крайне нуждается заслуженномъ имъ отпускѣ; согласенъ взять пока 3 недѣли отдохнуть и прискаты мѣсто въ Петербургѣ путемъ переговоровъ съ Вами. Затѣмъ вернется до осени. Временное замѣстительство обезпечено. Вознесенскій“.

На эту телеграмму отвѣчено было слѣдующее: „Если находите возможнымъ поручить станцію временному наблюдателю безъ ущерба для дѣла, то Минчиковскій можетъ временно уѣхать изъ Иркутска. Голицынъ“.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 39.

Обсуждался вопросъ о Томской станціи.

Въ предыдущемъ засѣданіи А. Я. Орловъ сообщилъ о неудовлетворительной постановкѣ наблюдений въ Томскѣ и высказалъ пожеланіе о назначеніи постоянного и отвѣтственнаго наблюдателя.

По порученію Комиссіи Центральное Бюро имѣло сужденіе по этому вопросу и принимая во вниманіе, что Сейсмическая Комиссія понесла крупныя затраты на сооруженіе Томской станціи, что наблюденія

въ Томскѣ организованы отчасти на международныя средства и потому необходимо обратить особое вниманіе на возможно лучшую постановку дѣла, вынесло слѣдующее постановленіе:

1) признать желательнымъ продолженіе Томскихъ наблюденій въ полномъ объемѣ, т. е. съ регистраціей на фотографической бумагѣ и на пластинкахъ, при помощи 4 маятниковъ,

2) просить В. К. Абольдъ подготовить спеціальнаго наблюдателя, которому можно было бы вполнѣ довѣрить завѣдываніе станціей,

3) въ случаѣ надобности увеличить вознагражденіе наблюдателю до 100 рбл. въ мѣсяць и

4) объ изложенномъ сообщить А. Я. Орлову.

Изъ послѣдовавшей переписки А. Я. Орлова съ княземъ Б. Б. Голицынымъ выяснилось желаніе А. Я. Орлова сложить съ себя обязанности руководителя Томской станціи и передать все дѣло въ вѣдѣніе Центральнаго Бюро.

Послѣ обмѣна мнѣній по этому вопросу и принимая во вниманіе отзывъ Центральнаго Бюро о затрудненіяхъ, которыя оно встрѣчаетъ къ принятію станціи въ свое вѣдѣніе въ виду спеціальнаго характера наблюденій, положено:

1) просить настоятельно А. Я. Орлова отъ имени Комисіи о принятіи на себя руководства и на будущее время Томскими наблюденіями и

2) просить В. К. Абольдъ остаться въ должности наблюдателя при Томской станціи, увеличивъ вознагражденіе ему до 100 рбл. въ мѣсяць.

Протоколь засѣданія 26-го ноября 1914 года.

Подъ предѣдательствомъ О. А. Баклунда присутствовали Высочайше утвержденные члены Комиссiи: Д. К. Бобылевъ, А. П. Герасимовъ, князь Б. Б. Голицынъ, И. И. Померанцевъ, М. А. Рыкачевъ, Ю. М. Шокальскій и Э. В. Штеллингъ, секретарь Комиссiи П. М. Никифоровъ и приглашенные на засѣданіе гости: И. К. Бобръ, П. И. Брауновъ, И. И. Вилипъ, Н. А. Линденъ, К. К. Матвѣевъ, Н. А. Медвѣцкій, В. С. Мошкова, С. Г. Петровичъ, Э. Г. Розенталь, И. С. Свищовъ и Н. Я. Цингеръ.

§ 40.

Читанъ и утвержденъ протоколь предыдущаго засѣданія. 30-го мая 1914 г.

§ 41.

О. А. Баклундъ сдѣлалъ докладъ: „О выдѣленіи періодовъ на сложныхъ гармоническихъ кривыхъ“.

Докладчикъ изложилъ методъ проф. Dale, опубликованный въ Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. LXXIV, № 7. Сущность метода состоитъ въ слѣдующемъ. Имѣется функція $y=f(t)$; опредѣляютъ частныя значенія $y_0, y_1, y_2, \dots, y_k, \dots, y_n$, соответствующія равноотстоящимъ значеніямъ независимой перемѣнной $t=0, 1, 2, \dots, k, \dots, n$, причемъ n равно числу основныхъ періодовъ въ разлагаемой періодической функціи. Далѣе составляются разности между послѣдовательными частными значеніями функціи: $a_k = y_{k+1} - y_k$. Изъ полученной совокупности разностей a_k путемъ надлежащихъ операцій, приведенныхъ докладчикомъ въ своемъ сообщеніи, можно опредѣлить всѣ θ_r въ искомомъ разложеніи:

$$y = A_0 + \sum_{r=1}^n (A_r \cos(\theta_r t) + B_r \sin(\theta_r t)).$$

Принято къ свѣдѣнію.

§ 42.

Князь Б. Б. Голицынъ сдѣлалъ докладъ: „О микросейсмическихъ движеніяхъ почвы“.

Ислѣдованіе докладчика представляетъ первую попытку систематической обработки одновременныхъ наблюденій, произведенныхъ на весьма большомъ пространствѣ, такъ какъ были сопоставлены данныя отъ всѣхъ русскихъ станцій 1-го разряда, снабженныхъ сейсмографами для гальванометрической регистраціи. Станціи эти слѣдующія: Пулково, Иркутскъ, Ташкентъ, Тифлисъ и Баку.

Главнѣйшіе выводы, къ которымъ пришелъ докладчикъ, сводятся къ слѣдующему:

I. *Повторяемость отдѣльныхъ періодовъ.* Наиболѣе часто повторяющимся періодомъ является $T_p = 4^s,8$; такъ, въ Ташкентѣ это число составляетъ 54,4% общаго числа наблюденныхъ періодовъ, въ Пулковѣ — 39,7% и въ Иркутскѣ — 48,7%.

Исключеніе составляетъ Тифлисъ, гдѣ максимумъ приходится на періодъ 5^s,5; однако общее число наблюденій въ Тифлисѣ было невелико и потому этотъ результатъ не представляется вполне достовѣрнымъ.

II. *Зависимость амплитуды отъ періода.* Какъ общее правило, при возрастаніи амплитуды увеличивается и періодъ. Это свойство микросейсмическихъ колебаній вѣроятно слѣдуетъ приписать тому обстоятельству, что въ дифференціальное уравненіе движенія входятъ члены пропорціональные высшимъ степенямъ скорости или амплитуды. Подобная же зависимость наблюдается также при колебаніи твердаго тѣла около двухъ осей вращенія.

III. *Годовыя измѣненія м. с. колебаній.* Были выведены среднія значенія періода и амплитудъ, по всѣмъ составляющимъ отдѣльно, за каждый мѣсяцъ и для различныхъ станцій; при этомъ обнаружился замѣчательный параллелизмъ въ ходѣ этихъ элементовъ на разныхъ станціяхъ. Вообще микросейсмическая дѣятельность рѣдко падаетъ къ лѣту. Одинаковость хода м. с. колебаній въ весьма удаленныхъ другъ отъ друга пунктахъ свидѣтельствуетъ, что причины, ихъ вызывающія, производятъ свое дѣйствіе на громадныя протяженія земной поверхности.

IV. *Одновременное измѣненіе м. с. колебаній въ различныхъ пунктахъ.* Въ нѣкоторые дни наблюдалось рѣзкое возрастаніе м. с. дѣятельности, которое распространялось на громадныя площади. Это обстоятельство также служитъ подтвержденіемъ общности происхожденія м. с. колебаній.

V. *Связь м. с. колебаній съ распределеніемъ элементовъ погоды.* Для выясненія причинъ микросейсмической дѣятельности были сопоставлены направление и сила вѣтра а также состояніе моря; при этомъ выяснилось, что если и существуетъ нѣкоторая зависимость м. с. колебаній отъ циклонической дѣятельности, то во всякомъ случаѣ она выражена далеко не ясно.

VI. *Микросейсмическія колебанія въ Баку.* Помимо обычныхъ м. с. колебаній съ $T_p > 4^s$, въ Баку наблюдаются еще особыя характерныя для этой мѣстности колебанія меньшаго періода ($T_p = \text{ок. } 2^s$), которыми совершенно маскируются первыя. Эти колебанія несомнѣнно сейсмическаго происхожденія а не искусственнаго. Интересна ихъ зависимость отъ силы вѣтра; при усиленіи вѣтра колебанія также усиливаются, но ихъ возрастаніе предшествуетъ появленію вѣтра и максимумъ наступаетъ до максимума вѣтра; такимъ образомъ эти колебанія зависятъ отъ расположенія барометрическихъ градіентовъ.

Положено напечатать докладъ князя Б. Б. Голицына въ „Изв. П. Ц. С. К.“.

§ 43.

Э. Г. Розенталь сдѣлалъ докладъ: „Объ опредѣленіи глубины очага землетрясенія“.

Въ предыдущемъ изслѣдованіи, посвященномъ вопросу объ опредѣленіи глубины очага землетрясенія (Изв. П. Ц. С. К. т. V, стр. 237—327), прежніе методы рѣшенія этой задачи подверглись обстоятельной критикѣ, причемъ появилась необходимость выяснить вліяніе кривизны сейсмическаго луча, не принятой въ расчетъ прежними изслѣдователями. Для аналитической обработки вопроса нужно, однако, предварительно формулировать законъ измѣненія скорости распространенія сейсмическихъ колебаній съ глубиною, или опредѣлить геометрической видъ траекторіи сейсмическихъ волнъ. Въ предыдущемъ изслѣдованіи докладчикъ остановился на формулѣ Рудскаго и Ласка, принятой также и Вихертомъ, въ силу которой сейсмическіе лучи рассматриваются какъ части окружностей круговъ. Правильность или просто достаточная точность такого предположенія подтвердилась не только приведенными литературными источниками, но и примѣромъ точно наблюденнаго и тщательно обработаннаго землетрясенія новѣйшаго времени. Въ результатѣ всего предыдущаго изслѣдованія оказалось, что вліяніе кривизны луча можно выразить въ видѣ небольшихъ поправокъ, вліяніе которыхъ на величину искомой глубины, впрочемъ довольно замѣтно.

Такой выводъ заставляетъ предполагать, что спеціальная аналитическая формулировка закона измѣненія скоростей существеннаго вліянія на практическія вычисленія не имѣетъ и что всякая другая формула въ концѣ концовъ должна привести къ подобнымъ результатамъ. Въ своемъ докладѣ Э. Г. Розенталь задался цѣлью показать справедливость этого предположенія главнымъ образомъ для гиперболической орбиты сейсмическихъ волнъ.

Положено напечатать докладъ Э. Г. Розенталя въ „Изв. П. Ц. С. К.“.

§ 44.

Доложено, что за Министра Народнаго Просвѣщенія Товарищъ Министра В. Т. Шеваковъ отношеніемъ отъ 6 іюня 1914 г. за № 28599, по Высочайшему повелѣнію, сообщилъ Непремѣнному Секретарю:

„Государь Императоръ, по всеподданнѣйшему докладу Министра Народнаго Просвѣщенія, 26 минувшаго мая Всемилостивѣйше соизволилъ, на утвержденіе въ званіи членовъ Постоянной Комиссіи при Императорской Академіи Наукъ: директора Екатеринбургской Магнитно-Метеорологической Обсерваторіи дѣйствительнаго статскаго совѣтника Абеляса, директора Владивостокской Метеорологической Обсерваторіи коллежскаго совѣтника Грибоѣдова и завѣдывающаго Ташкентской Обсерваторіей Генеральнаго Штаба полковника Аузана.

„О такомъ Монаршемъ соизволеніи имѣю честь увѣдомить Ваше Превосходительство, вслѣдствіе отношенія отъ 18 февраля сего года за № 966“.

Центральное Бюро съ евоей стороны увѣдомило объ изложенномъ вновь утвержденныхъ членовъ Комиссіи.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 45.

Доложено, что наблюдатель Тифлисской станціи Шимановскій прислалъ вычерченную имъ карту равныхъ эпицентральныхъ разстояній отъ Тифлиса, удобную для опредѣленія координатъ эпицентра по азимуту и эпицентральному разстоянію.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 46.

Доложено, 1) что новый наблюдатель Макѣвской станціи А. И. Лукашукъ прибылъ 6-го іюня въ Макѣвку и принялъ въ свое завѣдываніе сейсмическую станцію 2) что Лукашукъ переведенъ на службу по вѣдомству Народнаго Просвѣщенія, съ причисленіемъ къ оному и съ откомандированіемъ для занятій въ Сейсмическую Комиссію съ 10-го марта с. г.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 47.

Доложено, что наблюдатель Кашгарской станціи Лауренти выѣхалъ, съ разрѣшенія Консула, изъ Кашгара въ Петроградъ для устройства личныхъ дѣлъ, причемъ, согласно письму Консула отъ 18-го августа с. г., приняты мѣры для охраны имущества станціи за время отсутствія наблюдателя.

По приѣздѣ въ Петроградъ, г. Лауренти ходатайствовалъ объ оставленіи его на прежней должности, но ссылаясь на дороговизну въ Кашгарѣ просилъ о назначеніи ему 100 рбл. въ годъ на наемъ квартиры и объ увеличеніи получаемаго имъ вознагражденія (420 рбл. въ годъ) до 900 рбл. въ годъ, причемъ онъ соглашался производить при этомъ условіи также и метеорологическія наблюденія. Далѣе, изъ переговоровъ съ г. Лауренти выяснилось, что въ теченіе ближайшихъ двухъ лѣтъ въ Кашгарѣ будутъ производиться постройки новыхъ консульскихъ

зданий и производитель работ призналъ возможнымъ выстроить за ассигнуемую Комиссией сумму въ 1000 рублей сейсмическій павильонъ, согласно утвержденному Центральнымъ Бюро проекту, который былъ составленъ г. Лауренти. Для предполагаемаго зданія отведенъ удобный участокъ Генеральнымъ Консуломъ согласившимся принять въ свое распоряженіе ассигнуемый кредитъ.

Принимая во вниманіе исполнѣ добросовѣстное отношеніе къ своимъ обязанностямъ, которое проявлялъ г. Лауренти за все время своей службы и имѣя въ виду тѣ затрудненія, съ которыми связано приглашеніе наблюдателя въ столь удаленное мѣсто службы, Центральнымъ Бюро положено было:

- 1) сохранить за г. Лауренти должность наблюдателя при сейсмической станціи въ Кашгарѣ,
- 2) назначить г. Лауренти на наемъ квартиры 100 рублей въ годъ, начиная съ 1915 г.,
- 3) увеличить вознагражденіе г. Лауренти по должности наблюдателя при станціи до 600 рбл. въ годъ и войти въ сношеніе съ Главной Физической Обсерваторіей о порученіе ему же метеорологическихъ наблюдений, съ платою за то 300 рбл. въ годъ изъ средствъ Обсерваторіи,
- 4) удержать изъ вознагражденія Лауренти въ 1915 г. плату съ 1-го сентября до 15-го ноября (дня выѣзда изъ Петрограда), считая по 35 рбл. въ мѣсяць, всего за 2½ мѣсяца — 87 р. 50 к.
- 5) перевести изъ строительнаго кредита Комиссiи въ распоряженіе Генеральнаго Консула въ Кашгарѣ 1.000 рбл. на сооруженіе сейсмическаго павильона.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 48.

Доложено, что, вслѣдствіе постановленія Комиссiи отъ 30 мая с. г., 1) Предсѣдатель Комиссiи О. А. Баклундъ письмомъ отъ 6-го іюня за № 539 просилъ проф. А. Я. Орлова не отказываться отъ управленія Томскою станціею а попрежнему руководить ея дѣятельностью, 2) изъ кредита Комиссiи переведено В. К. Абольдъ дополнительно 420 рбл. въ увеличеніе его вознагражденія съ 1-го іюня с. г. до 100 рбл. вмѣсто прежнихъ 40 рбл. въ мѣсяць.

Письмомъ отъ 5-го іюля с. г. А. Я. Орловъ увѣдомилъ Предсѣдателя Центральнаго Бюро, что онъ согласенъ продолжать руководство Томской станціей.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 49.

Доложено, что постановленіемъ Центральнаго Бюро наблюдатель Самаркандской станціи подполковникъ въ отставкѣ Владимировъ уволенъ съ 1-го октября 1914 г. согласно прошенію отъ занимаемой имъ

должности вслѣдствіе плохого зрѣнія и съ того же числа утверждаю въ должности наблюдателя Самаркандской станціи Александръ Викторовичъ Владимировъ, сынъ перваго.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 50.

Доложено, что наблюдатель Боржомской станціи письмомъ отъ 8-го іюня с. г. увѣдомилъ князя Б. Б. Голицына о положеніи дѣлъ на сейсмической станціи и по производству наблюдений надъ источникомъ.

Между прочимъ онъ сообщилъ, что около источника есть подземная кольцеобразная галлерей, сдѣланная изъ бетона и по окончаніи барражныхъ работъ возможно было бы перенести туда самопишущіе приборы.

Къ установкѣ прибора для измѣренія дебита еще не приступлено, т. к. заводъ въ виду не законченнаго переустройства трубъ продолжаетъ качать воду изъ грифона.

На сейсмической станціи столбъ для приборовъ повидимому осѣлъ, т. к. приборы висѣли съ сильнымъ наклономъ и пришлось ихъ заново перевѣсить. Введены увеличительные приборы. Правильной работѣ станціи сильно вредятъ сырость и электрическій вентиляторъ.

Приступлено къ устройству лабораторіи и съ этой цѣлью закаваны вѣсы фирмѣ Неметца, нормальный термометръ — фирмѣ Бодена и др. вещи.

Температура замерзанія воды источника оказалась равной — 0°30.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 51.

Доложено, что Нижне-Ольчедаевской станціи посланы два новыхъ регистрирующихъ аппарата взаменъ неудовлетворительно дѣйствовавшихъ прежнихъ аппаратовъ, причемъ эти послѣдніе будутъ возвращены станціей.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 52.

Доложено, что Директоръ Владивостокской Обсерваторіи С. Д. Грибоѣдовъ телеграммою отъ 15-го октября с. г. увѣдомилъ князя Б. Б. Голицына о томъ, что зданіе сейсмическаго павильона въ Петропавловскѣ на Камчаткѣ принято въ казну назначенной губернаторомъ комиссіей и сдано ею помощнику завѣдывающаго радіотелеграфомъ Пуригу. Въ той же телеграммѣ испрашивалось разрѣшеніе на установку печи въ павильонѣ, на что князь Б. Б. Голицынъ отвѣтилъ согласіемъ.

Мѣсто для постройки станціи было выбрано въ долину рѣки „Поганки“ вдали отъ города вѣдъ возможныхъ вредныхъ вліяній. При выборѣ мѣста было встрѣчено опасеніе, не будетъ ли оказывать вліяніе на сейсмографы работа находящагося въ той же долину рѣки Поганки мотора

радіо-станціи. Произведенныя особой комиссіей наблюденія ртутнаго горизонता въ астрономическую трубу разсѣяли эти опасенія.

Тринадцатаго октября были высланы изъ Петрограда приборы для сейсмической станціи на имя Камчатскаго губернатора въ Приморское областное правленіе во Владивостокъ и отдано распоряженіе о переводѣ губернатору 530 рбл. на содержаніе станціи до 31 декабря 1915 г., о чемъ онъ поставленъ въ извѣстность отношеніемъ отъ 23 октября с. г. за № 797.

Въ томъ же отношеніи Предсѣдатель Бюро просилъ губернатора выразить отъ имени Сейсмической Комиссіи признательность областному инженеру И. С. Багинову, который, будучи контрагентомъ казны по постройкѣ павильона, съ величайшей добросовѣстностью и полнымъ безкорыстіемъ отнесся къ принятому на себя обязательству.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 53.

Доложена, телеграмма отъ 12 августа с. г. инспектора сельскаго хозяйства на о. Сахалинѣ: постройка сейсмической станціи на Сахалинѣ скоро закончится; прошу выслать аппараты и руководства. Брезгуновъ.

Вслѣдствіе этой телеграммы, Центральное Бюро постановило выслать сейсмографы на названную станцію, какъ только они будутъ приготовлены механической мастерской.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 54.

Доложено письмо проф. Н. А. Умова отъ 14-го іюля 1914 г. на имя князя Б. Б. Голицына, въ которомъ указано на возможность учредить сейсмическую станцію въ Крыму, вблизи Феодосіи на морѣ, при горѣ Карадагъ, гдѣ „Общество содѣйствія успѣхамъ опытныхъ наукъ и ихъ практическихъ примѣненій имени Х. С. Леденцова“ устроило научную станцію и по мнѣнію Н. А. Умова могло бы предоставить на этой станціи помѣщеніе для установки сейсмографовъ.

Положено снести съ Леденцовскимъ Обществомъ по вопросу объ учрежденіи сейсмической станціи при горѣ Карадагъ, на тѣхъ условіяхъ, что инструменты и всѣ принадлежности для производства наблюдений будутъ предоставлены Комиссіей, если Общество съ своей стороны отведетъ необходимое помѣщеніе и поручитъ кому-либо изъ служебнаго персонала производство наблюдений, безъ особаго за то вознагражденія изъ средствъ Комиссіи.

§ 55.

Доложено полученное Николаевской Главной Физической Обсерваторіей отъ Валаамскаго монастыря, отношеніе отъ 23 октября за № 891:

„За послѣднее время, приблизительно за истекшія пять лѣтъ, у насъ наблюдается слѣдующее явленіе: въ юго-западной и западной сторонахъ

„Ладожскаго озера слышатся иногда подземные звуки, имѣющіе сходство
„съ отдаленными пушечными выстрѣлами. Этотъ подземный гулъ бываетъ
„разной степени: иное время онъ бываетъ слышенъ вдали, въ озерѣ,
„какъ бы исходя изъ водной пучины, въ рѣдкихъ случаяхъ гулъ этотъ
„слышится явственно, раздаваясь подъ землею и по большей части въ за-
„падной части острова Валаама. Въ послѣднемъ случаѣ случайно прихо-
„дилось наблюдать, что подземный гулъ, слышанный на островѣ, сопровож-
„дался едва уловимымъ сотрясеніемъ почвы.

„Замѣчено, что осенью подземный гулъ слышится чаще, чѣмъ въ
„иные времена года.

„Приходилось подмѣчать, что подземный гулъ слышится по большей
„части одиночными ударами, но однажды, именно 6 октября 1911 года
„гулъ этотъ раздавался черезъ правильные промежутки по три удара,
„слѣдующими вскорѣ одинъ за другимъ. 28 минувшаго сентября и 9 сего
„октября, подземный гулъ, слышанный въ западной части острова Ва-
„лаама, сопровождался чуть замѣтнымъ содраганіемъ почвы.

„Какъ отражается этотъ подземный шумъ на водной поверхности
„Ладожскаго озера и вызываетъ ли на поверхности воды волненіе, этого
„не приходилось наблюдать по той причинѣ, что Ладожское озеро рѣдко
„бываетъ въ спокойномъ состояніи.

„Необходимо также отмѣтить очень низкій уровень воды въ озерѣ,
„наблюдаемый въ настоящее время.

„Сообщая объ изложенномъ, покорнѣйше прошу Николаевскую
„Главную Физическую Обсерваторію сообщить въ Валаамскій монастырь
„не представляется ли возможнымъ опредѣлить происхождение и харак-
„теръ слышимыхъ у насъ подземныхъ гуловъ“. Валаамскаго монастыря
дѣлопроизводитель Иеромонахъ Поликарпъ.

На это отношеніе Центральное Бюро полагаетъ сообщить монастырю
имѣющіяся въ литературѣ указанія о подобныхъ явленіяхъ и прислать
установленную анкету.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 56.

Доложено, что Директоръ Иркутской Обсерваторіи препроводилъ
въ Центральное Бюро копію съ отношенія Забайкальской желѣзной до-
роги отъ 7 ноября 1914 г. за № 16904/38399, въ которомъ Управление
дороги увѣдомляетъ Обсерваторію, что кредитъ въ суммѣ 3730 рублей на
оборудованіе новыми приборами сейсмической станціи въ Маритуѣ и на
постройку зданія для нея ассигнованъ и будетъ переданъ въ распоря-
женіе Директора Обсерваторіи по принятіи имъ въ свое завѣдываніе
существующей сейсмической станціи въ Маритуѣ.

Что же касается средствъ, необходимыхъ для оплаты работъ наблю-
дателя, то на это испрашивается кредитъ въ суммѣ 600 рбл. по эксплоата-
ціонной смѣтѣ 1915 года, но сказать съ положительностью, что кредитъ
будетъ ассигнованъ, Управление дороги не можетъ, т. к. смѣта еще не
обсуждалась въ законодательныхъ учрежденіяхъ.

Съ своей стороны Директоръ Обсерваторіи добавилъ, что Маритуйская станція будетъ принята имъ въ завѣдываніе отъ имени Сейсмической Комиссіи 20 ноября с. г.

Принято къ свѣдѣнію.

§ 57.

Доложено заявленіе проф. А. Я. Орлова, отъ 22 ноября 1914 года:

„Честь имѣю заявить, что мною произведена новая обработка „Юрьевскихъ и Томскихъ наблюденій, причемъ въ основу были положены „совоѣмъ другія теоретическія основанія, чѣмъ раньше.

„Прежде я ограничивался отысканіемъ лишь полусуточной лунной „волны M_2 ; теперь, разложивъ потенциалъ лунно-солнечнаго притяженія „въ рядъ, я опредѣлялъ семь волнъ: двѣ солнечныхъ — S_2 и P ; двѣ „звѣздныхъ — K_1 и K_2 и три лунныхъ — M_2 , O и N .

„Результаты моихъ вычисленій уже печатаются и въ скоромъ вре- „мени будутъ представлены Сейсмической Комиссіи.

„Вычисления обнаружили, между прочимъ, что Томскія наблюденія „занимаютъ по точности среднее мѣсто между Юрьевскими и Потсдам- „скими.

„Потсдамскія наблюденія оказываются наименѣе точными, но они „представляютъ большой интересъ въ виду ихъ исключительной продол- „жительности (около $6\frac{1}{2}$ лѣтъ).

„Геккеръ оставилъ свой матеріалъ почти безъ обработки, ограни- „чившись, какъ это дѣлалъ прежде и я, разысканіемъ волны M_2 ; между „тѣмъ, Потсдамскія наблюденія даютъ возможность опредѣлить три суточ- „ныхъ волны O , P и K_1 , что представляется теперь особенно важнымъ. „Желая обработать весь громадный матеріалъ Геккера въ смыслѣ опре- „дѣленіе суточныхъ волнъ, я нуждаюсь въ вычислительной помощи.

„Въ виду изложеннаго покорнѣйше прошу Сейсмическую Комиссію „выдать мнѣ триста рублей для найма вычислителей при обработкѣ „Потсдамскихъ наблюденій“.

Положено ассигновать въ распоряженіе А. Я. Орлова триста рублей для вычисления Потсдамскихъ наблюденій.

Etude comparative du mouvement du sol dans la phase principale d'un tremblement de terre.

Prince B. GALITZINE (GOLICYN).

Dans les quinze dernières années, les recherches sismologiques, tant théoriques que pratiques, ont pris un grand essor. La Sismologie, cette toute jeune science, qui fait partie de la Géophysique générale, a réalisé des progrès rapides et importants, depuis qu'elle a pris pour guide et pour base les principes généraux de la Physique et de la Mécanique rationnelle. La Sismologie n'est plus une science purement descriptive, comme elle l'était encore en partie vers la fin du siècle passé, mais une science rationnelle, ressortissant plutôt au domaine de la Physique expérimentale et mathématique.

Quoique le terrain actuellement gagné par la Sismologie soit assez vaste, il y a toujours un très grand nombre de problèmes qui restent encore à élucider et bien des détails à approfondir. Cette science pose incessamment de nouveaux problèmes à résoudre, et le champ des recherches, où les mathématiciens, physiciens et sismologues peuvent développer leur activité scientifique, est presque illimité.

En particulier, l'étude des ondes sismiques longitudinales et transversales dans leur rapport avec les deux phases préliminaires P et S d'un sismogramme a fait dernièrement de grands progrès, mais l'étude détaillée de la phase principale (maximale) d'un sismogramme qui correspond à l'arrivée des ondes longues, ou ondes dites de Lord Rayleigh, a été jusqu'à présent un peu négligée. Il y a eu certainement maintes recherches faites dans cette direction, pour ne citer que les magistrales oeuvres théoriques de Lord Rayleigh et de H. Lamb, ainsi que les travaux d'Omori sur les différentes périodes dans la phase principale, etc., mais une étude comparative et suivie sur le *mouvement vrai du sol* imprimé dans la phase maximale à diverses stations sismiques par un même sisme, n'a pas été, que je sache, entreprise

jusqu'à présent. Or c'est là un problème de la plus haute importance, car une étude détaillée du mouvement vrai des couches supérieures de la croûte terrestre pourrait bien nous révéler différentes propriétés caractéristiques des ondes sismiques et élucider maintes autres questions ayant un rapport immédiat avec la Géologie.

Ce problème important présente toutefois des difficultés des plus sérieuses, vu que le mouvement vrai du sol dans la phase principale est ordinairement très complexe, représentant une superposition d'ondes de périodes, amplitudes et phases initiales différentes, sans parler encore de l'amortissement des vibrations correspondantes. Il s'agit donc de savoir dépouiller un sismogramme très complexe pour les deux ou trois composantes et de passer ensuite du mouvement relatif donné par les instruments au mouvement vrai du sol. Il y a lieu ensuite de comparer ce mouvement en divers endroits.

Néanmoins il se présente souvent des cas exceptionnellement favorables où une onde ou même un groupe d'ondes, ayant un caractère presque sinusoïdal, se dessine nettement parmi d'autres vibrations compliquées sur le sismogramme, et on est alors en état de retrouver et d'identifier le même maximum ou groupe d'ondes sur les sismogrammes obtenus à différentes stations sismiques. Dans ce cas, en considérant ce mouvement comme relevant comme première approximation d'une vibration purement harmonique, le problème en question est notablement simplifié. Il ne s'agit pas dans cette étude de remonter au mouvement vrai du sol dans la zone épiscopentrale, qui peut être extrêmement compliqué, ou même consister en une série de shocks séparés, mais simplement de comparer les mouvements *correspondants* en diverses stations éloignées.

C'est justement le problème que je me suis proposé d'aborder. Les résultats auxquels je suis arrivé et qui seront décrits dans cette note ne sauraient prétendre à une grande exactitude et ne peuvent être considérés que comme un premier pas vers la vérité. D'une manière générale, toute l'étude entreprise ici sur cet argument n'est qu'une première tentative dans cette direction. J'ai eu seulement en vue de défricher un peu le terrain dans cette voie et de m'orienter tant bien que mal sur ce qui se passe quand une trainée d'ondes longues traverse différentes stations sismiques.

Ce même problème est certainement à reprendre en employant des méthodes beaucoup plus précises et en tenant compte des divers détails du mouvement sismique, mais, comme première approximation, l'étude que j'ai faite pourra j'espère offrir quelque intérêt.

Comme il s'agit ici de comparer le *mouvement vrai du sol* à diverses stations, il est indispensable, pour des raisons bien connues et sur lesquelles

il est inutile d'insister ici, que les sismographes en question soient fortement amortis. Le plus avantageux au point de vue théorique est d'employer des instruments apériodiques ou plutôt se trouvant dans le voisinage immédiat de l'apériodicité, pourvu que l'amplification de mouvement soit suffisante.

Pour cette raison, j'ai choisi pour cette recherche celles des stations sismiques qui possèdent des pendules horizontaux apériodiques à enregistrement galvanométrique du même type que ceux de Pulkovo, qui sont, comme on le sait, d'une très haute sensibilité. Les stations dont je me suis servi sont celles de Pulkovo, Irkutsk, Tiflis, Eskdalemuir et Uccle. Pour toutes ces stations, j'avais à ma disposition, ou les sismogrammes originaux, ou des copies, et, comme toutes ces stations étaient munies d'appareils identiques, l'étude comparative des sismogrammes était jusqu'à un certain point simplifiée.

Il aurait été certainement préférable pour cette recherche d'avoir des stations sismiques situées dans différentes parties du monde, car, à l'exception d'Irkutsk, les quatre autres stations étaient relativement rapprochées les unes des autres, mais, faute de matériaux valables, j'ai dû me contenter de ce que j'ai pu rassembler. Du reste, même avec les 5 stations dont j'ai pu me servir, les sismogrammes ne possédaient pas toujours la netteté et la précision de détails indispensables pour ce genre d'études, de sorte que le matériel sur lequel j'ai pu opérer était relativement très restreint. Comme première tentative, c'était pourtant suffisant, mais il va sans dire que cette étude est à reprendre avec des données plus abondantes et en soumettant les sismogrammes correspondants à une analyse beaucoup plus suivie et minutieuse.

Une fois fixé sur les stations pour lesquelles je voulais entreprendre la comparaison des sismogrammes, il fallait ensuite choisir des sismes qui fussent caractérisés dans la phase principale par des maxima ou groupes d'ondes très saillants, afin de pouvoir les identifier sur les différents diagrammes mis à ma disposition. C'est là justement un travail très difficile et pénible, qui exige beaucoup d'attention et une analyse scrupuleuse, car, dans cette identification des maxima, on peut très facilement être induit en erreur et arriver à des résultats tout à fait erronés. Dans ce travail minutieux, mon second assistant M. Nikiforov m'a apporté un concours très précieux, et je tiens à lui en exprimer ici ma vive reconnaissance.

