

SOME STAGES OF THE DEVELOPMENT IN THE
TECHNIQUE OF THE STELLAR RADIAL VELOCITY
DETERMINATION
ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ЛУЧЕВЫХ
СКОРОСТЕЙ ЗВЕЗД

V.E.Panchuk^{1,2}, T.A.Yakshina²

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН

²Ставропольский государственный университет

Вся история измерений лучевых скоростей звезд укладывается почти в одно столетие. Визуальные измерения положений спектральных линий были начаты одновременно с измерениями их интенсивностей. Однако попытки визуальных измерений смещений линий в спектрах ярких звезд оказались неудачными. Прогресс обозначился лишь тогда, когда в девяностых годах XIX в. мокрый коллоидный способ фотографических наблюдений был окончательно заменен сухими фотопластинками. Фотографическая спектрофотометрия делала первые шаги, и техника перевода фотографических почернений в интенсивности еще не обеспечивала хорошей точности. Но главным обстоятельством, стимулирующим первоочередные измерения точных положений (а не интенсивностей) спектральных линий, являлось то, что к началу измерений положений и оценки интенсивностей линий в звездных спектрах уже был известен принцип Доплера-Физо (принцип Х.Доплера был сформулирован в 1842г., в применении к свету был сформулирован в 1848г. И.Физо в лекции, которая была напечатана лишь в 1870г.), тогда как астрофизические соотношения, определяющие интенсивности линий, были получены в начале XX века.

Первое десятилетие развития техники фотографической спектроскопии звезд характеризуется попытками совершенствования спектрографов в части стабилизации их механических конструкций и совершенствования техники измерения положений изображений линий на фотопластинках. Одним из первых применил фотографию для измерения лучевых скоростей А.А.Белопольский, который, еще работая в Москве, приобрел опыт по научной фотографии. Фотографические наблюдения спектров звезд А.А.Белопольский начал в Пулково уже в 1890 г. Лучевые скорости, которые он определил, были тогда самыми точными в мире (ошибка ± 2.6 км/сек). Потсдамские определения 1889-

1891 гг., выполненные Фогелем и Шайнером, имели большие систематические ошибки. Дальнейшее увеличение точности определения лучевых скоростей состоялось только в 1895-1896 гг., после существенных улучшений в конструкции спектрографов и, особенно, изменений в конструкции крепления спектрографа к телескопу.

Следующий этап увеличения точности измерения лучевых скоростей связан с созданием спектрографов, расположенных в неподвижном фокусе телескопа. Телескоп с фокусом кудэ (coudé) появился впервые в Парижской обсерватории в 1882г., но для спектроскопических измерений лучевых скоростей начал использоваться с 1911г., когда в неподвижном фокусе было достигнуто спектральное разрешение около 70000 [1].

Вследствие больших потерь света на оптике фокуса кудэ, призменные спектрографы, подвешиваемые в фокусе Кассегрена, продолжали оставаться основным средством массовых фотографических измерений лучевых скоростей вплоть до начала 60-х годов. Среди наиболее продуктивных следует отметить трехпризменный спектрограф 1.8м телескопа DAO [2], и спектрограф 1м телескопа Симеизской обсерватории. Ошибки определения лучевых скоростей на щелевом призменном спектрографе DAO составляли в среднем 5 км/сек.

Необходимость массовых определений лучевых скоростей звезд заставила астрономов вновь обратиться к методу спектроскопии с предобъективной призмой (первые попытки использования бесщелевых спектров для измерений лучевых скоростей, предпринятые на рубеже XIX и XX вв., были связаны с поисками растворов для светофильтров, формирующих в спектре звезды абсорбционную полосу). В середине века был предложен метод разворачивающейся предобъективной призмы [3], который, характеризуясь пониженной точностью (7 км/сек

по нескольким пластинкам), являлся наиболее массовым и применялся вплоть до конца фотографической эры (начало 90-х годов).

Внедрение дифракционных решеток с профилированным штрихом существенно повлияло на точность измерений лучевых скоростей. Во-первых, дифракционные спектрографы оказались более экономичными по потерям света, во-вторых – менее чувствительными к изменениям температуры, чем призменные. Существенным обстоятельством является также более удобная форма дисперсионной кривой. Ошибки определения лучевых скоростей на щелевых дифракционных спектрографах с фотографической регистрацией (по данным публикаций в *Astrophysical Journal*) составляли в среднем 2 км/сек. Для дифракционного спектрографа 6м телескопа с фотографической регистрацией характерная точность определения лучевой скорости составляла 1км/сек.

