

Объ измѣненіи діаметра солнца въ зависимости отъ явленій, наблюдаемыхъ на его поверхности.

И. И. Сикора.

Съ самаго начала моихъ занятій солнцемъ меня поражали величіе, величина и сила явленій, происходящихъ на немъ; кромѣ того приходилось неоднократно наблюдать движеніе свѣтящейся массы протуберанцевъ. Это навело меня на мысль, что, коль скоро явленія пятенъ и протуберанцевъ реальныя, то, такъ какъ эти явленія захватываютъ большія пространства поверхности солнца и достигаютъ иногда грандіозныхъ размѣровъ, не должны ли они производить подъемы и опусканія поверхности солнца и, слѣдовательно, увеличивать или уменьшать діаметры солнца въ этихъ направленіяхъ.

Прийдя къ этому мнѣнію, я началъ рыться въ журналахъ и специальныхъ работахъ по теоріи солнца, думая найти какія-нибудь работы и указанія по этому вопросу; но оказалось, что по этому вопросу почти ничего не сдѣлано, такъ какъ всѣ работы относительно измѣненія діаметра солнца носятъ статистическій характеръ.

Мнѣ кажется, что первый поднялъ вопросъ объ измѣненіи діаметра солнца въ зависимости отъ явленій солнечныхъ пятенъ и протуберанцевъ А. Secchi; его статья относительно этого помѣщена въ журналѣ „Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani“ за 1873 годъ. Эта статья касается 182 меридіанальныхъ наблюденій діаметра солнца за время отъ 12 іюля 1871 г. по 12 іюля 1872 г. и въ ней между прочимъ А. Secchi дѣлаетъ выводъ, что діаметръ больше, когда пятенъ и протуберанцевъ меньше. Затѣмъ относительно зависимости величины діаметра солнца отъ пятнообразовательной дѣятельности солнца существуютъ работы Tacchini, Hilfiker-a, Wolf-a, Auwers-a и другихъ. Большинство этихъ работъ сводится къ сравненію кривыхъ такъ называемыхъ горизонтальныхъ и вертикальныхъ діаметровъ солнца, выводимыхъ изъ

меридіанальнихъ наблюденій различныхъ обсерваторій, съ кривыми относительныхъ чиселъ Вольфа, при чемъ Вольфомъ давались даже эмпирическія формулы для величины діаметра солнца въ зависимости отъ относительныхъ чиселъ.

Изъ этихъ работъ наиболее интересно изслѣдованіе Auwers-a, которое приводитъ къ отрицательнымъ результатамъ, а именно: Auwers говоритъ, что маленькія измѣненія діаметра солнца зависятъ отъ неисправленныхъ личныхъ уравненій наблюдателей и что величина діаметра солнца не мѣняется, а мѣняются личные уравненія наблюдателей. Что же касается годового періода, то Auwers говоритъ, что онъ зависитъ отъ наблюдателя, атмосферныхъ условій и вліянія температуры на инструментъ.

Кромѣ того нужно обратить вниманіе на то, что меридіанальныя наблюденія даютъ величины діаметра въ направленіи по суточному движенію, а этотъ послѣдній въ теченіе года измѣняетъ свой наклонъ къ экватору солнца отъ -26° до $+26^{\circ}$, такъ что измѣряется въ теченіе года не одинъ и тотъ же діаметръ.