Une des causes qui rendent particulièrement difficile l'identification des maxima sur les différents sismogrammes est non seulement l'extrême complexité du phénomène vu la superposition d'ondes, mais le fait qu'il faut toujours étudier la marche *simultanée* des deux composantes rectangu-

lares $N-S$ et $E-W$, car il s'agit toujours de comparer le vecteur résiduel, c'est-à-dire l'amplitude et la direction de la *résultante* horizontale du mouvement vrai du sol à un moment donné.

Avant d'entreprendre cette étude, j'étais porté à croire que, les instruments étant partout les mêmes et à peu près de la même sensibilité, les courbes obtenues à différentes stations voisines et provoquées par le même tremblement de terre devaient avoir entre elles une grande analogie, ce qui devait faciliter de beaucoup l'identification des maxima. A mon grand étonnement, ce n'était nullement le cas. Les courbes étaient souvent tout à fait disparates et, même pour des distances épicentrales à peu près les mêmes, les tracés affectaient un caractère tout à fait différent. Le fait est par lui-même très curieux et intéressant, mais il ne tend pas à diminuer les difficultés de ce genre de recherches. Au contraire ces difficultés se sont notablement accrues.

Tout bien considéré, j'ai pris comme point de départ pour cette étude purement préliminaire 4 sismes plus ou moins violents qui furent ressentis les 10 Août, 24 Janvier, 25 Mai et 10 Juin 1912 et dont les épicentres correspondants se trouvaient respectivement dans le voisinage des Dardanelles, près de la côte ouest de la Thessalie, dans les monts Carpathes et dans le voisinage de la péninsule d'Alaska.

Je vais maintenant décrire successivement les résultats que j'ai obtenus en faisant l'analyse comparée des sismogrammes pour ces quatre tremblements de terre.

Tremblement de terre du 10/VIII 1912.

Les coordonnées géographiques de l'épicentre ont été déterminées par la méthode azimutale, décrite dans ma note insérée au Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de Pétersbourg № 15, p. 1137, 1914, en combinant les azimuts de l'épicentre, mesurés à Pulkovo et Eskdalemuir.

Le calcul a donné pour la latitude et la longitude de l'épicentre

$$\varphi_e = 39^{\circ},9 N$$

$$\lambda_e = 25^{\circ},9 E.$$

Ce point se trouve dans le voisinage du détroit des Dardanelles, où ce sisme a été en effet ressenti.

J'avais à ma disposition pour ce sisme les sismogrammes des quatre stations suivantes: Uccle, Pulkovo, Eskdalemuir et Irkutsk.

Dans le tableau suivant, Δ_e représente la distance de cet épicentre jusqu'à ces quatre stations, P et S les moments d'arrivée des premières ondes longitudinales et transversales en temps moyen de Greenwich. En prenant au tableau bien connu de Zöppritz et Geiger¹⁾ avec l'argument Δ_e les temps T_1 et T_2 du parcours de ces deux types d'ondes depuis l'épicentre jusqu'aux différentes stations, on obtient le moment approché t_0 du déclanchement du sisme à l'épicentre même. Ces valeurs sont aussi consignées dans le même tableau.

Comme les valeurs de T_1 et de T_2 données dans le tableau de Zöppritz et Geiger ne peuvent être considérées comme étant absolument exactes et comme elles exigent sans aucun doute pour certaines distances épicentrales quelques corrections supplémentaires, il ne peut être question ici d'obtenir une valeur exacte de t_0 pour le début du phénomène à étudier, mais seulement une valeur approchée.

Stations	Δ_e	P	S	t_0	
				d'après T_1	d'après T_2
Uccle	2060 klm.	9 ^h 28 ^m 9 ^s	9 ^h 31 ^m 40 ^s	9 ^h 23 ^m 46 ^s	9 ^h 23 ^m 49 ^s
Pulkovo.	2230 »	— — 14	— — 54	— — 33	— — 30
Eskdalemuir. . . .	2740 »	— 29 14	— 33 34	— — 41	— — 38
Irkutsk.	5900 »	— 33 11	— 40 34	— — 45	— — 37
Moyenne				9 ^h 23 ^m 41 ^s	9 ^h 23 ^m 39 ^s

Comme moyenne définitive on obtient

$$t_0 = 9^h 23^m 40^s.$$

En étudiant les sismogrammes d'Uccle, d'Eskdalemuir et d'Irkutsk, on trouve dans la phase principale (ondes longues) deux groupes d'ondes très-caractéristiques. Le deuxième groupe était plus intense que le premier. Pour le premier groupe, il était possible d'identifier des maxima correspondants; pour le deuxième, c'était déjà beaucoup plus difficile. Pour le but proposé, un seul maximum très saillant et bien dessiné serait au fond tout à fait suffisant à une étude préliminaire.

Quant au sismogramme de Pulkovo, le caractère du mouvement du sol était tout à fait différent et il fallait totalement abandonner l'idée d'identifier quelques maxima avec ceux des autres stations. A Pulkovo, le mouvement était d'abord assez intense et allait ensuite en s'affaiblissant.

1) Voir par exemple mes Leçons de Sismométrie: *Vorlesungen über Seismometrie*, page 107. Edition Teubner, à Leipzig, 1914.

Après avoir soigneusement mesuré les périodes et les amplitudes des maxima qu'on avait choisis, il fallait passer du mouvement relatif donné par ces pendules apériodiques à enregistrement galvanométrique au mouvement vrai du sol. Les formules nécessaires pour effectuer ces calculs ont été à plusieurs reprises données par moi; on les retrouve réunies dans mes Leçons de Sismométrie, citées plus haut (Chapitres VI et X). Les différentes constantes des instruments m'ont été fournies par les différentes stations sismiques en question. Les tables spéciales, «Seismometrische Tabellen», que j'ai publiées il y a quelques années, facilitent beaucoup toutes les opérations numériques à faire.

Pour une étude comparative comme celle-ci du mouvement vrai du sol en différents lieux, il est de la plus haute importance de toujours tenir compte de la différence de phase qui existe entre un maximum sur le sismogramme et le maximum correspondant du mouvement vrai du sol. Il y a toujours un petit retard pour le sismogramme, mais, au moyen de certaines formules très simples et de mes Tables Sismométriques, il est toujours facile d'apporter la correction nécessaire. Dans tout ce qui va suivre, je donne toujours, non les moments t_m des maxima sur les sismogrammes, mais les valeurs de t_{x_m} pour les maxima correspondants *du mouvement vrai du sol*, qui sont tout l'important. Ces calculs sont à faire pour les deux composantes $N-S$ et $E-W$.

Si t_{x_m} est le même pour les deux composantes, cela veut dire qu'il n'y a entre elles aucune différence de phase ψ , et le mouvement horizontal du sol est par conséquent rectiligne. C'est le cas le plus important à étudier et celui auquel je me suis presque exclusivement borné jusqu'à présent. Si la différence de phase ψ est petite, on peut approximativement considérer le mouvement comme rectiligne, mais, si ψ est grand, le mouvement est alors elliptique et le problème devient beaucoup plus compliqué.

Or, dans le sisme en question, pour les maxima, qui avaient été mesurés à Uccle, Pulkovo et Eskdalemuir, on a pu presque rigoureusement admettre que ψ était égal à zéro. A Irkutsk, dans le premier groupe d'ondes, ψ ne dépassait pas 3 secondes et nous considérerons le mouvement approximativement comme rectiligne, mais, pour le deuxième groupe, cette supposition n'était plus admissible.

Dans le tableau suivant, je donne premièrement les moments corrigés t_{x_m} des maxima du mouvement vrai du sol, déterminés dans les différentes trainées d'ondes; dans les deux colonnes suivantes se trouvent les amplitudes vraies A_N et A_E (demi-amplitude du mouvement total) des deux composantes $N-S$ et $E-W$ de ce mouvement, et, dans la quatrième, la période moyenne totale T_p du mouvement vibratoire correspondant. Le signe \pm

devant A_N ou A_E indique une direction vers le Nord ou l'Est, le signe — vers le Sud ou l'Ouest. Seuls les maxima dans le premier groupe d'ondes pour Uccle, Eskdalemuir et Irkutsk peuvent véritablement être considérés comme des *maxima correspondants*.

L'identification des maxima dans le deuxième groupe d'ondes, ainsi que pour ceux de Pulkovo, était à peine possible. Néanmoins ces maxima ont été mesurés et sont rassemblés dans le tableau suivant, car ils servent à élucider le caractère du mouvement vrai du sol dans la phase principale d'un sisme éloigné.

Stations	Δ_e	I groupe				II groupe			
		t_{x_m}	A_N	A_E	T_p	t_{x_m}	A_N	A_E	T_p
Uccle	2060 klm.	9 ^h 34 ^m 36 ^s	+21 ^μ	+16 ^μ	14 ^s	9 ^h 36 ^m 18 ^s	-28 ^μ	-34 ^μ	16 ^s
Pulkovo . . .	2230 »	- 34 28	-27 env.	+79	13	- 35 36	+29	-42	11
Eskdalemuir .	2740 »	- 37 51	+24	+11	21	- 40 26	-28	-20	19
Irkutsk. . . .	5900 »	- 53 1 ¹⁾	-10	-10	22	- 56 43	Irrégulier	+12	19

Ce tableau contient les résultats immédiats du dépouillement des sismogrammes; il s'agit maintenant d'en tirer différentes conclusions.

En comparant les trois maxima correspondants dans le premier groupe d'ondes pour Uccle, Eskdalemuir et Irkutsk, nous voyons premièrement que la période T_p de l'onde sismique superficielle augmente avec la distance épacentrale Δ_e . A Pulkovo, T_p est moindre qu'aux autres stations.

Ensuite, une fois qu'il s'agit ici de maxima véritablement correspondants, on peut s'en servir pour déduire la vitesse de propagation V des ondes superficielles ou longues, en combinant les trois stations deux par deux.

Soit $\delta\Delta_e$ la différence des distances épacentrales de deux stations quelconques et δt_{x_m} la différence des moments correspondants t_{x_m} ; on peut alors calculer V par la simple formule suivante:

$$V = \frac{\delta\Delta_e}{\delta t_{x_m}} \dots \dots \dots (1)$$

Les données du tableau précédent donnent les valeurs suivantes pour V .

Stations	$\delta\Delta_e$	δt_{x_m}	V	Période moyenne T_p
Uccle — Eskdalemuir.	680 klm.	3 ^m 15 ^s	3,49 klm./sec.	18 ^s
Eskdalemuir — Irkutsk.	3160	15 10	3,47	21
Uccle — Irkutsk.	3840	18 25	3,48	18

¹⁾ Moyenne pour les deux composantes.

L'accord entre les valeurs de V est des plus satisfaisant.
On obtient en moyenne

$$V = 3,48^{\text{km.}/\text{sec.}}$$

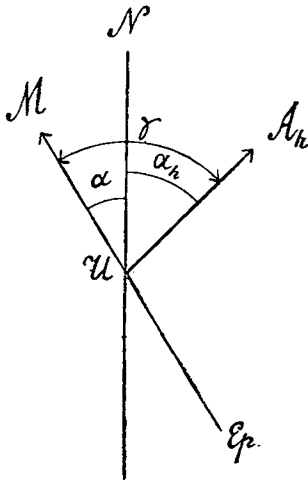
pour une période moyenne T_p de 19^{s} .

J'avais obtenu jadis pour V , en étudiant le sismogramme de Pulkovo lors du grand tremblement de terre de Messine le 28 Décembre 1908, par comparaison des moments des maxima dans la première trainée d'ondes superficielles arrivées à la station d'observation par le chemin le plus court, avec les moments des maxima correspondants dans la trainée d'ondes ayant passé par l'antiépicentre, la valeur suivante

$$V = 3,53^{\text{km.}/\text{sec.}}$$

qui est en très bon accord avec la valeur de V trouvée plus haut. La période moyenne correspondante était aussi d'environ 19 secondes¹⁾.

Fig. 1.



Passons maintenant à l'étude du mouvement vrai du sol.

Les coordonnées de l'épicentre étant données, on peut facilement calculer pour chaque station donnée la direction de la propagation des ondes superficielles, rapportée au point d'observation même. Désignons l'azimut correspondant par α . Pour Uccle, par exemple, on obtient $\alpha = NW 62^{\circ}4$ (voir la figure 1, direction UM).

Ensuite, d'après les valeurs simultanées des deux composantes A_N et A_E dans les directions $N-S$ et $E-W$, on peut facilement déduire la direction (l'azimut correspondant α_h) et l'amplitude totale A_h du mouvement rectiligne horizontal résultant du sol.

On se servira pour ces calculs des formules suivantes:

$$\text{tg } \alpha_h = \frac{A_E}{A_N} \dots \dots \dots (2)$$

et

$$A_h = + \sqrt{A_N^2 + A_E^2} \dots \dots \dots (3)$$

¹⁾ Voir le Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de Petrograd, N° 4, p. 279, 1909.

En calculant l'azimut α_h , il faut toujours tenir compte des signes devant A_N et A_E .

Par exemple, pour Uccle, pour le maximum du premier groupe d'ondes, on obtient (voir la figure 1)

$$\alpha_h = 37^{\circ},3 \text{ NE}$$

et

$$A_h = 26,4^{\mu}.$$

Pour étudier le caractère du mouvement vrai du sol, il est de la plus haute importance de connaître l'angle γ entre les deux directions UM et UA_h . Dans ce cas spécial pour Uccle, on a

$$\gamma = \alpha + \alpha_h.$$

L'angle γ définit la direction du mouvement du sol par rapport au plan principal de la propagation des ondes, c'est-à-dire par rapport au plan passant par l'épicentre, le lieu d'observation et le centre de la terre. On peut, par analogie avec l'optique, selon la théorie de Neumann, dire que γ caractérise la position du plan de polarisation des vibrations sismiques superficielles.

L'étude systématique de cet angle pourrait éclaircir bien des particularités intéressantes de ce genre d'ondes.

Vu les erreurs inévitables dans la détermination des deux composantes A_N et A_E , il ne peut s'agir ici que de valeurs approchées de γ (je les donnerai ensuite arrondies à un degré près), mais, en raison de l'obscurité qui règne jusqu'à présent sur le caractère du mouvement vrai du sol dans la phase principale d'un sisme, des valeurs même approchées de cet angle pourraient contribuer à élucider bien des points importants concernant ce problème délicat et ardu.

Dans le tableau suivant, je donne pour chacune des quatre stations d'observation pour les maxima des deux traînées d'ondes les valeurs de l'azimut α de la propagation des ondes superficielles, l'azimut α_h de la résultante horizontale du vrai mouvement du sol, l'angle de polarisation γ et l'amplitude totale A_h . Nous considérerons γ comme positif, quand la direction du mouvement du sol UA_h se trouve à la droite de la direction de la propagation des ondes UM (voir la figure 1). Si, pour un maximum déterminé, γ est $> 90^{\circ}$, nous prendrons la direction opposée, qui correspond au maximum suivant ou précédent, afin que la valeur absolue de γ soit toujours $< 90^{\circ}$. Ainsi pour Uccle nous avons pour le maximum du premier groupe $\gamma = 100^{\circ}$; ceci équivaut à $\gamma = -80^{\circ}$.

Stations	α	I groupe			II groupe		
		α_h	γ	A_h	α_h	γ	A_h
Uccle	62°4 NW	37°3 NE	— 80°	26,4 ^μ	50°5 NE	— 67°	44,0 ^μ
Pulkovo	9°9 NE	71°1 SE	— 81°	83,5	55°4 NW	— 65°	51,0
Eskdalemuir	63°5 NW	24°6 NE	+ 88°	26,4	35°5 NE	— 81°	34,4
Irkutsk.	70°2 SE	45°0 SW	— 65°	14,1 ¹⁾	—	—	—

Ce tableau nous montre que, pour les trois premières stations relativement voisines de l'épicentre, l'angle de polarisation dans la première traînée d'ondes ne s'écarte par trop de 90°; donc, dans les premiers grands maxima de la phase principale, le mouvement du sol a lieu *presque perpendiculairement* à la direction de propagation des ondes superficielles. Dans la seconde traînée d'ondes, γ est déjà plus petit, ce qui prouve que le plan de polarisation a tourné; de plus, dans ces trois cas, le sens de rotation du plan de polarisation est toujours le même, à savoir de gauche à droite, c'est-à-dire celui du mouvement des aiguilles d'une montre.

Pour Irkutsk, qui est la station la plus éloignée de l'épicentre, l'angle γ dans la première traînée d'ondes est notablement moindre que pour les autres trois stations. Dans la deuxième traînée d'ondes, pour Irkutsk, on n'a pu déterminer γ , car le mouvement du sol n'était plus rectiligne, mais, en raison de la grande différence de phase entre les deux composantes, visiblement elliptique. Une particularité de ce mouvement est que la composante A_E devance la composante A_N . Ce fait tend à faire supposer que la vitesse de propagation des ondes superficielles dépend un peu de la position du plan des vibrations: pour $\gamma = 0$ et $\gamma = 90^\circ$, il se peut que les vitesses de propagation V diffèrent un peu, et cette différence, non encore appréciable pour des stations relativement proches, se fait ressentir aux stations éloignées. Ceci n'est du reste qu'une simple supposition, émise pour expliquer les faits directement observés.

En comparant les valeurs de A_h pour les trois stations d'Uccle, Eskdalemuir et Irkutsk, on serait conduit à admettre qu'avec l'accroissement de la distance épicentrale Δ_e , l'amplitude totale A_h décroît, mais Pulkovo fait à cette règle une exception très saillante.

Le sismogramme de Pulkovo affecte un tout autre caractère que ceux des trois autres stations; de plus, le mouvement du sol est relativement beaucoup plus intense.

Nous verrons dans la suite encore d'autres cas où, à des stations

1) Ignorant la petite différence de phase ψ .

plus voisines de l'épicentre, le mouvement du sol est beaucoup moins intense qu'à des stations plus éloignées. Ce fait indubitable et des plus curieux démontre clairement qu'il n'existe aucune relation simple entre l'amplitude du mouvement du sol A_h et la distance épacentrale Δ_e , en ce sens, que, si Δ_e augmente, A_h doit nécessairement décroître. La relation entre A_h et Δ_e paraît être des plus compliquée et assujettie en grande partie à l'influence des conditions locales.

Il est actuellement bien difficile de préciser dans quel sens ces influences locales peuvent se manifester, mais le fait par lui-même reste indiscutable. Ces causes sont certainement du domaine de la Géologie et tiennent sans doute aux propriétés caractéristiques des couches souterraines faisant partie des différents massifs de roches. Il s'ouvre là un nouveau et vaste champ de recherches, où les physiciens et sismologues de concert avec les géologues pourraient avec le temps jeter bien des lumières.

On peut certes émettre bien des hypothèses pour expliquer le fait curieux que l'amplitude du mouvement du sol n'est pas toujours en corrélation directe avec la distance épacentrale. Il se peut, premièrement, que les couches souterraines formant un certain bloc ont une période de vibration propre, de sorte que certaines catégories d'ondes sismiques, par un effet de résonance, produisent un mouvement vibratoire du sol plus intense, sans aucun rapport direct avec la distance épacentrale. Deuxièmement, la densité des couches souterraines doit certainement avoir aussi une influence sensible sur le mouvement apparent de la surface du sol, car, le principe de la conservation de l'énergie étant immuable, l'amplitude du mouvement du sol doit être, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant moindre que les couches superficielles sont plus denses. Troisièmement, il se peut que la direction des lignes tectoniques le long desquelles s'est produit l'affaissement initial des couches dans la région épacentrale d'un tremblement de terre d'ordre tectonique ait une influence directe sur la manière dont se manifeste le mouvement du sol aux diverses stations éloignées, situées différemment par rapport à la direction de la ligne tectonique en question. Quatrièmement, les propriétés des couches intermédiaires, situées entre l'épicentre et le lieu d'observation, peuvent aussi apporter des modifications sensibles dans les traînées d'ondes qui les traversent. Cinquièmement, il se peut qu'en faisant une étude comparative des sismogrammes obtenus à différents endroits, il faille aussi tenir compte de la superposition d'ondes d'origine et de caractère différents. Entre autres, les ondes sismiques transversales, appartenant à la deuxième phase, une fois réfléchies à la surface du sol, celles notamment qu'on désigne par le symbole SR_1 , peuvent très bien, pour des stations relativement peu éloignées de l'épicentre, apporter un grand trouble dans les tracés de la phase maximale.

On pourrait faire maintes autres suppositions à ce sujet, mais il est inutile d'y insister plus longtemps: les recherches ultérieures éclairciront sans doute avec le temps ce problème compliqué et délicat.

Je voudrais tout de même, avant de quitter ce sujet, citer un exemple caractéristique à l'appui de ce fait, que les propriétés du sous-sol ont une influence prépondérante sur l'amplitude du mouvement des couches superficielles de l'écorce terrestre pour des sismes éloignés.

L'année passée, j'ai eu l'occasion de visiter Aix-la-Chapelle. Or il s'y trouve deux différentes stations sismiques, toutes deux sous la direction du Professeur Haussmann. La première de ces stations, établie aux environs de l'École des mines (Bergschule), est située sur un massif rocheux; l'autre est installée au voisinage de l'Institut polytechnique de cette ville sur un sous-sol sablonneux. Or les observations démontrent indubitablement que les amplitudes rapportées au mouvement vrai du sol sont toujours plus grandes à la deuxième station qu'à la première. Ce fait indiscutable est de la plus haute importance, car il démontre clairement que les propriétés des couches souterraines ont une influence prépondérante sur l'amplitude du mouvement des couches superficielles. Malheureusement cette question importante de l'influence du sous-sol n'a pas attiré jusqu'à présent l'attention des sismologues et géologues comme elle le mériterait. Il est pourtant indispensable d'en tenir compte dans une étude comparative approfondie des sismogrammes obtenus à différents lieux d'observation, sans quoi on risque fort d'arriver à des résultats complètement erronés concernant la question de l'absorption de l'énergie sismique avec la distance.

Terminons cette digression pour reprendre l'étude comparative des sismogrammes pour les différents autres tremblements de terre cités plus haut.

Ces autres cas ont été traités à peu près de la même manière que le tremblement de terre du 10/VIII 1912, ce qui me permettra d'omettre dans la suite différents détails du dépouillement des sismogrammes, et de me borner à l'exposé pur et simple des chiffres obtenus et des résultats qui s'en suivent.

Tremblement de terre du 24/I 1912.

Les coordonnées de l'épicentre de ce sisme ont été déterminées séparément à Pulkovo et à Eskdalemuir, en mesurant l'azimut de l'épicentre α et en déterminant la distance épacentrale Δ d'après la différence des moments d'arrivée des ondes transversales et longitudinales ($S - P$).

La moyenne des deux déterminations a été:

$$\varphi_e = 39^\circ N$$

$$\lambda_e = 21^\circ E.$$

Ce point se trouve dans le voisinage de la côte ouest de la Thessalie (Grèce).

Pour ce sisme, je n'avais à ma disposition que les deux sismogrammes de Pulkovo et d'Eskdalemuir.

Stations	Δ_e	P	S	t_0	
				d'après T_1	d'après T_2
Pulkovo.	2400 klm.	16 ^h 28 ^m 15 ^s	16 ^h 32 ^m 16 ^s	16 ^h 23 ^m 16 ^s	16 ^h 23 ^m 20 ^s
Eskdalemuir. . . .	2550 »	— — 25	— — 36	— — 10	— — 12
Moyenne				16 ^h 23 ^m 13 ^s	16 ^h 23 ^m 16 ^s

Moyenne définitive:

$$t_0 = 16^h 23^m 14^s.$$

L'étude comparative des sismogrammes a montré dans la première trainée d'ondes un maximum saillant et caractéristique, qui s'est laissé facilement identifier dans les tracés obtenus à Pulkovo et Eskdalemuir.

Il y avait en outre à Pulkovo encore deux trainées d'ondes pour chacune desquelles on a mesuré un maximum, mais les maxima correspondants dans le sismogramme d'Eskdalemuir ont été difficiles à identifier avec sûreté. Pour le troisième maximum, à Pulkovo, on a mesuré encore la composante verticale du mouvement du sol, qui était un peu en avance sur les composantes horizontales.

La différence de phase pour les deux composantes horizontales était dans tous les cas égale à zéro, le mouvement horizontal était par suite rectiligne.

Les résultats du dépouillement de ces sismogrammes sont donnés dans le tableau suivant.

Stations	I groupe				II groupe				III groupe				
	t_{x_m}	A_N	A_E	T_p	t_{x_m}	A_N	A_E	T_p	t_{x_m}	A_N	A_E	A_z	T_p
Pulkovo.	16 ^h 35 ^m 36 ^s	-42 ^u	env. +38 ^u	11 ^s	16 ^h 37 ^m 20 ^s	-58 ^u	+41 ^u	12 ^s	$\left\{ \begin{array}{l} 16^h 38^m 47^s \\ - - 51 \end{array} \right.$			+34 ^u	9 ^s
Eskdalemuir	- 36 ^m 35 ^s	-72	-74	22	—	—	—	—			-20 ^u	-33 ^u	

En comparant les périodes T_p dans le premier groupe d'ondes, on voit que, quoique les distances épacentrales pour Pulkovo et Eskdalemuir ne différaient que de 150 kilomètres, la période des ondes sismiques correspondantes était à Eskdalemuir deux fois plus grande qu'à Pulkovo. C'est un fait curieux qu'à Pulkovo T_p est toujours sensiblement moindre qu'à Eskdalemuir.

La différence $\delta\Delta_e$ des distances épacentrales pour Eskdalemuir et Pulkovo étant très petite, on ne peut pas se servir de ces données pour obtenir une valeur même peu précise pour la vitesse de propagation V des ondes superficielles longues, mais, partant pour V de la valeur $V=3,48^{\text{km}}/\text{sec.}$, déduite des observations du sisme précédent, on trouve que la différence des moments t_{x_m} pour Eskdalemuir et Pulkovo aurait dû être égale à 43 secondes; les observations directes ont donné une différence de 39 secondes, ce qui est en bon accord avec le chiffre précédent.

Passons maintenant au mouvement vrai du sol.

Traitant les données de la même manière que dans le cas du sisme précédent, on trouve les résultats consignés dans le tableau suivant.

Stations	α	I groupe			II groupe			III groupe		
		α_h	γ	A_h	α_h	γ	A_h	α_h	γ	A_h
Pulkovo.	20°0 NE	42°1 SE	- 62°	56,6 ^u	35°3 SE	- 55°	71,0 ^u	58°8 NE	+ 39°	38,6 ^u
Eskdalemuir. . .	54°8 NW	45°8 NE	- 79°	103,2	—	—	—	—	—	—

Dans le cas de ce sisme, l'amplitude du mouvement du sol à Eskdalemuir était environ deux fois plus grande qu'à Pulkovo, tandis que, dans le cas du tremblement de terre du 10/VIII 1912, c'est justement le contraire qui a eu lieu. Pour ces deux sismes, les épacentres n'étaient pas trop éloignés l'un de l'autre et pourtant les résultats à Eskdalemuir et Pulkovo ont été tout à fait différents. Ce fait vient bien à l'appui à la supposition que la configuration des lignes tectoniques dans la zone épacentrale peut avoir une influence très marquée sur le mouvement du sol à des stations différemment orientées par rapport aux lignes de dislocation tectonique.

Pour Eskdalemuir, l'angle de polarisation γ dans le premier groupe d'ondes ne s'écarte pas trop de 90°, mais à Pulkovo cet angle n'est que de 62°. En comparant les valeurs de γ à Pulkovo pour les trois groupes d'ondes consécutifs, nous voyons que le plan de polarisation se déplace; le sens de la rotation de ce plan est le même que pour le sisme précédent, c'est-à-dire de gauche à droite.

Comparant la valeur de la composante verticale dans le troisième groupe d'ondes $A_z = 34^u$ avec la composante horizontale dans la direction de pro-

pagation des ondes superficielles $A_h \cos \gamma = 30,1^m$, nous trouvons que

$$\frac{A_z}{A_h \cos \gamma} = 1,13.$$

Or, selon la théorie de Lord Rayleigh et de H. Lamb, ce rapport devrait être égal à 1,47¹⁾. On pourrait expliquer de diverses manières ce désaccord entre la théorie et l'observation; j'ai déjà traité cette question dans une note intitulée «Beobachtungen über die Vertikalkomponente der Bodenbewegung»²⁾. Il est donc inutile d'y revenir ici, et je me borne en conséquence à signaler le fait matériel.

Tremblement de terre du 25/V 1912.

Ce sisme a donné des résultats particulièrement intéressants, que je vais maintenant exposer.

L'épicentre de ce sisme a été déterminé par la méthode azimutale (voir le sisme du 10/VIII 1912) en combinant les azimuts observés à Pulkovo et Eskdalemuir.

On a obtenu:

$$\varphi_e = 45,6 N$$

$$\lambda_e = 26,6 E.$$

Ce point se trouve dans la partie sud de la chaîne montagneuse des Carpathes.

Pour ce sisme, j'avais à ma disposition les sismogrammes de quatre stations sismiques, ceux de Tiflis, Pulkovo, Eskdalemuir et Irkutsk.

Ce tremblement de terre des Carpathes a offert quelques singularités, qui ont été traitées dans une note spéciale de mon premier assistant M. Wilip, insérée dans les Comptes rendus des séances de la Commission Sismique permanente³⁾, et en raison desquelles on ne saurait affirmer avec certitude que les moments des P et S pour ces 4 stations se rapportent toujours au même shock initial. Cette remarque vise surtout le moment de S pour Pulkovo et celui de P pour Irkutsk: aussi, dans le tableau suivant, en déduisant les valeurs moyennes de t_0 , ces deux données ont-elles été simplement omises.

1) Voir mes *Vorlesungen über Seismometrie* I. c., p. 90.

2) Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de Pétersbourg № 14, p. 983, 1911.

3) T. VI, Livr. 1, p. 33.

Stations	Δ_e	P	S	t_0	
				d'après T_1	d'après T_2
Tiflis.	1520 klm.	18 ^h 4 ^m 57 ^s	18 ^h 7 ^m 35 ^s	18 ^h 1 ^m 36 ^s	18 ^h 1 ^m 35 ^s
Pulkovo.	1590 »	— 5 3	— — 25	— — 35	(— — 10)
Eskdalemuir.	2340 »	— 6 36	— 10 30	— — 43	— — 45
Irkutsk.	5450 »	— 10 17	— 17 35	(— — 18)	— — 30
Moyenne				18 ^h 1 ^m 38	18 ^h 1 ^m 37 ^s

Moyenne définitive:

$$t_0 = 18^h 1^m 38^s,$$

L'étude comparative des sismogrammes de ce sisme a montré le fait excessivement curieux, que le mouvement du sol à Pulkovo avait un tout autre caractère qu'aux autres lieux d'observation. On peut voir au sismogramme de Pulkovo dans deux groupes d'ondes consécutifs deux maxima très prononcés, qu'on retrouve aussi sur les autres sismogrammes, mais le fait le plus frappant est celui-ci, que la période T_p des ondes sismiques à Pulkovo est pour ces deux maxima excessivement courte, environ 2 secondes seulement. Il est vrai que la station de Pulkovo est relativement assez voisine de l'épicentre, et il y a tout lieu de s'attendre à des ondes sismiques de courte période, mais Tiflis se trouve aussi à peu près à la même, en effet à une moindre distance de l'épicentre, et pourtant rien de pareil ne s'est fait observer. Dans le premier groupe d'ondes, à Tiflis, le mouvement du sol était très irrégulier, et, dans le second, T_p était déjà égal à 9^s; en outre, le mouvement du sol était beaucoup moins prononcé qu'à Pulkovo. On eût dit que les ondes superficielles courtes et intenses émises par la zone épacentrale étaient sur leur trajet jusqu'à Tiflis en grande partie absorbées ou notablement affaiblies ou peut-être transformées par la grande chaîne des montagnes du Caucase, qu'elles avaient à traverser.

Enfin, à Eskdalemuir et Irkutsk, on retrouve les périodes ordinaires longues qui caractérisent la phase maximale. Pulkovo représente ainsi un cas exceptionnel et curieux.

On a pu encore mesurer un maximum dans un troisième groupe d'ondes à Pulkovo, Eskdalemuir et Irkutsk, quoique ce ne soit que pour ces deux dernières stations qu'on puisse admettre que ces deux maxima soient vraiment correspondants.

La différence de phase ψ entre les deux composantes horizontales a été partout dans tous les cas à peu près égale à zéro, sauf dans le deuxième maximum pour Eskdalemuir, où ψ atteignait 6 secondes et où le mouvement du sol était par conséquent sensiblement elliptique.

Le deuxième maximum à Irkutsk et le troisième à Tiflis n'ont pu être retrouvés avec certitude; du reste le sismogramme de Tiflis était par lui-même assez défectueux et indistinct, de sorte qu'il faut utiliser les résultats des observations de Tiflis avec quelque réserve.

Les résultats de l'étude comparative de ces quatre sismogrammes sont consignés dans le tableau suivant.

