

О РАЗЛИЧИИ АБСОЛЮТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ТЕНИ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН, ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ПО СПЕКТРАЛЬНЫМ ЛИНИЯМ НЕЙТРАЛЬНОГО ВАНАДИЯ И ЖЕЛЕЗА

М. Дж. Гусейнов

По поляризационным спектрограммам измерены напряженности магнитных полей H в тени различных солнечных пятен. Сравниваются значения H , определенные по линиям Fe I $\lambda 6302,5$, V I $\lambda 6285,2$ и V I $\lambda 6256,9$ Å. Найдено, что значения H , полученные по линиям ванадия, в среднем на 200 гс больше, чем по линии железа.

ON THE DIFFERENCE OF THE MAGNETIC FIELD STRENGTH IN THE SUNSPOT UMBRAE DETERMINED FROM NEUTRAL VANADIUM AND IRON SPECTRAL LINES, by M. J. Huseynov.— The magnetic field strength H were measured in a few sunspots using polarization spectrograms. The values of H determined from the spectral lines of Fe I $\lambda 6302,5$, V I $\lambda 6285,2$ and $\lambda 6256,9$ Å are compared. The magnetic field determined from the vanadium lines were found to be stronger by 200 gs than these from the iron line.

Исследование тонкой структуры магнитного поля солнечных пятен является одним из актуальных вопросов современной гелиофизики. Еще в конце 50-х годов впервые Северным [1] было убедительно показано, что в тени солнечных пятен магнитное поле весьма неоднородно и имеет тонкую структуру. Впоследствии этой проблеме было посвящено очень много работ, например [2—19]. Но вопрос о величине различий напряженности магнитного поля в разных тонкоструктурных элементах тени пятна пока до конца не решен. Это в основном связано с большими трудностями получения материала наблюдений с достаточно высоким пространственным разрешением, по которому можно было бы измерить напряженность магнитного поля в отдельных тонкоструктурных элементах тени пятен.

Использование спектральных линий с различной чувствительностью к температуре является одним из способов изучения тонкой структуры магнитного поля в тени солнечных пятен. В принципе оно, возможно, позволит в какой-то мере разделить «горячие» и «холодные» элементы в пятнах и определить их физические параметры даже в тех случаях, когда пространственное разрешение невысокое.

В [20] и [21] напряженности магнитных полей H в тени пятен были определены по линиям двух типов: первый — линии нейтрального железа с высокими потенциалами возбуждения нижнего уровня и второй — линии с малыми потенциалами возбуждения нейтральных атомов легко ионизируемых элементов. Линии железа интенсивны в спектре фотосферы и полутени и слегка ослабевают в спектре тени пятен. Линии легко ионизируемых элементов обычно очень слабы или полностью отсутствуют в спектре фотосферы и полутени пятна, но значительно усиливаются в спектре тени (в дальнейшем мы их назовем «чисто теновыми»).

Для изучения магнитных полей в тени пятен, наблюдаемых в 1957 г. на башенном солнечном телескопе (БСТ) Крымской астрофизической обсерватории, в [20] нами были использованы линии V I $\lambda 6285,2$, $\lambda 6296,5$, Sc I $\lambda 6306,0$, Ti I $\lambda 6312,2$ и Fe I $\lambda 6302,5$ Å. Сравнение напряженностей магнитных полей H показало, что величины H по линиям ванадия и титана на 200—300 гс, а по Sc I $\lambda 6306,0$ Å на 500—600 гс превышают значения H по линии Fe I $\lambda 6302,5$ Å. Различие значений H по линиям ванадия и титана в сравнении с H по линии железа объяснялось тем, что в наиболее холодных элементах в тени, по-видимому, поле имеет наибольшую напряженность. Так как линия Sc I $\lambda 6306,0$ Å в спектре тени пятен слабее, чем указанные линии ванадия, титана и железа, слишком большое различие величин H в сравнении с линией Fe I $\lambda 6302,5$ Å частично было приписано сильному различию глубин образования этих линий.

Линии ванадия $\lambda 6285,2$ и $\lambda 6296,5$ Å в магнитном поле показывают аномальный эффект Зеемана. Для более точного определения H в темных узлах тени пятен и оценки возможной ошибки при измерении магнитного расщепления по линиям со сложным эффектом Зеемана было желательно использовать линию ванадия с простым триплетным расщеплением.

