

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ПОЗИЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ УРАНА И ЕГО СПУТНИКОВ ТИТАНИИ И ОБЕРОНА В АБАСТУМАНИ В 1987-1994 гг.

С.М.Чантурия¹, Т.П.Киселева², Н.В.Емельянов³.

1. Абастуманская астрофизическая обсерватория АН Грузии.
2. Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург.
3. Государственный астрономический институт им. Штернберга, Москва.

В работе приводятся результаты фотографических наблюдений Урана и его спутников Титании и Оберона на двойном астрографе Цейсса в Абастумани в период 1987–1994 гг. В таблицах 1, 2, 3 даются экваториальные координаты планеты и спутников, а также их относительные координаты “спутник – планета” и “спутник – спутник”. Проведено сравнение наблюдений с эфемеридами Урана (DE200, DE404) и спутников (GUST86). Средние значения (O-C) для относительных положений спутников равны $-0.017''$ и $+0.058''$; среднеквадратические значения разностей (O-C) равны $\pm 0.522''$ и $\pm 0.511''$ по прямому восхождению и склонению соответственно.

1. ВВЕДЕНИЕ.

С 1983 г Абастуманская обсерватория АН Грузии ведет совместную с Пулковской обсерваторией работу по позиционным фотографическим наблюдениям тел Солнечной системы. Цель работы – подготовка основы для улучшения эфемеридного обеспечения различных программ по космическим исследованиям. В работе представлены результаты наблюдений Урана и двух его спутников – Титании (3-й спутник) и Оберона (4-й спутник), проведенных с 1987 по 1994 годы. Всего за этот период было получено 220 фотопластинок.

2. НАБЛЮДЕНИЯ.

Наблюдения выполнялись с помощью двойного астрографа Цейсса (ДАЦ), (D/F = 400/3000 mm). Телескоп ДАЦ имеет две трубы с одинаковыми объективами с максимумом пропускания в фотографической части спектра. При наблюдениях использовались несенсибилизированные фотопластинки ZU-21 фирмы ORWO размером 18 x 24 см, покрывающие поле диаметром 3.5 x 4.5 градуса. Методика наблюдений подробно описана в работе (Киселева Т.П., Чантурия С.М. и др., 1987)[1]. Наблюдения планеты со спутниками производились двумя камерами одновременно. На одной камере фотографировался Уран через напыленный хромовый светофильтр, ослабляющий блеск Урана до 10 звездной величины. Фильтр помещался в кассете перед фотопластинкой. Размер фильтра 2 x 20 мм, таким образом закрывалась только центральная часть фотопластинки с изображением планеты и небольшим полем вокруг нее. На другой камере одновременно фотографировались планета и спутники без фильтра. На каждой паре пластинок получались по три изображения планеты, спутников и опорных звезд с экспозициями по 6 – 9 минут. В результате применения такой методики наблюдений возможно было получить на каждой паре пластинок

положения планеты и спутников относительно одних и тех же опорных звезд, а также относительные положения – “спутник минус планета” и “спутник минус спутник”.

3. ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ.

Фотопластинки с изображениями планеты, спутников и опорных звезд измерялись на измерительном приборе Аскорекорд. Астрометрическая редукция выполнялась методом шести постоянных с учетом дифференциальной рефракции (Киселев А.А., 1989)[2]. В число определяемых объектов, кроме Урана, Титании и Оберона включались контрольные звезды вблизи центра пластинки. В качестве опорного использовался каталог PPM. В результате редукции вычислялись экваториальные координаты планеты, спутников и контрольных звезд. Далее вычислялись относительные положения спутников “спутник – планета” и “спутник – спутник” ($\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$) как разность их экваториальных координат. При этом относительные положения получаются свободными от ошибок каталожных положений опорных звезд. Результаты определений содержатся в таблицах 1,2,3. Таблица 1 содержит геоцентрические положения Урана, Титании и Оберона в системе экватора и равноденствия эпохи J2000.0, определенные относительно звезд. В этой таблице в колонке “Объект” цифра 0 обозначает Уран, 3 – Титанию, 4 – Оберон. Прямое восхождение дается в колонке RA в часовой мере, склонение - в колонке Decl в градусах, минутах и секундах дуги. Таблица 2 содержит разности $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ координат “спутник – планета”, а таблица 3 – разности координат “Оберон – Титания”. Разности даются в секундах дуги. Моменты наблюдений отсчитываются в шкале времени UTC.