Stations	Δ_e	I groupe				II groupe			
		t_{x_m}	A_N	A_E	T_p	t_{x_m}	A_N	A_E	T_p
Tiflis.	1520 klm.	I r r é g u l i e r				$18^h 11^m 31^s$	-14^μ	-14^μ	9^s
Pulkovo.	1590 »	$18^h 9^m 10^s$	env. $+20^\mu$	-56^μ	env. 2^s	$- 9 26$	$+32$	-58	env. 2
Eskdalemuir.	2340 »	$- 14 5$	$+ 8$	$+ 8$	22	$- 15 38^1)$	$- 7$	$- 8$	19
Irkutsk.	5450 »	$- 28 44$	$- 7$	$- 3$	17	—	—	—	—

Stations	Δ_e	III groupe			
		t_{x_m}	A_N	A_E	T_p
Tiflis.	1520 klm.	—	—	—	—
Pulkovo.	1590 »	$18^h 9^m 54^s$	$+14^\mu$	$+21^\mu$	env. 2^s
Eskdalemuir.	2340 »	$- 18 11$	$+ 6$	-12	13
Irkutsk.	5450 »	$- 32 14$	$+ 6$	-12	15

Tirons maintenant différentes conclusions.

La période moyenne des ondes sismiques T_p à Eskdalemuir et Irkutsk, en passant de la première trainée d'ondes aux suivantes, diminue. Cette diminution est plus marquée à Eskdalemuir qu'à Irkutsk, qui est situé beaucoup plus loin de l'épicentre. A Pulkovo, les ondes sismiques ont une période remarquablement courte d'environ 2 secondes, tandis qu'à Eskdalemuir, dans le premier groupe, T_p atteint la valeur de 22 secondes. Pour les trois tremblements de terre que nous avons considérés jusqu'à présent et dont les épicentres étaient relativement peu éloignés des stations européennes, Eskdalemuir se signale toujours par des périodes relativement longues des ondes sismiques; peut-être faut-il attribuer ce phénomène à l'influence de la Mer du Nord, que les ondes sismiques doivent traverser pour atteindre cette station sismique écossaise.

Le tableau précédent donne aussi le moyen de déterminer la vitesse moyenne de propagation V des ondes sismiques longues d'après la formule (1).

En combinant les données pour Eskdalemuir et Irkutsk, on trouve:

¹⁾ Valeur moyenne pour les deux composantes.

Pour le I groupe d'ondes

$$\delta\Delta_e = 3110 \text{ klm.} \quad \delta t_{x_m} = 879^s \quad V = 3,54 \text{ klm./sec.} \quad \text{Période moyenne } T_p = 19^s.$$

Pour le III groupe d'ondes

$$\delta\Delta_e = 3100 \text{ klm.} \quad \delta t_{x_m} = 843^s \quad V = 3,69 \text{ klm./sec.} \quad \text{Période moyenne } T_p = 14^s.$$

La première vitesse diffère très peu de celle (3,48) trouvée plus haut pour le tremblement de terre du 10/VIII 1912.

Quant à la seconde valeur de $V = 3,69$, elle est notablement supérieure, mais dans ce cas la période moyenne T_p est sensiblement moindre. Cela ferait supposer que quand V augmente T_p diminue.

Tâchons maintenant de trouver une valeur approchée pour la vitesse de propagation des ondes superficielles de très courte durée ($T_p = 2^s$). Comme les sismogrammes de Pulkovo affectent un tout autre caractère que ceux des autres stations, il faut à cet effet suivre des méthodes tout à fait différentes. J'ai appliqué pour déterminer V les deux méthodes suivantes.

Première méthode.

t_{x_m} est le moment du premier grand maximum dans la première trainée d'ondes à Pulkovo. Soit maintenant t_0' le moment correspondant à l'épicentre même et L le moment d'arrivée des premières ondes superficielles à Pulkovo même.

Nous avons

$$t_{x_m} = 18^h 9^m 10^s$$

$$L = 18^h 7^m 42^s.$$

Si t_0' était connu, nous aurions simplement

$$V = \frac{\Delta_e}{t_{x_m} - t_0'} \dots \dots \dots (4)$$

où $\Delta_e = 1590 \text{ klm.}$

Pour le moment du déclanchement du sisme à l'épicentre même, nous avons trouvé

$$t_0 = 18^h 1^m 38^s.$$

Or, pour la valeur de t_0' , on peut faire les deux suppositions suivantes:

- 1) $t_0' = t_0$
- 2) $t_0' = t_0 + (t_{x_m} - L).$

En substituant la première valeur dans la formule (4), nous obtiendrons évidemment une limite inférieure de V ; en substituant la seconde, nous trouverons la limite supérieure. La seconde supposition est du reste la plus probable et doit donner pour V une valeur plus approchée de la vraie.

En exécutant les calculs, nous trouvons

$$3,52 < V < 4,37.$$

Il faut donc supposer que la vitesse de propagation des ondes superficielles très courtes est un peu inférieure à $4,37^{\text{km./sec.}}$.

Seconde méthode.

Soit maintenant t'_{x_m} le moment d'arrivée du même maximum à une autre station, pour laquelle la distance épacentrale est égal à Δ'_e , et V' la vitesse de propagation des ondes superficielles relativement longues ($T_p = \text{env. } 19^s$).

Comme, aux autres stations, la période des ondes sismiques T_p était dans le premier groupe assez grande, nous pouvons poser

$$\left. \begin{aligned} t_{x_m} &= t'_0 + \frac{\Delta_e}{V} \\ t'_{x_m} &= t'_0 + \frac{\Delta'_e}{V'} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

On peut maintenant éliminer t'_0 entre les formules (5). Il vient:

$$V = \frac{\Delta_e}{\frac{\Delta'_e}{V'} - (t'_{x_m} - t_{x_m})} \dots\dots\dots (6)$$

Dans cette formule, nous pouvons identifier t'_{x_m} avec le moment du premier grand maximum dans le premier groupe d'ondes des autres stations; t_{x_m} , Δ_e et Δ'_e sont des quantités connues.

Quant à V' , nous pouvons prendre pour cette quantité la valeur trouvée plus haut pour ce même sisme pour la période moyenne $T_p = 19^s$, à savoir $V' = 3,54^{\text{km./sec.}}$.

Ceci nous donne, en combinant les données de Pulkovo successivement avec celles d'Irkutsk et d'Eskdalemuir, les résultats suivants:

Pulkovo — Irkutsk $V = 4,34^{\text{km./sec.}}$

Pulkovo — Eskdalemuir $V = 4,34^{\text{km./sec.}}$

Nous obtenons ainsi par cette méthode pour ces deux combinaisons, des valeurs identiques pour V , qui sont en très bon accord avec la valeur limite supérieure $V = 4,37$, trouvée plus haut par la première méthode.

Si nous prenons maintenant pour V' une valeur qui est évidemment inférieure à la vraie, nous obtiendrons par la formule (6) une limite inférieure pour la valeur cherchée de V pour les ondes superficielles de courte période.

Comme il est toujours avantageux que Δ_e' dans la formule (6) soit petit, afin qu'une erreur dans la valeur de V' influence le moins possible le résultat du calcul, nous prendrons la valeur de Δ_e' pour Eskdalemuir et poserons $V' = 3,30^{\text{km./sec.}}$. Cette valeur de V' est sûrement inférieure à la vraie vitesse de propagation des ondes superficielles longues de période T_p d'environ 20 secondes. Ceci nous conduira donc à une limite inférieure pour V .

En effectuant le calcul, nous obtenons

$$V = 3,84^{\text{km./sec.}}$$

Nous voyons donc que la vitesse de propagation des ondes superficielles courtes de T_p égal environ 2 secondes est sûrement supérieure à $V = 3,84^{\text{km./sec.}}$ et très probablement voisine de $4,3^{\text{km./sec.}}$.

Cette analyse nous conduit ainsi à ce fait important, que les ondes superficielles courtes ont une vitesse de propagation plus grande que celle des ondes longues. Il suit de là que cette catégorie d'ondes sismiques (ondes superficielles) est sujette à une *dispersion*, qui, par analogie avec l'optique, doit être caractérisée comme une *dispersion anormale*. Ce fait relève immédiatement des observations.

L'existence d'une dispersion pour les ondes superficielles peut être aussi démontrée théoriquement.

Dans une de mes notes précédentes, intitulée «Über die Dispersion und Dämpfung der seismischen Oberflächenwellen»¹⁾, j'avais démontré qu'en reprenant les calculs de la théorie des ondes superficielles et en introduisant dans les équations générales de la théorie de l'élasticité un terme supplémentaire, dépendant du frottement dû au mouvement en question, on est immédiatement conduit à la nécessité d'admettre une dispersion anormale et un amortissement pour les ondes superficielles. Ce résultat purement théorique semble donc être entièrement confirmé par l'observation directe.

Passons maintenant au mouvement du sol.

Le tableau nous montre qu'à Pulkovo et Irkutsk l'angle de polarisation γ dans le premier groupe d'ondes s'écarte très peu de 90° , mais à Eskdalemuir il est notablement inférieur.

¹⁾ Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de Pétersbourg, N° 2, p. 219, 1912.

Stations.	α	I groupe			II groupe			III groupe		
		α_h	γ	A_h	α_h	γ	A_h	α_h	γ	A_h
Tiflis.	67°3 SE	—	—	—	45°0 SW	—68°	19,8 ^u	—	—	—
Pulkovo.	10°6 NE	70°3 SE	—81°	59,5 ^u	61°1 SE	—72°	66,2	56°3 NE	+46°	25,2 ^u
Eskdalemuir. . .	75°2 NW	45°0 NE	—60°	11,3	48°8 NE	—56°	10,6	63°4 NW	+12°	13,4
Irkutsk.	64°9 SE	23°2 SW	+88°	7,6	—	—	—	63°4 SE	+ 2°	13,4

En passant du premier groupe d'ondes aux groupes consécutifs, nous voyons que le plan de polarisation des oscillations sismiques change, et le sens de sa rotation est comme pour les sismes précédents de gauche à droite¹⁾.

Dans le troisième groupe d'ondes pour les stations les plus éloignées, comme Eskdalemuir et Irkutsk, la direction des vibrations s'écarte très peu de la ligne de propagation des ondes sismiques.

Ce changement de position du plan de polarisation semble caractéristique pour les sismes d'origine peu éloignée.

Quant aux amplitudes du mouvement vrai du sol, Pulkovo se distingue parmi les autres stations par ses grandes valeurs de A_h . Quoique Tiflis soit un peu plus rapproché de l'épicentre que Pulkovo, le mouvement du sol y est beaucoup moins prononcé et la période des oscillations beaucoup plus longue, 9 secondes au lieu de 2 secondes (v. le tableau p. 17).

Cet exemple est très important, car il met clairement en évidence le fait que l'amplitude du mouvement du sol pour un sisme donné ne dépend pas seulement de la distance épacentrale Δ_e , mais est influencé par maints autres facteurs dépendant de la situation réciproque de la zone épacentrale et du lieu d'observation. L'étude approfondie de ce phénomène curieux ouvre un vaste champ à de nouvelles recherches d'ordre purement géologique.

Tremblement de terre du 10/VI 1912.

Le coordonnées de l'épicentre de ce sisme ont été déterminées au moyen des données fournies par la seule station de Pulkovo: azimut α et distance épacentrale Δ_e .

On a obtenu:

$$\varphi_e = 56^\circ 41' N$$

$$\lambda_e = 162^\circ 14' W.$$

¹⁾ Il est vrai que pour Irkutsk le premier γ est égal à +88°, mais il se peut que ce soit la direction opposée $\gamma = -92^\circ$ qu'il faille prendre en considération.

Ce point se trouve dans le voisinage de la péninsule d'Alaska; nous avons donc ici le cas d'un sisme très-éloigné.

J'avais à ma disposition pour l'étude de ce tremblement de terre seulement les tracés de Pulkovo, d'Eskdalemuir et d'Uccle. Malheureusement celui d'Irkutsk, qui aurait été très important pour la détermination de la vitesse de propagation des ondes sismiques, me faisait défaut, ou du moins je l'avais bien, mais il était, par suite de l'affaiblissement des points lumineux, tellement indistinct, que je n'ai pu m'en servir.

Les coordonnées de l'épicentre ont été déterminées (au moyen des observations de Pulkovo seule) avec une assez haute précision pour un sisme aussi éloigné, comme on peut s'en convaincre par le tableau suivant, où je mets en regard les distances Δ_e de l'épicentre à diverses stations sismiques et les distances épacentrales Δ , données par les stations elles-mêmes d'après la différence des moments d'arrivée des premières ondes transversales et longitudinales ($S - P$).

<i>Stations</i>	Δ_e	Δ	$\Delta - \Delta_e$
Pulkovo.	7020 klm.	7020 klm.	0 klm.
Eskdalemuir.	7420 »	7480 »	+60 »
Uccle.	8000 »	7950 »	-50 »

L'accord est des plus satisfaisants.

Les valeurs de t_0 pour le moment du déclanchement du sisme à l'épicentre même sont données dans le tableau suivant.

<i>Stations</i>	Δ_e	P	S	t_0	
				<i>d'après T_1</i>	<i>d'après T_2</i>
Pulkovo.	7020 klm.	16 ^h 16 ^m 29 ^s	16 ^h 24 ^m 59 ^s	16 ^h 5 ^m 57 ^s	16 ^h 5 ^m 57 ^s
Eskdalemuir.	7420 »	— — 44	— 25 38	— — 49	— — 53
Uccle.	8000 »	— 17 18	— 26 35	— — 50	— — 46
Moyenne . . .				16 ^h 5 ^m 52 ^s	16 ^h 5 ^m 52 ^s

Moyenne définitive:

$$t_0 = 16^h 5^m 52^s.$$

Les tracés obtenus à ces trois stations étaient assez compliqués et difficiles à déchiffrer. Ceux d'Eskdalemuir et d'Uccle étaient assez semblables, mais celui de Pulkovo avait de nouveau un tout autre caractère, quoique les instruments, installés à ces trois stations, fussent identiques. Ceci rendait l'identification des maxima pour Pulkovo extrêmement difficile.

On a pu en général mesurer des maxima dans trois groupes d'ondes différents, mais pour certains d'entre eux les deux composantes A_N et A_E accusaient déjà une petite différence de phase ψ , qui correspondait à un

mouvement elliptique du sol¹⁾. Pour un sisme d'origine aussi éloignée, il fallait du reste, d'après ce que nous avons déjà vu, s'y attendre.

A toutes les stations d'observation, Pulkovo inclus, les ondes sismiques étaient caractérisées par des périodes. T_p très longues.

Les résultats du dépouillement de ces sismogrammes se trouvent consignés dans le tableau suivant.

Stations	I groupe				II groupe				III groupe						
	t_{x_m}	A_N	A_E	T_p	t_{x_m}	A_N	A_E	T_p	t_{x_m}	A_N	A_E	T_p			
Pulkovo. . .	Indistinct.				$16^h 39^m 59^s$	env. -48^μ	$+21^\mu$	21^s	$16^h 42^m 19^s$	-48^μ	env. $+38^\mu$	23^s			
Eskdalemuir.	$16^h 40^m 10^s$	$+57^\mu$	$+22^\mu$	30^s	-41	50	$+47$	-29	27	-44	12	-46	$+30$	20	
Uccle . . .	-43	57	$+35$	-22	28	-45	57	$+28$	-22	24	-48	21	-46	-22	21
	-44	24	$+39$	-22	29	-46	9	-31	$+22$						

Ce tableau nous montre que les périodes des ondes superficielles étaient, pour ce sisme éloigné, partout très longues. Les plus grandes valeurs de T_p se manifestent en général comme d'habitude à Eskdalemuir et les plus petites à Pulkovo. Ceci paraît être une règle générale. A la même station, à l'exception de Pulkovo, en passant du premier groupe d'ondes aux groupes consécutifs, T_p décroît.

On n'a pas pu se servir de ces données pour la détermination de la vitesse de propagation des ondes sismiques, la différence $\delta\Delta_e$ des distances épacentrales étant trop petite. Les autres méthodes n'auraient pu non plus, vu les grandes distances épacentrales Δ_e , fournir des résultats exacts. On était donc obligé d'abandonner cette question.

Quant au mouvement vrai du sol, il a affecté pour ce sisme éloigné un tout autre caractère que dans le cas des trois sismes précédents, relativement voisins de certaines stations d'observation, comme on peut s'en convaincre par les chiffres consignés dans le tableau suivant.

Stations	α	I groupe			II groupe			III groupe		
		α_h	γ	A_h	α_h	γ	A_h	α_h	γ	A_h
Pulkovo.	$7^\circ 7' SW$	—	—	—	$23^\circ 6' SE$	-31°	$52,4^\mu$	$38^\circ 4' SE$	-46°	$61,2^\mu$
Eskdalemuir. .	$12^\circ 4' SE$	$21^\circ 1' SW$	$+34^\circ$	$61,1^\mu$	$31^\circ 7' SE$	-19°	$55,2$	$33^\circ 1' SE$	-21°	$54,9$
					$22^\circ 7' SW$	$+35^\circ$	$59,6$			
Uccle.	$7^\circ 7' SE$	$32^\circ 1' SE$	-24°	$41,3$	$38^\circ 2' SE$	-31°	$35,6$	$25^\circ 6' SW$	$+33^\circ$	$51,0$
					$29^\circ 4' SE$	-22°	$44,8$			

1) Dans ces cas on a pris pour t_{x_m} la moyenne pour les deux composantes.

Ce tableau nous montre que, dans ce cas d'un sisme très éloigné, les valeurs de γ sont notablement plus petites que pour les sismes précédents, relativement voisins; en outre, γ prend souvent des valeurs négatives.

Il se peut du reste qu'au début de la phase maximale, la composante transversale domine et γ ne s'écarte pas trop de 90° , comme l'indique par exemple le sismogramme d'Eskdalemuir, où, avant l'arrivée du premier groupe d'ondes presque du Nord, la composante A_E était très saillante, tandis que la composante A_N était beaucoup moins prononcée et très irrégulière; mais, après un certain laps de temps, γ diminue, comme pour les cas des sismes voisins.

Nous n'observons pas non plus, comme dans les cas précédents, une rotation plus ou moins régulière du plan de polarisation, toujours dans le même sens. Il semble au contraire qu'ici ce plan oscille entre des limites données auprès du grand cercle passant par l'épicentre et le lieu d'observation.

En effet, nous voyons pour ces trois groupes d'ondes qu'à Eskdalemuir γ varie entre -21° et $+35^\circ$ et à Uccle entre -31° et $+33^\circ$.

La caractère du mouvement du sol semble donc être autre pour un sisme très éloigné que pour un sisme voisin.

Les amplitudes du mouvement du sol (A_h) à Pulkovo et Eskdalemuir diffèrent relativement peu les unes des autres, quoique le caractère du mouvement même soit différent. Dans le cas de ce sisme, les ondes sismiques ont dû faire un long parcours à travers l'Océan Arctique pour arriver aux deux stations d'observation. Les amplitudes à Uccle pour les deux premiers groupes d'ondes sont notablement moindres qu'à Pulkovo et Eskdalemuir, quoique la différence des distances épacentrales ne soit pas très grande.

Ces exemples nous montrent clairement combien le mouvement du sol dans la phase principale d'un tremblement de terre est compliqué, et quelle immense influence paraissent avoir sur le phénomène en question les conditions locales. En outre, il faut faire une distinction entre les effets produits par des sismes lointains et des sismes proches.

Ce problème du mouvement vrai du sol dans la phase maximale d'un tremblement de terre mériterait d'être étudié à fond. Les matériaux nécessaires pour une étude approfondie sur cet argument s'accumulent petit à petit; il ne reste aux sismologues qu'à en faire usage.

Ce n'est certes pas en étudiant quatre sismes, et encore par des méthodes aussi peu rigoureuses que celles dont il a été question ici, qu'on peut espérer découvrir des lois plus ou moins générales et préciser l'influence des conditions locales; il faudrait pour cela disposer de matériaux d'observation beaucoup plus abondants et faire des recherches beaucoup plus soignées et approfondies. L'objet de cette note doit être considéré, comme je l'ai

du reste indiqué plus haut, seulement comme une première tentative, tout à fait préliminaire, entreprise dans cette voie. Néanmoins elle a fourni un certain nombre de résultats positifs, susceptibles peut-être de quelque intérêt pour qui s'occupe des problèmes de la Sismologie moderne.

Outre ces quatre tremblements de terre, mentionnés plus haut, j'ai étudié encore, mais non en détail, les sismogrammes obtenus à Pulkovo pour quatre autres sismes, pour lesquelles l'azimut de l'épicentre était respectivement *N*, *E*, *S* et *W* et encore deux autres sismes pour lesquels les azimuts étaient très voisins de *N* et de *W*.

Ce sont les sismes suivants:

N ^o	Date.	Azimut.	Epicentre.	Latitude.	Longitude.
I	12/VI. 1912	0° <i>NE</i>	Près d'Alaska	57°7 <i>N</i>	149°7 <i>W</i>
II	23/VIII. 1912	90° <i>NE</i>	Près du Tibet	37°2 <i>N</i>	94°1 <i>E</i>
III	9/VII. 1912	0° <i>SE</i>	Afrique. Près du lac Albert-Nianza	2°1 <i>N</i>	30°3 <i>E</i>
IV	31/X. 1912	90° <i>NW</i>	Près des Iles Azores	35°9 <i>N</i>	34°8 <i>W</i>
V	7/VII. 1912	3°4 <i>NE</i>	Alaska.	63°3 <i>N</i>	156°0 <i>W</i>
VI	6/VIII. 1913	86°4 <i>NW</i>	Au Peru	13°3 <i>S</i>	71°7 <i>W</i>

Les coordonnées géographiques de ces épicentres ont été déterminées d'après les observations de Pulkovo (par l'azimut α et la distance épicentrale Δ).

Passons maintenant en revue les traits caractéristiques des sismogrammes de Pulkovo, fournies par ces tremblements de terre.

N^o I. Azimuth *N*. Le diagramme correspondant est exempt de maxima caractéristiques. Au début des ondes longues (après la phase *L*), le mouvement du sol est beaucoup plus intense pour la composante *E—W* que pour la composante *N—S*, qui correspondrait à la direction d'où proviennent les ondes sismiques longues. Après un certain laps de temps, la différence entre les amplitudes des deux composantes est notablement atténuée et elles deviennent à peu près égales entre elles.

N^o II. Azimuth *E*. Sismogramme très caractéristique, avec des maxima très prononcés dans la phase principale. Au début de cette phase, on observe un groupe de maxima très forts et bien nets sur la composante *N—S*. Ensuite, au bout d'environ 3 minutes, apparaissent des maxima intenses sur la composante *E—W*, mais le mouvement intense de la composante *N—S* persiste toujours.

№ III. Azimut *S*. Sismogramme peu caractéristique, avec des maxima faibles. Après la phase *L*, le mouvement est très-irrégulier, mais la composante *E—W* semble prédominer. Ensuite la différence entre les amplitudes des deux composantes s'atténue. Les maxima manquent de netteté.

№ IV. Azimut *W*. Ce tremblement de terre est un cas d'une certaine anomalie. La phase *S* est très forte pour la composante *E—W* et très faible pour la composante *N—S*. Le plus souvent on observe au début de la seconde phase *S* un mouvement du sol presque perpendiculaire à la ligne de propagation des ondes superficielles, c'est-à-dire que le vecteur du déplacement d'une particule de la surface terrestre dans les premières ondes transversales se trouve dans le plan de l'horizon du lieu d'observation. Nous avons donc pour ce sisme du 31/X 1912 un cas pour ainsi dire anomal, qui trouve sa répercussion dans la phase maximale, pour laquelle le mouvement du sol pour la composante *E—W* est en général plus intense que pour la composante *N—S*. Il semble donc qu'il y a une corrélation directe entre ces deux genres de mouvements: au début de la seconde phase et dans la phase maximale. C'est une question qui mériterait d'être approfondie en détail.

№ V. Azimut $\alpha = 3^{\circ},4$ *NE*. Les ondes sismiques longues arrivent presque du Nord. Sisme très fort. Beaucoup de maxima très nets et intenses. Le tracé est très compliqué, mais le mouvement pour la composante *E—W* est indubitablement plus fort.

№ VI. Azimut $\alpha = 86^{\circ},4$ *NW*. Les ondes sismiques longues proviennent presque de l'Ouest. Tremblement destructif au Peru. Le sismogramme de Pulkovo pour une distance épacentrale énorme d'environ 11960 kilomètres donne encore des amplitudes relativement colossales. Bientôt après l'arrivée des ondes longues, on a observé pour la composante *N—S* un déplacement total du sol (double amplitude) s'élevant à 4428 microns, c'est à dire d'environ 4 millimètres et demie.

Au début de la phase maximale, le mouvement pour la composante *N—S* est beaucoup plus intense que pour la composante *E—W*. Les grands maxima pour cette dernière composante n'apparaissent que plus tard.

L'analyse succincte des sismogrammes fournis par ces six sismes nous montre donc qu'à l'exception du № IV, qui semble se rapporter à un cas anomal, qu'on observe du reste quelquefois, le mouvement du sol au début de la phase principale ou même quelquefois bientôt après l'arrivée des ondes longues s'effectue presque perpendiculairement à la direction de la propagation des ondes. Nous avons donc affaire ici à des ondes superfi-

cielles *transversales*, pour lesquelles l'angle de polarisation γ s'écarte peu de 90° . Ce résultat est en parfait accord avec ce que nous avons trouvé plus haut.

En terminant, je voudrais faire observer que M. Grablowitz, dans un mémoire publié récemment «Sulle varie fasi dei sismogrammi»¹⁾, est arrivé de son côté au même résultat, à savoir qu'au début des ondes longues le mouvement vrai du sol s'effectue perpendiculairement à la direction de propagation des oscillations sismiques superficielles.

Résumé.

Les résultats de cette recherche, qu'il faut envisager seulement comme une première tentative d'aborder le problème du mouvement vrai du sol dans la phase maximale d'un sisme, peuvent se résumer ainsi:

1) L'étude comparative des sismogrammes obtenus à Eskdalemuir, Irkutsk, Pulkovo, Tiflis et Üccle avec des instruments identiques de très haute sensibilité, à savoir des pendules horizontaux apériodiques à enregistrement galvanométrique, a montré qu'un même tremblement de terre produit à différents lieux d'observation des mouvements du sol dans la phase maximale tout à fait différents.

2) Ces différences se manifestent dans les périodes des ondes, dans les amplitudes du mouvement du sol et souvent dans l'aspect général du sismogramme; ce qui rend l'identification des maxima correspondants sur différents diagrammes parfois très difficile.

3) Il n'y aucune corrélation simple entre l'amplitude du mouvement vrai du sol et la distance épacentrale Δ_e . Souvent, pour des petites valeurs de Δ_e , le mouvement du sol est moins intense que pour des valeurs de Δ_e plus grandes.

Quelquefois, pour des valeurs de Δ_e à peu près égales, l'intensité et le caractère même du mouvement du sol est tout à fait différent.

4) Les conditions locales et la situation du lieu d'observation par rapport à l'épicentre ont une influence des plus marquées sur le caractère du mouvement du sol. Ce fait indiscutable rend l'étude comparative des sismogrammes d'un même sisme, obtenus à différentes stations, extrêmement difficile, mais ouvre en même temps un vaste et nouveau champ de recherches d'ordre sismologique et géologique.

La superposition d'ondes de différentes origines et périodes apporte une nouvelle complication dans le phénomène à étudier.

¹⁾ Bollettino della Società Sismologica Italiana, Vol. XVII, fasc. 56, Anno 1913.

5) Pour expliquer l'influence tellement dominante des conditions locales sur le caractère du mouvement du sol aux diverses stations d'observation, on peut émettre différentes hypothèses, entre autres les suivantes:

I) Les couches souterraines formant un seul bloc possèdent une période de vibration propre et renforcent certaines catégories d'ondes sismiques au détriment des autres.

II) La densité des couches superficielles de l'écorce terrestre doit nécessairement influencer les amplitudes du mouvement vrai du sol.

III) L'orientation, par rapport au lieu d'observation, des lignes tectoniques le long desquelles s'est produit l'affaissement des couches rocheuses dans la zone épiscopentrale peut avoir une importance prédominante sur le caractère du mouvement engendré.

IV) Les couches intermédiaires entre l'épicentre et le lieu d'observation peuvent apporter des modifications très sensibles dans les traînées d'ondes qui les traversent.

V) La différence de caractère des sismogrammes obtenus à différentes stations d'observation peut en partie être aussi redevable à la superposition de différentes autres traînées d'ondes. Pour des sismes d'origine relativement peu éloignée, les ondes transversales une fois réfléchies (SR_1) peuvent sans doute produire une grande complication dans les tracés de la phase principale.

On ne peut faire actuellement que des suppositions gratuites à ce sujet. C'est aux recherches futures qu'il incombera de remonter à l'origine et aux causes mêmes de ces influences perturbatrices.

6) Pour des maxima très prononcés, la différence de phase entre les deux composantes du mouvement horizontal du sol est dans la plus grande partie des cas égale à zéro.

Pour des maxima moins saillants, surtout dans les traînées d'ondes consécutives ou pour des distances épiscopentrals plus grandes, une certaine différence de phase se fait souvent sentir.

7) L'angle de polarisation γ , c'est-à-dire l'angle entre la direction des vibrations horizontales sismiques et le plan de propagation des ondes superficielles, est variable.

Pour des sismes relativement peu éloignés, dans les premières traînées d'ondes de la phase maximale, ordinairement γ ne s'écarte pas trop de 90° , ce qui correspondrait à des vibrations transversales. Avec le temps, pour les traînées d'ondes consécutives, γ décroît et le plan de polarisation des vibrations tourne de gauche à droite.

Pour un sisme éloigné, la marche de γ paraît être un peu autre: le

plan de polarisation semble tendre à osciller auprès du plan de propagation des ondes superficielles.

8) Le fait du changement du plan de polarisation et l'existence d'une différence de phase entre les deux composantes horizontales dans les cas cités au N^o 6, tend à faire supposer qu'il existe une petite différence entre les vitesses de propagation des ondes superficielles longitudinales et transversales.

9) La période des ondes sismiques T_p décroît en général en passant des premières traînées d'ondes aux ondes consécutives.

Pour des grandes distances épacentrales Δ_e , les valeurs de T_p sont plus grandes et la différence entre ces valeurs pour différentes stations est beaucoup moins accentuée que pour des petites valeurs de Δ_e , où elle est parfois très grande, même pour des distances épacentrales à peu près égales.

Pour des tremblements de terre relativement voisins, les périodes des ondes sismiques à Eskdalemuir en Ecosse sont beaucoup plus grandes qu'à Pulkovo. Cela semble être une règle générale.

10) Il arrive des cas, où, à une station donnée, on observe des mouvements du sol assez intenses, correspondant à des périodes T_p très courtes, qui font absolument défaut aux autres lieux d'observation, situés même presque à la même distance de la zone épacentrale.

Ce résultat curieux, joint au fait que les sismes très éloignés sont caractérisés par des périodes relativement longues dans la phase principale, fait supposer que les ondes superficielles courtes sont plus facilement absorbées par le milieu qui les propage, que les ondes longues.

11) Les sismes rapprochés produisent, à différentes stations situées environ à la même distance de l'épicentre, des mouvements du sol tout à fait différents; pour des sismes éloignés, ces différences sont notablement atténuées.

12) La vitesse V de propagation des ondes superficielles dépend de la période des ondes T_p . Les tremblements de terre étudiés ont donné les résultats suivants:

Période moyenne T_p .	V	
	3,49 ^{km./sec.}	} Moyenne $V = 3,50^{\text{km./sec.}}$
	3,47	
19 ^s	3,48	
	3,54	
14 ^s	3,69	
2 ^s	4,34	

Il se peut que ce dernier chiffre (4,34) représente une limite supérieure de la vitesse correspondante. Pour $T_p = 2^s$, en tout cas, V doit être supérieur à $3,84 \frac{\text{km.}}{\text{sec.}}$.

Ce résultat nous montre clairement qu'il existe une *dispersion* pour les ondes superficielles longues, qui, par analogie avec l'optique, peut être caractérisée comme une dispersion anormale. L'existence d'une dispersion pour les ondes superficielles s'affirme aussi comme une conséquence immédiate et nécessaire de considérations théoriques, empruntées à la théorie de l'élasticité.

Nous voyons ainsi que cette étude, quoique tout à fait préliminaire, sur le mouvement du sol dans la phase principale d'un tremblement de terre nous a conduit à des résultats qui pourraient avoir un certain intérêt pour la Sismologie et la Géologie. Ce problème, tout compliqué et difficile qu'il est, n'en mériterait pas moins une étude suivie et approfondie.

On a accumulé déjà beaucoup de matériaux d'observation, et il serait bien temps de les faire valoir et de les étudier à fond, afin qu'on ne puisse pas faire à la Sismologie le même reproche qu'on a si souvent fait à la Météorologie et au Magnétisme terrestre, à savoir, qu'elles se bornent presque exclusivement à accumuler des données d'observation, sans en profiter pour déduire des lois générales et des conclusions d'ordre purement scientifique.

L'étude approfondie du mouvement vrai du sol dans la phase principale d'un sisme ouvre un vaste champ de recherches, qui pourraient avec le temps jeter beaucoup de lumière sur les phénomènes intéressants et compliqués dont sont le siège les couches superficielles de l'écorce terrestre.

Octobre 1914.