С этой целью в 1972 г. на малом башенном солнечном телескопе (МБСТ) Крымской астрофизической обсерватории нами были получены поляризационные спектрограммы пятен в области длин волн $\lambda \lambda 6256—6307$ Å, где имеются две линии ванадия с простым триплетом Зеемана. К сожалению, по линии V I $\lambda 6258,6$ Å с очень большим магнитным расщеплением ($g\lambda_0^2 = 132 \cdot 10^{-10}$ см²) измерение больших магнитных полей затруднено тем, что ее длинноволновая σ -компонента сильно блендируется с линией Ti I $\lambda 6258,7$ Å, которая к тому же усиливается в спектре тени пятна. Наиболее пригодной является линия V I $\lambda 6256,9$ Å с $g\lambda_0^2 = 65 \cdot 10^{-10}$ см². Эта линия входит в тот же мультиплет № 19, что и другие линии ванадия, по которым в [20] измерялось магнитное поле. Она чрезвычайно слаба в спектре фотосферы Солнца (ее эквивалентная ширина $W_\phi = 3$ мÅ [22]) и полутени пятна и значительно усиливается в спектре тени пятен (роуландовская интенсивность в спектре пятна $I^* = 4$ [23]). Линия V I $\lambda 6256,9$ Å также достаточно сильна в спектре К-звезд [24].

Необходимо отметить, что линии ванадия относятся к I и II температурным классам, а линия Fe I $\lambda 6302,5$ Å — к V классу [23]. Все это указывает на то, что выбранные линии ванадия, вероятно, в основном образуются в холодных (темных) элементах тени пятен примерно на одинаковых глубинах. По-видимому, можно предполагать (как это было сделано в [20]), что в образование линии железа Fe I $\lambda 6302,5$ Å основной вклад вносит излучение сплошного темного фона, хотя не исключен некоторый вклад излучения как еще более темных узлов, так и светлых точек в тени пятен. Учитывая роуландовские интенсивности линий ванадия и железа, используемых здесь, на основании результатов работы Маттига [25] можно грубо считать, что все эти линии образуются примерно на одинаковых глубинах в тени пятен.

Условия и материал наблюдений описаны в [24]. Здесь коротко отметим следующее. Поляризационные спектрограммы тени пятен получены при хороших условиях наблюдения (качество изображений хорошее, дрожание 3—4"). При наблюдениях перед щелью спектрографа устанавливалась оптическая насадка из пластинки в $\lambda/4$ и поляризационной мозаики. Поляризационные спектрограммы состоят из многочисленных полосок (ширина каждой полоски соответствует 3" на поверхности Солнца) с чередующейся взаимно-ортогональной поляризацией. Эти полоски расположены почти вплотную друг к другу поперек дисперсии. Обратная линейная дисперсия спектрографа в области $\lambda 6300$ Å в четвертом порядке дифракционной решетки $D = 0,354$ Å/мм.

1. Результаты измерений

Величина напряженности магнитного поля H в тени пятен определялась по визуальным измерениям на микроскопе МИР-12 относительного смещения σ -компонент на соседних полосках спектрограмм с взаимно-ортогональной поляризацией. Так же как и в [20], измерения магнитного расщепления всех линий по каждому двум соседним полоскам проводились пять раз и вычислялись средние арифметические значения $\Delta\lambda_H$, а из них — напряженности магнитного поля H .

Значения напряженности магнитного поля H , определенные по теоретическим значениям фактора Ланде g для различных линий поглощения, сравниваются на рис. 1. По осям координат отложены величины H , найденные по отдельным линиям поглощения. Длины волн линий указаны на соответствующих осях. В левом верхнем углу на каждом рисунке показаны величины среднеарифметических ошибок измерений H , которые связаны с ошибками наведения нити измерительного прибора МИР-12 на середину σ -компонент.

Из рис. 1, а следует, что величины H , определенные согласно теоретическим значениям факторов Ланде $g_{\text{т}}$, по линии V I $\lambda 6256,9 \text{ \AA}$ на $\sim 50 \text{ гс}$ больше, чем по линии V I $\lambda 6285,2 \text{ \AA}$. Вероятно, это связано с тем, что первая линия является простым триплетом Зеемана и измерения по ней более точны, чем по второй линии, показывающей аномальное магнитное расщепление.