Познакомившись съ литературой по этому вопросу я въ іюнѣ мѣсяцѣ настоящаго 1895 года предпринялъ измѣренія діаметровъ солнца въ различныхъ направленіяхъ. Наблюденія производились при помощи 6-ти-дюймового рефрактора Харьковской Обсерваторіи съ проектированиемъ солнца и нитей нитянаго микрометра на экранъ. Сѣтка нитей состояла изъ 2-хъ параллельныхъ нитей въ одномъ направленіи и большого числа нитей къ нимъ перпендикулярныхъ, перпендикулярность которыхъ была провѣрена. Микрометрическая коробка устанавливалась такъ, чтобы 2 параллельныя нити были установлены въ направленіи по суточному движенію и затѣмъ наблюдались моменты касанія западнымъ и восточнымъ краями солнца группы нитей. Въ этомъ случаѣ въ томъ мѣстѣ, гдѣ находило солнце, въ томъ же мѣстѣ оно и сходило съ нити. Затѣмъ микрометрическая коробка поворачивалась на опредѣленный уголъ γ , и, слѣдовательно, на этотъ уголъ поворачивались и нити, и снова наблюдалось прохожденіе солнца черезъ нити, но только теперь, очевидно, измѣрялся діаметръ, наклоненный къ діаметру въ направленіи по суточному движенію подъ угломъ γ . Въ этомъ случаѣ, если коробка повернута въ направленіи *NWSO*, край солнца находится ниже, чѣмъ сходитъ, а при обратномъ движеніи—наоборотъ. Измѣренный въ этомъ случаѣ діаметръ r , очевидно, будетъ больше діаметра въ направленіи по суточному движенію и дѣйствительная величина его, очевидно, равна $r \cos \gamma$. Затѣмъ по способамъ, употребляемымъ для опредѣленія гелиографическихъ широтъ протуберанцевъ, можно опредѣлить широту западнаго конца измѣреннаго діаметра или наклонъ его къ экваторіальному діаметру солнца. Нужно замѣтить, что окуляръ при харьковскомъ рефракторѣ съ наименьшимъ увеличеніемъ позволяетъ

измѣрять діаметры съ наклономъ не болѣе 31° къ діаметру въ направленіи по суточному движенію, а этотъ послѣдній, вслѣдствіе наклона экватора къ эклиптикѣ приблизительно въ $23^{\circ}5'$, наклоненія экватора солнца къ эклиптикѣ приблизительно въ 7° и долготы восходящаго узла солнечнаго экватора приблизительно въ 75° , можетъ имѣть наибольшій наклонъ къ солнечному экватору около 26° ; слѣдовательно, съ даннымъ увеличеніемъ въ теченіе года можно измѣрять діаметры въ предѣлахъ наклонностей къ солнечному экватору отъ -57° до $+57^{\circ}$. Вышеназванные измѣренія на Харьковской Обсерваторіи продолжались съ 10 іюня по октябрь мѣсяць и за этотъ періодъ широты западнаго конца измѣряемыхъ діаметровъ находились въ предѣлахъ отъ -41° до $+54^{\circ}$.

Мнѣ кажется, что изъ такого рода наблюденій, при большомъ количествѣ ихъ, можно бы было вывести заключеніе о сжатіи солнца подобно тому, какъ это можно вывести изъ гелиометрическихъ наблюденій.

Теперь посмотримъ, какъ можно получить приведенную и исправленную величину измѣреннаго діаметра.

Какъ извѣстно, величина діаметра, приведенная къ экватору, къ среднему разстоянію солнца отъ земли и исправленная на измѣненіе прямого восхожденія солнца въ теченіе сутокъ, будетъ равна

$$r \cos \gamma \cos \delta (1 - \lambda) \rho,$$

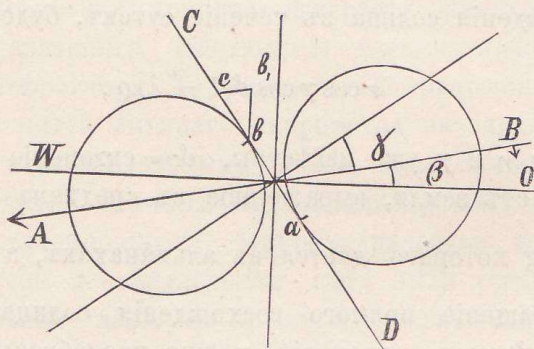
гдѣ обозначенія r и γ уже извѣстны, δ — склоненіе солнца, ρ — разстояніе солнца отъ земли, выраженное въ среднемъ разстояніи солнца отъ земли и \log котораго дается въ альманахахъ, а $\lambda = \frac{\Delta\alpha}{86400 + \Delta\alpha}$,

гдѣ $\Delta\alpha$ — приращеніе прямого восхожденія солнца за однѣ сутки. (Вліяніемъ измѣненія склоненія можно пренебречь, такъ какъ это вліяніе очень незначительно). Если наблюдать солнце, когда оно высоко стоитъ надъ горизонтомъ, то другихъ поправокъ можно и не вводить, въ противномъ случаѣ нужно ввести поправку на рефракцію.