Развитие фотоэлектрических методов регистрации излучения не преминуло сказаться на технике измерения лучевых скоростей. Вначале была сформулирована идея корреляционного метода [4], затем метод был опробован в фокусе кудэ 0.9м телескопа [5]. Фотоэлектрические корреляционные спектрометры характеризуются точностью 300 м/сек. Наиболее эффективным оказался спектрометр CORAVEL [6], использовавшийся преимущественно на 1м телескопе. В нашей стране аналогичный прибор был изготовлен в Московском университете [7].

Уже при первых измерениях лучевых скоростей возникла проблема рассогласования каналов спектра звезды и спектра калибровочного источника. Первая попытка использования теллурического спектра в качестве реперного предпринята в работе [8], при этом для наиболее яркой звезды с узкими линиями была достигнута точность 50м/сек. Затем реперные линии в спектре звезды формировались путем установки перед спектрографом абсорбционной ячейки, заполненной парами HF [9], или I2 [10]. В итоге многолетних экспериментов была достигнута точность 3-5 м/сек.

Внедрение цифровых линеек и матриц принципиально изменило ситуацию в области измерения лучевых скоростей. Точность увеличилась как за счет резкого увеличения квантовой эффективности приемников излучения, так и из-за возможностей цифровой обработки сигнала. На 1.5м телескопе с применением корреляционных методов сравнения сигнала с модельными спектрами были выполнены массовые определения лучевых скоростей с точностями лучше 1 км/сек [11].

Параллельно развивались методы интерферометрического определения лучевых скоростей. Пионером здесь можно считать К.Серковского [12], который в задаче измерения лучевых скоростей реали-

зовал преимущество интерференционного прибора перед дифракционным, известное со времен классической работы Жакино [13]. Следующим принципиальным шагом является идея переноса измерений из некогерентной области в область когерентных излучений [14]. К сожалению, метод П.Конна, позволяющий достичь точности, ограничиваемой шумами приемника (доли 1 м/сек для телескопа диаметром 1м), игнорируется большинством спектроскопистов. Причиной такого отношения является как сложность экспериментальной установки, так и наличие нескольких эффективно работающих оптоволоконных спектрографов.

Первые оптоволоконные сочетания телескопа и спектрографа сделаны около 20 лет назад [15]. Наиболее эффективной оказалась система ELODIE [16], авторы которой затем создали спектрограф HARPS, обеспечивающий точность измерений 1 м/сек.

Этапы развития спектроскопической аппаратуры 6м телескопа БТА отмечены в [17], а проблема создания оптоволоконного спектрографа для телескопа большого диаметра рассмотрена в [18].

Литература

1. Adams W.S.: 1911, *Astrophys. J.*, **33**, 64.
2. Plaskett J.S.: 1922, *Publ. Dominion Astrophys. Observatory Victoria, B.C.*, **1**, 81.
3. Fehrenbach Ch.: 1947, *Ann. Astrophys.*, **10**, 257.
4. Fellgett P.B.: 1953, *Optica Acta*, **2**, 9.
5. Griffin R.F.: 1967, *Ap. J.*, **148**, 465.
6. Baranne A., Mayor M., Poncet J.-L.: 1979, *Vistas in Astron.*, **23**, 279.
7. Токовинин А.А.: 1987, *Астрон. ж.*, **64**, 196.
8. Griffin R. and Griffin R.: 1973, *MNRAS*, **162**, 243.
9. Campbell B., Walker G.A.H.: 1979, *PASP*, **91**, 540.
10. Cochran W.D., Hatzes A.P.: 1988, *Proc. SPIE*, **1318**, 148.
11. Latham D.W.: 1985, in *"Stellar Radial Velocities"*. *IAU Coll.*, No. 88, 21.
12. Serkowski K.: 1976, *Icarus*, **27**, 13.
13. Jacquinot P.: 1954, *JOSA*, **44**, 761.
14. Connes P.: 1985, *Astrophys. and Space Sci.*, **110**, 211.
15. Ramsey L.W., Huenemoerder D.P.: 1986, *Proc. SPIE*, **627**, 282.
16. Baranne A., Queloz D. et al.: 1996, *AASS*, **119**, 373.
17. Панчук В.Е., Клочкова В.Г.: 2006, в сб. *Специальная Астрофизическая Обсерватория Российской Академии Наук. 40 лет. Нижний Архыз.*, с. 32.
18. Панчук В.Е., Клочкова В.Г., Юшкин М.В.: 2007, в сб. *Методы спектроскопии в современной астрофизике*, Под ред. Л.Машонкиной и М.Сачкова, Москва.