Remarks on the relation between the amplitude and the period in the motion of the seismic pendulum.

By
O. BACKLUND.

In the equation commonly used in seismic researches

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\varepsilon \frac{d\varphi}{dt} + n^2\varphi = 0$$

φ signifies the angle between the pendulum at any moment and its normal position, ε and n are constants.

§ 1.

$$\varepsilon = 0.$$

If there is no damping the equation takes the canonic form

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + n^2\varphi = 0 \dots\dots\dots(1)$$

the solution of which may be written

$$\varphi = x \cos (nt + \lambda) \dots\dots\dots(2)$$

x and λ being arbitrary constants.

The complete equation for the motion of the pendulum, however, is

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + n^2 \sin \varphi = 0 \dots\dots\dots(3)$$

Assuming φ and t simultaneously equal to zero, the integral, in Jacobian notations, is expressed by the infinite series

$$\varphi = 2 \left(\frac{4\sqrt{q}}{1+q} \sin \frac{\pi}{2K} nt + \frac{4\sqrt{q^3}}{3(1+q^3)} \sin 3 \frac{\pi}{2K} nt + \dots \right)$$

in which the coefficients form a uniformly and absolutely converging series, when the modulus $|k| < 1$. If we neglect q in the nominator and retain only the first term, we have

$$\varphi = 2k \sin \frac{\pi}{2K} nt \dots \dots \dots (4)$$

from which we conclude that k increases with K , i. e. that the amplitude and the period increase or decrease simultaneously, whereas (2) does not indicate any relation between x and n . The equation (4) is a real approximate value of φ , but that is not evident with regard to (2) in the mathematical sense of the word.

If we replace $\sin \varphi$ by

$$\varphi - \frac{\varphi^3}{L^3} + \frac{\varphi^5}{L^5} - \dots$$

(3) becomes

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + n^2\varphi = + \frac{n^2\varphi^3}{L^3} - \dots \dots \dots (5)$$

which is identical with (1) if higher powers of φ than the first are neglected. If we take (2) as a first approximation and integrate (5), we obtain a term of the third order multiplied explicitly by t and this is not compatible with (4).

Generally, if we have

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + n^2\varphi = a_2\varphi^2 + a_3\varphi^3 + \dots$$

the terms on the right side representing a converging infinite series, it is a well known fact that a certain term of the third degree must be taken into account already in the first approximation, in order to secure the true integral series. Returning to (5) we obtain, according to this principle,

$$\varphi = x \cos [(n - \nu)t + \lambda]$$

where

$$\nu = n \left(1 - \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{x^2}{L^3}} \right).$$

This solution is compatible with (4) and serves as a true starting point for the following approximations. Continuing in this way we may be sure to avoid the explicit apparition of t and secure a converging series.

Suppose now

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + n^2 \varphi - \alpha \rho^3 = \beta \cos [(n - \sigma) t + \mu].$$

The last term may express the harmonic mikroseismic motion of the soil. The integral including the terms of the first order is

$$\varphi = x \cos [(n - \nu) t + \lambda] + \frac{\beta}{(n - \nu)^2 - (n - \sigma)^2} \cos [(n - \sigma) t + \mu].$$

According to the announced principle the approximations may be continued, so as to obtain a purely trigonometric series with coefficients in ascending powers of x and

$$x_1 = \frac{\beta}{(n - \nu)^2 - (n - \sigma)^2};$$

but this series is generally not converging, only semi-converging; for practical use the semi-convergence is quite sufficient. The coefficient of the last term we write thus

$$x_1 = \frac{\beta}{(\sigma - \nu)(2x - \nu - \sigma)} = \frac{\beta}{(\nu - \sigma)(2n - \nu - \sigma)}.$$

If σ and ν are of the same sign, we see that for

$|\sigma| > |\nu|$ the amplitude numerically decreases, when the period increases.

$|\sigma| < |\nu|$ the amplitude numerically increases, when the period increases.

§ 2.

$$\varepsilon > 0.$$

The general form of the equation of the seismic pendulum is

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + 2\varepsilon \frac{d\varphi}{dt} + n^2 \varphi = \sum_1^i \alpha_i \rho^i + \sum_1^i \beta_i \cos [(n - \sigma_i) t + \mu_i]$$

where we impose on σ the limitation $|\sigma| < |n|$.

In the case of sufficiently strong damping, higher powers of ρ than the first have no influence on the results. As the terms in cos are all of the same type, the equation we have to deal with is

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + 2\varepsilon \frac{d\varphi}{dt} + (n - \nu)^2 \varphi = \beta \cos [(n - \sigma) t + \mu]$$

where

$$\alpha = 2n\nu - \nu^2.$$

By means of the substitution

$$\varphi = e^{-\varepsilon t} \rho$$

we restore the canonic form

$$\frac{d^2 \rho}{dt^2} + [(n - \nu)^2 - \varepsilon^2] \rho = \beta e^{\varepsilon t} \cos [(n - \sigma)t + \mu].$$

The integral is of the form

$$\rho = x \cos [\sqrt{(n - \nu)^2 - \varepsilon^2} t + \lambda] + x e^{\varepsilon t} \cos [(n - \sigma)t + \mu] + \\ + y e^{\varepsilon t} \sin [(n - \sigma)t + \mu]$$

or

$$\varphi = x e^{-\varepsilon t} \cos (\sqrt{(n - \nu)^2 - \varepsilon^2} t + \lambda) + x \cos [(n - \sigma)t + \mu] + \\ + y \sin [(n - \sigma)t + \mu].$$

For x and y we find immediately from the condition

$$x [(n - \nu)^2 - (n - \sigma)^2] + 2y\varepsilon(n - \sigma) = \beta$$

$$y [(n - \nu)^2 - (n - \sigma)^2] - 2x\varepsilon(n - \sigma) = 0$$

$$x = \frac{\beta [(n - \nu)^2 - (n - \sigma)^2]}{[(n - \nu)^2 - (n - \sigma)^2] + 4\varepsilon^2(n - \sigma)^2}$$

$$y = \frac{2\beta\varepsilon(n - \sigma)}{[(n - \nu)^2 - (n - \sigma)^2] + 4\varepsilon^2(n - \sigma)^2}.$$

If σ and ν are small quantities, y is the predominant coefficient. In the case of aperiodicity, $\varepsilon = n - \nu$, and $\sigma - \nu = 0$ we have, neglecting the term which contains the arbitrary constants:

$$\varphi = \frac{\beta}{2(n - \sigma)^2} \sin [(n - \sigma)t + \mu]$$

which shows that in this case the amplitude and the period increase simultaneously.

Let

$$x = x_1 \sin \Lambda; \quad y = x_1 \cos \Lambda$$

hence, still neglecting the term with the arbitrary constants:

$$\varphi = x_1 \sin [(n - \sigma)t + \Lambda_1]; \quad \Lambda_1 = \mu + \Lambda \dots \dots \dots (6)$$

By aperiodicity the expressions for x_1 and Λ become

$$x_1 = \frac{\beta}{[(n - \nu)^2 + (n - \sigma)^2]}$$

$$\text{tang } \Lambda = \frac{(n - \nu)^2 - (n - \sigma)^2}{2(n - \nu)(n - \sigma)}.$$

For small values of ν , σ or $\nu - \sigma$, Λ is a small angle. From the expression for x_1 we see that the amplitude and the period increase simultaneously, supposing σ positive. If σ is negative, the amplitude and the period increase when σ numerically decreases.

Consider now the general case, when we have to deal with a group of seismic waves.

Instead of (6) we have then

$$\varphi = \sum_1^i x_i \sin [(n - \sigma_i)t + \Lambda_i]$$

the terms containing the arbitrary constants being again neglected. A more convenient form for this integral is

$$\varphi = \eta \cos [(n - \sigma)t + \pi]$$

where η and π are periodic functions of $(\sigma_i - \sigma_j)t + \Lambda_i - \Lambda_j$:

$$\eta^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + 2x_1x_2 \cos [(\sigma_1 - \sigma_2)t + \Lambda_1 - \Lambda_2] + \dots$$

$$\text{tg } (\pi - \Lambda_1) = \frac{x_2 \sin [(\sigma_1 - \sigma_2)t + \Lambda_1 - \Lambda_2] + x_3 \sin [(\sigma_1 - \sigma_3)t + \Lambda_1 - \Lambda_3] + \dots}{x_1 + x_2 \cos [(\sigma_1 - \sigma_2)t + \Lambda_1 - \Lambda_2] + x_3 \cos [(\sigma_1 - \sigma_3)t + \Lambda_1 - \Lambda_3] + \dots}$$

Suppose σ_1 be the least of all σ , further that the differences $\sigma_i - \sigma_j$ and $\Lambda_i - \Lambda_j$ be small quantities, then all terms in the nominator are positive and we may write approximately

$$\pi = \pi_1 - \theta t$$

where $\theta > 0$. φ then takes the form

$$\varphi = \eta \sin [(n - \sigma_1 - \theta)t + \pi_1]$$

with

$$\gamma^2 > x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_i^2$$

and

$$\theta > 0$$

the amplitude is greater than the amplitude of the single waves and the period is also greater than that of the single waves.

The last expression for φ may therefore be interpreted as representing the superposition of several waves differing in periods and phases within certain limits, the time t being also restricted to certain limitations.



Relations between Seismic Elements.

By

O. BACKLUND.

(Communicated at the meeting of the Seismic Commission 13--XII--1913).

1. The determination of the brachistochronic paths of seismic rays is analogous to the determination of the paths of light rays through the atmosphere. We assume that the earth consists of concentric uniform spherical shells and call the refracting indices of the shells $\mu_n, \mu_{n-1} \dots \mu_2, \mu_1, \mu_0$, where the last one refers to the surface. The following notations are made use of: r radius vector of the brachistochrone, the centre of the earth being the origo, r_0 the radius of the earth, φ the angle between r and r_0 , passing through the seismic focus. Then we have the refraction formula

$$d\varphi = \frac{dr}{r} \cot e$$

where e corresponds to $90^\circ - i$ in the atmospheric refraction formula. Further as in the theory of refraction the relations subsist:

$$\mu_n r_n \cos e_n = \dots = \mu_1 r_1 \cos e = \mu_0 r_0 \cos e_0$$

or generally

$$\mu r \cos e = \mu_0 r_0 \cos e_0$$

e_0 is the «angle of emergency», the angle between the tangence of the surface of the earth and the emerging ray. By means of this formula we find

$$d\varphi = \frac{\cos e_0}{\sqrt{\left(\frac{\mu r}{\mu_0 r_0}\right)^2 - \cos^2 e_0}} \frac{dr}{r}.$$

For the sake of shortness we put

$$\frac{\mu}{\mu_0} = \nu; \quad \frac{r}{r_0} = \rho; \quad \cos e_0 = \alpha.$$

Our equation then becomes

$$d\varphi = \frac{\alpha}{\sqrt{\nu^2 \rho^2 - \alpha^2}} \frac{d\rho}{\rho}.$$

For the purpose of obtaining the most simple formulae we assume

$$\nu^2 = \rho^{c_1}$$

c_1 being a positive constant. If we write $a = c_1 + 2$, we have definitively

$$d\varphi = \frac{\alpha}{\sqrt{\rho^a - \alpha^2}} \frac{d\rho}{\rho}.$$

2. Let r_1 denote the distance of the focus from the centre of the earth and \mathfrak{S} the angle between r_1 and the radius vector at the station. By integration we obtain

$$\mathfrak{S} = \frac{2}{a} \Big|_{\rho_1}^1 \operatorname{tang}^{-1} \frac{\sqrt{\rho^a - \alpha^2}}{\alpha}$$

or if we put

$$\theta = \frac{a}{2} \mathfrak{S}$$

$$\operatorname{tang} \theta = \frac{\sin e \mp \sqrt{\rho_1^a - \alpha^2}}{\cos e \pm \sqrt{\rho_1^a - \alpha^2}} \dots \dots \dots (1)$$

Where we have omitted the index o of the angle of emergency e . The double sign is connected with the form of the curve which the ray describes. It is easily understood that the upper sign refers to the case when r_1 is the least of the radii vectores. If part of the curve lies deeper than focus the lower sign is valid¹⁾. From (1) we deduce

$$\rho_1^2 = \frac{\cos^2 e}{\cos^2(e - \theta)}; \quad \mp \sqrt{\rho_1^2 - \alpha^2} = \cos e \operatorname{tang}(e - \theta)$$

(1) solved with respect to e gives:

$$\operatorname{tang} e = \frac{1 - \frac{\alpha}{\rho^2} \cos \theta}{\frac{\alpha}{\rho^2} \sin \theta}.$$

¹⁾ By Huygens principle in connection with $\rho_m^u = \cos^2 e_m$ this is at once evident.

If $\rho_1 = \alpha^2 = \cos^2 e$, corresponding to a point of inflexion of the time curve, then we have from (1)

$$\theta = e.$$

3. The time T which the ray takes to travel from focus to the station is found by integrating the equation

$$dT = \frac{r_0}{v_0} \frac{\rho^a}{\alpha} d\vartheta$$

or

$$dT = \frac{r_0}{v_0} \frac{\rho^{a-1}}{\sqrt{\rho^a - \alpha^2}} \frac{d\rho}{\rho}$$

v_0 = velocity of propagation at the surface of the earth. The integral is

$$T = \frac{r_0}{v_0} \frac{2}{\alpha} \int_{\rho_1}^1 \sqrt{\rho^a - \alpha^2} = \frac{r_0}{v_0} \frac{2}{\alpha} (\sin e - \sqrt{\rho_1^a - \alpha^2}) \dots \dots \dots (2)$$

Combining (1) and (2) we get

$$T = \frac{r_0}{v_0} \frac{2}{\alpha} \frac{\sin \theta}{\cos(e - \theta)}.$$

This is a very simple form for the equation of the time curve.

4. We have now given the essential formulae for the study of brachistochronic paths of seismic rays assuming $v^2 \rho^2 = \rho^a$. This hypothesis allows, by a very short way, to arrive at simple expressions immediatly fitted to computation. It remains now to ascertain ourselves of the efficacy in their application to seismic problems. For this purpose it will be useful to compare our hypothesis with other hypotheses. I choose the hypothesis of Prince Galitzyn:

$$v^2 = 1 - c + c\rho^2$$

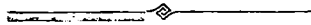
c = constant. If we call the depth of the focus h and put $\frac{h}{r_0} = x$ this formula may be written

$$v^2 = 1 - 2cx + cx^2$$

According to our hypothesis it is:

$$v^2 = \rho^{c_1} = 1 - c_1 x + \frac{c_1(c_1 - 1)}{1.2} x^2 - \dots$$

If x is so small a quantity that x^2 may be omitted, the two expressions are identic for $2c = c_1$. About $h = 60$ kil. the divergence of these hypotheses begins to be apparent. Some of the tables given by Galitzyn in his papers «Comptes Rendus des Séances de la Commission Seismique Permanente». Tome 5, Livraison III, I have recomputed by means of the formulae above exposed, taking $\alpha = 9.2$; the concordance was satisfactory. For the upper layer of the earth the two hypotheses represent the paths of the ray, probably, sufficiently well.



ERRATA:

In the preceding paper

page 32 line	5	from above	instead of nominator	read denominator	
» 33 »	2	»	»	» ρ	» φ
» 35 »	16	»	»	» \cos	» \sin
» 35 »	21	»	»	» nominator	» denominator
» 35 »	1	» below	»	» σ_1	» σ



Объ опредѣленіи глубины очага землетрясенія.

(Второе сообщеніе).

Э. Розенталь.

Глава VII.

Общія замѣчанія.

§ 85. Въ предыдущемъ изслѣдованіи¹⁾, посвященномъ вопросу объ опредѣленіи глубины очага землетрясенія, прежніе методы рѣшенія этой задачи подвергались обстоятельной критикѣ, причемъ появилась необходимость, выяснить вліяніе кривизны сейсмическаго луча, не принятой въ расчетъ прежними изслѣдователями. Для аналитической обработки вопроса нужно, однако, предварительно формулировать законъ измѣненія скорости распространенія сейсмическихъ колебаній съ глубиною, или опредѣлить геометрической видъ траекторія сейсмическихъ волнъ. Въ предыдущемъ изслѣдованіи я остановился на формулѣ, первоначально предложенной Рудзскимъ и Ласка, а затѣмъ служившей основаніемъ многочисленныхъ работъ Вихерта и его учениковъ, въ силу которой сейсмическіе лучи разсматриваются какъ части окружностей круговъ. Правильность или просто достаточная точность такого предположенія подтвердилась не только приведенными литературными источниками, но и примѣромъ точно наблюденнаго и тщательно обработаннаго землетрясенія новѣйшаго времени. Въ результатѣ всего предыдущаго изслѣдованія оказалось, что вліяніе кривизны сейсмическаго луча можно выразить въ видѣ небольшихъ поправокъ, вліяніе которыхъ на величину искомой глубины, впрочемъ, довольно замѣтно.

¹⁾ Э. Розенталь. Объ опредѣленіи глубины очага землетрясенія. Изв. Пост. Центр. Сейсм. Комиссін, т. V, в. 3, стр. 237—327. Сент. 1912.

Такой выводъ заставляетъ предполагать, что спеціальная аналитическая формулировка закона измѣненія скоростей существеннаго вліянія на практическія вычисленія не имѣетъ, и что всякая другая формула въ концѣ концовъ должна привести къ подобнымъ результатамъ. Въ нижеслѣдующемъ я задался цѣлью, показать справедливость этого предположенія главнымъ образомъ для гиперболической орбиты сейсмическихъ волнъ.

Такъ какъ публикуемое теперь изслѣдованіе является непосредственнымъ продолженіемъ предъидущаго, то нумерація параграфовъ и формулъ въ слѣдующемъ просто продолжается и ссылки на первую работу дѣлаются просто указаніемъ номера параграфа или формулы. Для удобства же читателя обозначенія и основныя формулы повторяются въ нижеслѣдующемъ краткомъ сопоставленіи.

§ 86. Земля принимается за шаръ, скорость распространенія сейсмическихъ волнъ по предположенію является функціей только разстоянія отъ центра земли и сейсмическіе лучи представляютъ брахистохроны. Въ прилагаемомъ чертежѣ O обозначаетъ центръ земли, H — очагъ, E — эпицентръ, $S_1 S_2$ — какой-нибудь сейсмическій лучъ, симметричный относительно радіуса $OP = r_m$, т. е. минимальнаго разстоянія точки луча отъ центра земли. Лучъ $S' S''$ выходитъ изъ точки H перпендикулярно къ радіусу OE , отдѣляя такъ называемую внутреннюю область отъ внѣшней. Пусть R обозначаетъ радіусъ земли, h — глубину очага EH , r и ϑ — полярныя координаты какой-либо точки сейсмическаго луча, причемъ начало счисленія угла ϑ произвольно. Эпицентральное разстояніе какой-либо точки внутренней области ES_1 обозначаемъ буквой Δ_1 и соотвѣтствующій центральный уголъ EOS_1 черезъ θ_1 а для внѣшней области соотвѣтственно пишемъ Δ_2 и θ_2 . Если такое различіе не требуется и формулы приложимы одновременно и къ внутренней и къ внѣшней области, пишемъ просто Δ и θ . Введемъ еще углы $S_1 OP = \alpha$ и $EOP = \varphi$.

Тогда

$$\theta_1 = \alpha - \varphi; \quad \theta_2 = \alpha + \varphi \dots \dots \dots (79)$$

такъ что

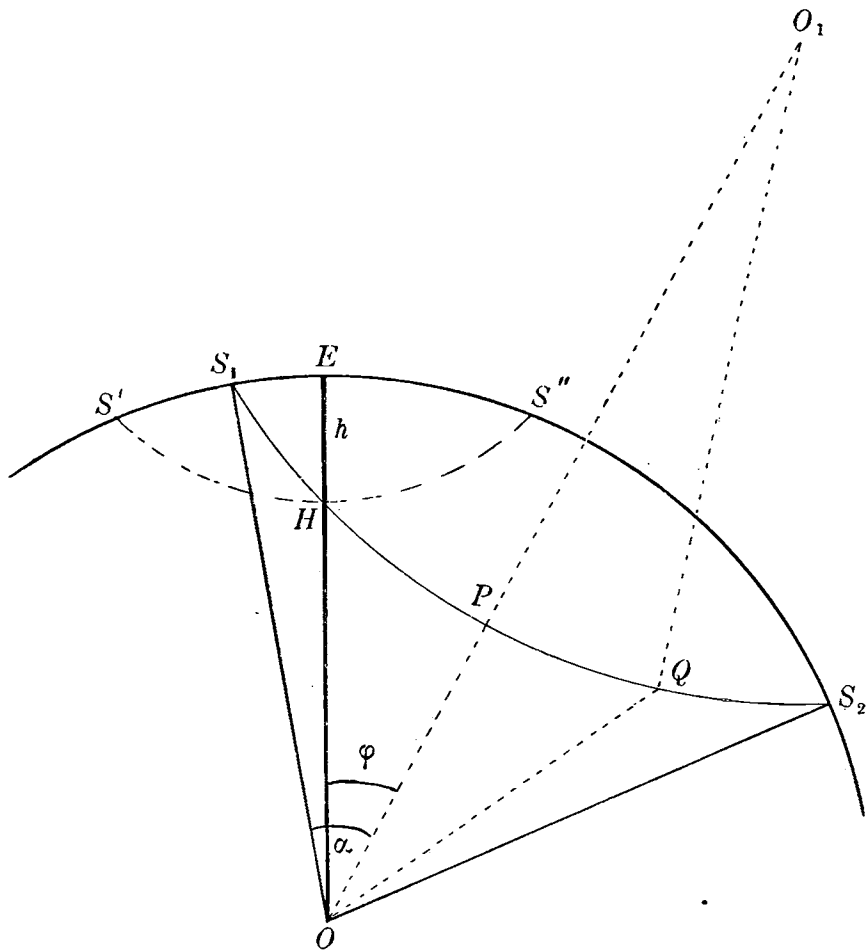
$$\cos \varphi = \cos (\alpha - \theta_1) = \cos (\theta_2 - \alpha) \dots \dots \dots (106)$$

и, слѣдовательно, безъ различія для внутренней и внѣшней областей

$$\cos \varphi = \cos \alpha \cos \theta + \sin \alpha \sin \theta \dots \dots \dots (107)$$

Соотвѣтственно изложенному обозначаемъ промежутки времени, необходимые для прохожденія сейсмическими волнами брахистохронныхъ дугъ

Черт. 1.



HS_1 и HS_2 через t_1 и t_2 , а без различія областей просто через t ; время распространения сотрясенія на разстояніе HE пусть будетъ t_0 . Эти величины не доступны прямому измѣренію. По наблюденіямъ на земной поверхности опредѣляется только промежутокъ времени

$$\tau = t - t_0 \dots \dots \dots (210)$$

Всякій сейсмическій лучъ характеризуется опредѣленнымъ значеніемъ нѣкотораго параметра, постояннаго для даннаго луча. Выборъ такого параметра произволенъ; можно, напр., пользоваться угломъ α . Въ предыдущемъ изслѣдованіи я съ этой цѣлью ввелъ нѣкоторую величину k , опредѣляемую уравненіемъ

$$k = \frac{r}{v} \sin i, \dots \dots \dots (53)$$

гдѣ i уголъ между касательной къ лучу въ какой-либо точкѣ и радіусомъ векторомъ r этой точки, а $v = f(r)$ — скорость распространения сейсмическихъ волнъ на разстояніи r отъ центра земли. Обозначая такъ называемый истинный уголъ выхода черезъ ϵ , а скорость на разстояніи R , т. е. у поверхности земли, черезъ v_0 , можно, на основаніи уравненія

$$k = \frac{R}{v_0} \cos \epsilon; \quad \operatorname{tg} \epsilon = \frac{\sqrt{R^2 - k^2 v_0^2}}{k v_0}, \dots \dots \dots (59)$$

ввести вмѣсто параметра k и пропорціональную ему величину $\cos \epsilon$, или вообще ϵ .

§ 87. При помощи этихъ обозначеній задача представляется въ слѣдующемъ видѣ. Основныя уравненія сейсмическаго луча могутъ быть написаны такъ:

$$d\vartheta = \frac{k v dr}{r \sqrt{r^2 - k^2 v^2}} \dots \dots \dots (56)$$

$$dt = \frac{r dr}{v \sqrt{r^2 - k^2 v^2}} \dots \dots \dots (57)$$

Здѣсь v представляетъ функцію отъ r , которая для выполнения квадратуръ должна быть извѣстна. Уравненіе (56) устанавливаетъ связь между параметромъ k или угломъ выхода ϵ [см. уравненіе (59)], и эпицентральный разстояніемъ мѣста наблюденія. Только послѣдняя величина пригодна на практикѣ (см. §§ 57—59 предыдущаго изслѣдованія) для характеристики даннаго сейсмическаго луча, между тѣмъ какъ уголъ ϵ (см. §§ 60—61) могъ бы служить для опредѣленія глубины очага. Строгое рѣшеніе послѣдней задачи опирается, однако, на опредѣляемыя наблюденіемъ скорости сейсмическихъ волнъ, а эта задача требуетъ рѣшенія уравненія (57). Если, напротивъ, основывать опредѣленіе глубины очага на моментахъ наступленія сотрясенія, т. е. на получаемыхъ изъ (57) уравненійхъ, то въ нихъ нужно замѣнить параметръ k соответствующимъ эпицентральный разстояніемъ получаемымъ изъ (56). Требуется, слѣдовательно, въ обоихъ случаяхъ рѣшеніе обѣихъ квадратуръ (56) и (57).

Существуетъ, однако, еще другая возможность установить связь между параметромъ k и наблюдаемыми моментами сотрясенія. Эта связь получается изъ уравненій:

$$\cos \epsilon = v_0 \frac{d\tau}{d\Delta} = \frac{v_0}{R} \frac{d\tau}{d\theta} \dots \dots \dots (49)$$

$$\frac{r}{v} \sin i = k = \frac{d\tau}{d\theta} \dots \dots \dots (61)$$

Въ этихъ уравненіяхъ $d\epsilon$ и $d\theta$ относятся къ двумъ смежнымъ точкамъ земной поверхности, т. е. къ конечнымъ точкамъ двухъ смежныхъ лучей, между тѣмъ какъ $d\vartheta$ и dt въ (56) и (57) относятся къ двумъ смежнымъ точкамъ одного и того-же луча. Приведенныя соотношенія намъ въ дальнѣйшемъ пригодятся: вмѣсто квадратуръ (56) и (57) мы будемъ имѣть дѣло съ квадратурами (56) и (61). Для непосредственнаго рѣшенія задачи опредѣленія глубины очага (49) и (61), къ сожалѣнію, мало пригодны, такъ какъ величина $\frac{d\tau}{d\theta}$ на практикѣ не опредѣляется достаточно точно.

§ 88. Для того, чтобы вывести конкретныя формулы, примѣняемыя къ практическимъ вычисленіямъ, на основаніи уравненій (56) и (57), необходимо предварительно условиться относительно закона измѣненія скорости v съ глубиною. Въ предыдущемъ изслѣдованіи я остановился на формулѣ:

$$v = a - br^2, \dots \dots \dots (48)$$

гдѣ a и b положительныя постоянныя. Абсолютныя величины этихъ постоянныхъ пока еще нельзя считать окончательно установленными, главнымъ образомъ и потому, что абсолютная величина v_0 находится въ тѣсной связи съ глубиною очага землетрясенія (см. §§ 53 и 64). Последняя величина, однако, въ Гёттингенѣ въ расчетъ не принималась. Вихертъ и его ученики ограничились публикованіемъ числовой таблицы скоростей на различныхъ глубинахъ (см. § 38), которая въ последнее время разными авторами приводится въ качествѣ мѣрила хотя-бы для приближенной оцѣнки дѣйствительныхъ скоростей.

Въ концѣ предыдущей работы (§ 84) я, на основаніи наблюденій землетрясенія 28-го декабря 1910 г., вычислилъ значенія постоянныхъ a и b формулы (48). Сравненіе скоростей, полученныхъ такимъ образомъ, со скоростями Вихерта помѣщена въ слѣдующей таблицѣ.

r (км.)	Скорость v въ км.		
	Вихертъ	Розенталь	Разность
6367	7,17	7,47	0,30
6267	7,60	7,91	0,31
6167	8,01	8,33	0,32
6067	8,42	8,75	0,33
5967	8,83	9,16	0,33
5867	9,23	9,56	0,33
5767	9,62	9,96	0,34
5667	10,00	10,34	0,34

Оба ряда отличаются между собою на почти постоянную величину, причемъ числа Вихерта меньше вычисленныхъ мною скоростей, хотя послѣднія относятся къ землетрясенію, очагъ котораго находился, повидимому, не глубже 20—30 км. Такимъ образомъ разногласіе нужно пока приписать ошибкамъ наблюденій. Только тщательная обработка новыхъ матеріаловъ въ связи съ точно опредѣленными глубинами очаговъ можетъ устранить существующую пока неточность. Приведенныя числа все же даютъ возможность, приблизительно оцѣнивать дѣйствительныя условія.

Глава VIII.

Гиперболическая орбита.

§ 89. Почти одновременно съ предыдущей моей работой появилось изслѣдованіе князя Голицына¹⁾ посвященное той-же темѣ. Ходъ изслѣдованія аналогиченъ ходу моихъ изслѣдованій; основаніемъ вычисленій служилъ, однако, другой законъ измѣненія скорости съ глубиною²⁾, который при помощи введенныхъ въ § 87 обозначеній можетъ быть написанъ въ слѣдующемъ видѣ:

$$\left(\frac{v_0}{v}\right)^2 = b + c \left(\frac{r}{R}\right)^2 \dots \dots \dots (211)$$

Здѣсь b и c нѣкоторыя постоянныя, связанныя между собою условіемъ³⁾

$$b + c = 1 \dots \dots \dots (212)$$

На основаніи этого соотношенія постоянная b исключается изъ уравненія (211) и въ дальнѣйшихъ изслѣдованіяхъ князя Голицына встрѣчаются только двѣ постоянныя величины v_0 и c . Такимъ образомъ уравненіе (211) можетъ быть написано и въ слѣдующемъ видѣ:

$$v^2 = \frac{1}{\frac{1-c}{v_0^2} + \frac{c}{v_0^2 R^2} \cdot r^2} \dots \dots \dots (213)$$

1) Fürst B. Galitzin. Zur Frage der Bestimmung der Herdtiefe eines Bebens und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen in den oberen Erdschichten. Изв. Пост. Центр. Сейсм. Ком., т. V, вып. 3, стр. 359—430. Ноябрь 1912. — Эту работу я буду цитировать въ дальнѣйшемъ просто указаніемъ автора и страницы или номера формулы. Предварительное сообщеніе о работѣ появилось уже въ Comptes Rend. Hebdom. T. 155, p. 375. 29 Juill. 1912.

2) Князь Голицынъ, стр. 369, форм. (31), а также (7), (8), (27).

3) Князь Голицынъ, стр. 370, форм. (34).

Въ эту формулу комбинаціи $\frac{1-c}{v_0^2}$ и $\frac{c}{v_0^2 R^2}$ входятъ какъ двѣ новыя самостоятельныя постоянныя. Сравнивая выраженіе (213) съ формулой

$$v = \frac{1}{\sqrt{f + gr^2}} \dots \dots \dots (47)$$

въ § 28 предъидущаго изслѣдованія, мы видимъ, что оно тождественно съ закономъ, принятымъ Kővesligethy. У послѣдняго, впрочемъ, обозначенія нѣсколько иныя, чѣмъ здѣсь.

§ 90. Несмотря на одинаковый исходный законъ, изслѣдованія Kővesligethy и князя Голицына во многихъ отношеніяхъ расходятся. Первоначально Kővesligethy предполагалъ, что сейсмическіе лучи представляютъ эллипсы, и что коэффициентъ g формулы (47) величина отрицательная. При этихъ условіяхъ интеграль уравненія (57) выражается тригонометрическими функціями. Въ дальнѣйшемъ Kővesligethy, переходя къ случаю гиперболы, въ своихъ формулахъ просто замѣнилъ обыкновенныя тригонометрическія функціи такъ называемыми гиперболическими. Князь Голицынъ въ самомъ началѣ имѣлъ въ виду распределеніе скоростей, приведенныхъ здѣсь въ §§ 38 и 88. Поэтому его коэффициентъ c формулы (211) величина положительная больше единицы, а $b = 1 - c$ величина отрицательная. Интеграль выраженія (57) онъ представляетъ при помощи логарифмовъ. Вообще главная задача князя Голицына состояла въ выводѣ формулъ для опредѣленія глубины очага землетрясенія, между тѣмъ какъ Kővesligethy главнымъ образомъ имѣлъ въ виду возможно лучшее представленіе наблюденій, получаемыхъ на болѣе отдаленныхъ отъ эпицентра станціяхъ, а глубину очага онъ опредѣлялъ совсѣмъ инымъ способомъ (см. §§ 10—11). Интеграль выраженія (56) этими замѣчаніями не затрагивается.