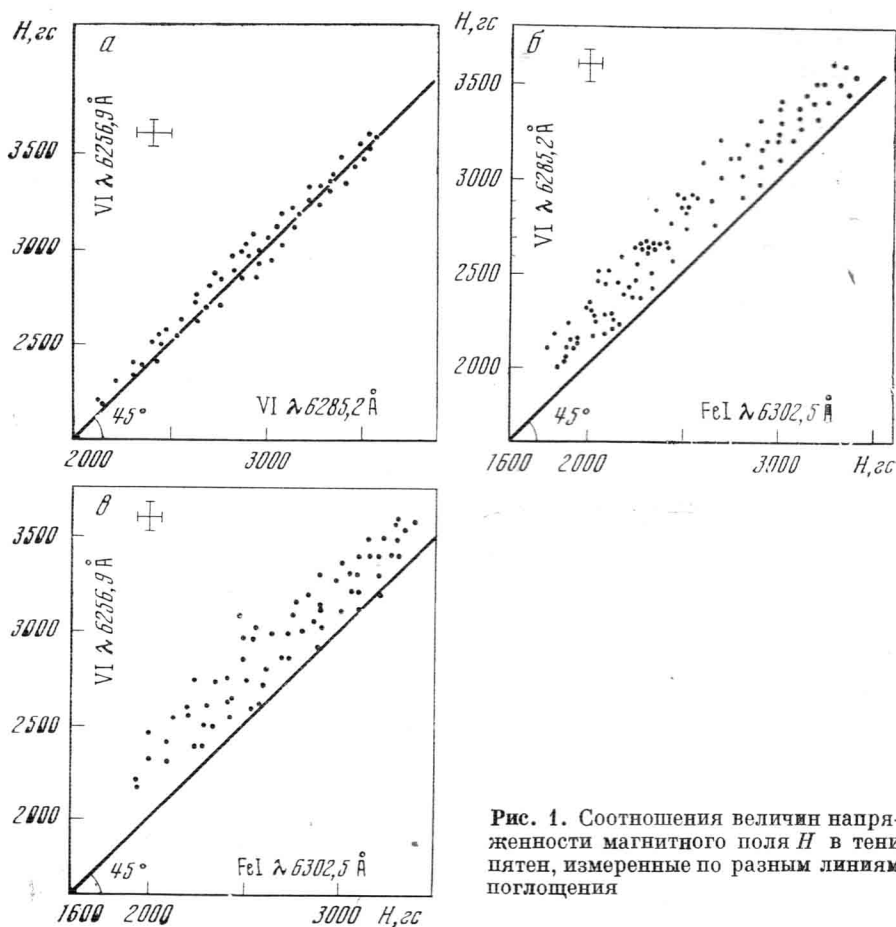


Рис. 1. Соотношения величин напряженности магнитного поля H в тени пятен, измеренные по разным линиям поглощения

Рис. 1, б и в показывают, что по выбранным линиям ванадия измеренная напряженность магнитного поля H в тени пятен в среднем на 200—300 гс превышает значения H , определенные по линии железа $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$.

2. О возможных источниках систематических ошибок

Прежде чем интерпретировать указанные результаты, необходимо рассмотреть основные источники возможных систематических ошибок при измерении магнитного расщепления линий поглощения $\Delta\lambda_H$ и вычислении значений напряженности магнитного поля H .

Очевидно, что при вычислении значений H источником систематических ошибок могут быть неточности в значениях факторов Ланде g . Известно, что теоретические значения факторов Ланде g_T для отдельных термов иногда до 10% отличаются от их лабораторных значений g_L [26]. Для оценки влияния различий теоретических и лабораторных значений факторов Ланде на наши результаты нами были вычислены лабораторные значения факторов Ланде g_L для линий V I $\lambda 6256,9$, $\lambda 6285,2$, $\lambda 6296,5$, Ti I $\lambda 6312,2$, Sc I $\lambda 6306,0$ и Fe I $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$. При вычислении фактора магнитного расщепления линий g_L были использованы лабораторные значения факторов Ланде для соответствующих термов, приведенные в [26].

Оказалось, что лабораторные факторы Ланде g_L для всех указанных линий, кроме линий Ti I $\lambda 6312,2$ и Sc I $\lambda 6306,0 \text{ \AA}$, несколько меньше, чем их теоретические значения. Для линии Sc I $\lambda 6306,0 \text{ \AA}$ значения теоретического и лабораторного факторов Ланде совпадают, а для Ti I $\lambda 6312,2 \text{ \AA}$ g_L на 0,7% больше, чем его теоретическое значение g_T . Для следующих линий теоретические значения факторов магнитного расщепления больше, чем их лабораторные значения g_L : для линии Fe I $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$ на 0,5%, V I $\lambda 6296,5 \text{ \AA}$ на 2,4%, V I $\lambda 6285,2 \text{ \AA}$ на 0,2%, V I $\lambda 6256,9 \text{ \AA}$ на 3,6%.