Прежде чѣмъ сказать, какъ вводится поправка на рефракцію, нужно замѣтить, что вообще наблюдать солнце удобнѣе и выгоднѣе, когда оно стоитъ низко надъ горизонтомъ, во-первыхъ потому, что при высокомъ положеніи солнца наблюдать бываетъ часто неудобно, что оказываетъ, конечно, вліяніе на результатъ наблюденій, а во-вторыхъ потому, что въ полдень воздухъ сильно нагрѣвается, волнуется и потому изображенія бываютъ очень дрожація. Если опредѣлять абсолютную величину діаметра солнца, то низкимъ положеніемъ солнца, конечно, пользоваться нельзя, такъ какъ мы не можемъ ввести точно поправку и на рефракцію, и на измѣненіе діаметра солнца отъ дѣйствія атмосферы; но, если цѣль наблюденій, какъ было въ данномъ случаѣ, сравнить величины діаметровъ въ различныхъ направленіяхъ, то можно пользоваться и наблюденіями

въ горизонтѣ, если умѣть вводить поправку на рефракцію. Легко понять, что рефракція не оказываетъ вліянія на величину діаметра, измѣряемаго въ направленіи по суточному движенію, такъ какъ находящій и сходящій края солнца будутъ имѣть одну и ту же высоту и, слѣдовательно, рефракцію можно считать для нихъ одинаковой; но этого нельзя сказать относительно другихъ діаметровъ. Дѣйствительно, если находящій край имѣетъ меньшее зенитное разстояніе, чѣмъ сходящій, то въ тотъ моментъ, когда наблюдается схождение съ нити края солнца, угловой діаметръ уже пройденъ, такъ какъ для сходящаго края солнца рефракція больше и потому наблюденный діаметръ больше дѣйствительнаго. Если же находящій край солнца имѣетъ большее зенитное разстояніе, то происходитъ явленіе обратное. Слѣдовательно, поправку нужно ввести собственно не на рефракцію, а на измѣненіе ея вслѣдствіе разности высотъ сходящаго и находящаго края солнца.

Положимъ на экранѣ AB — направленіе суточного движенія, CD — нить, черезъ которую наблюдается прохожденіе краевъ солнца, γ — уголъ наклона измѣряемаго діаметра къ діаметру въ направленіи по суточному движенію, β — наклонъ линіи суточного движенія къ горизонту.



Въ этомъ случаѣ солнце находится ниже, чѣмъ оно сходитъ. Такъ какъ въ точкѣ b окружности солнца рефракція меньше чѣмъ въ точкѣ a , то видимая высота точки b надъ a меньше дѣйствительной, а потому въ моментъ наблюденія схождения края солнца, солнце не сходитъ съ той же линіи, которой касалось оно при нахожденіи, такъ какъ въ дѣйствительности относительно точки a точка b на разность рефракціи $dr = bb_1$ находится выше и, чтобы пройти угловой діаметръ, солнце должно пройти еще путь b_1c , на что оно употребитъ нѣкоторое время dt . Изъ треугольника ccb_1 опредѣлимъ dt :

$$dt = \frac{dr \cdot \sin cbb_1}{15 \sin bcb_1} = + \frac{dr \sin(\beta - \gamma)}{15 \cos \gamma}.$$

Если солнце сходитъ ниже, чѣмъ находится, то подобнымъ же образомъ найдемъ, что $dt = - \frac{dr \sin(\beta - \gamma)}{15 \cos \gamma}$, при чемъ γ считается положительнымъ внизъ отъ AB и отрицательнымъ вверхъ.