§ 91. Относительно числовыхъ величинъ, встрѣчающихся въ изслѣдованіи князя Голицына нужно замѣтить слѣдующее. Авторъ не имѣлъ въ виду установить своимъ уравненіемъ (211) какой-либо общій законъ измѣненія скорости внутри земли, а пользовался имъ лишь въ качествѣ интерполяціонной формулы, годной до небольшихъ глубинъ. Желая по возможности точнѣе воспроизвести наблюденія своей формулой, князь Голицынъ также руководствовался таблицей скоростей, вычисленной въ Гёттингенѣ (см. §§ 38 и 88), и первоначально опредѣлилъ свои коэффициенты такъ, чтобы точно получить скорости у поверхности земли и на глубинѣ 100 км. Значенія эти слѣдующія:

$$v_0 = 7,17; \quad c = 3,529.$$

На большихъ глубинахъ получаемыя такимъ путемъ скорости все сильнѣе расходятся съ числами таблицы § 88, на что и обратилъ вниманіе князь Голицынъ, предполагая, что вообще нельзя считать коэффициентъ c постояннымъ на большомъ протяженіи. По вычисленному имъ примѣру получились такія величины

$$v_0 = 7,08; \quad c = 4,633,$$

по которымъ отступленія отъ величинъ Вихерта стали бы еще больше. Это зависитъ отъ того, что коэффициентъ c , опредѣляющій собственно кривизну сейсмическихъ лучей, изъ наблюдений на близкихъ къ эпицентру станціяхъ точно не получается, между тѣмъ какъ глубина очага и величина v_0 опредѣляются именно по близкимъ станціямъ. Было бы, однако, не трудно, подобрать такія величины для v_0 и c , которыя до сравнительно большихъ глубинъ весьма близко представляютъ Гёттингенскія величины, напр.

$$v_0 = 7,34; \quad c = 2,310.$$

Для наглядности всѣ эти величины сопоставлены въ слѣдующей таблицѣ.

r (км.)	$v_0 = 7,17$ $c = 3,529$		$v_0 = 7,08$ $c = 4,633$		$v_0 = 7,34$ $c = 2,310$	
	v	Отст.	v	Отст.	v	Отст.
6567	7,17	0,00	7,08	+ 0,09	7,34	- 0,17
6267	7,60	0,00	7,65	- 0,05	7,62	- 0,02
6167	8,11	- 0,10	8,88	- 0,37	7,92	+ 0,09
6067	8,72	- 0,30	9,35	- 0,93	8,27	+ 0,15
5967	9,47	- 0,64	10,71	- 1,88	8,66	+ 0,17
5867	10,47	- 1,24	12,88	- 3,65	9,10	+ 0,13
5767	11,85	- 2,23	17,28	- 7,66	9,60	+ 0,62
5667	13,88	- 3,88	36,80	- 26,80	10,18	- 0,18

Отсюда можно заключить, что формула (211) могла бы служить въ нѣкоторыхъ предѣлахъ основаніемъ довольно точнаго представленія наблюдений даже сравнительно отдаленныхъ отъ эпицентра станцій. Вполнѣ строгое рѣшеніе этого вопроса получается, конечно, только путемъ прямого сравненія вычисленныхъ и наблюденныхъ моментовъ наступленія сотрясенія, какъ это нами было сдѣлано въ § 84 для кругообразной орбиты.

§ 92. Въ своемъ изслѣдованіи князь Голицынъ для характеристики разсматриваемаго сейсмическаго луча пользуется величиною $\cos \epsilon$, связанною съ нашимъ параметромъ k уравненіемъ (59), (§ 86). Подставляя эту величину въ (56) и пользуясь закономъ (211) или (213), онъ выводитъ для θ_1 и θ_2 два различныхъ выраженія, отличающіяся между собою, однако, только тѣмъ, что нѣкорый радикаль¹⁾

$$W = \sqrt{cx_1^2 + (1 - c)x_1 - \cos^2 \epsilon} \dots \dots \dots (214).$$

принимается съ положительнымъ или отрицательнымъ знакомъ, смотря по тому, относится-ли выраженіе къ θ_1 или къ θ_2 . Въ приведенномъ радикалѣ x_1 обозначаетъ²⁾

$$x_1 = \left(1 - \frac{h}{R}\right)^2 \dots \dots \dots (215)$$

Этимъ обозначеніемъ мы будемъ пользоваться и въ дальнѣйшемъ. Двойственность знака радикала княземъ Голицынымъ уничтожается подходящимъ возвышеніемъ въ квадратъ и въ концѣ концовъ онъ получаетъ слѣдующую связь между параметромъ ϵ и угломъ θ ³⁾:

$$\cos^2 \epsilon = x_1 \cos^2(\epsilon - \theta) - cx_1 \sin^2 \theta \dots \dots \dots (216)$$

Это уравненіе тождественно съ уравненіемъ, найденнымъ уже Kővesligethy⁴⁾. Не трудно выразить $\cos \epsilon$ въ видѣ явной функціи отъ θ . Рѣшая уравненіе (216) относительно $\cos \epsilon$, князь Голицынъ находитъ слѣдующее выраженіе⁵⁾:

$$\cos^2 \epsilon = \frac{x_1 \sin^2 \theta}{(1 - x_1)^2 + 4x_1 \sin^2 \theta} \left\{ 1 + x_1 - c(1 - x_1 + 2x_1 \sin^2 \theta) + \right. \\ \left. + 2\sqrt{x_1} \cos \theta \sqrt{1 - c + cx_1 - c^2 x_1 \sin^2 \theta} \right\} \dots \dots \dots (217)$$

Этому уравненію можно придать и нѣсколько иной видъ, который для дальнѣйшихъ преобразованій и вычисленій окажется удобнымъ, а именно:

$$\cos \epsilon = \frac{\sin \theta}{\sqrt{\frac{1 + x_1}{x_1(1 - c)} + 2\frac{c}{(1 - c)^2} \cos^2 \theta - \cos \theta \sqrt{\frac{4(1 + cx_1)}{x_1(1 - c)^3} + \frac{4c^2}{(1 - c)^4} \cos^2 \theta}}} \dots (218)$$

1) Князь Голицынъ, стр. 372, форм. (45). У князя Голицына радикаль обозначается сокращенно буквой R , между тѣмъ какъ у насъ R обозначаетъ радіусъ земли.

2) Князь Голицынъ, стр. 368, формула безъ номера.

3) Князь Голицынъ, стр. 380, форм. (65).

4) R. de Kővesligethy. Seismonomia. Boll. della Soc. Sismol Ital. 1906. XI, № 5—6, стр. 128, форм. (46).

5) Князь Голицынъ, стр. 382, форм. (67), въ которой корень берется съ положительнымъ знакомъ.

Замѣтимъ, что для $c = 0$ (прямолинейная траекторія) уравненія (217) и (218) переходятъ въ слѣдующее уравненіе, легко выводимое непосредственно¹⁾:

$$\cos \varepsilon = \frac{\sqrt{x_1} \sin \theta}{\sqrt{1+x_1-2\sqrt{x_1} \cos \theta}} \dots \dots \dots (219)$$

§ 93. Обращаемъ вниманіе на то обстоятельство, что въ формулы (216), (217), (218), опредѣляющія уголъ ε какъ функцію эпицентрального разстоянія θ , входятъ только постоянныя x_1 и c , между тѣмъ какъ скорость v_0 въ эти формулы не входитъ. Аналогичное замѣчаніе было уже сдѣлано въ § 46 по поводу подобныхъ же соотношеній, выведенныхъ на основаніи другого закона измѣненія скорости. Аналогія, однако, можетъ быть проведена еще значительно дальше.

Для этого напишемъ выраженіе для $\tan \varepsilon$, легко выводимое изъ любой изъ предыдущихъ формулъ для $\cos \varepsilon$, а именно:

$$\tan \varepsilon = \frac{1}{(1-c)\sqrt{x_1} \sin \theta} \{ \sqrt{(1-c)(1+cx_1) + c^2 x_1 \cos^2 \theta} - \sqrt{x_1} \cos \theta \} \dots (220)$$

Это уравненіе также выведено уже Kővesligethy²⁾ и имъ же опредѣленъ знакъ корня на основаніи замѣчанія, что (220) должна перейти въ (219), если положимъ $c = 0$. Напишемъ (220) въ видѣ:

$$(c-1) \sin \theta \operatorname{tg} \varepsilon = \cos \theta - \sqrt{c^2 \cos^2 \theta - c(c-1) - \frac{c-1}{x_1}}$$

и развиваемъ x_1 (см. 215) по восходящимъ степенямъ $\frac{h}{R}$. Тогда:

$$(c-1) \sin \theta \operatorname{tg} \varepsilon = \cos \theta - \sqrt{c-1} \sqrt{\frac{1-c^2 \sin^2 \theta}{c-1} - \left(2 \frac{h}{R} + 3 \frac{h^2}{R^2} \dots \right)} \dots (221)$$

Опредѣленіе глубины очага возможно вообще только по близкимъ къ эпицентру стаяціямъ. Поэтому $c^2 \sin^2 \theta$ въ (221) слѣдуетъ считать малой величиной по сравненію съ единицей—одинаковаго приближительнаго порядка какъ $\frac{h}{R}$, — такъ что $\frac{h}{R}$ малая величина по сравненію съ $\frac{1-c^2 \sin^2 \theta}{c-1}$. Мы можемъ, слѣдовательно, продолжить развитіе радикала въ (221), и получаемъ, ограни-

1) Князь Голицынъ, стр. 386, форм. (84).

2) R. de Kővesligethy, l. c. стр. 129, формула (49). Для $c = 0$ соответствующее нашей формулѣ (219) выраженіе было-бы:

$$1 - \sqrt{x_1} \cos \theta = \sqrt{x_1} \sin \theta \operatorname{tg} \varepsilon.$$

чиваясь первой степенью $\frac{h}{R}$, слѣдующее выраженіе:

$$\sin \theta \sqrt{1 - c^2 \sin^2 \theta} \operatorname{tang} \varepsilon - \frac{1}{c-1} \cos \theta \sqrt{1 - c^2 \sin^2 \theta} + \frac{1}{c-1} (1 - c^2 \sin^2 \theta) = \frac{h}{R} \dots (222)$$

Это выраженіе аналогично формулѣ (122) § 46, т. е.

$$\operatorname{tg} \varepsilon \sin \theta - \frac{a+bR^2}{a-bR^2} \cdot 2 \sin^2 \frac{\theta}{2} = \frac{h}{R}, \dots \dots \dots (122)$$

но, повидимому (222) значительно сложнѣе чѣмъ (122). Въ (222) мы, однако, пренебрегли степенями высшими чѣмъ $\frac{h}{R}$. Поэтому въ (222) слѣдуетъ развить и радикалы, содержащіе $c^2 \sin^2 \theta$, и пренебречь при этомъ степенями, высшими чѣмъ $\sin^2 \theta$. Такимъ образомъ получаемъ съ той-же степенью точности, съ которой выведена формула (122):

$$\frac{h}{R} = \sin \theta \operatorname{tang} \varepsilon - (c+1) \cdot 2 \sin^2 \frac{\theta}{2} \dots \dots \dots (223)$$

Это выраженіе уже тождественно съ формулой (122). Имѣя по крайней мѣрѣ два наблюденія, опредѣляющія истинный уголъ выхода на подходящихъ разстояніяхъ отъ эпицентра, можно по той и другой формулѣ вычислить и глубину h и множитель, зависящій отъ кривизны луча. Множитель $\frac{a+bR^2}{a-bR^2}$, на основаніи чиселъ найденныхъ въ § 84, равняется 4,7; множитель $c+1$, при значеніяхъ приведенныхъ въ § 91, варьируетъ въ предѣлахъ отъ 3.3 до 5.6. Замѣтимъ, что въ случаѣ постоянной скорости, т. е. для $b=0$ (формулы 122) или для $c=0$ (формула 223), соответствующее выраженіе съ той-же степенью точности, т. е. до $\left(\frac{h}{R}\right)^2$, гласило бы:

$$\frac{h}{R} = \sin \theta \operatorname{tang} \varepsilon - 2 \sin^2 \frac{\theta}{2}, \dots \dots \dots (224)$$

что не трудно провѣрить непосредственно. Множитель члена $2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$ въ этомъ случаѣ равняется единицѣ. Относительно вліянія обоихъ членовъ правой стороны на результатъ отсылаемъ читателя къ § 46.

§ 94. Обращаемся теперь къ зависимости времени наступленія сотрясенія отъ эпицентрального разстоянія. Князь Голицынъ, интегрируя выраженіе (57) § 87 и § 34 при помощи закона (211) или (213), находитъ двѣ различныя формулы¹⁾ для t_1 и t_2 , отличающіяся между собою,

¹⁾ Князь Голицынъ, стр. 373, формулы (54) и (56).

впрочемъ, только знакомъ радикала (214). Изъ этихъ величинъ нужно еще вычесть промежутокъ времени $t_0^1)$ съ тѣмъ, чтобы получить доступный наблюдению промежутокъ τ . Неудобство возникающее вслѣдствіе двойного знака радикала, князь Голицынъ устранилъ только въ концѣ своей работы²⁾ при выводѣ дифференціальныхъ формулъ, необходимыхъ для примѣненія способа наименьшихъ квадратовъ. Во всѣ перечисленныя формулы у князя Голицына $\sin \epsilon$ входитъ какъ параметръ, опредѣляющій данный сейсмическій лучъ. Этотъ параметръ необходимо, слѣдовательно, вычислять предварительно каждый разъ на основаніи формулъ (217) или (218).

Мы можемъ, однако, исходя изъ формулы (218), однимъ приемомъ получить одинаковое для внутренней и внѣшней области выраженіе, которое не требуетъ предварительнаго вычисления какого-либо параметра и которое удастся развить въ рядъ, подобно тому, какъ мы поступили въ § 52. Съ этой цѣлью воспользуемся соотношеніями (49) или (61), приведенными здѣсь въ § 87.

§ 95. Для большаго удобства введемъ слѣдующія сокращенія:

$$\alpha = \frac{1+x_1}{x_1(1-c)} \dots \dots \dots (225)$$

$$\beta = \frac{4(1+cx_1)}{x_1(1-c)^3} \dots \dots \dots (226)$$

$$\gamma = \frac{2c}{(1-c)^2} \dots \dots \dots (227)$$

Тогда, на основаніи сказаннаго, получимъ изъ (218):

$$\frac{v_0}{R} d\tau = \frac{\sin \theta d\theta}{\sqrt{\alpha + \gamma \cos^2 \theta - \cos \theta \sqrt{\beta + \gamma^2 \cos^2 \theta}}} \dots \dots \dots (228)$$

Не трудно найти интегралъ этого выраженія, но въ виду того, что при этомъ будутъ встрѣчаться квадратные корни, знаки которыхъ нужно опредѣлить, мы предварительно разсмотримъ случай прямолинейной траекторіи, т. е. положимъ $c = 0$. Тогда обозначенія (225), (226) и (227) обратятся въ слѣдующія:

$$\alpha_0 = \frac{1+x_1}{x_1}, \quad \beta_0 = \frac{4}{x_1}, \quad \gamma_0 = 0 \dots \dots \dots (229)$$

1) Князь Голицынъ, стр. 397, формула (95).
 2) Князь Голицынъ, стр. 410 и сл.

и дифференціалъ (228) приметъ видъ:

$$\frac{v_0}{R} d\tau = \frac{\sin \theta d\theta}{\sqrt{\alpha_0 - \sqrt{\beta_0} \cos \theta}} = d \cdot \frac{2}{\sqrt{\beta_0}} \sqrt{\alpha_0 - \cos \theta \sqrt{\beta_0}} \dots \dots (230)$$

Мы видимъ, что (230) согласуется съ (219), если мы всё корни беремъ съ положительными знаками. Интегрируя (230) отъ 0 до τ и отъ 0 до θ , получимъ:

$$\begin{aligned} \frac{v_0}{R} \tau &= \frac{2}{\sqrt{\beta_0}} \sqrt{\alpha_0 - \cos \theta \sqrt{\beta_0}} - \frac{2}{\sqrt{\beta_0}} \sqrt{\alpha_0 - \sqrt{\beta_0}} = \\ &= \sqrt{1 + x_1 - 2 \sqrt{x_1} \cos \theta} - (1 - \sqrt{x_1}) \dots (231) \end{aligned}$$

Здѣсь обѣ части правой стороны относятся соответственно къ промежуткамъ времени t и t_0 . Формула (231) легко выводится непосредственно¹⁾, и этимъ знаки передъ корнями опредѣляются. Замѣтимъ еще, что дифференціалъ (230) можно интегрировать еще помощью подстановки:

$$\cos \theta = \frac{\alpha_0 \beta_0 - z^2}{\beta_0 \sqrt{\beta_0}}; \quad z^2 = \beta_0 (\alpha_0 - \sqrt{\beta_0} \cos \theta) \dots \dots (232)$$

Мы получимъ результатъ, тождественный съ (231), если будемъ считать z положительной величиной и знаки передъ корнями выбираемъ такъ, какъ они здѣсь написаны. Интегралъ дифференціала (230) получится тогда въ видѣ $\frac{2}{\beta_0} z$.

§ 96. Обращаемся теперь къ дифференціалу (228). Для приведенія его къ рациональному виду мы пользуемся подстановкой:

$$\cos \theta = \frac{\alpha\beta - y^2}{\sqrt{(\beta - 2\alpha\gamma)(\beta^2 - 2\gamma y^2)}}; \quad \sin \theta d\theta = \frac{2(\beta^2 - \alpha\beta\gamma - \gamma y^2) y dy}{\sqrt{(\beta - 2\alpha\gamma)(\beta^2 - 2\gamma y^2)^3}} \dots (233)$$

Новая переменная y^2 опредѣляется изъ (233) квадратнымъ уравненіемъ, допускающимъ два рѣшенія. Въ нашемъ случаѣ должно быть принято слѣдующее:

$$y^2 = \alpha\beta - \gamma(\beta - 2\alpha\gamma) \cos^2 \theta - (\beta - 2\alpha\gamma) \cos \theta \sqrt{\beta + \gamma^2 \cos^2 \theta} \dots (234)$$

гдѣ передъ корнемъ принять отрицательный знакъ. Правильность такого выбора выясняется изъ сравненія уравненій (233) и (234) съ уравненіемъ (232), если въ первыхъ двухъ положить $\alpha = \alpha_0$, $\beta = \beta_0$, $\gamma = \gamma_0 = 0$.

¹⁾ См. § 16, форм. (19) и § 92, форм. (215)

Пусть еще y_0 обозначает то значение y , которое получится изъ (234) для $\theta = 0$. Тогда интеграль дифференціала (228) выразится въ слѣдующемъ видѣ:

$$\frac{v_0}{R} \cdot \tau = \frac{1}{\sqrt{2\gamma}} \log \operatorname{nat} \frac{\beta + y\sqrt{2\gamma}}{\sqrt{\beta^2 - 2\gamma y^2}} + \frac{y}{\beta - 2\alpha\gamma} - \frac{1}{\sqrt{2\gamma}} \log \operatorname{nat} \frac{\beta + y_0\sqrt{2\gamma}}{\sqrt{\beta^2 - 2\gamma y_0^2}} - \frac{y_0}{\beta - 2\alpha\gamma} \dots (235)$$

Часть этого выраженія, содержащая y , относится къ промежутку времени t , а часть, содержащая y_0 , — къ t_0 . Выраженіе (235) для $\alpha = \alpha_0$, $\beta = \beta_0$, $\gamma = \gamma_0 = 0$ переходитъ въ (231), такъ какъ первая часть правой стороны, содержащая логарифмъ, которая въ этомъ случаѣ принимаетъ неопредѣленный видъ, по раскрытію неопредѣленности относительно γ , переходитъ въ $\frac{y}{\beta_0}$. Вся правая сторона обратится, слѣдовательно, въ $\frac{2}{\beta_0} (y - y_0)$, и это согласуется съ результатомъ интеграціи (230) при помощи (232).

Найденная нами формула (235) представляетъ время τ какъ функцію эпицентрального разстоянія θ въ зависимости отъ v_0 , c и x_1 , но независимо отъ того, находится-ли разсматриваемое мѣсто наблюденій во внутренней или во внѣшней области.

§ 97. Займемся теперь упрощеніемъ формулы (235). Прежде всего замѣтимъ, что изъ (234) легко получается:

$$\beta^2 - 2\gamma y^2 = (\beta - 2\alpha\gamma)[\gamma \cos \theta + \sqrt{\beta + \gamma^2 \cos^2 \theta}]^2 \dots (236)$$

Подставляя сюда значенія (225), (226), (227), получимъ слѣдующее выраженіе для y^2 :

$$y^2 = \frac{4}{cx_1(1-c)^4} \{ (1 + cx_1)^2 - [c\sqrt{x_1} \cos \theta + \sqrt{1 - c + cx_1 - c^2 x_1 \sin^2 \theta}]^2 \} \dots (237)$$

Введемъ слѣдующія сокращенія

$$A = 1 + cx_1 \dots \dots \dots (238)$$

$$B = c\sqrt{x_1} \cos \theta + \sqrt{1 - c + cx_1 - c^2 x_1 \sin^2 \theta} \dots \dots \dots (239)$$

$$B_0 = c\sqrt{x_1} + \sqrt{1 - c + cx_1} \dots \dots \dots (240)$$

Замѣчая, что $\beta - 2\alpha\gamma = \frac{4}{x_1(1-c)^2}$, мы видимъ, что:

$$\frac{y}{\beta - 2\alpha\gamma} = \frac{1}{2\sqrt{c}} \sqrt{A^2 - B^2} \dots \dots \dots (241)$$

Подобнымъ образомъ преобразуемъ часть формулы (235), содержащую логарифмъ, и окончательно получимъ

$$\frac{v_0 t}{R} = \frac{1-c}{2\sqrt{c}} \log \left(\frac{A}{B} + \sqrt{\frac{A^2}{B^2} - 1} \right) + \frac{1}{2\sqrt{c}} \sqrt{A^2 - B^2} \dots \dots \dots (242)$$

Совершенно такое же выраженіе получится и для t_0 , если только величину B замѣнить величиною B_0 .

Обращаемъ вниманіе на нѣкоторое сходство формулы (242) съ формулой (161) въ § 52.

§ 98. Можетъ еще возникнуть вопросъ, вѣрно-ли выбраны знаки въ (242), несмотря на то, что правильность формулы (235), изъ которой выведена (242), уже доказана. Дѣло въ томъ, что (227) можетъ быть написана и въ видѣ $\gamma = \frac{2c}{(c-1)^2}$ и $\sqrt{2\gamma} = \frac{2\sqrt{c}}{c-1}$. Если мы въ (242) прямо положимъ $c = 0$, чтобы перейти къ формѣ (231), то формула (242) приметъ неопредѣленный видъ. Раскрытіе неопредѣленности, исходя прямо изъ вида (242), не удастся вслѣдствіе наличности корней вида $\sqrt{A^2 - B^2}$. Операция удастся легко, если предварительно нѣсколько преобразовать (242). Во второмъ членѣ правой стороны стоитъ только вычислить выраженіе $A^2 - B^2$; тогда получится общій множитель c , на который сократится \sqrt{c} въ знаменателѣ, и весь членъ для $c = 0$ пріобрѣтаетъ значеніе $\frac{1}{2} \sqrt{1+x_1-2\sqrt{x_1} \cos \theta}$. Въ первомъ членѣ представимъ логарифмъ въ видѣ $\lg \frac{\beta + y\sqrt{2\gamma}}{\beta - y\sqrt{2\gamma}}$, выбравъ для y форму (234), и замѣтимъ, что $\frac{\partial}{\partial c} \log \frac{Z(c)}{N(c)} = \frac{1}{Z} \frac{\partial Z}{\partial c} - \frac{1}{N} \frac{\partial N}{\partial c}$. Въ выраженіяхъ вида $\frac{1}{N} \frac{\partial N}{\partial c}$ получается общій множитель $\frac{1}{\sqrt{c}}$, который сократится на дифференціалъ знаменателя перваго члена. Въ конечномъ результатѣ весь первый членъ для $c = 0$ обратится въ $\frac{1}{2} \sqrt{1+x_1-2\sqrt{x_1} \cos \theta}$. Правильность формулы (242) такимъ образомъ доказана.

§ 99. Формулу (242) можно легко развить въ рядъ. Для этого положимъ

$$\frac{A}{B} - 1 = \frac{A-B}{B} = \delta \dots \dots \dots (243)$$

и покажемъ, что δ малая величина по сравненію съ единицей—на практикѣ $\leq 0,02$. Мы уже замѣтили въ § 93, что $c^2 \sin^2 \theta$ и $\frac{h}{R}$ малыя величины одинаковаго приблизительно порядка. Развиваемъ сначала выраженіе (239) въ рядъ по возрастающимъ степенямъ $\sin^2 \frac{\theta}{2}$ и $\frac{h}{R}$ до членовъ второго по-

ряда включительно. Получаемъ:

$$B = 1 + c - 2c(c+1)\sin^2\frac{\theta}{2} - 2c\frac{h}{R} - 2c^2(c^2-1)\sin^4\frac{\theta}{2} - \\ - 2c(c^2-2c-1)\frac{h}{R}\sin^2\frac{\theta}{2} - \frac{1}{2}c(c-1)\frac{h^2}{R^2}\dots\dots\dots(244)$$

Вставивъ эту величину въ (243) и продолживъ развитіе, получимъ:

$$\delta = 2c\sin^2\frac{\theta}{2} + 2c^2(c+1)\sin^4\frac{\theta}{2} + 2c(c-1)\frac{h}{R}\sin^2\frac{\theta}{2} + \frac{1}{2}c\left(\frac{h}{R}\right)^2\dots(245)$$

Первый, наибольшій членъ этого ряда для $\theta = 9^\circ$ (эпицентральное разстояніе 1000 км.) и для $c = 4,6$ равняется 0,014.

Имѣя въ виду изложенныя обстоятельства и пользуясь обозначеніемъ (243), мы можемъ написать формулу (242) въ слѣдующемъ видѣ:

$$\frac{v_0}{R}t = \frac{1}{2\sqrt{c}}\{B\sqrt{\delta(2+\delta)} + (1-c)\log\text{nat}\left[1+\delta+\sqrt{\delta(2+\delta)}\right]\},\dots(246)$$

гдѣ δ —малая величина. Въ § 52 [формула (168)] мы получили совершенно такое-же логарифмическое выраженіе, какъ въ (246), и можемъ, слѣдовательно воспользоваться развитіемъ упомянутой формулы. Формула (246) переходитъ въ слѣдующую:

$$\frac{v_0}{R}t = \sqrt{\frac{\delta}{2c}}\left\{B\left(1+\frac{1}{4}\delta-\frac{1}{32}\delta^2\dots\right) + (1-c)\left(1-\frac{1}{12}\delta+\frac{3}{160}\delta^2\dots\right)\right\} \\ = \sqrt{\frac{\delta}{2c}}\left\{B+1-c+\delta\frac{3B+c-1}{12}-\delta^2\frac{5B+3c-3}{160}\dots\dots\dots\right\}\dots\dots\dots(247)$$

§ 100. Главное вниманіе заслуживаетъ первый членъ написаннаго ряда. Онъ легко можетъ быть преобразованъ въ форму, имѣющую простое геометрическое значеніе. Легко провѣрить, что

$$(B+1-c)\sqrt{\frac{\delta}{2c}} = \sqrt{\frac{1}{2}(B+1-c)}\sqrt{\frac{(A-B)(B+1-c)}{cB}} = \\ = \sqrt{\frac{1}{2}(B+1-c)}\sqrt{1+x_1-2\sqrt{x_1}\cos\theta}\dots\dots\dots(248)$$

Сравнивая эту формулу съ уравненіемъ (231), мы видимъ, что первый членъ ряда (247) соотвѣтствуетъ прямолинейному распространенію сейсмическихъ волнъ, ибо $R\sqrt{1+x_1-2\sqrt{x_1}\cos\theta}$ представляетъ часть хорды отъ гипоцентра до станціи. Скорость распространенія равняется скорости v_0 ,

помноженной на множитель, близкій къ единицѣ. Развиваемъ этотъ множитель въ рядъ по восходящимъ степенямъ $\sin^2 \frac{\theta}{2}$. Мы получаемъ

$$\frac{1}{2}(B+1-c) = \frac{1}{2} \left(1 - c + c \sqrt{x_1} + \sqrt{1 - c + cx_1} \right) - \frac{c \sqrt{x_1} (\sqrt{1 - c + cx_1} + c \sqrt{x_1})}{\sqrt{1 - c + cx_1}} \sin^2 \frac{\theta}{2} + \frac{c^2 x_1 (1 - c + cx_1 - c^2 x_1)}{(1 - c + cx_1)^{\frac{3}{2}}} \sin^4 \frac{\theta}{2} \dots = \frac{1}{2} q_0 - q_1 \sin^2 \frac{\theta}{2} + q_2 \sin^4 \frac{\theta}{2} \dots, \quad (249)$$

если положимъ

$$q_0 = 1 - c + c \sqrt{x_1} + \sqrt{1 - c + cx_1}, \dots \dots \dots (250)$$

$$q_1 = \frac{c \sqrt{x_1} (\sqrt{1 - c + cx_1} + c \sqrt{x_1})}{\sqrt{1 - c + cx_1}}, \dots \dots \dots (251)$$

$$q_2 = \frac{c^2 x_1 (1 - c + cx_1 - c^2 x_1)}{(1 - c + cx_1)^{\frac{3}{2}}}, \dots \dots \dots (252)$$

Итакъ, съ точностью до членовъ высшаго порядка получаемъ изъ (248) и (249) слѣдующее выраженіе:

$$t = R \sqrt{1 + x_1} - 2 \sqrt{x_1} \cos \theta : \left(\frac{v_0}{\sqrt{\frac{1}{2} q_0}} \right) \dots \dots \dots (253)$$

Величина q_0 также имѣетъ довольно простое геометрическое значеніе. Обозначимъ черезъ r_1 нѣкоторое разстояніе отъ центра земли, опредѣляемое уравненіемъ:

$$r_1 = \sqrt{R(R-h)} \dots \dots \dots (254)$$

а скорость на этомъ разстояніи обозначимъ черезъ v_1 . Тогда на основаніи формулы (213) легко видѣть, что

$$1 - c + c \sqrt{x_1} = \frac{v_0^2}{v_1^2} \dots \dots \dots (255)$$

Обозначимъ далѣе скорость на глубинѣ очага черезъ v_h . Тогда такимъ же образомъ убѣдимся въ томъ, что

$$\sqrt{1 - c + cx_1} = \frac{v_0}{v_h} \dots \dots \dots (256)$$

Слѣдовательно,

$$v_0 : \sqrt{\frac{1}{2} q_0} = v_0 \sqrt{\frac{2v_1^2 v_h}{v_0^2 v_h + v_0 v_1^2}} = V \dots \dots \dots (257)$$

представляет некоторую скорость, по числовой величинѣ находящуюся между скоростями v_0 и v_h . Нетрудно найти приближенное выраженіе для q_0 . Развивая (250) въ рядъ по восходящимъ степенямъ $\frac{h}{R}$ и ограничиваясь первой степенью, находимъ:

$$q_0 = 2 \left(1 - c \frac{h}{R} \right), \dots \dots \dots (258)$$

и, слѣдовательно,

$$V = v_0 \left(1 + \frac{1}{2} c \frac{h}{R} \right) \dots \dots \dots (259)$$

Эта формула аналогична формулѣ (175) въ § 53, между тѣмъ какъ (257) соответствуетъ формулѣ (171). Въ первомъ приближеніи, слѣдовательно, распространеніе сейсмическихъ волнъ по закону (213) происходитъ такимъ же образомъ, какъ это было выяснено въ предыдущемъ изслѣдованіи. Замѣчанія, сдѣланныя въ § 53, остаются въ силѣ и теперь.

Въ слѣдующемъ мы для сокращенія будемъ обозначать первый членъ разложенія (247) буквой p , какъ и въ предыдущемъ изслѣдованіи¹⁾, такъ что

$$p = \frac{R}{V} \sqrt{1 + x_1 - 2Vx_1 \cos \theta} = \frac{1}{V} \sqrt{h^2 + 4R(R-h) \sin^2 \frac{\theta}{2}}, \dots (260)$$

гдѣ значеніе V опредѣляется уравненіемъ (257) или съ достаточной точностью уравненіемъ (259).

§ 101. Разсмотримъ теперь члены высшаго порядка ряда (247), пользуясь сокращеніями (250), (251) и (252). Формула (247) можетъ быть написана въ видѣ

$$t = p \sqrt{1 - \frac{q_1}{q_0} \sin^2 \frac{\theta}{2} + \frac{q_2}{q_0} \sin^4 \frac{\theta}{2} \dots} \left\{ 1 + \delta \frac{3B+c-1}{12(B+1-c)} - \delta^2 \frac{(5B+3c-3)}{160(B+1-c)} \dots \right\} \dots (261)$$

гдѣ p имѣетъ значеніе (260). Введемъ еще слѣдующія сокращенія:

$$C_1 = \frac{3B+c-1}{12(B+1-c)} \dots \dots \dots (262)$$

$$C_2 = \frac{5B+3c-3}{160(B+1-c)} \dots \dots \dots (263)$$

и замѣтимъ, что δ и $\sin^2 \frac{\theta}{2}$ одинаковаго порядка [см. (245)]. Тогда можно

¹⁾ См. § 53, форм. (172). Тамъ было положено $R=1$; здѣсь мы придерживаемся болѣе общей формулировки.