Следовательно, если учесть, что лабораторные значения факторов Ланде более надежны, то различия напряженностей магнитных полей ΔH , полученные здесь и в [20], при сравнении H , вычисленных по теоретическим факторам Ланде, по различным линиям должны быть соответственно исправлены. Так, при сравнении H , определенных по линиям Fe I $\lambda 6302,5$, V I $\lambda 6285,2$ и Sc I $\lambda 6306,0 \text{ \AA}$, значения ΔH изменятся очень незначительно. Но при сравнении H , измеренных по линиям V I $\lambda 6296,5$ и $\lambda 6256,9 \text{ \AA}$, со значениями H , определенными по линии Fe I $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$, величины ΔH соответственно увеличатся: в области $H = 2000 \text{ гс}$ примерно на 40—60 гс и в области $H = 3000 \text{ гс}$ на 60—90 гс. Таким образом, учет лабораторных значений факторов Ланде приводит к увеличению различий ΔH напряженности магнитного поля в тени пятен, найденных по «чисто темновым» линиям и Fe I $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$.

Величины ΔH при сравнении магнитных полей по «чисто темновым» линиям и по линии Fe I $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$ могут быть искажены влиянием дрожаний изображения Солнца при наблюдениях, а также эффектом блендирования σ - и центральной компонент линий поглощения при визуальных измерениях $\Delta\lambda_H$. В [21] уже обсуждался вопрос о возможном влиянии дрожаний изображения Солнца на величины H , определенные по различным линиям поглощения. Здесь еще раз отметим, что если влияние дрожания изображений на «чисто темновые» линии и на Fe I $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$ внутри тени (достаточно далеко от границы тень — полутень) можно считать одинаковым, то у границы тень — полутень оно совершенно различно. Поэтому могут быть большие различия в значениях H , определенных по линиям ванадия и железа у границы тень — полутень, в основном связанные с влиянием дрожания изображений. Но наши измерения относятся к тем местам тени пятен, где линии ванадия значительно усилены, т. е. в этих местах вклад излучения полутени из-за дрожания изображений Солнца незначителен. Разумеется, такими местами могут быть области внутри тени, отстоящие от границы тень — полутень на величину, большую, чем величина дрожания изображений.

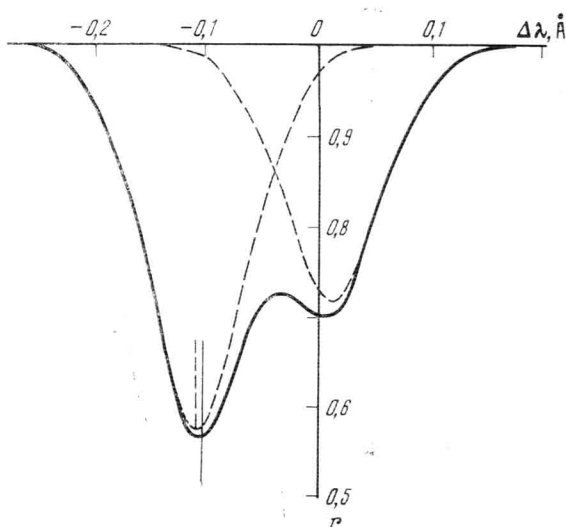


Рис. 2. Профиль линии $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$ Fe I и найденные истинные контуры σ - и центральной компонент

По предложению А. Б. Северного нами было изучено влияние эффекта возможного блендирования σ - и центральной компонент линий поглощения на измерения $\Delta\lambda_H$ в случаях кажущегося полного разделения их на спектрограммах. С этой целью мы фотометрировали линии поглощения Fe I $\lambda 6302,5$ и V I $\lambda 6256,9 \text{ \AA}$. Оказалось, что при полях с $H = 2000 \div 2500 \text{ гс}$ еще имеет место эффект значительного блендирования σ - и центральной компонент линий, приводящий к занижению измеряемой величины H в обеих линиях. Так как в интенсивность центральной компоненты линии железа $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$ значительный вклад вносит рассеянный свет, а центральные компоненты «чисто теневых» линий свободны от влияния рассеянного света, то относительные интенсивности σ - и центральной компонент линий различного типа всегда будут различны. Кроме того, величина магнитного расщепления $g\lambda_0^2$ для линий Fe I $\lambda 6302,5$ и V I $\lambda 6256,9 \text{ \AA}$ сильно ($\sim 1,6$ раза) различается. Поэтому величина эффекта блендирования для них может оказаться различной при неодинаковых условиях наблюдения и для разных пятен в зависимости как от абсолютного значения H , так и угла γ между направлением магнитного поля и лучом зрения. Следовательно, для нахождения истинного различия напряженностей магнитного поля, измеренных по линиям железа и ванадия, необходимо для каждого случая определить величину искажения значений H из-за эффекта блендирования σ - и центральной компонент линий поглощения. С этой целью мы на микрофотометре МФ-4 фотометрировали линии Fe I $\lambda 6302,5$ и V I $\lambda 6256,9 \text{ \AA}$ и строили измеренные контуры линий, затем находили истинные контуры σ - и центральной компонент линий.