В последних двух столбцах таблиц приводятся (O-C) – результаты сравнения наблюдений с эфемеридами, вычисленными согласно теориям DE200/LE200 – для Урана и GUST86 – для спутников Урана (Laskar J., Jacobson R.A., 1987)[3]. В таблице 1 разности (O-C) по прямому восхождению выражены в секундах времени, в остальных случаях – в секундах дуги.

Таблица 1. Результаты наблюдений Урана, Титании и Оберона.

Момент наблюдений (UTC)	Объект	RA			Decl			(O-C) _{RA}	(O-C) _D
		J2000			J2000				
		(h, m, s)			(°, ', ")			(s)	(")
1987 07 20.797197	0	17 32 7.400	-23 26 34.814	-0.016	-0.70				
1987 07 20.797197	3	17 32 9.218	-23 26 14.659	-0.050	-1.08				
1987 07 20.797197	4	17 32 6.056	-23 25 55.738	-0.020	-0.61				
1987 07 27.787271	0	17 31 13.695	-23 26 0.144	-0.015	-0.44				
1987 07 27.787271	3	17 31 12.852	-23 25 29.442	-0.077	-0.14				
1987 07 27.779664	4	17 31 14.750	-23 26 40.849	0.004	-0.24				
1987 07 28.786143	0	17 31 6.637	-23 25 55.598	-0.021	-0.50				
1987 07 28.790043	3	17 31 7.460	-23 25 25.598	-0.057	-0.61				
1987 07 28.786143	4	17 31 6.097	-23 26 38.927	-0.080	-1.07				
1987 08 20.762314	0	17 29 14.781	-23 24 39.265	-0.011	0.04				
1987 08 20.762314	3	17 29 12.575	-23 24 49.676	0.002	-0.48				
1987 08 20.762314	4	17 29 17.815	-23 24 34.445	-0.059	-0.69				
1987 09 13.719212	0	17 29 15.838	-23 24 41.925	-0.002	-0.09				
1987 09 13.719212	3	17 29 16.459	-23 25 11.143	-0.040	0.28				
1987 09 13.719212	4	17 29 15.960	-23 24 1.903	-0.075	-1.59				
1987 09 14.730001	0	17 29 18.680	-23 24 43.959	-0.009	0.01				
1987 09 14.726374	3	17 29 17.722	-23 25 11.683	-0.003	0.64				
1987 09 14.730040	4	17 29 20.250	-23 24 7.826	0.012	0.16				