развить (261) въ рядъ слѣдующимъ образомъ:

$$t = p \left\{ 1 - \frac{q_1}{q_0} \sin^2 \frac{\theta}{2} + \frac{2q_2 q_0 - q_1^2}{2q_0^2} \sin^4 \frac{\theta}{2} \dots \right\} \left\{ 1 + C_1 \delta - C_2 \delta^2 \dots \right\}$$

$$= p \left\{ 1 - \frac{q_1}{q_0} \sin^2 \frac{\theta}{2} + C_1 \delta + \frac{2q_2 q_0 - q_1^2}{2q_0^2} \sin^4 \frac{\theta}{2} - C_1 \frac{q_1}{q_0} \delta \sin^2 \frac{\theta}{2} - C_2 \delta^2 + \dots \right\} \dots (264)$$

Здѣсь коэффициенты q_0, q_1, q_2 представляютъ функція малой величины перваго порядка $\frac{h}{R}$, а C_1 и C_2 содержатъ обѣ малыя величины $\frac{h}{R}$ и $\sin^2 \frac{\theta}{2}$. Въ рядѣ (264) эти коэффициенты являются помноженными на малыя величины $\sin^2 \frac{\theta}{2}$ и δ . Ограничиваясь членами второго порядка, мы можемъ, слѣдовательно, въ коэффициентахъ членовъ перваго порядка въ (264) отбросить члены второго порядка, а въ коэффициентахъ членовъ второго порядка (264) отбросить и члены перваго порядка. Простое алгебраическое вычисленіе приводитъ тогда къ слѣдующему виду искомаго ряда:

$$t = p \left\{ 1 - \frac{1}{6} c(c+2) \sin^2 \frac{\theta}{2} - \frac{1}{3} c(c^2-1) \frac{h}{R} \sin^2 \frac{\theta}{2} + \frac{1}{24} c(2c+1) \left(\frac{h}{R}\right)^2 - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{40} c^2(5c^2+4c-4) \sin^4 \frac{\theta}{2} \dots \right\} \dots \dots \dots (265)$$

Вліяніе четырехъ поправочныхъ членовъ въ скобкахъ на результатъ неодинаково. Мы оцѣниваемъ значенія ихъ, полагая $c = 4, 6$ и разсматривая θ въ предѣлахъ отъ 0° до 9° . Первый изъ разбираемыхъ четырехъ членовъ при $\theta = 9^\circ$ достигаетъ величины 0,03, между тѣмъ какъ послѣдній членъ въ этомъ крайнемъ случаѣ составляетъ только $\frac{1}{30}$ перваго. Имъ можно на практикѣ пренебречь. Второй и третій члены зависятъ отъ $\frac{h}{R}$ и при сравнительно большемъ значенія этой дроби могутъ пріобрѣтать нѣкоторое значеніе. Полагая $\frac{h}{R} = 0,02$ ($h = 127$ км.), мы видимъ, что второй членъ можетъ составлять $\frac{1}{10}$ перваго, между тѣмъ какъ третій и въ этомъ случаѣ составляетъ $< \frac{1}{30}$ перваго. Такимъ образомъ только первый поправочный членъ на практикѣ можетъ имѣть нѣкоторое значеніе, между тѣмъ какъ послѣдніе члены, а подавно члены высшаго порядка, здѣсь не написанные, практическаго значенія не имѣютъ.

Интересно, сравнить съ рядомъ (265) развитіе, полученное нами раньше въ предположеніи кругообразной траекторіи сейсмическихъ волнъ. Для этого случая мы нашли въ § 53 формулу (173), которую мы здѣсь повторяемъ, отбрасывая послѣдній членъ, ибо онъ, какъ видно изъ таблицы § 63, при $\theta = 9^\circ$ достигаетъ только 0,1 сек., и слѣдовательно при нынѣшней точности сейсмометрическихъ наблюдений практическаго значенія не

имѣетъ. Формула гласитъ такъ:

$$t = p \left(1 - \frac{1}{6} ab p^2 \right) = p \left\{ 1 - \frac{4}{6} ab \frac{R^2}{V^2} \left[\sin^2 \frac{\theta}{2} - \frac{h}{R} \sin^2 \frac{\theta}{2} + \frac{1}{4} \left(\frac{h}{R} \right)^2 \right] \right\} \dots (173)$$

Поправочные члены въ скобкахъ аналогичны поправочнымъ членамъ въ (265), только значеніе коэффициентовъ нѣсколько иное. Коэффициенту напр. перваго члена $\frac{1}{6} c (c + 2)$ здѣсь соотвѣтствуетъ $\frac{1}{6} \cdot 4ab \frac{R^2}{V^2}$. Числовыя величины этихъ выраженій для $c = 3, 4$ и для данныхъ § 84 совпадаютъ.

§ 102. Нетрудно вывести теперь и формулу для промежутка времени t_0 . Стоитъ только въ предыдущихъ формулахъ принять $\theta = 0$. Въ (265) тогда всѣ поправочные члены уничтожаются за исключеніемъ члена, содержащаго $\left(\frac{h}{R} \right)^2$, который, однако, какъ мы видѣли, даже при сравнительно большихъ глубинахъ h составляетъ $< 0,001$ и поэтому также можетъ быть пропущенъ. Остается одно выраженіе p , которое при $\theta = 0$, на основаніи (260), представляется въ слѣдующемъ видѣ:

$$t_0 = \frac{h}{V} \dots \dots \dots (266)$$

Такимъ образомъ мы получимъ окончательно для искомаго промежутка времени τ слѣдующую формулу:

$$\tau = p - \frac{h}{V} - \frac{1}{6} c \left[c + 2 + 2(c^2 - 1) \frac{h}{R} \right] p \sin^2 \frac{\theta}{2}, \dots \dots (267)$$

гдѣ p имѣетъ значеніе (260). Найденная формула соотвѣтствуетъ формулѣ (174) § 53 и мы видимъ, слѣдовательно, что на небольшихъ эпицентральныхъ разстояніяхъ траекторіи сейсмическихъ лучей съ одинаковымъ правомъ могутъ быть принимаемы за окружности или за гиперболы; только интерпретація постоянныхъ, входящихъ въ формулу будетъ нѣсколько иная въ томъ или другомъ случаѣ.

§ 103. Замѣчанія, сдѣланныя по поводу опредѣленія неизвѣстныхъ величинъ въ § 53, § 63 и § 64, остаются въ силѣ и въ разсмотрѣнномъ здѣсь случаѣ. Неизвѣстную c можно было бы опредѣлять только при помощи послѣдняго поправочнаго члена формулы (267), такъ какъ она въ выраженіе V входитъ только съ постояннымъ коэффициентомъ, какъ видно по (259). Надежное опредѣленіе этой величины одновременно съ опредѣленіемъ h по этому едва-ли можетъ быть получено; первая задача рѣшается при помощи наблюденій на болѣе отдаленныхъ отъ эпицентра станціяхъ,

вторая же — при помощи близкихъ станцій. Въ большинствѣ случаевъ приходится, слѣдовательно, ограничиваться приближенной величиной c , принимаемой на основаніи какихъ-нибудь постороннихъ соображеній, и такимъ образомъ вычислять поправочные члены, если они вообще достигаютъ замѣтной величины.

На этомъ основаніи прямое опредѣленіе скорости v_0 не представляется цѣлесообразнымъ. Какъ видно изъ сравненія уравненій (259), (260) и (267), неизвѣстная v_0 входитъ въ задачу съ постояннымъ множителемъ, содержащимъ c и h . Въ зависимости отъ предположеній относительно c и отъ опредѣляемой глубины h , мѣняется и v_0 , между тѣмъ какъ введенная нами величина V получается изъ уравненій независимо отъ значеній другихъ неизвѣстныхъ.

Неизвѣстными нашей задачей являются, слѣдовательно, величины V и h , къ которымъ только въ случаѣ очень большихъ глубинъ и весьма точныхъ наблюденій можетъ быть присоединена еще третья неизвѣстная c . вмѣсто h введемъ величину

$$z = \frac{h}{R}, \dots\dots\dots (268)$$

чтобы сохранить аналогію съ результатами предыдущаго изслѣдованія, въ которомъ мы полагали, что $R = 1$. Смотра по вкусу вычислителя уже не трудно будетъ преобразовать формулы такъ, чтобы получить h въ какихъ угодно другихъ единицахъ. При помощи обозначенія (268) основная формула (267) можетъ быть написана слѣдующимъ образомъ:

$$\frac{V}{R} \tau = \sqrt{z^2 + 4(1-z)\sin^2 \frac{\theta}{2}} \left\{ 1 - \frac{1}{6}c(c+2)\sin^2 \frac{\theta}{2} - \frac{1}{3}c(c^2-1)z\sin^2 \frac{\theta}{2} \right\} - z, \dots (269)$$

гдѣ послѣдній членъ на правой сторонѣ соответствуетъ промежутку времени t_0 .

§ 104. На основаніи формулы (269) очень легко выводятся производныя $\frac{\partial \tau}{\partial z}$, $\frac{\partial \tau}{\partial V}$ и $\frac{\partial \tau}{\partial c}$. Нѣкоторыхъ вычисленій требуетъ только первая изъ нихъ. Отбрасывая члены высшаго чѣмъ второго порядка, мы получаемъ послѣ нѣкоторыхъ простыхъ преобразованій:

$$\frac{\partial \tau}{\partial z} = \frac{R}{V} \left\{ \frac{1}{\sqrt{4\sin^2 \frac{\theta}{2} + z^2 - 4z\sin^2 \frac{\theta}{2}}} \left[z - 2\sin^2 \frac{\theta}{2} - \frac{1}{6}c(c+2)z\sin^2 \frac{\theta}{2} - \frac{1}{3}c(4c^2 - c - 6)\sin^2 \frac{\theta}{2} \right] - 1 \right\} \dots 270$$

Множитель въ скобкахъ [] соответствуетъ величинѣ $f\left(h - 2 \sin^2 \frac{\theta}{2}\right)$, входящей въ формулу (190) § 63. Обращаемъ особое вниманіе на то обстоятельство, что первый членъ двучлена въ скобкахъ { } порядка не ниже $\frac{1}{2}$, между тѣмъ какъ второй членъ — единица — нулевого порядка. Этотъ второй членъ представляетъ вліяніе промежутка времени t_0 . Нельзя поэтому ограничиться выводомъ производной $\frac{\partial t}{\partial z}$, пренебрегая производной $\frac{\partial t_0}{\partial z}$. Постоянныя части производныхъ, впрочемъ, сливаются съ введенной нами въ § 54 поправкой времени наступленія сотрясенія въ эпицентрѣ δx . Можно, конечно, исключить эту четвертую неизвѣстную, а также постоянныя части въ коэффициентахъ остальныхъ неизвѣстныхъ, указаннымъ нами въ § 63 путемъ, т. е. такимъ образомъ, что вычисленію подвергаются не уравненія, получаемыя прямо изъ наблюдений, а только отступленія ихъ отъ арифметическаго средняго изъ всѣхъ уравненій.

Остальныя производныя получаются очень просто и не даютъ повода къ какимъ-либо новымъ замѣчаніямъ. Вотъ они:

$$\frac{\partial \tau}{\partial V} = - \frac{\tau}{V} \dots \dots \dots (271)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tau}{\partial c} &= - \frac{1}{3} \frac{R}{V} \left\{ (c+1) \sin^2 \frac{\theta}{2} + (3c^2-1) z \sin^2 \frac{\theta}{2} \right\} \sqrt{4 \sin^2 \frac{\theta}{2} + z^2 - 4z \sin^2 \frac{\theta}{2}} \\ &= - \frac{1}{3} p \left\{ (c+1) \sin^2 \frac{\theta}{2} + (3c^2-1) z \sin^2 \frac{\theta}{2} \right\} \dots \dots \dots (272) \end{aligned}$$

§ 105. Результаты предыдущихъ изслѣдованій приводятъ къ заключенію, что для рѣшенія задачи опредѣленія глубины очага съ одинаковымъ правомъ можно пользоваться либо закономъ (48) въ § 88 или § 29, либо закономъ (213) въ § 89 [или (47) въ § 28]. Въ томъ и другомъ случаѣ необходимо знать, хотя бы приближенно, величину нѣкоторой постоянной, опредѣляющей кривизну лучей. Эта постоянная можетъ быть получена, вообще говоря, только изъ наблюдений на станціяхъ, не очень близкихъ къ эпицентру. Одновременно рѣшается и вопросъ, насколько предполагаемый законъ измѣненія скорости отвѣчаетъ истинѣ. Принятая нами въ предыдущемъ изслѣдованіи формула (48) была провѣрена нами въ § 84 на данныхъ землетрясенія въ Мессинѣ 28 дек. 1910 г. Рѣшимъ теперь ту же задачу на основаніи закона (213).

Для землетрясенія въ Мессинѣ можно пренебрегать глубиной очага. Поэтому въ формулахъ (238), (239) и (242) нужно принимать $x_1 = 1$, между тѣмъ какъ $t_0 = 0$. Помѣтимъ въ этомъ случаѣ выраженія A и B въ

(238) и (239) индексомъ 1, такъ что:

$$A_1 = 1 + c \dots \dots \dots (273)$$

$$B_1 = c \cos \theta + \sqrt{1 - c^2 \sin^2 \theta} \dots \dots \dots (274)$$

Для времени пробѣга получимъ тогда изъ (242):

$$t = \frac{R}{2v_0 \sqrt{c}} \left\{ (1 - c) \log \operatorname{nat} \frac{A_1 + \sqrt{A_1^2 - B_1^2}}{B_1} + \sqrt{A_1^2 - B_1^2} \right\} \dots (275)$$

Эта формула тождественна съ формулой (86) князя Голицына¹⁾, въ которую входитъ $\sin \epsilon$ какъ величина, требующая предварительнаго вычисления. $\sin \epsilon$, въ свою очередь, зависитъ отъ $\sqrt{1 - c^2 \sin^2 \theta}$, какъ и величина B_1 , входящая въ нашу формулу. Вслѣдствіе этого обстоятельства формула (275), а слѣдовательно и законъ (213), вообще не пригодны для представленія наблюдений на любыхъ эпицентральныхъ разстояній, а только на такихъ, для которыхъ

$$1 \geq c^2 \sin^2 \theta.$$

На основаніи этого неравенства легко вычисляются максимальныя разстоянія θ_m , до которыхъ формула (275) примѣнима. Максимальныя глубины h_m , до которыхъ проникаютъ лучи, обнимающіе центральные углы θ_m , вычисляются помощью формулы (89) князя Голицына²⁾. Для различныхъ значеній c , приведенныхъ въ § 91, мы такимъ образомъ получимъ слѣдующія величины:

$c =$	2,310	3,529	4,633
$\theta_m =$	25° 38'	16° 26'	12° 27'
$h_m =$	910 км.	540 км.	390 км.

Сравнивая эти величины съ числами § 91, мы видимъ, что законъ (213) и вытекающая изъ него формула (275) примѣнимы до тѣхъ поръ, пока еще получается достаточное согласіе со скоростями Вихерта; дальше получаются уже мнимыя величины и формула теряетъ смысла.

§ 106. Приводимъ теперь результаты вычисленій для землетрясенія въ Мессинѣ. Въ нижеслѣдующей таблицѣ помѣщены два ряда чиселъ, по-

1) Князь Голицынъ, стр. 388, форм. (86).
2) Князь Голицынъ, стр. 390, форм. (89).

лученныхъ на основаніи формулы (275), приче́мъ принято $c = 2,310$ и $c = 3,529$. Кроме́ того повторяются результаты вычисленія, основаннаго на законѣ $v = a - br^2$.

θ	Набл. Время T_0	По формулѣ (275)				На основ. закона	
		$v_0 = 7,34$ $c = 2,310$		$v_0 = 7,17$ $c = 3,529$		$v = a - br^2$ (см. § 84)	
		T_c	$T_0 - T_c$	T_c	$T_0 - T_c$	T_c	$T_0 - T_c$
0° 47'	13°	11,8	+ 1,2	12,1	+ 0,9	11,7	+ 1,3
2 53	44	43,7	+ 0,3	44,6	— 0,6	42,5	+ 1,5
4 13	59	64,1	— 5,1	65,1	— 6,1	62,2	— 3,2
6 6	84	91,9	— 7,9	93,5	— 9,5	89,4	— 5,4
7 1	98,5	105,5	— 7,0	107,4	— 8,9	102,7	— 4,2
7 40,6	110,2	115,4	— 5,2	117,2	— 7,0	112,2	— 2,0
9 12	128,6	137,5	— 8,9	139,8	— 11,2	133,5	— 4,9
10 15	151	153,0	— 2,0	154,4	— 3,4	148,1	+ 2,9
11 42,5	167	173,9	— 6,9	174,5	— 7,5	168,0	— 1,0
12 23	177	183,4	— 6,4	183,6	— 6,6	176,9	+ 0,1
13 13	188,5	195,2	— 6,7	194,7	— 6,2	187,7	+ 0,8
14 11	206,3	208,4	— 2,1	206,7	— 0,4	200,2	+ 6,1
15 47,5	227	230,6	— 3,6	225,6	+ 1,4	220,6	+ 6,4
18 31,5	256	266,4	— 10,4	—	—	253,8	+ 2,2
21 28	289	302,4	— 13,4	—	—	287,4	+ 1,6
22 33	303	314,7	— 11,7	—	—	299,4	+ 3,6
23 41	307	327,2	— 20,2	—	—	311,6	— 4,6

По приведеннымъ числамъ видно, что примѣненіе формулы (275) не только ограничено сравнительно узкимъ интерваломъ, но также, что она нѣсколько хуже представляетъ наблюденія, чѣмъ формула $v = a - br^2$. Мы приходимъ, слѣдовательно, къ заключенію, что кругообразная орбита ближе подходит къ истинѣ, чѣмъ гиперболическая.

Нѣкоторыя другія формулы выражающія распределе́ние скоростей.

§ 107. Въ предыдущемъ мы подробно разсмотрѣли двѣ формулы, выражающія распределе́ние скоростей сейсмическихъ волнъ внутри земли, и опредѣляющія видъ сейсмическихъ лучей какъ дуги окружности или гиперболы. Мы видѣли, что примѣнительно къ задачѣ объ опредѣленіи глубины очага землетрясенія обѣ формулы приводятъ къ одинаковымъ результатамъ ввиду того, что въ этомъ случаѣ приходится имѣть дѣло только съ небольшими частями названныхъ дугъ.

Разобранныя нами формулы, конечно, не представляютъ единственной попытки выразить истинное распределе́ние скоростей въ видѣ простой закономерности. До сихъ поръ были предложены еще нѣкоторые другіе законы, но уже безъ основательной и точной повѣрки на основаніи наблюденій или теоретическихъ соображеній. Едва-ли можно сомнѣваться въ томъ, что примѣнительно къ опредѣленію глубины очага и всякія другія формулы приведутъ къ тѣмъ-же результатамъ, къ которымъ мы пришли, разобравшись въ случаяхъ окружности круга и гиперболы. Обстоятельныя алгебраическія вычисленія, доказывающія справедливость такого предположенія, не представляютъ, однако, большого интереса, и мы поэтому ими не займемся. Ограничимся лишь нѣкоторыми замѣчаніями.

§ 108. Въ предыдущемъ изслѣдованіи было указано (§ 33) на формулу Knott'а¹⁾, которую мы напишемъ здѣсь въ видѣ:

$$v^2 = p - qr^2 \dots \dots \dots (276)$$

Эта формула служила основаніемъ недавно вышедшей работы Pilgrim'а²⁾, который вводитъ, впрочемъ, еще рядъ добавочныхъ гипотезъ.

1) C. G. Knott. Seismic Radiations. Proc. R. Soc. Edinburgh. 28, 1908 г., стр. 217.

2) Ludwig Pilgrim. Die Berechnung der Laufzeiten eines Erdstosses mit Berücksichtigung der Herdtiefen, gestützt auf neuere Beobachtungen.—Beitr. zur Geophys. Bd. XII, № 10, стр. 363—483. 1913 г.

Прежде всего обращаемъ вниманіе на то обстоятельство, что формула Knott'a не позволяетъ выразить параметръ k или $\cos \epsilon$ въ видѣ явной функціи отъ θ . Въ самомъ дѣлѣ, подставляя (276) въ (56) § 87, получаемъ:

$$d\vartheta = \frac{k \sqrt{p - qr^2} dr}{r \sqrt{r^2(1 + qk^2) - pk^2}} \dots \dots \dots (277)$$

откуда

$$\vartheta = \arctang \sqrt{\frac{r^2(1 + qk^2) - pk^2}{k^2(p - qr^2)}} - \sqrt{\frac{qk^2}{1 + qk^2}} \arctang \sqrt{\frac{q[r^2(1 + qk^2) - pk^2]}{(1 + qk^2)(p - qr^2)}} + \text{const} (278)$$

Общій видъ этого выраженія не мѣняется, если написать его соответственно для угловъ α , φ , θ . . . (§ 86), а поэтому и нельзя вывести k или $\cos \epsilon$ какъ функцію отъ θ . Формула Knott'a не позволяетъ, слѣдовательно, для даннаго эпицентрального разстоянія вычислять соответствующій уголъ выхода. Можно только для ряда произвольно выбранныхъ угловъ ϵ вычислять соответствующія имъ разстоянія θ , и въ получаемой такимъ путемъ таблицѣ чиселъ интерполировать величины, относящіяся къ мѣстамъ наблюдений. Формула для времени пробѣга получается изъ (57) въ довольно простомъ видѣ, но независимой переменнѣе въ ней будетъ не θ , а k , такъ что рассматриваемое затрудненіе существуетъ и въ этомъ случаѣ.

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что формула Knott'a представляетъ серьезныя неудобства для практическихъ вычислений. Примѣненіе строгаго способа наименьшихъ квадратовъ требуетъ много сложныхъ выкладокъ, а устранить эти затрудненія можно только болѣе или менѣе произвольнымъ выборомъ значеній постоянныхъ p и q , т. е. отказомъ отъ полной строгости.

§ 109. Послѣдній, едва-ли одобряемый образъ дѣйствія представляетъ характерную черту вышеприведенной работы Pilgrim'a. Не говоря уже о томъ, что въ ней постоянныя p и q выбираются сначала такъ, чтобы болѣе или менѣе близко воспроизводить числа Вихерта (§ 88), а затѣмъ произвольно нѣсколько измѣняются, авторъ вводитъ еще два уровня перерыва на глубинахъ 2 км. и 100—170 км. и до этихъ глубинъ назначаетъ скорости совершенно произвольно. Какихъ-либо числовыхъ выкладокъ или иныхъ строгихъ доводовъ, доказывающихъ существованіе упомянутыхъ поверхностей, въ работѣ не имѣются. Рядъ землетрясеній, вычисленныхъ авторомъ, даютъ, правда, довольно хорошее согласіе между наблюдениемъ и вычислениемъ, но нѣтъ доказательства, что полученное воспроизведеніе наблюдений представляетъ дѣйствительно наилучшій достижимый этимъ путемъ результатъ.

Въ вычисленія Pilgrim'a входятъ и глубины очаговъ землетрясеній, по его предположенію довольно значительныя, т. е. 100 км., 140 км., 170 км. . . . Введеніе такихъ значительныхъ глубинъ подробно не мотивируется, такъ что получается впечатлѣніе, что именно этими значительными глубинами компенсируется разногласіе между вычисленіемъ и наблюденіемъ для болѣе отдаленныхъ станцій.

Не нужно больше повторять, что задача о глубинѣ очага можетъ быть рѣшена только при помощи близкихъ къ эпицентру станцій. А между тѣмъ, для большой части примѣровъ Pilgrim'a вовсе нѣтъ наблюденій вблизи эпицентра, такъ что предположенія о какихъ-либо глубинахъ залеганія совершенно произвольны. Нѣкоторые другіе его примѣры нами были уже разсмотрѣны въ предыдущемъ изслѣдованіи на основаніи изложенныхъ тамъ строгихъ методовъ. Думается, что полученные такимъ образомъ результаты заслуживаютъ предпочтенія передъ не вполне проверенными предположеніями.

§ 110. Особенная, до сихъ поръ нами еще не разсмотрѣнная гипотеза о распредѣленія скоростей предложена Aug. Schmidt'омъ, о которой авторъ ея сообщаетъ въ недавно вышедшей статьѣ¹⁾. По сообщенію автора эта гипотеза высказана и разработана имъ уже очень давно²⁾, къ сожалѣнію въ весьма трудно доступной публикаціи. Не имѣя возможности ознакомиться со старой работой Schmidt'a, я долженъ ограничиться краткимъ изложеніемъ его взглядовъ, помѣщенныхъ въ недавно вышедшей статьѣ.

По предположенію Schmid'ta скорость распространенія сейсмическихъ волнъ возрастаетъ пропорціонально глубинѣ. Для вывода формулъ авторъ сначала предполагаетъ, что земная поверхность представляетъ плоскость. Опредѣливъ траекторію упругихъ колебаній въ средѣ описанныхъ свойствъ, онъ мысленно деформируетъ разсматриваемое имъ пространство до тѣхъ поръ, пока предѣльная плоскость не обратится въ шаровую поверхность.

По этому краткому реферату не вполне ясно, на сколько описанная деформация можетъ привести къ строгому выводу. Прямой и вмѣстѣ съ тѣмъ строгій способъ рѣшенія задачи состоялъ бы въ слѣдующемъ. По предположенію Шмита скорость распространенія упругихъ колебаній

¹⁾ Aug. Schmidt. Zur Herdtiefe des süddeutschen Erdbebens vom 16. Nov. 1911. Beitr. zur Geophys. XII, 1, стр. 1. 1912.

²⁾ Aug. Schmidt. Die zyklische Refraktion. Programm des Stuttgarter Realgymnasiums 1878.

должна быть линейной функцией радиуса вектора, т. е. по положению

$$v = f - gr, \dots\dots\dots(279)$$

гдѣ f и g положительныя постоянныя. Подставивъ это выраженіе въ (56), § 87, получимъ:

$$d\vartheta = \frac{k(f - gr) dr}{r \sqrt{(1 - g^2 k^2) r^2 + 2fgk^2 r - f^2 k^2}} \dots\dots\dots(280)$$

а отсюда слѣдуетъ:

$$\vartheta = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tang} \left\{ \sqrt{1 - g^2 k^2} \left[r + \sqrt{r^2 + \frac{2fgk^2}{1 - g^2 k^2} r - \frac{f^2 k^2}{1 - g^2 k^2}} \right] \right\} \\ - \frac{kg}{\sqrt{1 - g^2 k^2}} \log \left\{ r + \frac{fgk^2}{1 - g^2 k^2} + \sqrt{r^2 + \frac{2fgk^2}{1 - g^2 k^2} r - \frac{f^2 k^2}{1 - g^2 k^2}} \right\} + \operatorname{const.} \dots\dots(281)$$

Формула получилась довольно сложная, причемъ и здѣсь имѣеть мѣсто замѣчаніе, сдѣланное въ § 108 по поводу формулы Knott'a. Нельзя выразить параметръ k или $\cos \epsilon$ въ видѣ явной функции отъ эпицентрального разстоянія. Мы поэтому не останавливаемся на дальнѣйшей разработкѣ слѣдствій, вытекающихъ изъ закона (279).

§ III. Всѣ разсмотрѣнныя до сихъ поръ формулы распределенія скоростей отличаются тѣмъ общимъ свойствомъ, что въ нихъ имѣются по двѣ постоянныя, опредѣляемыя такъ, чтобы лучше всего воспроизводить наблюденія. Такимъ образомъ нетрудно получить довольно точное представленіе наблюдательнаго матеріала, несмотря на то, что формулы скоростей носятъ исключительно эмпирическій характеръ, и примѣнимы только по сравнительно небольшой толщѣ земной коры ($\frac{1}{5} R$ или $\frac{1}{4} R$).

Такой результатъ можно достигнуть, однако, и значительно проще при помощи формулы, содержащей только одну эмпирическую постоянную, и допускающей весьма простыя алгебраическія преобразованія. Болѣе подробнымъ развитіемъ этой мысли мы здѣсь еще займемся.

Предлагаемую формулу я здѣсь напишу въ слѣдующемъ видѣ:

$$v = \frac{\mu}{r^3}, \dots\dots\dots(282)$$

гдѣ μ — эмпирическая постоянная. Изъ нижеслѣдующихъ развитій можно будетъ легко усматривать, что показатель радиуса вектора можетъ вообще имѣть видъ

$$2^n - 1,$$

гдѣ n — цѣлое число. Вмѣсто того, чтобы оперировать съ болѣе общимъ показателемъ, я предпочитаю, однако, разбирать только специальный случай $n = 2$, такъ какъ онъ находитъ непосредственное приложеніе къ сейсмологіи. Другіе возможные показатели радіуса вектора: 1, 7, 15... слишкомъ мало подходятъ къ условіямъ, наблюдаемымъ въ земной корѣ, а болѣе общая формулировка выводимыхъ ниже соотношеній представляетъ только математическій интересъ.

Показатель радіуса вектора является какъ-бы второй эмперической постоянной, но онъ уже не является вполнѣ произвольнымъ въ зависимости отъ наблюдаемыхъ величинъ, а заданъ впередъ математическимъ характеромъ задачи.

§ 112. Общій ходъ рѣшенія этой задачи изложенъ уже въ § 86 и § 87. Согласно развитому тамъ методу подставимъ (282) въ (56) и получимъ:

$$d\vartheta = \frac{k\mu dr}{r \cdot r^3 \sqrt{r^2 - \frac{k^2 \mu^2}{r^6}}} = \frac{k\mu r dr}{r^2 \sqrt{r^8 - k^2 \mu^2}} \dots \dots \dots (283)$$

Дифференціалъ написаннаго вида можно упростить подстановкой

$$r^2 = x; \quad r dr = \frac{1}{2} dx, \dots \dots \dots (284)$$

при помощи которой (283) переходитъ въ

$$2d\vartheta = \frac{k\mu dx}{x \sqrt{x^4 - k^2 \mu^2}} \dots \dots \dots (285)$$

одинаковаго вида съ (283), но съ меньшимъ показателемъ перемѣнной подъ знакомъ радикала. Подстановку типа (284) можно, слѣдовательно, повторять до окончательнаго упрощенія дифференціала, и это замѣчаніе простирается на всѣ показатели перемѣнной r въ (282) вида $2^n - 1$.

Въ разсматриваемомъ здѣсь частномъ случаѣ получимъ неопредѣленный интегралъ въ видѣ:

$$2\vartheta = \text{arc tang} \frac{r^4 + \sqrt{r^8 - k^2 \mu^2}}{k\mu} + \text{const.} \dots \dots \dots (286)$$

Уголъ α (§ 86) получимъ, взявъ интегралъ въ предѣлахъ отъ r_m до R , причемъ r_m — т. е. радіусъ OP въ чертежѣ § 86 — опредѣляется изъ условія:

$$r_m : v_m = k; \quad r_m = \frac{k\mu}{r_m^3}; \quad r_m^4 = k\mu \dots \dots \dots (287)$$

Это условие также легко обобщается для случая $2^n - 1$. Для опредѣленія угла α имѣемъ, слѣдовательно:

$$2\alpha = \text{arc tang} \frac{R^4 + \sqrt{R^8 - k^2 \mu^2}}{k\mu} - \text{arc tang} 1, \dots \dots \dots (288)$$

откуда

$$\text{tang } 2\alpha = \frac{R^4 + \sqrt{R^8 - k^2 \mu^2} - k\mu}{R^4 + \sqrt{R^8 - k^2 \mu^2} + k\mu} \dots \dots \dots (289)$$

На основаніи обыкновенныхъ гониометрическихъ соотношеній изъ (289) выводятся слѣдующія формулы:

$$\sin 4\alpha = \frac{\sqrt{R^8 - k^2 \mu^2}}{R^4}, \dots \dots \dots (290)$$

$$\cos 4\alpha = \frac{\mu k}{R^4} \dots \dots \dots (291)$$

а слѣдовательно,

$$\cos 4\varphi = \frac{\mu k}{(R - h)^4} \dots \dots \dots (292)$$

§ 113. Не останавливаясь на очень простомъ обобщеніи предыдущихъ формулъ для показателя общаго вида $2^n - 1$, обратимся къ соотношеніямъ (79) и (107) § 86, согласно которымъ

$$\cos 4\varphi = \cos 4\alpha \cos 4\theta + \sin 4\alpha \sin 4\theta \dots \dots \dots (293)$$

Подставивъ сюда значенія изъ (290), (291) и (292), получимъ уравненіе для опредѣленія k въ видѣ:

$$\frac{k\mu}{(R - h)^4} = \frac{k\mu}{R^4} \cos 4\theta + \frac{\sqrt{R^8 - k^2 \mu^2}}{R^4} \sin 4\theta, \dots \dots \dots (294)$$

откуда

$$k = \frac{R}{v_0} \cos \varepsilon = \frac{R^4}{\mu} \cos \varepsilon = \frac{R^4 (R - h)^4 \sin 4\theta}{\mu \sqrt{R^8 + (R - h)^8 - 2R^4 (R - h)^4 \cos 4\theta}} \dots \dots \dots (295)$$

Для вычисленія истиннаго угла выхода получается, слѣдовательно, очень удобная строгая формула:

$$\text{tang } \varepsilon = \frac{R^4 - (R - h)^4 \cos 4\theta}{(R - h)^4 \sin 4\theta} \dots \dots \dots (296)$$

Имѣя въ виду, что $k = \frac{d\tau}{d\theta}$, мы изъ (295) можемъ вывести также формулу для опредѣленія времени пробѣга. Какъ видно, выраженіе

$$d\tau = \frac{R^4 (R - h)^4 \sin 4\theta d\theta}{\mu \sqrt{R^8 + (R - h)^8 - 2R^4 (R - h)^4 \cos 4\theta}} \dots \dots \dots (297)$$

представляет дифференціалъ величины

$$\tau = \frac{1}{4\mu} \sqrt{R^8 + (R-h)^8 - 2R^4(R-h)^4 \cos 4\theta} + \text{const.}, \dots (298)$$

гдѣ постоянная интеграція относится къ промежутку времени, соответствующему случаю $\theta = 0$, т. е. величинѣ, которую мы раньше обозначали черезъ t_0 . Итакъ

$$t = \frac{1}{4\mu} \sqrt{R^8 + (R-h)^8 - 2R^4(R-h)^4 \cos 4\theta} \dots \dots \dots (299)$$

$$t_0 = \frac{1}{4\mu} [R^4 - (R-h)^4] \dots \dots \dots (300)$$

Предыдущія формулы строги, а вмѣстѣ съ тѣмъ очень просты и удобны для вычисления. Замѣтимъ, что постоянная μ , представляющая скорость на разстояніи $r = R$, т. е. v_0 , не входитъ въ (296), такъ что истинный уголъ выхода отъ нея не зависитъ.