На рис. 2 приводим пример того, каким образом находились истинные контуры σ - и центральной компонент линий поглощения и величина искажения значений H , определенных по измерениям на МИР-12. На рисунке сплошная кривая соответствует измеренному (суммарному) контуру линии Fe I $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$ в спектре тени пятна в одной поляризации. Сплошной вертикальной прямой указано положение нити измерительного прибора МИР-12, соответствующее измеряемому значению магнитного поля H пятна в данном месте тени. Штриховые кривые показывают истинные контуры σ - и центральной компонент, которые находились следующим образом.

Для нахождения истинного значения напряженности магнитного поля H нужно найти истинные контуры σ - и центральной компонент и их взаимное расположение по длине волны. С этой целью мы за основу брали дальнее от центральной компоненты крыло коротковолновой σ -компоненты линии $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$, так как оно всегда наименее искажено эффектом блендиро-

вания. Затем зеркальным отображением строили другое крыло линии, считая, что истинный контур σ -компоненты должен быть симметричным (разумеется, при этом предполагается, что эффекты градиента лучевых скоростей и напряженности магнитного поля с глубиной не приводят к заметной асимметрии σ -компонент используемых линий). В первом приближении за ось симметрии σ -компоненты мы принимали такое положение ее по длине волны, которое соответствовало бы значению H при визуальных измерениях $\Delta\lambda_H$ на МИР-12 (здесь же отметим, что для больших значений H эти предварительные положения полностью совпали с положением осей истинных σ -компонент). После этого искали такие интенсивности и положения σ - и центральной компонент, когда сложение последних давало контур, совпадающий с измеренным суммарным контуром линии. При этом предполагалось, что контуры σ - и центральной компонент по форме одинаковы и различаются только по интенсивности. Контуры σ - и центральной компонент линий исправлялись методом последовательных приближений.

На рис. 2 штриховой вертикальной прямой показано положение оси симметрии истинной σ -компоненты. Ее расстояние от положения нити МИР-12 (вертикальная сплошная прямая) дает величину искажения $\Delta\lambda_H$ при визуальных измерениях магнитного расщепления. Таким образом, мы находили расстояние между истинным положением σ -компоненты после учета влияния эффекта блендирования и положением нити микроскопа, соответствующим измеренному значению H .

Оказалось, что во всех случаях эффект блендирования σ - и центральной компонент линий поглощения приводит к занижению значений напряженности магнитного поля H при измерениях на МИР-12. Величина различий истинных и измеренных значений напряженности магнитных полей $\delta H = H_{\text{ист}} - H_{\text{изм}}$ в рассмотренных нами случаях для линии Fe I $\lambda 6302,5$ Å находится в пределах 150—50 гс при полях $H = 2000 \div 3000$ гс. При $H = 3200$ гс величина δH меньше среднеарифметического значения ошибок измерения. В случае линии V I $\lambda 6256,9$ Å величина δH для полей с $H = 2000 \div 3000$ гс несколько меньше, а для $H > 3000$ гс, наоборот, больше, чем для линии Fe I $\lambda 6302,5$ Å. Как потом станет ясно, некоторое различие величин δH для линий железа и ванадия при разных значениях H связано с большим различием факторов магнитного расщепления этих линий.

Следует отметить, что выбор начального положения оси симметрии контура σ -компоненты линий поглощения при определении влияния эффекта блендирования на измерения H не очень обоснован (так можно было поступить при очень больших полях). Поэтому мы решили истинные контуры σ - и центральной компонент линий поглощения найти другим путем, а затем рассмотреть для них эффект блендирования в зависимости от истинных значений H и относительной интенсивности σ - и центральной компонент.

Как известно, когда пятно имеет чисто поперечное поле ($\gamma = 90^\circ$), то σ - и π -компоненты магнитно-расщепленной линии линейно поляризованы во взаимно-ортогональных направлениях. Если спектр такого пятна снимать с помощью поляризационной насадки без пластинки в $\lambda/4$ (т. е. только через поляроидную сетку со скрещенными осями поляризации соседних полосок), то мы получим спектрограмму, на соседних полосках которой будут чередоваться две σ - и одна π -компоненты линий (разумеется, для линий с простым триплетом Зеемана). Теперь если фотометрировать линию поглощения на отдельных соседних полосках спектрограммы, то мы легко можем построить истинные контуры ее центральной и, в случае большого магнитного поля и малого рассеяния света, σ -компонент. Для этого мы использовали соответствующие поляризационные спектрограммы, снятые наблюдателями БСТ по программе службы магнитных полей пятен и полученные нами на МБСТ Крымской астрофизической обсерватории.