Слѣдовательно, для опредѣленія dt нужно знать dr , β и γ . dr есть не что иное какъ разность рефракціи для сходящаго и находящаго края солнца, т. е. измѣненіе рефракціи при измѣненіи высоты на величину $ab \cos(\beta - \gamma)$ или на величину $r \sin \gamma$ при средней высотѣ солнца h , которая находится по часовому углу солнца и склоненію его, на примѣръ, изъ діаграммы высотъ Radau, построенной для широты города Харькова. Что касается β , т. е. угла линіи суточного движенія съ горизонтомъ, то легко видѣть изъ сферическаго треугольника, вершинами котораго служатъ на небесной сферѣ положеніе солнца, проекція его на горизонтъ и точка захода или восхода солнца, что $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} 40^\circ \cos 15(\tau - t)$, гдѣ 40° представляетъ приблизительный наклонъ плоскости экватора къ плоскости горизонта, τ —приблизительное время восхода или захода, а t —приблизительное время наблюденія солнца. Слѣдовательно, по t и δ опредѣляется изъ діаграммы Radau высота солнца h , а по $r \sin \gamma$ и h опредѣляется dr , затѣмъ по t и τ при помощи небольшой таблички опредѣляется β ; а зная dr , β и γ , опредѣлимъ и $\pm dt$; при чемъ знакъ $+$ берется въ томъ случаѣ, если солнце находится ниже чѣмъ сходитъ, а знакъ $-$ въ противномъ случаѣ. Эта поправка $\pm dt$ на разность рефракціи при высотѣ солнца $> 15^\circ$ будетъ $< 0^s.1$ времени, во при наблюденіи въ горизонтѣ можетъ доходить до $1^s.0$.

Найдя приведенныя и исправленныя на рефракцію величины діаметровъ, можно ихъ уже сравнивать другъ съ другомъ и сопоставлять съ явленіями солнечныхъ пятенъ и протуберанцевъ. За вышеуказанный періодъ, съ 10 іюня по октябрь мѣсяцъ, дней измѣренія діаметровъ солнца было 38 и измѣрено въ эти дни 232 діаметра въ различныхъ направленіяхъ, при чемъ вѣроятная ошибка одного измѣренія, выводимаго изъ прохожденія западнаго и восточнаго края солнца черезъ 7,6 или 5 нитей, была большею частью значительно $< 0^s.1$ и очень рѣдко достигала величины $0^s.1$ времени.

Величины всѣхъ измѣренныхъ діаметровъ я не привожу и изъ 38 дней наблюденій привожу только результаты 27 дней наблюденія, такъ какъ остальные 11 дней не представляютъ ничего особенно интереснаго въ сравненіи съ приводимыми 27 днями: въ эти послѣдніе дни исчезали и появлялись изъ-за видимой поверхности солнца группы пятенъ; въ эти дни наблюдались наиболѣе замѣчательные протуберанцы, въ эти же дни происходили на солнцѣ и другія сильныя возмущенія видимой его поверхности. Вычисленныя величины діаметровъ, измѣренныхъ въ эти 27 дней, для наглядности представлены на прилагаемой къ сему таблицѣ, на которой горизонтальныя линіи, соотвѣтствующія различнымъ днямъ, представляютъ части видимой окружности солнца съ бывшими въ то время протуберанцами въ предѣлахъ позиціонныхъ NWSO-овыхъ угловъ отъ 48° до 126° и отъ 236° до 306° . Кромѣ протуберанцевъ на таблицѣ крестиками обозначены тѣ мѣста на видимой

окружности солнца, вблизи которых во время измѣренія диаметровъ находилась какая-нибудь группа пятенъ. Къ этимъ горизонтальнымъ линіямъ внизу прибавлены коротенькія вертикальныя черточки, которыя указываютъ на положеніе западнаго или восточнаго конца измѣреннаго диаметра, а величина его обозначена на таблицѣ рядомъ съ черточками двумя цифрами: десятыми и сотыми долями секунды, причемъ 2^m и 8^s подразумѣваются; если же величина диаметра была $2^m 7^s$ или $2^m 9^s$ съ долями, то на таблицѣ величина диаметра обозначена тремя цифрами.

При взглядѣ на эту табличку сейчасъ же видно, что диаметры солнца въ различныхъ направленіяхъ неравны и, слѣдовательно, что фигура равновѣсія видимой поверхности солнца представляетъ не правильную фигуру шара или эллипсоида вращения, а постоянно измѣняющуюся волнообразную фигуру; кромѣ того, если обратимъ вниманіе на тѣ мѣста поверхности солнца, въ направленіи на которыя диаметръ сравнительно очень большой, то увидимъ, что всякое значительное увеличеніе диаметра, соотвѣтствующее какъ бы подъему видимой поверхности солнца, совпадаетъ съ уменьшеніемъ диаметровъ въ направленіи на сосѣднія части видимой окружности солнца или съ уменьшеніемъ диаметра въ томъ же направленіи въ предыдущій или на слѣдующій день. При этомъ нужно замѣтить, что, собственно говоря, сравнивать результаты измѣреній различныхъ дней не всегда вполне возможно, такъ какъ наблюденія производились не въ одно и тоже время и при разныхъ атмосферныхъ условіяхъ и потому различнымъ образомъ вліяла на величину солнца атмосфера и кромѣ того всякій день дѣлалась, конечно, новая установка экрана въ фокусѣ изображенія солнца. Примѣромъ того, что подъемъ сопровождается опусканіемъ, могутъ служить слѣдующіе дни измѣреній: 22 іюня, 20, 21 августа и 4, 5 сентября.