1987 09 15.725802	0	17 29 21.700	-23 24 46.538	-0.018	-0.30
1987 09 15.725802	3	17 29 19.685	-23 24 59.350	0.044	-0.12
1987 09 15.722016	4	17 29 24.222	-23 24 23.484	-0.033	-0.18
1987 09 23.714365	0	17 29 53.980	-23 25 09.900	0.006	0.17
1987 09 23.714365	3	17 29 52.603	-23 25 34.697	-0.034	0.42
1987 09 23.714365	4	17 29 50.950	-23 25 10.096	-0.011	-0.20
1987 09 24.696835	0	17 29 58.906	-23 25 13.630	-0.005	0.04
1987 09 24.696835	3	17 29 56.722	-23 25 20.819	0.007	0.24
1987 09 24.696835	4	17 29 56.188	-23 24 55.556	-0.044	-0.24
1987 09 25.694570	0	17 30 4.128	-23 25 17.520	-0.011	-0.05
1987 09 25.694570	3	17 30 2.131	-23 25 3.553	-0.018	-0.16
1987 09 25.694570	4	17 30 2.348	-23 24 44.672	-0.014	-0.11
1988 08 05.769148	0	17 49 25.630	-23 38 4.433	-0.029	-0.20
1988 08 05.769148	3	17 49 25.930	-23 37 33.705	0.047	-1.45
1988 08 05.769148	4	17 49 28.600	-23 38 16.905	-0.018	-0.76
1988 08 06.763020	0	17 49 19.498	-23 38 3.124	-0.023	-0.40
1988 08 06.763020	3	17 49 21.168	-23 37 41.388	-0.040	-1.21
1988 08 06.763020	4	17 49 21.756	-23 38 32.672	0.012	-0.87
1988 08 16.771089	0	17 48 27.907	-23 37 49.802	-0.032	-0.64
1988 08 16.771089	3	17 48 30.163	-23 37 54.802	-0.041	-0.60
1988 08 16.771089	4	17 48 29.960	-23 37 17.516	-0.030	-0.74
1988 09 02.730477	0	17 47 47.080	-23 37 36.386	-0.020	-0.14
1988 09 02.730477	3	17 47 49.312	-23 37 31.330	-0.038	-0.29
1988 09 02.730477	4	17 47 49.234	-23 38 5.520	0.001	-0.10
1988 09 07.729304	0	17 47 46.940	-23 37 35.766	-0.017	-0.15
1988 09 07.729304	3	17 47 44.788	-23 37 27.028	-0.019	-0.74
1988 09 07.729304	4	17 47 43.912	-23 37 37.466	-0.010	-0.08
1988 09 13.713688	0	17 47 54.161	-23 37 36.859	0.001	0.08
1988 09 13.713688	3	17 47 54.283	-23 38 7.769	-0.027	0.05
1988 09 13.713688	4	17 47 56.972	-23 37 21.369	0.001	-0.19
1988 09 14.698622	0	17 47 56.108	-23 37 37.518	-0.011	-0.14
1988 09 14.698622	3	17 47 54.768	-23 38 2.666	0.003	-0.08
1988 09 14.698622	4	17 47 59.097	-23 37 40.648	-0.018	-0.33
1988 09 15.694797	0	17 47 58.302	-23 37 38.058	-0.021	-0.18
1988 09 15.694797	3	17 47 56.103	-23 37 45.281	-0.016	-0.33
1988 09 15.694797	4	17 48 0.854	-23 37 58.916	-0.018	0.15
1989 06 28.882262	0	18 14 30.286	-23 40 11.124	-0.009	-0.41
1989 06 28.882262	3	18 14 29.097	-23 40 40.406	-0.021	-1.17
1989 06 28.882262	4	18 14 28.660	-23 40 49.011	0.036	-0.85
1989 07 01.877430	0	18 13 58.500	-23 40 23.386	-0.020	-0.47
1989 07 01.877430	3	18 13 57.504	-23 39 55.438	-0.019	-1.35
1989 07 01.877430	4	18 13 55.678	-23 40 8.447	-0.002	-0.85
1989 07 02.839754	0	18 13 48.348	-23 40 26.934	-0.014	-0.23
1989 07 02.835858	3	18 13 48.896	-23 39 56.138	-0.059	-1.32
1989 07 02.839754	4	18 13 46.312	-23 39 56.576	-0.011	-1.32
1989 07 03.826820	0	18 13 37.940	-23 40 31.162	-0.037	-0.63
1989 07 03.826820	3	18 13 39.854	-23 40 11.590	-0.002	-0.77
1989 07 03.826820	4	18 13 37.165	-23 39 50.081	-0.012	-1.04
1989 07 28.774925	0	18 9 39.028	-23 41 43.309	-0.034	-0.74
1989 07 28.774925	3	18 9 39.328	-23 41 11.040	-0.001	-0.62
1989 07 28.774925	4	18 9 36.180	-23 41 28.345	-0.046	-0.72
1989 08 01.769531	0	18 9 7.205	-23 41 50.188	-0.021	-0.37
1989 08 01.769531	3	18 9 7.500	-23 42 22.010	-0.025	-0.55
1989 08 01.769531	4	18 9 9.150	-23 41 16.336	-0.012	-0.72
1989 08 02.785644	0	18 8 59.476	-23 41 51.711	-0.028	-0.22
1989 08 02.785644	3	18 8 58.190	-23 42 19.386	-0.016	-0.81
1989 08 02.785644	4	18 9 2.258	-23 41 33.988	-0.050	-1.03
1989 08 07.765969	0	18 8 23.996	-23 41 59.263	-0.026	-0.59
1989 08 07.765969	3	18 8 25.952	-23 41 42.696	-0.041	-1.02
1989 08 07.765969	4	18 8 22.965	-23 42 39.163	-0.033	0.36
1989 08 10.817051	0	18 8 4.290	-23 42 2.861	-0.046	-0.58