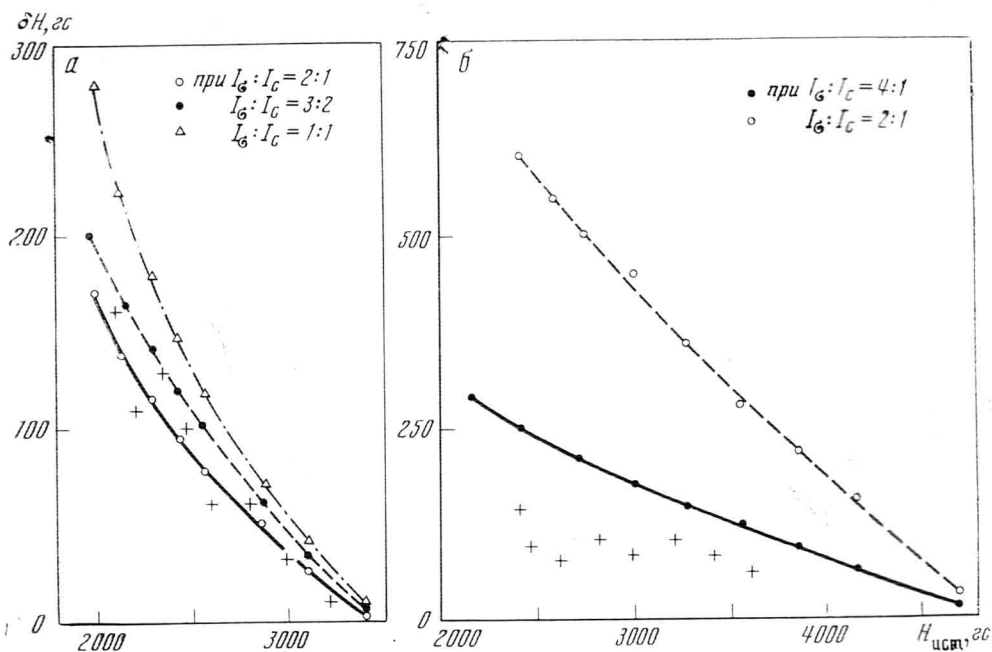


Рис. 3. Зависимости величин искажения измерений H влиянием эффекта блендирования σ - и центральной компонент от их относительных интенсивностей и значения напряженности магнитного поля H для линий $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$ Fe I (a) и $\lambda 6256,9 \text{ \AA}$ V I (б)

Сравнение найденных таким путем контуров компонент магнитно-расщепленных линий поглощения показало, что они для разных пятен различаются очень мало. Из шести контуров компонент линий поглощения был построен средний контур отдельной компоненты. Для оценки влияния эффекта блендирования при различных значениях $H_{\text{ист}}$ и относительных интенсивностях σ - и центральной компонент были построены суммарные контуры как для линии Fe I $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$, так и V I $\lambda 6256,9 \text{ \AA}$, затем определены расстояния по λ осей симметрии истинных σ -компонент от их положений на суммарных контурах. Эти расстояния определяют величины δH занижения напряженностей магнитного поля H в тени пятен, измеренных визуально на МИР-12, из-за влияния эффекта блендирования δ - и центральной компонент линий поглощения.

Результаты графического определения величины $\delta H = H_{\text{ист}} - H_{\text{изм}}$ в зависимости от $H_{\text{ист}}$ при различных значениях относительной интенсивности σ - и центральной компонент линий поглощения приведены на рис. 3, а (для линии Fe I $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$) и 3, б (для линии V I $\lambda 6256,9 \text{ \AA}$). На этих рисунках по оси абсцисс отложены истинные значения напряженности магнитного поля $H_{\text{ист}}$, а по оси ординат — значения $\delta H = H_{\text{ист}} - H_{\text{изм}}$. Крестиками обозначены величины δH , определенные первым способом непосредственно по контурам линий поглощения в спектре тени некоторых пятен, магнитное поле которых здесь изучается.

Величины δH , найденные вторым графическим способом для линии Fe I $\lambda 6302,5 \text{ \AA}$ при относительных интенсивностях ее σ - и центральной компонент $I_{\sigma} : I_c = 2 : 1, 3 : 2$ и $1 : 1$, приведены на рис. 3, а. Как видно из этого рисунка, величины δH , найденные первым способом (крестики), находятся в пределах значений δH , определенных вторым способом для случаев $I_{\sigma} : I_c = 2 : 1$ (кружки, сплошная кривая), и не превосходят 150 гс . Из рис. 3, а также следует, что в случаях, когда из-за большого рассеянного света или значительного угла γ интенсивность центральной

компоненты равна интенсивности σ -компоненты, величина δH для линии Fe I $\lambda 6302,5$ Å при полях с $H \approx 2000$ гс может достигать 300 гс.