Неравенство диаметровъ зависитъ, повидимому, отъ тѣхъ явленій, которыя происходятъ на солнцѣ: отъ солнечныхъ пятенъ, протуберанцевъ и, вѣроятно, еще отъ другихъ явленій, о которыхъ мы еще ничего не знаемъ. Наиболѣе отчетливо обнаруживается вліяніе пятенъ, а именно: оказывается, что изъ 27 случаевъ исчезновенія или появленія пятенъ въ тѣхъ мѣстахъ, въ направленіи на которыя измѣрялись диаметры, въ 19 случаяхъ пятна произвели, какъ будто, подъемъ поверхности солнца, въ четырехъ случаяхъ въ мѣстахъ исчезновенія или появленія группы пятенъ, обозначенныхъ на таблицѣ цифрами 7, 10, 23, 24, произошло опусканіе, но при этомъ нужно замѣтить, что во время измѣренія диаметровъ группы 10, 23 и отчасти 24 не были точно на краю солнца, а группа 7 не произвела подъема вслѣдствіе того, что протуберанецъ видѣнный 2-го и 3-го іюля за позиціоннымъ угломъ 296° , былъ, повидимому, причиной значительнаго опусканія поверхности солнца 4 іюля; что же касается остальныхъ 4-хъ случаевъ: 4, 21, 22 и 26, то въ этихъ

случаяхъ ничего нельзя сказать ни о подъемѣ, ни объ опусканіи поверхности солнца.

Слѣдовательно, можно вывести заключеніе, что пятна производятъ подъемъ видимой поверхности солнца и увеличиваютъ діаметръ солнца въ направленіи на пятна.

Что касается протуберанцевъ, то дѣйствіе ихъ на видимую фигуру солнечной поверхности такъ же ясно не обнаруживается, но тѣмъ не мене нѣкоторые подъемы и опусканія можно объяснить дѣйствіемъ протуберанцевъ, такъ на примѣръ очень возможно, что протуберанцы 3, 4 іюля за позиціонными углами отъ 48° — 68° были причиной подъема поверхности солнца въ мѣстѣ своего появленія и этотъ подъемъ сопровождался 5 іюля опусканіемъ. Особенно интересны подъемъ и опусканіе, произведенныя протуберанцемъ 2, 3 іюля за позиціоннымъ угломъ 296° : 2 іюля онъ произвелъ подъемъ поверхности солнца, затѣмъ 3 іюля въ двухъ мѣстахъ замѣтно уже опусканіе, а 4 іюля, когда видимая дѣятельность протуберанца прекратилась, ясно обнаружилось опусканіе поверхности солнца.

Но особенно сильные подъемы и опусканія нельзя объяснить ни пятнами, ни протуберанцами и, вѣроятно, причиной ихъ служатъ процессы, происходящіе на солнцѣ, которыхъ мы не видимъ и о которыхъ не знаемъ. Что же касается реальности ихъ, то нужно замѣтить, что иногда, когда приходилось наблюдать очень большой діаметръ, измѣренія черезъ нѣкоторое время повторялись съ новой установкой, и случалось, что вновь полученная величина діаметра отличалась отъ первоначальной нѣсколькими сотыми долями секунды. Особенно рельефные подъемы и опусканія такого рода наблюдались 20-го, 21-го августа и 4-го сентября.

Въ заключеніе нужно сказать нѣсколько словъ по поводу кажущагося противорѣчія между выводами изъ вышеназванныхъ наблюдений относительно вліянія пятенъ на величину діаметра солнца и утвержденіями Secchi, Wolf-a и другихъ, что, когда пятенъ больше, то діаметръ меньше и наоборотъ. Это противорѣчіе происходитъ оттого, что при сравненіи величины діаметра солнца съ пятнообразовательной дѣятельностью солнца берутся діаметры въ направленіи по суточному движенію, тогда какъ пятна образуются въ разныхъ широтахъ.