1989 08 10.817051	3	18	8	4.044	-23	42	34.848	-0.027	-0.75
1989 08 10.813535	4	18	8	1.352	-23	41	56.491	-0.015	-0.94
1989 08 25.720110	0	18	6	52.908	-23	42	12.861	-0.049	-0.47
1989 08 25.720110	3	18	6	55.152	-23	42	8.327	-0.036	-1.09
1989 08 25.720110	4	18	6	50.953	-23	41	41.904	-0.055	-0.86
1989 08 26.728856	0	18	6	49.696	-23	42	13.391	-0.018	-0.70
1989 08 26.728856	3	18	6	51.562	-23	42	30.098	-0.005	-0.47
1989 08 26.728856	4	18	6	49.004	-23	41	32.631	-0.019	-0.72
1989 08 27.736793	0	18	6	46.662	-23	42	13.491	-0.025	-0.55
1989 08 27.736793	3	18	6	47.190	-23	42	44.354	-0.028	-1.06
1989 08 27.736793	4	18	6	47.347	-23	41	32.526	-0.053	-0.93
1989 08 28.726770	0	18	6	43.884	-23	42	13.760	-0.037	-0.62
1989 08 28.726770	3	18	6	42.865	-23	42	42.550	-0.023	-0.89
1989 08 28.726770	4	18	6	45.848	-23	41	40.778	-0.015	-0.80
1989 08 29.733619	0	18	6	41.299	-23	42	13.970	-0.023	-0.66
1989 08 29.733619	4	18	6	44.109	-23	41	56.734	0.016	-1.18
1989 08 30.737016	0	18	6	38.906	-23	42	13.768	-0.041	-0.34
1989 08 30.737016	3	18	6	36.832	-23	42	4.845	0.000	-1.25
1989 08 30.737016	4	18	6	41.940	-23	42	16.005	-0.007	-1.17
1989 08 31.727996	0	18	6	36.777	-23	42	14.401	-0.038	-0.89
1989 08 31.727996	3	18	6	35.674	-23	41	47.368	-0.047	-0.85
1989 08 31.727996	4	18	6	39.362	-23	42	34.247	-0.044	-0.73
1989 09 03.725989	0	18	6	31.637	-23	42	14.192	-0.024	-0.69
1989 09 03.725989	3	18	6	33.898	-23	42	15.738	0.012	-0.56
1989 09 03.725989	4	18	6	30.607	-23	42	53.342	-0.000	-0.10
1989 09 04.725825	0	18	6	30.364	-23	42	13.560	-0.015	-0.15
1989 09 04.725825	3	18	6	31.866	-23	42	35.855	-0.047	-0.47
1989 09 04.725825	4	18	6	28.113	-23	42	43.917	-0.065	-1.06
1989 09 05.731002	0	18	6	29.276	-23	42	13.714	-0.037	-0.43
1989 09 05.731002	3	18	6	29.332	-23	42	44.705	-0.047	-0.19
1989 09 05.731002	4	18	6	26.430	-23	42	26.522	-0.003	-0.48
1989 09 21.700692	0	18	6	42.493	-23	42	5.938	-0.001	0.16
1989 09 21.700692	3	18	6	44.437	-23	42	19.595	0.007	0.21
1989 09 21.700692	4	18	6	40.638	-23	41	34.716	-0.004	0.08
1989 09 22.690772	0	18	6	45.164	-23	42	5.102	-0.020	0.25
1989 09 22.690772	3	18	6	45.952	-23	42	33.524	-0.006	0.30
1989 09 22.690772	4	18	6	44.541	-23	41	24.746	-0.007	0.58
1989 09 23.689641	0	18	6	48.099	-23	42	4.540	-0.021	0.01
1989 09 23.689641	3	18	6	47.310	-23	42	33.916	-0.031	-0.15
1989 09 23.689641	4	18	6	48.816	-23	41	24.410	-0.027	-0.19
1989 09 24.686883	0	18	6	51.264	-23	42	3.619	-0.009	0.10
1989 09 24.683072	3	18	6	49.269	-23	42	19.450	-0.053	-0.18
1989 09 24.686883	4	18	6	53.150	-23	41	31.992	-0.047	-0.35
1989 09 25.686158	0	18	6	54.634	-23	42	2.662	-0.021	0.18
1989 09 25.686158	3	18	6	52.522	-23	41	57.666	0.010	-0.74
1989 09 25.686158	4	18	6	57.314	-23	41	46.422	-0.056	-0.58
1990 08 20.774998	0	18	26	6.996	-23	37	57.871	-0.002	-0.53
1990 08 20.774998	4	18	26	4.823	-23	38	28.425	-0.036	-0.36
1990 08 20.774998	3	18	26	5.852	-23	38	25.708	-0.031	-0.28
1990 08 27.769149	0	18	25	35.294	-23	38	14.571	-0.025	-0.14
1990 08 27.769149	4	18	25	37.602	-23	37	48.318	-0.069	-0.63
1990 08 27.769149	3	18	25	36.745	-23	38	38.097	-0.005	-0.66
1990 09 07.698631	0	18	25	5.801	-23	38	27.465	-0.027	0.06
1990 09 07.698631	4	18	25	5.035	-23	37	48.086	-0.048	-0.56
1990 09 07.698631	3	18	25	4.136	-23	38	49.205	0.017	-1.17
1990 09 08.700000	0	18	25	4.340	-23	38	28.016	-0.054	-0.10
1990 09 08.700000	4	18	25	4.965	-23	37	47.162	-0.037	-0.47
1990 09 08.700000	3	18	25	2.213	-23	38	27.402	-0.001	0.27
1990 09 11.694398	0	18	25	1.362	-23	38	28.471	-0.045	-0.19
1990 09 11.694398	4	18	25	4.283	-23	38	28.629	-0.029	-0.42
1990 09 11.694398	3	18	25	2.704	-23	38	2.892	0.008	-0.54