На рис. 3, б для линии $\lambda 6256,9$ Å в случаях $I_{\sigma} : I_c = 4 : 1$ и $2 : 1$ показаны величины δH , определенные вторым графическим способом. Из этого рисунка видно, что значения δH , найденные первым способом (крестики), меньше, чем это следует ожидать при $I_{\sigma} : I_c = 4 : 1$ (точки, сплошная кривая). Отсюда явствует, что в наших случаях относительная интенсивность центральной компоненты V I $\lambda 6256,9$ Å меньше, чем $1 : 4$. Рис. 3, б показывает, что при $I_{\sigma} : I_c = 2 : 1$ величина δH для линии ванадия может достигать 500—600 гс. Ясно, что это может привести к неверным выводам, если не учитывать влияния эффекта блендирования σ - и центральной компонент линий поглощения. Поэтому нужно быть очень осторожным при сравнении напряженностей магнитных полей H пятен, измеренных по различным линиям, в случаях существования интенсивной центральной компоненты линий поглощения.

Из рис. 3, а и б следует, что при визуальном измерении магнитного расщепления линий поглощения микроскопом почти всегда (для линии Fe I $\lambda 6302,5$ Å до $H_{\text{ист}} \approx 3000$ гс, а V I $\lambda 6256,9$ Å до $H_{\text{ист}} \approx 4000$ гс) имеет место занижение величины напряженности магнитного поля H . Величина занижения напряженности магнитного поля δH из-за эффекта блендирования зависит от истинного значения поля $H_{\text{ист}}$, фактора Ланде g , относительной интенсивности σ - и центральной компонент линий. Разумеется, величина δH должна зависеть еще от контура каждой линии поглощения. Поэтому для нахождения истинного различия напряженностей магнитного поля H , измеренных по разным линиям поглощения, необходимо всякий раз учитывать эффект блендирования σ - и центральной компонент для каждой линии.

В наших измерениях величина искажения значений H для линий $\lambda 6302,5$ и $\lambda 6256,9$ Å в основном меньше 150 гс. Следует отметить, что при сравнении напряженностей магнитных полей H , определенных по этим линиям, влияние эффекта блендирования часто взаимно исключается. Но если в линии $\lambda 6302,5$ Å всегда присутствует центральная компонента значительной интенсивности (так как при наших наблюдениях невозможно было получить спектрограммы без рассеянного света), то в линии $\lambda 6256,9$ Å очень часто центральная компонента, связанная только с присутствием π -компоненты, чрезвычайно слаба. Поэтому вполне вероятно, что в среднем по линии Fe I $\lambda 6302,5$ Å величина занижения значений H будет несколько больше (примерно на 50—100 гс), чем по линии V I $\lambda 6256,9$ Å. Следовательно, величину различия напряженности магнитного поля в тени пятен по «чисто тeneвым» линиям и по линии железа $\lambda 6302,5$ Å необходимо уменьшить в среднем на 50—100 гс.

Заключение

Сравнение напряженностей магнитных полей H в тени пятен, измеренных по различным линиям, показало, что величина H , определенная по линиям ванадия, в среднем на 200—300 гс превышает величину H , найденную по линии Fe I $\lambda 6302,5$ Å (рис. 1, б и в). Учет лабораторных значений факторов Ланде позволяет несколько увеличить указанную разницу напряженностей магнитных полей по «чисто тeneвым» линиям и по линии железа. Но согласно результатам исследования влияния эффекта блендирования σ - и центральной компонент линий поглощения эту величину необходимо уменьшить в среднем примерно на 100 гс. Таким образом, можно заключить, что напряженности магнитных полей в тени пятен H , определенные по выбранным линиям ванадия, превосходят значения H , найденные по линии железа $\lambda 6302,5$ Å в среднем на 200 гс.

В [20] нами были приведены некоторые доводы в пользу того, что линии нейтрального ванадия V I $\lambda 6285,2$ и $\lambda 6296,5$ Å образуются примерно на тех же глубинах в тени пятен, что и линия железа $\lambda 6302,5$ Å. Как уже

было отмечено, линия V I $\lambda 6256,9$ Å входит в тот же мультиплет, она имеет примерно такую же интенсивность в спектре тени пятна, что и две другие линии ванадия. Следовательно, можно предположить, что все указанные линии ванадия и железа образуются на очень близких глубинах в атмосфере тени пятен. Учитывая все изложенное, можно сделать следующий вывод: на одних и тех же глубинах в более темных узлах тени пятен напряженность магнитного поля в среднем примерно на 200 гс больше, чем в ее сплошном темном фоне.