§ 114. Не трудно привести только что выведенныя строгія формулы (296), (299), и (300) къ тому-же виду, къ которому мы привели формулы, вытекающія изъ выше разсмотрѣнныхъ нами законовъ распредѣленія скоростей. Сначала покажемъ, что (296) приближенно можно написать въ видѣ (223) § 93 или (122) § 46.

Для этого напишемъ (296) въ видѣ

$$\text{tang } \varepsilon = \frac{\left(1 - \frac{h}{R}\right)^{-4} - 1 + 8 \sin^2 \theta (1 - \sin^2 \theta)}{4 \sin \theta \left(1 - 2 \sin^2 \frac{\theta}{2}\right) (1 - 2 \sin^2 \theta)},$$

выразимъ въ биномахъ функціи отъ θ въ видѣ функцій отъ $\frac{\theta}{2}$, и развиваемъ биномы по восходящимъ степенямъ $\frac{h}{R}$ и $\sin^2 \frac{\theta}{2}$, ограничиваясь первыми степенями этихъ дробей. Такимъ путемъ получится:

$$\text{tang } \varepsilon \sin \theta = \frac{h}{R} + 2 \sin^2 \frac{\theta}{2} \left(4 + 5 \frac{h}{R} \dots\right), \dots \dots \dots (301)$$

т. е. видъ формулъ (223) § 93 или (122) § 46. Мы видѣли уже въ § 93, что множитель члена $2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$ заключается между 4 и 5, насколько можно судить по имѣющимся до сихъ поръ числовымъ даннымъ. Такую-же величину имѣетъ соответствующій множитель въ найденной здѣсь формулѣ (301), и это обстоятельство можетъ служить доказательствомъ, что выбранная

нами третья степень радиуса вектора въ (282) ближе всего соотвѣтствуетъ условіямъ въ наружныхъ частяхъ земного шара. Разница прежнихъ формулъ съ выведенной здѣсь формулой (301) состоитъ только въ томъ, что въ этой послѣдней коэффициентъ члена $2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$ заданъ впередъ, между тѣмъ какъ въ прежнихъ формулахъ онъ можетъ быть выбранъ согласно результатамъ наблюдений. При современномъ состояніи сейсмометрическихъ наблюдений это обстоятельство, однако, не имѣетъ еще большого практическаго значенія.

§ 115. Обратимся теперь къ формулѣ (299), которую мы для дальнѣйшихъ преобразованій напомнимъ въ видѣ:

$$t = \frac{1}{4\mu} \sqrt{\{R^2 + (R-h)^2 - 2R^2(R-h)^2 \cos 2\theta\} \{R^2 + (R-h)^2 + 2R^3(R-h)^2 \cos 2\theta\}}.$$

Продолжая разложеніе биномовъ, получаемъ безъ труда слѣдующее выраженіе:

$$t = \frac{\{R + (R-h)\} \{R^2 + (R-h)^2\}}{4\mu} \times \\ \times \sqrt{\{R^2 + (R-h)^2 + 2R(R-h) \cos \theta\} \left\{1 - \frac{4R(R-h)}{[R+(R-h)]^2} \sin^2 \frac{\theta}{2}\right\} \left\{1 - \frac{4R^2(R-h)^2}{[R^2+(R-h)^2]^2} \sin^2 \theta\right\}}. \quad (302)$$

Первый множитель подъ знакомъ радикала представляетъ длину хорды, проведенной отъ очага до станціи наблюденія, между тѣмъ какъ остальные два мало отличаются отъ единицы. Множитель-же передъ знакомъ радикала представляетъ обратную величину скорости распространенія сейсмическихъ волнъ въ нѣкоторой точкѣ между очагомъ и земной поверхностью. Поступая какъ въ § 100 и пользуясь принятыми тамъ обозначеніями, мы пишемъ

$$V = \frac{\mu}{\frac{1}{4} \{R^2 + R^2(R-h) + R(R-h)^2 + (R-h)^3\}} = \\ = \frac{\mu}{\frac{1}{4} R^3 \left\{1 + 1 - \frac{h}{R} + \left(1 - \frac{h}{R}\right)^2 + \left(1 - \frac{h}{R}\right)^3\right\}} = \frac{\mu}{R^3} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{h}{R} + \dots\right). \quad (303)$$

Получилась, слѣдовательно, формула вполне аналогичная формуламъ (257) и (259); если въ (259) принять $c = 3$, эта формула стала бы тождественной съ (303).

Мы можемъ теперь, по аналогіи съ (260) писать:

$$p = \frac{1}{V} \sqrt{R^2 + (R-h)^2 - 2R(R-h) \cos \theta}, \dots \dots (304)$$

гдѣ V получается изъ (303), и p , слѣдовательно, представляетъ время, соответствующее прямолинейному распространению сейсмическихъ волнъ со скоростью V .

При помощи обозначеній (303) и (304) мы можемъ формулу (302) привести къ виду (264), а именно:

$$t = p \sqrt{\left\{ 1 - \frac{4R(R-h)}{[R+(R-h)]^2} \sin^2 \frac{\theta}{2} \right\} \left\{ 1 - \frac{4R^2(R-h)^2}{[R^2+(R-h)^2] \sin^2 \theta} \right\}}. \quad (305)$$

Коэффициенты у $\sin^2 \frac{\theta}{2}$ и у $\sin^2 \theta$ содержатъ только R и h . Ихъ можно развить въ ряды по возрастающимъ степенямъ дроби $\frac{h}{R}$. Весь радикалъ можно также развить въ рядъ по возрастающимъ степенямъ $\sin^2 \frac{\theta}{2}$, выразивъ предварительно $\sin^2 \theta$ черезъ $\sin^2 \frac{\theta}{2}$. Въ концѣ концовъ получится выраженіе, аналогичное выраженію (265). Довольствуясь только первыми степенями дробей $\frac{h}{R}$ и $\sin^2 \frac{\theta}{2}$ вслѣдствіе сдѣланныхъ въ § 101 замѣчаній, мы найдемъ для (305) выраженіе:

$$t = p \left\{ 1 - \frac{5}{2} \sin^2 \frac{\theta}{2} \dots \right\} \dots \dots \dots (306)$$

§ 116. Сокращенное выраженіе для t_0 получается очень просто изъ (300) при помощи развитія въ рядъ по возрастающимъ степенямъ дроби $\frac{h}{R}$. Имѣемъ

$$\begin{aligned} t_0 &= \frac{R^3}{\mu} \cdot \frac{1}{4} R \left\{ 1 - \left(1 - \frac{h}{R} \right)^4 \right\} = \\ &= \frac{R^3}{\mu} \cdot \frac{1}{4} R \left(4 \frac{h}{R} - 6 \frac{h^2}{R^2} \dots \right) = \frac{R^3}{\mu} \cdot h \left(1 - \frac{3}{2} \frac{h}{R} \dots \right) \dots \dots (307) \end{aligned}$$

Принимая во вниманіе обозначеніе (303), мы можемъ (307) написать просто въ видѣ:

$$t_0 = \frac{h}{V} \dots \dots \dots (308)$$

Выраженія (306) и (308) вмѣстѣ взятыя даютъ намъ наконецъ формулу для времени пробѣга, аналогичную формулѣ (267), но съ болѣе простымъ коэффициентомъ поправочнаго члена, а именно:

$$\tau = p \left\{ 1 - \frac{5}{2} \sin^2 \frac{\theta}{2} \dots \right\} - \frac{h}{V} \dots \dots \dots (309)$$

Мы видимъ, слѣдовательно, что простой законъ (282) приводитъ къ тѣмъ-же формуламъ, какъ и рассмотрѣнные выше болѣе сложные законы.

Отсюда можно вывести заключение, что специальный видъ формулы, выражающей распределение скоростей въ наружныхъ слояхъ земного шара, не имѣетъ значенія для разсматриваемой нами задачи. Небольшія поправки, необходимыя вслѣдствіе не прямолинейнаго распространенія сейсмическихъ волнь, получаются съ достаточной точностью по простымъ формуламъ типа (301) и (309).

При такомъ положеніи дѣла разсмотрѣнныя до сихъ поръ формулы распределения скоростей не могутъ претендовать на какой-либо физическій смыслъ, а представляются просто какъ эмпирическія интерполціонныя формулы. Это замѣчаніе относится въ особенности и къ разсмотрѣнной только что формулѣ (282), которая для центра земли дала бы безконечно большую скорость. Она, слѣдовательно, применима только по сравнительно небольшой толщѣ земной коры.

Остается показать на специальномъ примѣрѣ, что эта формула воспроизводитъ наблюденія не хуже, а скорѣе лучше другихъ, разсмотрѣнныхъ раньше формулъ.

§ 117. Подобно тому, какъ мы поступали въ § 84 и въ § 106, мы разсмотримъ опять землетрясеніе въ Мессинѣ, для котораго, какъ мы видѣли, можно пренебречь глубиной очага. Мы поэтому въ формулѣ (299) положимъ $h = 0$ и получимъ:

$$t = \frac{R^4}{4\mu} \sqrt{2(1 - \cos 4\theta)} \dots\dots\dots (310)$$

Эта формула соотвѣтствуетъ формулѣ (275) въ § 105. Мы видимъ, что время пробѣга въ нашемъ случаѣ просто пропорціонально $\sqrt{1 - \cos 4\theta}$. Опредѣливъ по способу наименьшихъ квадратовъ наиболѣе вѣроятную величину множителя пропорціональности для наблюденій, приведенныхъ въ § 106, мы получимъ слѣдующее представленіе наблюденій Мессинскаго землетрясенія (см. табл. на слѣд. стран.).

По самому строенію своему формула (310) непригодна для воспроизведенія наблюденій, полученныхъ на разстояніи $> 45^\circ$ отъ эпицентра. Какъ видно изъ послѣднихъ двухъ строкъ приведенной таблички, формула уже значительно раньше начинаетъ не соотвѣтствовать дѣйствительности, и разногласіе только немного уменьшилось бы, если включить и послѣднія два наблюденія въ рядъ, обработанный по способу наименьшихъ квадратовъ.

На не очень большихъ эпицентральныхъ разстояніяхъ, приблизительно до 25° , наша простая формула прекрасно воспроизводитъ наблюденія, во

θ	t_0 набл.	t_c для $v = \frac{\mu}{r^3}$	$t_0 - t_c$
0° 47'	13°	11,6	+ 1,4
2 53	44	42,6	+ 1,4
4 13	59	62,0	- 3,0
6 6	84	89,6	- 5,6
7 1	98,5	102,8	- 4,3
7 40,6	110,2	112,4	- 2,2
9 12	128,6	133,9	- 5,3
10 15	151	148,5	+ 2,6
11 42,5	167	165,1	+ 1,9
12 23	177	177,6	- 0,6
13 13	188,5	188,8	- 0,3
14 11	206,3	201,5	+ 4,8
15 47,5	227	222,1	+ 4,9
18 31,5	256	255,5	+ 0,5
21 28	289	289,5	- 0,5
22 33	303	300,4	+ 2,6
23 41	307	312,0	- 5,0
34 38	413	(396,7)	(+ 16,3)
40 45	453	(419,4)	(+ 33,6)

всякомъ случаѣ не хуже, чѣмъ другія формулы, какъ видно изъ сравненія съ табличкой въ § 106.

§ 118. Можно было бы идти еще дальше, и принять формулу (310), оставляя совершенно въ сторонѣ выводъ этого выраженія. Тогда можно было бы считать коэффициентъ 4 угла θ не заданнымъ впередъ, а определяемымъ изъ наблюдений какъ число не цѣлое, чтобы этимъ путемъ добиваться еще лучшаго воспроизведенія наблюдений. Мы на этомъ случаѣ, однако, не останавливаемся, не желая теряться въ неограниченныхъ возможностяхъ.

Дадимъ въ заключеніе еще списокъ скоростей, соответствующихъ

числамъ таблички § 117, по сравненію со скоростями, приведенными раньше въ § 88.

r	6367	6267	6167	6067	5967	5867	5767	5667
$v = \frac{\mu}{r^3} \dots\dots$	7,51	7,86	8,25	8,67	9,13	9,58	10,09	10,65
$v = a - br^2 \dots$	7,47	7,91	8,33	8,75	9,16	9,56	9,96	10,34
Разность.....	-0,04	+0,05	+0,08	+0,08	+0,03	-0,02	-0,13	-0,31

Это сопоставленіе доказываетъ, что формула (282) въ разсматриваемой здѣсь толщѣ земной коры даетъ приблизительно то распредѣленіе скоростей, которое раньше предполагалось на основаніи имѣющихся до сихъ поръ изслѣдованій. Это согласіе и доказываетъ необходимость, остановиться на видѣ $v = \frac{\mu}{r^3}$, т. е. на третьей степени радіуса вектора, а не на первой или седьмой. Высказанныя въ § 111 положенія такимъ образомъ подтверждены.

Выводы.

§ 119. По предыдущимъ изслѣдованіямъ выяснилось, что независимо отъ спеціальной формы закона распространенія сейсмическихъ волнъ внутри земли можно, на основаніи имѣющихся уже данныхъ съ совершенно достаточной для практики точностью, принимать въ расчетъ кривизну сейсмическаго луча, на сколько это требуется для рѣшенія задачи опредѣленія глубины очага землетрясенія.

Практическое осуществленіе рѣшенія задачи можетъ быть основано или на наблюденіяхъ угла выхода или на наблюденіяхъ моментовъ появленія продольныхъ волнъ. Первый элементъ заслуживаетъ предпочтеніе, ибо онъ даетъ возможность достигнуть большей точности, какъ это выяснится на нижеприведенномъ примѣрѣ. Вертикальные сейсмографы, необходимые для опредѣленія этого элемента, все больше распространяются и рѣшеніе задачи опредѣленія истиннаго смѣщенія почвы значительно продвинулось впередъ.

Относительно перехода отъ видимаго угла выхода къ истинному, нужно имѣть въ виду сдѣланныя въ § 60 и § 61 замѣчанія. Что-же касается опредѣленія глубины очага землетрясенія, то предыдущія изслѣдованія привели къ формулѣ слѣдующаго вида:

$$\frac{h}{R} = \sin \theta \operatorname{tang} \varepsilon - 2C \sin^2 \frac{\theta}{2} \dots \dots \dots (I)$$

Этотъ общій видъ соотвѣтствуетъ формулѣ (122) § 46 или (223) § 93 или, наконецъ, формулѣ (301) § 114. Во всѣхъ этихъ случаяхъ постоянная C заключается между 4 и 5. Для исходнаго закона формулы (122) § 46 по изслѣдованіямъ § 84 можно принять $C = 4.7$. Эта-же величина получается, если принять величину c князя Голицына равной 3.7¹⁾. По формулѣ (301) § 114, C должна быть немного больше 4.

¹⁾ Исходная величина князя Голицына была $c = 3.5$.

Поправки вычисляемыхъ глубинъ, получаемыя при помощи второго члена формулы I, представляются въ слѣдующемъ видѣ:

Эпиз. разст. Δ	= 20 км.	40 км.	60 км.	80 км.	100 км.
Поправка глубины	}	=	-	0.1 км.	-0.6 км.
за кривизну луча ($C=4.7$).					

Поправки эти незначительны. Для болѣе отдаленныхъ отъ эпицентра станцій онѣ достигаютъ величины случайныхъ ошибокъ и должны быть принимаемы въ расчетъ — особенно при небольшихъ глубинахъ, такъ какъ имѣютъ систематическій характеръ.

§ 120. Другимъ элементомъ, служащимъ для опредѣленія глубины очага, являются моменты наступленія сотрясенія. На основаніи предыдущихъ изслѣдованій, въ особенности § 101, формула, служащая для вычисленій, можетъ быть написана такъ:

$$t = p \left(1 - F \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2} \right), \dots \dots \dots (II)$$

гдѣ p — время прохожденія волнами прямой, соединяющей очагъ со станціей, со скоростью V , представляющей нѣкоторую среднюю скорость между скоростями v_0 и v_h , т. е. скоростями у поверхности земли и на глубинѣ очага. Виду формулы II соответствуютъ формула (173) § 53, формула (265) § 101 и формула (360) § 115 съ погрѣшностью, не достигающей 0,1 даже на эпицентральныхъ разстояніяхъ доходящихъ до 800 км.

Числовая величина множителя F будетъ 3.1 на основаніи данныхъ § 84, или 3.2 (для $c = 3.5$ по князю Голицыну), или 2.5 согласно (360) § 115. Значеніе всего поправочнаго множителя можетъ быть усматриваемо изъ таблицы § 63, по крайней мѣрѣ до эпицентрального разстоянія $\theta = 7^\circ$, съ достаточной для практики точностью. Поправки эти, составляя всего нѣсколько десятыхъ долей секунды, одинаковаго порядка съ ошибками наблюдений, но, имѣя систематическій характеръ, замѣтно вліяютъ на результатъ при строгомъ вычисленіи большого числа наблюдений.

§ 121. Опредѣливъ неизвѣстныя h и V , входяція въ выраженіе p формулы II § 120, можно вычислить скорость v_0 , соответствующую поверхности земли. Эти величины связаны между собою формулой:

$$V = v_0 \left(1 + q \frac{h}{R} \right), \dots \dots \dots (III)$$

соответствующей формулы (175) § 53, или формулы (259) § 100, или же формулы (303) № 115. Числовая величина множителя q будетъ 1.8 по даннымъ § 84, или 1.75, если принять коэффициентъ c князя Голицына равнымъ 3.5, или же 1.5 согласно § 115. Небольшое расхождение между приведенными значениями множителя q вполне допустимо при современной точности наблюдений.

Формулы II и III доказываютъ, что опредѣленіе величины v_0 невозможно, пока не известна глубина h , съ которой выходятъ сейсмическія волны. Поэтому не удивительно, что въ литературѣ встрѣчаются для v_0 весьма разнообразныя величины, хотя, конечно, незнаніе глубины очага далеко не единственная причина этого пробѣла въ нашихъ познаніяхъ.

§ 122. Относительно примѣненія способа наименьшихъ квадратовъ къ вычисленію наблюдений по формулѣ II отсылаемъ читателя къ § 54, § 63 и § 64 предыдущаго изслѣдованія. Ограничиваемся замѣчаніемъ, что множитель f , входящій въ приведенныя тамъ формулы, соответствующія кругообразной орбитѣ, большого практическаго значенія не имѣетъ.

Исходя изъ вида формулы II и имѣя въ виду значеніе p , можно написать производныя по h и V въ видѣ:

$$\frac{dt}{dh} = \frac{h - 2R \sin^2 \frac{\theta}{2}}{V \sqrt{h^2 + 4R(R-h) \sin^2 \frac{\theta}{2}}} \left(1 - F \sin^2 \frac{\theta}{2}\right); \quad \frac{dt}{dV} = -\frac{t}{V}.$$

Удобнѣе всего, по моему мнѣнію, исключать поправку момента наступленія землетрясенія δx и постоянныя части коэффициентовъ неизвѣстныхъ путемъ образованія средняго изъ всѣхъ имѣющихся уравненій и вычитанія его изъ каждаго уравненія въ отдѣльности. Кромѣ того на мой вкусъ удобнѣе принимать $R = 1$, т. е. выражать h и V въ частяхъ радіуса земли. Поправка поправочнаго члена δF изъ наблюдений совмѣстно съ δh и δV обыкновенно не опредѣляется, такъ что мы обыкновенно имѣемъ дѣло только съ двумя неизвѣстными. Таковыми можно принимать:

$$x = \frac{\delta h}{V} \quad \text{и} \quad y = 100 \frac{\delta V}{V}.$$

При такомъ выборѣ неизвѣстныхъ уравненія становятся вообще однородными. Ограничиваясь эпицентральными разстояніями до 4° или 5° , можно даже пренебрегать множителемъ $\left(1 - F \sin^2 \frac{\theta}{2}\right)$ у коэффициента δh , такъ какъ онъ вліяетъ только на четвертый десятичный знакъ. Обозначая черезъ n разность между наблюдаемыми моментами наступленія τ_0 , считаемыми съ какого угодно начальнаго времени, и вычисленными промежутками вре-

мени t_c (по формулѣ II), т. е. полагая

$$n = \tau_0 - t_c,$$

мы образуемъ разности $n - n_0$, гдѣ n_0 — среднее изъ всѣхъ имѣющихся величинъ n . Такимъ-же образомъ поступаемъ и съ коэффициентами неизвѣстныхъ, изъ которыхъ только коэффициентъ при x , т. е.

$$\left(h - 2 \sin^2 \frac{\theta}{2} \right) : \sqrt{h^2 + 4(1 - h) \sin^2 \frac{\theta}{2}},$$

требуетъ нѣкоторыхъ вычисленій, между тѣмъ какъ коэффициентъ при y , т. е. $-\frac{t}{100}$, уже имѣется. Въмѣсто того, чтобы вычислять поправочный множитель формулы II, можно исправлять наблюденныя моменты на величины, напечатанныя въ таблицѣ § 63. Задача рѣшается, слѣдовательно, очень просто.

§ 123. Разсмотримъ еще вопросъ объ исходной величинѣ h_0 , необходимой для примѣненія способа наименьшихъ квадратовъ. По этому поводу были уже сдѣланы нѣкоторыя замѣчанія въ § 65. Теперь, на основаніи нѣкотораго опыта, можно предложить величину $h = 0.005 R$, т. е. 30 км., какъ исходную. Значительно бѣльшія глубины, напр. около 100 км. или больше, вѣроятно, не существуютъ, а значительно меньшія глубины — порядка 1 км. — вычисленію указаннымъ здѣсь путемъ не поддаются. Глубины этого порядка можно будетъ опредѣлять только на основаніи точно наблюденныхъ угловъ выхода. Начавъ съ предложеннаго грубаго приближенія, нужно, конечно, повторять вычисленія по нѣскольку разъ.

Другое средство для приближенной оцѣнки искомой глубины представляеть геометрическая форма кривой пробѣга, обладающей, какъ мы видѣли въ предыдущемъ изслѣдованіи, двумя замѣчательными точками — точкой перегиба и точкой Рункаго. Такъ какъ послѣдняя требуетъ предварительнаго точнаго опредѣленія момента наступленія въ эпицентрѣ, то на практикѣ приходится вообще пользоваться точкой перегиба. Вообще, до начала вычисленій, необходимо конструировать кривую пробѣга въ большомъ масштабѣ для того, чтобы оцѣнивать точность наблюденій и отбрасывать неудачныя по чему-либо данныя. Опредѣливъ по кривой эпицентральное разстояніе точки перегиба (въ угловой мѣрѣ), мы найдемъ глубину очага по формулѣ (182) § 55, которую мы здѣсь перепишемъ въ видѣ

$$\frac{h}{R} = 2C \cdot \sin^2 \frac{1}{2} \chi \dots \dots \dots (IV)$$

Постоянная C имѣеть то-же значеніе, какъ и въ формулѣ I § 119.

Повторяемъ и здѣсь, что такое опредѣленіе глубины вслѣдствіе весьма слабой кривизны кривой пробѣга можетъ дать лишь очень грубое приближеніе и неминуемо получаетъ произвольный характеръ. Дальнѣйшее вычисленіе наблюденій по способу наименьшихъ квадратовъ необходимо.

Приведенныя въ послѣднихъ §§ формулы I—IV составляютъ существенный результатъ предыдущихъ математическихъ изслѣдованій.

§ 124. Примѣняемъ наши формулы къ нѣкоторымъ примѣрамъ въ дополненіе къ разсмотрѣннымъ уже въ главѣ V случаямъ.

Немалый интересъ представляетъ южно-германское землетрясеніе 16-го ноября 1911 г. Это землетрясеніе обработано уже многими авторами. Оно и послужило примѣромъ князю Голицыну въ вышеприведенной его работѣ. Глубина очага, по опредѣленію князя Голицына, оказалось равной 10 км.

Опредѣленіе это нужно, однако, считать предварительнымъ, такъ какъ при этомъ пренебрегались поправка δx и время t_0 , т. е. постоянныя части уравненій. Положеніе эпицентра опредѣлилось на основаніи того обстоятельства, что на двухъ парахъ станцій наблюдались одинаковые моменты наступленія съ точностью до секунды. Эти-же станціи вошли потомъ и въ вычисленія для опредѣленія глубины очага. Координаты эпицентра были

$$\varphi = 48^{\circ} 19' N, \quad \lambda = 9^{\circ} 23' E.$$

Къ совершенно иному результату пришелъ Schmidt въ приведенной уже въ § 110 работѣ. Способомъ, повидимому аналогичнымъ способу князя Голицына, онъ опредѣлилъ положеніе эпицентра въ

$$\varphi = 48^{\circ} 16' N, \quad \lambda = 9^{\circ} 10' E.$$

Затѣмъ, на основаніи весьма богатаго наблюдательнаго матеріала, онъ построилъ кривую пробѣга и пришелъ къ заключенію, что точка перегиба этой кривой находится на эпицентральноймъ разстояніи 460 км. = $4^{\circ} 8'.5$. Выведенная Schmidt'омъ на основаніи приведенныхъ въ § 110 соображеній формула даетъ для глубины очага величины 164 км. или 133 км., смотря по значенію скорости v_0 , входящей въ формулу.

Нетрудно вычислить по нашей формулѣ IV, что углу $\chi = 4^{\circ} 8'.5$ соответствуетъ глубина 78 км. Эта величина получилась бы и по формулѣ Schmidt'a, если въ нее подставить скорости Вихерта (см. § 38). Это, однако, вовсе не доказываетъ, что глубина очага дѣйствительно была 78 км. Я повторилъ построеніе кривой пробѣга по даннымъ Schmidt'a и мнѣ по-

казалось, что точка перегиба находится на расстоянии около 350 км. = 3° 9'. На этом основании получилось бы $h = 46$ км. При этом в формулѣ IV принято $C = 4.7$.

Немного позже статьи Schmidt'a появилась приведенная в § 108 работа Pilgrim'a. В ней подвергаются вычисленію тѣ-же матеріалы, которые были собраны Schmidt'омъ; глубина очага принимается равной 100 км. или 110 км. Выборъ этихъ глубинъ никакими спеціальными доводами не оправдается и на основаніи сдѣланныхъ нами в § 109 замѣчаній едва-ли выдерживаетъ критику.

§ 125. Остановимся нѣсколько подробнѣе на самой послѣдней работѣ, в которой разсматривается землетрясеніе 16 ноября 1911 г. Она принадлежит S. Mohorovičić'у¹⁾ и я познакомился съ ней только тогда, когда предыдущая часть моей рукописи уже была сдана в типографію. В ней находится указаніе на болѣе старую статью отца автора²⁾, мнѣ къ сожалѣнію недоступную. По этой замѣткѣ видно, что в этой прежней работѣ принять исходный законъ, аналогичный предложенному мною в § 111 закону (282). Показатель радиуса вектора A. Mohorovičić'емъ былъ принять равнымъ 3.05. Такое совпаденіе до нѣкоторой степени оправдываетъ выборъ указанной формулы.

Обращаясь теперь къ работѣ S. Mohorovičić'a, нужно оговориться, что окончательное сужденіе о произведенномъ в ней опредѣленіи глубины очага землетрясенія 16-го ноября 1911 г. еще нельзя высказать, такъ какъ подробныхъ числовыхъ данныхъ в работѣ не имѣется, а сообщеніе такихъ общается только в будущемъ. Имѣющіяся уже теперь кривыя отпечатаны в столь маломъ масштабѣ, что онѣ не поддаются повѣркѣ. Теоретическая часть работы находится в тѣсной связи со способомъ Herglotz'a и Bateman'a в томъ видѣ, в которомъ онъ былъ примененъ Wiechert'омъ, и который нами уже изложенъ в § 36 и § 37. Мы можемъ поэтому ограничиться немногими словами.

§ 126. Способъ Wiechert'a основывается на кривой пробѣга, по которой графическимъ путемъ опредѣляется видимая поверхностная скорость $\mathfrak{B} = \frac{d\Delta}{d\tau}$ для достаточно большого числа точекъ, а затѣмъ строится

¹⁾ S. Mohorovičić. Die reduzierte Laufzeitkurve und die Abhängigkeit der Herdtiefe eines Bebens von der Entfernung des Inflexionspunktes der primären Laufzeitkurve (I. Mitteilung: Die Ausbreitung der Erdbebenstrahlen in den obersten Schichten der Erde.)— Beitr. zur Geophys. Bd. XIII, H. 3. 1914 г. стр. 217—240.

²⁾ A. Mohorovičić. Das Beben vom 8. X. 1909.—Jahrb. d. meteorol. Observ. in Zagreb. IX. T. IV. A. 1.

кривая $\mathfrak{B} = f(\Delta)$. По этой кривой берется для какого-нибудь определеннаго разстоянія Δ соответствующая скорость \mathfrak{B}_r , гдѣ значекъ r указываетъ на минимальное разстояніе r_m соответствующаго эпицентральному разстоянію Δ луча отъ центра земли. Это разстояніе r_m определяется слѣдующимъ образомъ. Вычисляють для каждаго \mathfrak{B}_r достаточное число отношеній его къ предыдущимъ значеніямъ \mathfrak{B} , начиная съ $\Delta = 0$. Полагая

$$\mathfrak{B}_r : \mathfrak{B} = \cos \text{hyp } q,$$

опредѣляютъ для каждаго \mathfrak{B}_r и соответствующаго ему Δ достаточное число значеній q . Затѣмъ, при помощи механической квадратуры, получается

$$\lg \text{nat } R - \lg \text{nat } r_m = \frac{1}{\pi R} \int_0^{\Delta} q d\Delta.$$

Зная r_m , можно опредѣлить соответствующую этому радіусу истинную скорость v_m на основаніи соотношеніи $v_m = \frac{r_m}{R} \mathfrak{B}_r$.

Въ изложенномъ видѣ способъ, однако, приложимъ только къ случаю бесконечно малой глубины очага въ силу приведеннаго въ § 37 свойства интегральнаго уравненія.

§ 127. Приспособленіе этого метода къ случаю конечной глубины очага S . Mohorovičić'емъ основывается на слѣдующемъ геометрическомъ соображеніи, поясняемомъ при помощи чертежа въ § 86. Изъ всѣхъ возможныхъ лучей $S_1 S_2$ лучъ $S' S''$, встрѣчающій земную поверхность въ точкѣ перегиба кривой пробѣга, — наиболѣе короткій. Можно себѣ представить, что всѣ лучи $S_1 S_2$ вращаются около точки O до тѣхъ поръ, пока всѣ точки S_1 не совпадутъ съ точкой S' . Тогда можно считать, что землетрясеніе произошло въ точкѣ S' , если только принимать за время пробѣга величину $T = t_1 + t_2$ и за соответствующее эпицентральное разстояніе $D = \Delta_1 + \Delta_2$. Имѣя величины D и T , можно уже поступать по изложенному въ § 126 способу.

Для опредѣленія величинъ D и T авторъ поступаетъ слѣдующимъ образомъ. Опредѣливъ на кривой пробѣга точку перегиба, онъ отыскиваетъ на ней рядъ точекъ съ одинаковыми скоростями \mathfrak{B} . Эти точки попарно соответствуютъ конечнымъ точкамъ S_1 и S_2 отдѣльныхъ лучей. Разстоянія между собою двухъ сопряженныхъ точекъ соответствуютъ разстояніямъ D , а разности временъ наступленія сотрясенія въ нихъ — промежуткамъ T . Полученная такимъ образомъ кривая $T = f(D)$ обрывается на разстояніи $S' S''$, т. е. по нашему обозначенію на разстояніи $2R\chi$. Нуженъ, слѣдова-

тельно, рядъ землетрясеній съ постепенно уменьшающимися глубинами очаговъ, чтобы продолжить функцію T до начала координатъ. Предполагая, что это условіе выполнено, можно при помощи квадратуры въ § 126 опредѣлить величину r_m , соответствующую разстоянію $\Delta = 2R\chi$. Глубина очага будетъ тогда $R - r_m$.