1990 09 16.689630	0	18 25 0.802	-23 38 26.811	-0.023	-0.60
1990 09 16.689630	4	18 24 58.736	-23 38 57.325	-0.007	-0.86
1990 09 16.689630	3	18 24 58.914	-23 38 42.596	0.026	-1.24
1990 09 18.687407	0	18 25 2.090	-23 38 24.655	-0.062	-0.23
1990 09 18.687407	4	18 24 59.324	-23 38 19.648	0.032	-0.06
1990 09 18.687407	3	18 25 0.916	-23 38 0.048	-0.010	-0.51
1990 09 21.693391	0	18 25 5.802	-23 38 20.387	-0.036	0.31
1990 09 21.693391	4	18 25 5.822	-23 37 39.660	0.008	-0.26
1990 09 21.693391	3	18 25 7.971	-23 38 19.976	-0.018	-0.74
1990 09 22.690636	0	18 25 7.482	-23 38 19.094	-0.027	0.10
1990 09 22.690636	4	18 25 8.762	-23 37 41.587	-0.021	-0.19
1990 09 22.690636	3	18 25 9.122	-23 38 38.416	-0.004	0.06
1990 09 23.690616	0	18 25 9.383	-23 38 17.656	-0.027	-0.12
1990 09 23.690616	4	18 25 11.678	-23 37 51.564	-0.031	-0.23
1990 09 23.690616	3	18 25 9.642	-23 38 48.464	-0.040	-0.54
1990 09 24.709207	0	18 25 11.550	-23 38 15.614	-0.027	0.10
1990 09 24.709207	4	18 25 14.324	-23 38 7.360	-0.087	-0.31
1990 09 24.709207	3	18 25 10.335	-23 38 42.880	-0.010	-1.15
1990 10 07.666345	0	18 25 59.162	-23 37 40.268	-0.053	-0.23
1990 10 07.666345	4	18 26 1.814	-23 37 22.438	-0.007	-0.17
1990 10 07.666345	3	18 26 0.270	-23 37 13.749	-0.008	-0.78
1990 10 10.665775	0	18 26 15.422	-23 37 28.696	-0.027	-0.22
1990 10 10.665775	4	18 26 16.977	-23 38 2.092	-0.023	-0.52
1990 10 10.665775	3	18 26 16.303	-23 37 55.206	-0.055	0.10
1990 10 15.669936	0	18 26 46.777	-23 37 6.270	-0.005	0.07
1990 10 15.669936	4	18 26 44.018	-23 37 0.585	0.007	0.10
1990 10 15.669936	3	18 26 46.768	-23 36 36.802	-0.047	-0.80
1990 10 17.676782	0	18 27 0.797	-23 36 56.332	-0.019	0.11
1990 10 17.676782	4	18 26 59.555	-23 36 20.942	-0.035	-0.12
1990 10 17.676782	3	18 27 2.836	-23 36 52.155	-0.065	-0.17
1991 08 08.790782	0	18 46 20.312	-23 23 46.297	-0.036	-0.79
1991 08 08.790782	4	18 46 17.970	-23 23 23.937	0.006	-0.72
1991 08 08.790782	3	18 46 21.859	-23 23 22.862	-0.036	-0.66