Во время maximum-a пятна образуются въ среднихъ широтахъ и большею частью уменьшаютъ діаметръ солнца въ направленіи по суточному движенію, такъ какъ увеличеніе діаметра въ направленіи на пятно сопровождается уменьшеніемъ діаметровъ въ направленіи на соседнія части поверхности солнца; а во время minimum-a пятна образуются почти на самомъ экваторѣ или въ высшихъ широтахъ, а потому пятна большею частью будутъ увеличивать діаметръ въ направленіи по суточному движенію или никакого дѣйствія на него не будутъ оказы-

вать. Вслѣдствіе этого ходъ кривой діаметровъ во время maximum-а долженъ былъ бы быть болѣе правильнѣй, а во время minimum-а кривая должна бы итти скачками. Подобный ходъ имѣетъ кривая, помѣщенная въ статьѣ Hilfiker-a: „Première étude sur les observations du diamètre du Soleil faites à l'Observatoire de Neuchatel de 1862—1883“.

Что же касается работы А. Secchi, поднявшей, повидимому, вопросъ о связи между дѣятельностью солнца и его діаметромъ, то можно замѣтить, что наблюденія, помѣщенные въ этой работѣ, продолжались съ іюля мѣсяца 1871 года по іюль 1872 года, т. е. во время близкое къ maximum-у (онъ былъ въ 1870 году), и потому пятна въ большинствѣ случаевъ уменьшали діаметръ солнца въ направленіи по суточному движенію.

	60	72	84	96	108	120
Трость 11						+7
12	724		06	24	06	25
22	799		27	32		46
23	17	44	40	36	+3	68
24	38			56		26
25	36	34	4	24	36	40
Трость 2	29	29	40	46	28	15
3	16	15	18	41		42
4		49	38	40	34	73
5	49	37	29	31	08	08
11		04	37	22	18	36
12		32	17	36	13	20
24	+14	27	30	26	15	18
28	44	31	32	41	21	45
Абучемь 20		12	03	15	06	02
21	29	32	08	31	775	40
23	795	41	56	06	82	91
24	49		30	32	49	
26		49	27	43	23	13
27	18+	56	56	29	35	27
Самородок 4	38	29	28	15	38	32
5	36	47	22	785	66	37
7	70	25	23	52	44	46
8	12	17	11	24	17	17
9	24	43	49	35	30	30
28	29	41	26	36	58	58
29	50	20	57	04		
	728	81	56	03		23
	60	72	84	96	108	

108	120	240	252	264	276	288	300
+7							
15'		724'		06'	21'	06'	35'
46'		788'		27'	32'	12'	46'
68'	77'	17'	44'	40'	38'	54'	68'
26'		38'	60'		56'	38'	26'
21'		36'	34'	24'	36'	40'	00'
14'		29'	29'	40'	46'	28'	15'
42'		16'	15'	18'	41'	42'	
15'		49'	38'	40'	34'	43'	13'
08'	08'	49'	37'	29'	31'	08'	08'
36'		04'	12'	37'	22'	18'	36'
798'		32'	13'	36'	13'	20'	798'
26'		27'	30'	26'	18'		26'
43'	54'	44'	31'	16'	32'	41'	31'
02'		12'	03'	15'	06'	02'	
40'	45'	23'	32'	08'	31'	775'	40'
91'	24'	795'	41'	56'	06'	82'	90'
39'		49'	20'	30'	32'	49'	39'
37'	10'	49'	27'	43'	23'	13'	37'
87'	44'	56'	56'	29'	35'	27'	767'
32'	43'	38'	29'	28'	15'	38'	32'
26'	25'	36'	47'	785'	66'	37'	25'
34'	15'	30'	25'	52'	44'	46'	34'
36'	13'	12'	17'	25'	17'	16'	13'
33'		49'	25'	49'	35'	30'	33'
43'		29'	41'	36'	58'	43'	
22'		50'	20'	51'	04'	22'	
23'		928'	81'	56'	03'	23'	
108	120	240	252	264	276	288	300