Следует отметить, что по измерениям Адам [27] напряженность магнитного поля H в тени пятна, определенная по линии V I $\lambda 6256,9$ Å, на 200—300 гс превышает значение H , найденное по линии Fe I $\lambda 6302,5$ Å. Цван и Бурман [12] измерили напряженность магнитного поля в наиболее темном участке ($H \approx 3100$ гс) и в области с тонкой структурой ($H \approx 2800$ гс) в тени одного пятна. Эти результаты тоже говорят о том, что в темных узлах тени магнитное поле имеет наибольшую напряженность.

Наконец, заметим один побочный результат, полученный при исследовании влияния эффекта блендирования σ - и центральной компонент линий поглощения на величину H при визуальных измерениях $\Delta\lambda_D$. Оказалось, что из-за эффекта блендирования по длине волны смещены не только центры тяжести σ -компоненты, но и центральных компонент, как и следовало ожидать. Причем смещение центральной компоненты обычно значительно больше, чем соответствующий сдвиг σ -компоненты, так как при малом рассеянном свете и малых значениях угла γ центральная компонента слабее. Следовательно, истинная величина эффекта «расщепления π -компоненты», впервые обнаруженного Северным [1], значительно больше, чем его значение при измерениях без учета эффекта блендирования σ - и центральной компонент магнитно-расщепленной линии.

Считаю своим приятным долгом выразить искреннюю благодарность академику А. Б. Северному, Н. В. Степенко и Н. Н. Степанян за критические замечания и ценные советы при обсуждении и оформлении статьи. Апрель 1974 г.

Л и т е р а т у р а

1. А. Б. Северный. Астрон. ж., 1959, 33, вып. 2, 208.
2. Н. В. Степенко. Изв. Крымской астрофиз. общ., 1967, 37, 21.
3. J. M. Beckers, E. H. Schröter. Solar Phys., 1963, 4, N 2, 142.
4. V. N. Obridko. Bull. Astron. Inst. Czechosl., 1963, 19, N 4, 183.
5. E. I. Mogilevsky, L. B. Demkina, B. A. Ioshpa, V. N. Obridko. In: Structure and development of Solar active regions, K. O. Kiepenheuer (Ed.), IAU Sympos. N 35, 1968, p. 215.
6. C. Zwaan. Annual Rev. Astron. and Astrophys., 1963, 3, 135.
7. E. A. Mallia. Solar Phys., 1970, 14, N 1, 125.
8. A. B. Severny. Solar-Terrest. Phys., Proc. Internat. Sympos. Leningrad, 1970. Dordrecht, 1972, Pt 1, p. 38.
9. В. А. Крам. Вестник АН СССР, 1971, № 12, 28.
10. H. Wöhl. Solar Phys., 1971, 13, N 2, 362.
11. V. M. Grigoryev, J. M. Katz. Solar Phys., 1972, 22, N 1, 119.
12. C. Zwaan, J. Buurman. In: Solar magnetic fields, R. Howard (Ed.). IAU Sympos. N 43, 1971, p. 220.
13. J. Harvey. Publ. Astron. Soc. Pacific, 1971, 83, N 495, 539.
14. В. А. Крам, Л. М. Котляр. Баллонная астрономия. Л., «Наука», 1972.
15. E. A. Mallia, A. D. Petford. Monthly Notices Roy. Astron. Soc., 1972, 157, N 1, 73.
16. Л. Б. Демкина, В. Н. Обридко. Солнечные данные, 1972. № 5, 101.
17. В. А. Котов. Изв. Крымской астрофиз. общ., 1972, 46, 115.
18. F. Kneer. Solar Phys., 1973, 28, N 2, 361.
19. J. Scaude. Solar Phys., 1973, 32, N 2, 403.
20. М. Дж. Гусейнов. Изв. Крымской астрофиз. общ., 1974, 49, 15.
21. М. Дж. Гусейнов. Изв. Крымской астрофиз. общ., 1974, 50, 168.
22. C. E. Moore, M. G. J. Minnaert, J. Houtgast. The solar spectrum 2935 Å to 8770 Å. Washington, 1966.
23. C. E. St. John, C. E. Moore et al. Revision of Rowland's preliminary table. Carnegie Inst. Washington Publ., 1928, N 396.
24. М. Е. Боярчук. Изв. Крымской астрофиз. общ., 1972, 44, 18.
25. W. Mattig. Solar Phys., 1969, 8, N 2, 291.
26. C. E. Moore. Atomic energy levels. Washington, v. I, 1949; v. II, 1952.
27. M. G. Adam. Monthly Notices Roy. Astron. Soc., 1969, 145, 1.