Авторъ предлагаетъ еще другой способъ опредѣленія глубины. Опредѣливъ истинныя скорости на разныхъ глубинахъ, можно вычислить и углы выхода на разныхъ уровняхъ, а затѣмъ, при помощи механической квадратуры надъ $\sin \epsilon^1$), найти искомую глубину. Подробное развитіе этого способа основано на работѣ А. Моногровиѣица, т. е. на формулахъ, аналогичныхъ формуламъ §§ 111—116. Не имѣя подъ рукой названной статьи, я долженъ ограничиться сдѣланными замѣчаніями.

§ 128. Прилагая изложенные два метода къ землетрясенію отъ 16-го ноября 1911 г., авторъ сначала опредѣляетъ эпицентральное разстояніе точки перегиба въ 336 км. = $3^\circ 1'4$, а для продолженія функціи $T = f(D)$ пользуется землетрясеніемъ отъ 8 октября 1909 г., обработаннаго его отцомъ. Онъ затѣмъ находитъ глубину очага южно-германскаго землетрясенія по первому методу = 41.2 км., а по второму методу = 35.3.

Разбираясь критически въ изложенномъ способѣ, нужно прежде всего отмѣтить, что методъ, очевидно, цѣликомъ основывается на опредѣленіи точки перегиба кривой пробѣга. Зная-же эту точку, можно, не увлекаясь теоріей интегральныхъ уравненій и не теряя времени механической квадратурой и точнымъ построеніемъ разныхъ кривыхъ, вычислить глубину очага по простой формулѣ IV, найденной мною уже въ предыдущемъ изслѣдованіи.

Въ самомъ дѣлѣ, принимая согласно S. Моногровиѣицу разстояніе $\chi = 3^\circ 1'4$, и полагая $C = 4.7$, найдемъ по формулѣ IV — $h = 41.7$ км. Принимая-же $C = 4.0$, получимъ $h = 35.5$.

Нахожденіемъ сопряженныхъ точекъ съ одинаковыми поверхностными скоростями, конечно, облегчается и провѣряется опредѣленіе точнаго положенія точки перегиба. Присоединеніе-же данныхъ другихъ землетрясеній вносить нѣкоторый произволъ, а вычисленіе величинъ q и механическая квадратура являются уже совершенно излишними. Вопросъ о возможной ошибкѣ сдѣланнаго опредѣленія остается вообще не выясненнымъ.

Вычисленіе наблюденій по способу наименьшихъ квадратовъ поэтому является всетаки необходимымъ. Оно имѣетъ то преимущество, что тогда можно пользоваться только наблюденіями во внутренней области землетря-

¹⁾ У автора обозначенія нѣсколько иныя.

еснія и совершенно не затрагивать вопросъ о какихъ-либо поверхностяхъ скачка на болѣе глубокихъ уровняхъ, существованіе которыхъ допускается Pilgrim'омъ и А. Mohorovičić'емъ.

§ 129. Вслѣдствіе изложеннаго положенія вопроса о глубинѣ очага землетрясенія отъ 16 ноября 1911 г. я вычислилъ эту глубину по способу, изложенному въ § 120 и § 122. Я воспользовался для этого данными, опубликованными Schmidt'омъ и Pilgrim'омъ, принимая то-же положеніе эпицентра. Построивъ сначала кривую пробѣга, я убѣдился въ томъ, что моменты станцій Мюнхенъ и Гофъ сильно расходятся съ данными остальныхъ. Эти станціи поэтому были исключены. Кромѣ того можно замѣтить, что за эпицентральнымъ разстояніемъ 500 км. встрѣчается много несогласныхъ между собою данныхъ. Я поэтому ограничился первыми 18 изъ нижеприведенныхъ станцій. Принимая за исходныя величины (въ частяхъ радіуса земли) $h_0 = 0.005$ и $V_0 = 0.00120$, я нашелъ по первымъ 18 станціямъ:

$$h = 0.0098 \pm 0.0046, \quad V = 0.001151 \pm 0.000033.$$

Приведенныя среднія ошибки еще довольно велики, что вполне понятно, такъ какъ небольшія ошибки данныхъ отдаленныхъ станцій компенсируются только сравнительно большими измѣненіями глубины очага. Я поэтому повторилъ вычисленіе съ тѣми же исходными данными, пользуясь, однако, только первыми 14 станціями. Такимъ образомъ получилось:

$$h = 0.0066 \pm 0.0035, \quad V = 0.001176 \pm 0.000026.$$

Величина V получилась достаточно точно и притомъ настолько близко къ исходной величинѣ, что перевычисленіе ея не обѣщаетъ успѣха. Я поэтому подвергъ повторному вычисленію первыя 9 станцій, опредѣляя только поправку δh , причемъ исходными величинами служили $h_0 = 0.0076$ и $V_0 = 0.001176$. Поправка δh теперь получилась уже совсѣмъ незначительная, а сумма квадратовъ ошибокъ первыхъ 9 уравненій вслѣдствіе такого измѣненія глубины уменьшается лишь на едва замѣтную величину. Найденный такимъ образомъ результатъ — $h = 0.0073 \pm 0.0019$ — можно поэтому считать окончательнымъ.

Величины, опредѣленныя описаннымъ путемъ, выражаются въ километрахъ слѣдующимъ образомъ:

$$h = 46.5 \text{ км.} \pm 12.1 \text{ км.}, \quad V = 7.49 \frac{\text{км.}}{\text{сек.}} \pm 0.16 \frac{\text{км.}}{\text{сек.}},$$

а этимъ величинамъ по формулѣ III соответствуетъ скорость $v_0 = 7.39$.

Поправка ξx по первымъ 9 станціямъ получается = 0°0, а по всѣмъ нижеприведеннымъ 19 станціямъ = + 0°2.

Наблюденія воспроизводятся слѣдующимъ образомъ:

Станція.	Δ	$\tau_0 - \tau_c$	Станція.	Δ	$\tau_0 - \tau_c$
Гогенгеймъ	50 км.	+ 0.1 ^c	Пляуенъ	329 км.	+ 0.1 ^c
Карлсруэ	99	- 1.3	Аахенъ	356	+ 0.6
Цюрихъ	110	+ 0.3	Геттингенъ	370	- 1.2
Страсбургъ	110	+ 0.3	Монкальери	380	+ 0.5
Нердлингенъ	118	+ 0.4	Бохумъ	383	+ 0.1
Гейдельбергъ	130	- 0.2	Икль (Uccle)	445	- 2.0
Югенгеймъ	170	+ 0.8	Тріэстъ	459	+ 0.2
Франкфуртъ	205	+ 0.3	Лайбахъ	473	+ 1.4
Нешатель	220	- 0.7	Граць	489	+ 2.2
			Вѣна	533	+ 1.4

Средняя ошибка одного изъ первыхъ 9 уравненій составляетъ 0°6, а одного изъ всѣхъ уравненій 1°0, что соотвѣтствуетъ возможнымъ на практикѣ величинамъ. Поправки за кривизну луча составляютъ отъ 0°1 до 0°4 для ряда станцій отъ Пляуена до Вѣны.

Попытка, опредѣлить по первымъ 9 станціямъ обѣ неизвѣстныхъ, не приводитъ къ надежному результату, такъ какъ коэффициентъ для опредѣленія δV получается крайне малый. Все-же результатъ получился бы подобнымъ вышеприведенному; скорость увеличилась бы на $1\frac{1}{2}\%$ своей величины, а глубина уменьшилась бы на 10% .

§ 130. Предыдущее вычисленіе доказываетъ, что изъ всѣхъ прежнихъ опредѣленій глубины очага землетрясенія отъ 16 ноября наиболѣе надежнымъ является вычисленіе S. Моноговиѣи¹⁾, что очевидно объясняется тщательнымъ опредѣленіемъ точки перегиба. Мое вычисленіе отъ этого элемента вовсе не зависитъ.

Можно, однако, выдвинуть вопросъ, насколько мое вычисленіе зависитъ отъ положенія эпицентра, привятаго мной согласно Schmidt'у. Въ литературѣ имѣется еще макросейсмическое опредѣленіе эпицентра¹⁾, по

1) R. Lais und A. Sieberg. Das mitteleuropäische Erdbeben vom 16. November 1911 und seine Beziehungen zum geologischen Aufbau Süddeutschlands.—Beitr. zur Geophys. XII. Bd. 1. Heft. 1912. стр. 186—206.

которому наиболее вероятныя координаты этой точки слѣдующія:

$$\varphi = 48^{\circ} 15' N, \quad \lambda = 8^{\circ} 57' E.$$

Я просилъ бывшаго слушателя моего, г-на В. П. Боярчука, повторить вычисленіе глубины очага, исходя изъ этого послѣдняго положенія эпицентра. Полагая $h = 68$ км., г-нъ Боярчукъ сначала опредѣлилъ скорость V и постоянную (ab) [см. (190) § 64] по 14 наиболее надежнымъ станціямъ списка Schmidt'a, начиная съ Гогенгейма и кончая Краковымъ. Получилось:

$$V = 7.38^{\text{км.}}/\text{сек.} \pm 0.23^{\text{км.}}/\text{сек.} \text{ и } ab = 9.36 \times 10^{-6} \pm 15.11 \times 10^{-6}.$$

Съ этими данными онъ по 5 станціямъ — Гогенгеймъ, Карлсруэ, Нердлингенъ, Югенгеймъ, Франкфуртъ — вычислилъ $h = 35.0 \pm 14.4$.

Этотъ результатъ согласуется съ результатомъ моего вычисленія въ предѣлахъ средней ошибки. Онъ доказываетъ, что неточность положенія эпицентра существенно не вліяетъ на искомую глубину. Въ итогъ можно слѣдовательно утвердить, что очагъ землетрясенія 16-го ноября 1911 г. находился на глубинѣ между 30 км. и 50 км., т. е. около 40 км.

§ 131. Интересный случай, которому стоить посвятить нѣсколько словъ, представляетъ землетрясеніе отъ 23-го октября 1904 г. Эпицентръ его находился, по опредѣленію С. F. Kolderup'a¹⁾, собравшаго макросейсмическія наблюденія этого явленія, въ точкѣ съ координатами:

$$\varphi = 59^{\circ} 1 N, \quad \lambda = 10^{\circ} 5 E.$$

Плейстосейстовая область этого землетрясенія охватила даже восточные берега Балтійскаго моря и обнимала общую площадь въ 800000 км.² Можно поэтому думать, что очагъ землетрясенія находился на значительной глубинѣ.

Микросейсмическія наблюденія разбираемаго явленія собраны были мною²⁾ уже давно, но опредѣленіе глубины очага по этимъ даннымъ невозможно, такъ какъ ближайшая отъ эпицентра станція отстоитъ отъ него на 400 км. Лишь сравнительно недавно Е. G. Harboe³⁾ опубликовалъ боль-

¹⁾ С. F. Kolderup. Jordskaelv i Norge i 1904.—Bergens Museums Aarvog 1905.

²⁾ Elmar Rosenthal. Katalog der im Jahre 1904 registrierten seismischen Störungen.—Strassburg 1907.

³⁾ E. G. Harboe: Das skandinavische Erdbeben am 23. Oktober 1904. — Beitr. zur Geophys. XI. Bd. 2.—4. Heft. 1912 г., стр. 470—500.

шой рядъ макросейсмическихъ наблюдений моментовъ наступления землетрясенія со тщательной оцѣнкой ихъ точности. Въ этомъ списокѣ для Христіаніи приводятся 6 наблюдений варьирующихъ между $10^{\circ} 27^{\prime} 6$ и $10^{\circ} 27^{\prime} 3$, возможные ошибки которыхъ по мнѣнію Е. Г. Нагвое находятся между 15° и 19° . Можно, слѣдовательно, принять для Христіаніи моментъ наступления $= 10^{\circ} 27^{\prime} 30^{\circ}$ съ точностью, сравнимой съ точностью микросейсмическихъ наблюдений.

Остается, конечно, неизвѣстнымъ, относится-ли это число дѣйствительно къ началу наступления продольныхъ волнъ. Все-же любопытно вычислить глубину очага при такомъ допущеніи. В. П. Боярчукъ, по моему предложенію, сдѣлалъ этотъ опытъ. Онъ сначала, пользуясь данными Вихерта для опредѣленія поправокъ за кривизну луча, по 5 станціямъ — Христіанія, Упсала, Потсдамъ, Гёттингенъ, Лейпцигъ — опредѣлилъ скорость $V = 7.13 \pm 0.30^{\text{км}}/\text{сек.}$, а затѣмъ по первымъ тремъ станціямъ нашелъ глубину $h = 129.6 \pm 1.6$ км., причемъ наблюдения воспроизводятся съ точностью до ± 0.7 .

§ 132. Найденный результатъ цѣликомъ основывается на наблюдении въ Христіаніи. Допуская возможность, что оно относится не къ началу движенія, а къ болѣе поздней фазѣ, напр. къ максимуму, нужно предполагать, что для Христіаніи слѣдовало бы принять болѣе ранній моментъ. Я поэтому перевычислилъ поправку δh , пользуясь данными В. П. Боярчука, но принимая для Христіаніи моментъ наступления на 10 сек. раньше. При этомъ опытѣ получилось $h = 73$ км., т. е. значительно меньше, чѣмъ прежде.

Такимъ образомъ глубина очага землетрясенія отъ 23-го октября 1904 г., остается къ сожалѣнію неопредѣленной. Впрочемъ возможно, что очагъ находился все-таки не особенно глубоко, и что большое протяженіе плейстосейстовой области слѣдуетъ объяснить собственными колебаніями такъ называемаго «Балтійскаго Щита», т. е. того пласта, на которомъ расположено Балтійское море вмѣстѣ съ прибрежными областями.

Примѣръ приведенъ мною для того, чтобы показать, на сколько мало-надежными являются макросейсмическія наблюдения и вмѣстѣ съ тѣмъ и старыя опредѣленія глубинъ очаговъ, основанныя на такихъ наблюденияхъ.

§ 133. Позволяю себѣ привести еще одинъ результатъ вычислений В. П. Боярчука, хотя этотъ примѣръ, относящійся къ болѣе старымъ, менѣе точнымъ наблюдениямъ, обладаетъ меньшей точностью, чѣмъ выше-приведенные примѣры.

Случай этотъ относится къ землетрясенію въ Штиріи 19-го іюля

1907 г., для котораго данныя были заимствованы изъ международного каталога¹⁾. Отбросивъ всѣ станціи, на которыхъ начало сотрясенія записано неточно или значительно позже, чѣмъ на смежныхъ, и пользуясь числами Вихерта для исправленія моментовъ за кривизну луча, В. П. Боярчукъ вычислилъ по нижеприведеннымъ 6 станціямъ:

$$h = 76.3 \text{ км.} \pm 45.0 \text{ км.}, \quad V = 4.42 \frac{\text{км.}}{\text{сек.}} \pm 0.28 \frac{\text{км.}}{\text{сек.}}$$

При помощи этихъ величинъ наблюденія воспроизводятся со слѣдующими ошибками (набл.-вычисл.):

	Загребъ	Лайбахъ	Грацъ	Пола	Вѣна	Гёттингенъ
$\theta =$	$0^\circ 16'$	$0^\circ 47'$	$1^\circ 18'$	$1^\circ 36'$	$2^\circ 18'$	$6^\circ 44'$
$\tau_0 - \tau_e =$	$-1^\circ 7'$	$+5^\circ 5'$	$-3^\circ 0'$	$+2^\circ 5'$	$-3^\circ 2'$	$-0^\circ 1'$

Ошибки наблюденій въ этомъ случаѣ, какъ видно, довольно велики, а поэтому и глубина очага опредѣляется довольно неточно.

§ 134. Обращаюсь теперь къ ряду интересныхъ землетрясеній, о которыхъ сообщилъ К. Haussmann²⁾. Это — рядъ мелкихъ землетрясеній, эпицентръ которыхъ на основаніи геологическихъ соображеній Haussmann'омъ принимается въ точкѣ:

$$\varphi = 50^\circ 45' N, \quad \lambda = 6^\circ 15' E.$$

Въ этой точкѣ, на глубинѣ 0.5 км., точными измѣреніями установлено вертикальное смѣщеніе почвы на 90 мм. Отсюда, конечно, еще не слѣдуетъ заключить, что очагъ всѣхъ наблюденныхъ сотрясеній почвы находится именно на *этой* или вообще на *одинаковой* глубинѣ.

Haussmann приводитъ данныя для этихъ землетрясеній главнымъ образомъ съ тѣмъ, чтобы доказать нѣсколько различную скорость распространенія сейсмическихъ волнъ въ различныхъ направленіяхъ. Такой выводъ, однако, едва-ли можно считать строго доказаннымъ. Двѣ группы станцій, выдѣляемыхъ Haussmann'омъ, вовсе не расположены по двумъ опредѣленнымъ направленіямъ, а кромѣ того имѣется еще рядъ станцій,

¹⁾ Siegmund Szirtes. Registrierungen der besser ausgeprägten seismischen Störungen des Jahres 1907.—Strassburg 1912.

²⁾ К. Haussmann. Beitrag zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbewegungen in den obersten Erdschichten. — Comptes-Rendus des séances de la IV Conf. de la Comm. Perm. etc. à Manchester 1911. Budapest 1912.

не подходящихъ ни къ той, ни къ другой группѣ. На многихъ станціяхъ начальныя точки различныхъ фазъ выдѣлялись не особенно рѣзко (большею частью «emergio»), а вообще небольшія отступленія, замѣченныя Haussmann'омъ, свободно могутъ быть объясняемы случайными ошибками наблюдений.

Я, поэтому, задаваясь вопросомъ о глубинѣ очаговъ этихъ землетрясеній, придерживался обычнаго предположенія одинаковой по всѣмъ направленіямъ скорости сейсмическихъ волнъ, и пользовался лишь болѣе точными и согласными между собой наблюдениями. Исползованныя мною станціи, впрочемъ, почти всѣ принадлежатъ къ первой группѣ Haussmann'a.

§ 135. Въ списокѣ Haussmann'a приводятся болѣе полныя данныя для трехъ землетрясеній, а именно для №№ 2, 4 и 5 списка, которыя я и подвергъ обработкѣ, между тѣмъ какъ для остальныхъ двухъ не имѣется достаточно наблюдений. Результаты моихъ вычисленій, полученные путемъ нѣсколькихъ приближеній, приводятся въ слѣдующемъ, причемъ за начало счета времени принимается моментъ наступленія сотрясенія въ Аахенѣ.

Землетрясеніе № 2, отъ 30-го мая 1911 г. въ 19^ч 43^м. Вычисленіе даетъ

$$h = 16.8 \text{ км.} \pm 22.5 \text{ км.}, \quad V = 5.92^{\text{км.}/\text{сек.}} \pm 0.34^{\text{км.}/\text{сек.}}$$

Наблюденія воспроизводятся слѣдующимъ образомъ:

	Аахенъ	Бохумъ	Икль	Гейдельбергъ	Гёттингенъ	Парижъ
$\Delta =$	12 км.	111 км.	139 км.	233 км.	275 км.	354 км.
$\tau_0 =$	0°	16°	18°	38°	43°	55°
$\tau_0 - \tau_c =$	0°0	+0°6	—2°1	+2°2	+0°2	—1°0

Глубина очага, вѣроятно, нѣсколько точнѣе, чѣмъ можно ожидать по средней ошибкѣ результата, такъ какъ болѣе крупныя отступленія, увеличивающія среднюю ошибку одного уравненія, встрѣчаются у болѣе отдаленныхъ станцій, мало вліяющихъ на глубину.

Для землетрясенія № 4, отъ 31-го мая 1911 г. около 2^ч 8^м, подобнымъ образомъ получилось:

$$h = 5.9 \text{ км.} \pm 22.0 \text{ км.}, \quad V = 6.19^{\text{км.}/\text{сек.}} \pm 0.23^{\text{км.}/\text{сек.}}$$

причемъ наблюденія воспроизводятся со слѣдующими ошибками:

	Аахенъ	Бохумъ	Икль	Гёттингенъ	Парижъ
$\tau_0 =$	0°	17°	19°	42°	55°
$\tau_0 - \tau_c =$	0°0	+1°2	—1°3	+0°1	+0°2

§ 136. Для землетрясенія № 5, отъ 6 сент. 1911 г. въ 13^н 54^н, по моментамъ наступленія не получается вещественная величина глубины очага. Принимая какую-нибудь малую исходную глубину, я получилъ отрицательную поправку δh немного больше исходной величины съ большой средней ошибкой ± 50 км. Для станцій Югенгеймъ и Гёттингенъ получились довольно значительныя ошибки, доходящія до 3°—4°.

Въ приведенной публикаціи имѣется, однако, воспроизведеніе записи разбираемаго здѣсь землетрясенія, и поэтому оно можетъ служить примѣромъ для опредѣленія глубины очага при помощи угла выхода. Это возможно на основаніи недавно вышедшаго изслѣдованія Бендорфа¹⁾, въ которомъ разрабатывается способъ опредѣленія азимута и видимаго угла выхода при помощи маятниковъ, не обладающихъ аперіодическимъ затуханіемъ и вообще неимѣющихъ одинаковыхъ постоянныхъ.

На основаніи этого изслѣдованія ошибка въ $\pm 1^\circ$ для угловъ α и ϵ обуславливается точностью измѣренія ординатъ до 2%. Такая точность въ данномъ случаѣ достижима. Кромѣ того коэффициенты затуханія всѣхъ трехъ составляющихъ одинаковы, а собственный періодъ вертикальной составляющей лишь незначительно разнится отъ собственнаго періода горизонтальныхъ маятниковъ. Имѣя въ виду, что періодъ колебаній почвы въ данномъ случаѣ равняется лишь немногимъ десятымъ секунды, можно легко убѣдиться въ томъ, что поправочные множители Бендорфа, зависящіе отъ его коэффициентовъ η' и η'' , для вертикальной и горизонтальныхъ составляющихъ выходятъ почти одинаково съ ошибкой меншею 2%. Такимъ образомъ можно опредѣлить истинное смѣщеніе почвы простымъ дѣленіемъ измѣренныхъ ординатъ на увеличеніе маятниковъ.

§ 137. Въ разбираемомъ здѣсь случаѣ воспроизведенія записей восточной и вертикальной составляющихъ, къ сожалѣнію, вышли не вполне ясно. Я руководствовался замѣтками Haussmann'a, согласно которымъ начало сотрясенія произошло въ 54^н 13^н 5, и что максимумъ движенія наступилъ приблизительно на 3° спустя. На этомъ основаніи я идентифицировалъ начало движенія и первый максимумъ — на 3^н 7 позже — на всѣхъ трехъ составляющихъ, и опредѣлялъ двойныя амплитуды движенія, которыя я потомъ раздѣлилъ пополамъ. Полученныя мною числа слѣдующія.

¹⁾ H. Benndorf. Über die Bestimmung von Azimut und scheinbarem Emergenzwinkel longitudinaler Erdbebenwellen.—Mitteil. d. Erdbebenkomm. in Wien. N. F. № XLVI. Wien 1913.

Составл. движенія.	Множ. увелич.	Начало движенія.		Первый максим.	
		Вид. движ.	Ист. движ.	Вид. движ.	Ист. движ.
<i>N</i>	128	мм 1.2	μ 9.4	мм 6.3	μ 49.2
<i>E</i>	118	2.9	24.5	12.8	108.5
<i>V</i>	56	0.7	12.5	3.7	66.1

По этимъ даннымъ опредѣляется азимуть эпицентра въ первомъ случаѣ = $69^{\circ}1 SE$, а во второмъ = $65^{\circ}6 SE$, что достаточно точно согласуется съ предположеніемъ Haussmann'a, по которому азимуть эпицентра долженъ былъ бы быть $70^{\circ}2 SE$.

Видимый уголъ выхода получается по вышеприведеннымъ числамъ въ первомъ случаѣ = $25^{\circ}4$, а во второмъ = $29^{\circ}0$. По этимъ угламъ я опредѣлилъ истинные углы выхода по формулѣ (188) § 60, принимая отношеніе $\frac{v_0}{w_0} = 1.72$ согласно даннымъ Haussmann'a. Я нашелъ въ первомъ случаѣ $\epsilon = 23^{\circ}2$, а во второмъ $\epsilon = 29^{\circ}2$, а этимъ угламъ соотвѣтствуютъ глубины 5.3 км. и 6.9 км., или въ среднемъ 6.1 км. ± 0.8 км. Принимая $\frac{v_0}{w_0} = 1.79$ по Вихерту (см. (198) § 66), я получилъ истинные углы выхода $17^{\circ}1$ и $24^{\circ}8$, и слѣдовательно глубины 3.8 км. и 5.7 км. Поправка за кривизну луча въ разбираемомъ здѣсь случаѣ составляетъ менѣе 0.1 км.

По приведеннымъ числамъ видно превосходство метода, основаннаго на углахъ выхода. Поэтому слѣдуетъ горячо привѣтствовать установку вертикальныхъ сейсмографовъ на сейсмическихъ станціяхъ Россіи, находящихся въ сейсмическихъ областяхъ. Эти инструменты дадутъ, вѣроятно, въ скоромъ будущемъ весьма цѣнныя данныя, по которымъ можно будетъ вывести очень интересныя заключенія. Въ настоящее время продолжительность дѣйствія названныхъ приборовъ еще слишкомъ коротка.

§ 138. Глубины, опредѣленныя въ предыдущемъ изслѣдованіи, еще довольно неточны, а также малочисленны. Было бы опростетливо, сдѣлать теперь уже какіе-либо строгіе выводы. Все-же сопоставленіе полученныхъ результатовъ представляетъ нѣкоторый интересъ.

Землетрясенія, вошедшія въ слѣдующую таблицу, выбраны на основаніи того случайнаго обстоятельства, что они наблюдались на достаточномъ числѣ станцій, подходящимъ образомъ расположенныхъ, и съ достаточной точ-

№№	Время землетряс.	Плейстосейст. обл.	h	Ср. оп.	V	Ср. оп.	v ₀
1.	19 июля 1907 г.	Штирия	76 км.	± 45 км.	4.42	± 0.23	4.32
2.	23 окт. 1907 г.	Калабрия	55.2	± 19.1	7.18	± 0.19	7.07
3.	10 апр. 1911 г.	Окр. Рима	40.4	± 3.8 ¹⁾	5.74	± 0.06	5.68
	То-же	по углу выхода	59	—	—	—	—
4.	16 ноября 1911 г.	Южная Германия ²⁾	40	± 13	7.44	± 0.20	7.36
5.	28 дек. 1908 г.	Мессина	5	± 24	7.48	± 0.19	7.47
6.	30 мая 1911 г.	Окр. г. Аахена	16.8	± 22.5	5.92	± 0.34	5.89
7.	31 мая 1911 г.	То-же	5.9	± 22.0	6.19	± 0.23	6.19
8.	6 сент. 1911 г.	То-же	6.1	± 0.8	По углу выхода		

ностью. Глубины ихъ очаговъ поэтому могутъ дать нѣкоторое понятіе объ условіяхъ, господствующихъ въ средней и южной Европѣ.

§ 139. Глубины, показанныя въ табличкѣ § 138 распадаются на двѣ группы. Средняя глубина первой группы — землетрясенія №№ 1—4 — получается равной 52 км., или, если отбросить менѣе точно определенную глубину № 1, равной 45 км. Для второй группы получается въ среднемъ 8 км., хотя, впрочемъ, числа этой группы значительно менѣе точно определены, чѣмъ числа первой группы, такъ что болѣе достовѣрной является только глубина № 8, т. е. 6 км. Хотя, конечно, строгаго вывода изъ сказаннаго сдѣлать нельзя, все-же, быть можетъ, указанная группировка не совсѣмъ случайная. Какъ будто землетрясенія происходятъ или на глубинѣ 40—50 км., или-же на глубинѣ очень немногихъ километровъ. Сила землетрясенія, повидимому, отъ этого обстоятельства не зависитъ, такъ какъ и въ ту и въ другую группу вошли и слабыя и катастрофальныя землетрясенія.

§ 140. Попутно съ определеніемъ глубины очага рѣшается и вопросъ о скорости v₀ распространенія сейсмическихъ волнъ вблизи земной поверхности.

Слѣдовало бы ожидать, что скорость распространенія продольныхъ волнъ—вполнѣ определенная величина, и поэтому должно получаться всегда

¹⁾ Въ число, показанное въ § 71 вкралась опечатка.

²⁾ Среднее изъ двухъ определеній съ различными эпицентрами.

одинаковое число въ предѣлахъ возможныхъ ошибокъ. Такое заключеніе, однако, не подтверждается числами таблички § 138. Если изъ нихъ даже выбросить сравнительно неточное опредѣленіе № 1, то всетаки выдѣляются двѣ группы чиселъ, несовмѣстимыхъ между собою.

Къ первой группѣ принадлежатъ землетрясенія №№ 2, 4 и 5, которыя даютъ въ среднемъ $v_0 = 7.30$, причемъ отдѣльныя величины хорошо согласуются съ среднимъ выводомъ, точнымъ до ± 0.1 . Другая группа — землетрясенія №№ 3, 6 и 7 — дасть среднюю скорость $v_0 = 5.92$ съ такой-же, приблизительно, точностью.

Чѣмъ объяснить такое противорѣчіе — это пока вопросъ открытый. Предположеніе А. Моноговиѣица, что на глубинѣ 50 км. находится поверхность раздѣла, выше которой скорость составляетъ 5 км., а ниже — 7 км. и больше, — это предположеніе опровергается землетрясеніями № 4 и № 5. Тѣ-же землетрясенія противорѣчатъ и предположеніямъ Pilgrim'a о небольшихъ скоростяхъ (< 7.3 км.) до глубины 100 км. Неоднородность въ верхнихъ 2 км. толщи земли, впрочемъ, совершенно скрывается въ нашихъ числахъ, не обладающихъ достаточной точностью, чтобы обнаружить столь незначительныя глубины.

Скорѣе можно было бы думать о нѣкоторыхъ опытахъ изъ области акустики, на основаніи которыхъ скорость распространенія звука находится въ явной зависимости отъ интенсивности звуковыхъ явленій. Въ разсмотрѣнныхъ нами случаяхъ меньшая скорость получилась при болѣе слабыхъ землетрясеніяхъ, что вполне согласуется съ явленіями акустики. Строгая повѣрка высказанной гипотезы потребовала бы, однако, особаго основательнаго изслѣдованія, выходящаго уже изъ рамокъ нашей задачи.

§ 141. Возможно наконецъ еще третье объясненіе, опирающееся на прекрасныя изслѣдованія М. П. Рудкаго¹⁾. Предполагая, что поверхностные слои земного шара обладаютъ свойствами поперечно-изотропнаго тѣла, можно ожидать появленіе нѣсколькихъ «фазъ», т. е. не только чисто продольныхъ колебаній, — уже въ начальной части сейсмограммы. Каждая такая фаза могла бы распространяться съ своей скоростью, причемъ эта скорость могла бы мѣняться съ глубиною по одному какому-нибудь изъ разсмотрѣнныхъ нами законовъ, но со своими индивидуальными постоянными. При томъ или другомъ землетрясеніи та или другая фаза могла бы выступать на сейсмограммахъ болѣе или менѣе рѣзко, и соотвѣтственно этому начало сотрясенія можетъ быть принимаемо различно для различныхъ землетрясеній.

¹⁾ М. P. Rudzki. Parametrische Darstellung der elastischen Welle in anisotropen Medien.—Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie. Oct. 1911.

Такое объяснение, не затрагивающее, впрочем, наши вычисления, может быть проверено только путем тщательного исследования многочисленных оригинальных сейсмограмм большого числа станций. Уже теперь выясняется, что нерѣдко, особенно при сильных землетрясениях, рѣзкому наступленію («*i*») продольных волн предшествуетъ нѣсколько слабыхъ колебаній (характера «*e*»). На это явленіе я обратилъ вниманіе¹⁾ уже въ 1911 г., но далъ ему совершенно иное толкованіе. Въ рассмотрѣнномъ тогда случаѣ мое предположеніе привело къ согласнымъ съ наблюденіями выводами. Но нужно, конечно, большое число случаевъ, чтобы выяснитъ правильность того или другого взгляда.

§ 142. Такимъ образомъ вопросъ о величинѣ начальной скорости v_0 остается пока открытымъ. Выяснилось по крайней мѣрѣ, что мы по самымъ разнообразнымъ причинамъ должны отказаться отъ мысли, что эта скорость постоянная, опредѣляемая разъ на всегда величина, и что поэтому тщательное опредѣленіе числового значенія ея въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ необходимо. Фактъ этотъ подтвержденъ нашими вычислениями. Поэтому и не можетъ существовать общая для всѣхъ землетрясеній кривая пробѣга, хотя возможно существованіе нѣсколькихъ классовъ такихъ кривыхъ, достаточно точно отвѣчающихъ наблюденіямъ всѣхъ землетрясеній соответствующаго класса. Графическое представленіе такихъ кривыхъ, однако, всегда связано съ нѣкоторымъ произволомъ, а воспроизведеніе ихъ въ печати и дальнѣйшая обработка затруднительны. Было бы поэтому весьма желательно, чтобы въ будущемъ графическіе методы по возможности замѣнялись вычислительными.



¹⁾ Э. Г. Розенталь. По поводу Семирѣченскаго землетрясенія 3—4 января 1911 г.— Изв. Пост. Центр. Сейсм. Комм., т. IV, в. 2. 1911 г.