1991 08 31.726356	0	18 44 1.457	-23 26 5.895	-0.022	-0.03
1991 08 31.726356	4	18 44 0.588	-23 26 47.562	-0.032	-0.90
1991 08 31.726356	3	18 43 59.348	-23 26 5.316	-0.007	-0.63
1991 09 05.721053	0	18 43 44.216	-23 26 21.432	-0.016	-0.34
1991 09 05.721053	4	18 43 42.870	-23 25 45.927	0.012	-0.65
1991 09 11.713052	0	18 43 30.416	-23 26 32.079	-0.006	-0.29
1991 09 11.713052	4	18 43 32.572	-23 26 58.768	0.028	-0.95
1991 09 11.713052	3	18 43 30.692	-23 26 1.004	-0.058	-0.32
1991 09 29.686822	0	18 43 36.060	-23 26 13.764	0.028	0.05
1991 09 29.686822	4	18 43 33.379	-23 26 28.124	-0.004	0.31
1991 09 29.686822	3	18 43 37.136	-23 25 46.975	-0.003	0.03
1991 09 30.684532	0	18 43 38.425	-23 26 10.682	-0.012	-0.06
1991 09 30.684532	4	18 43 35.670	-23 26 6.908	-0.015	-0.48
1991 09 30.684532	3	18 43 40.398	-23 26 0.712	-0.027	-0.20
1991 10 01.693570	0	18 43 41.044	-23 26 7.333	-0.051	-0.16
1991 10 01.693570	4	18 43 38.751	-23 25 45.164	-0.080	-0.27
1991 10 01.693570	3	18 43 42.930	-23 26 19.099	-0.037	-0.12
1991 10 04.693984	0	18 43 50.321	-23 25 55.819	-0.014	-0.34
1991 10 04.693984	4	18 43 51.520	-23 25 17.658	-0.007	0.00
1991 10 04.693984	3	18 43 48.555	-23 26 12.494	0.003	-0.17
1991 10 05.675046	0	18 43 53.784	-23 25 51.172	-0.005	0.02
1991 10 05.675046	4	18 43 55.966	-23 25 24.302	0.007	0.04
1991 10 05.675046	3	18 43 51.710	-23 25 47.772	-0.042	-0.42
1991 10 07.671843	0	18 44 1.472	-23 25 42.006	-0.005	-0.23
1991 10 07.671843	4	18 44 4.145	-23 25 51.494	0.010	-0.85
1991 10 07.671843	3	18 44 1.588	-23 25 11.510	0.027	-0.33
1991 10 12.693722	0	18 44 24.654	-23 25 14.136	-0.021	-0.20
1991 10 12.693722	4	18 44 22.278	-23 25 37.313	-0.024	-1.13

1991 10 12.693722	3	18 44 23.628	-23 25 40.951	-0.013	-0.00
1991 11 07.647567	0	18 47 46.864	-23 21 16.830	-0.024	0.03
1991 11 07.647567	4	18 47 45.493	-23 21 50.395	0.075	0.87
1991 11 07.647567	3	18 47 46.142	-23 21 45.091	0.038	-0.28
1992 07 01.858924	0	19 11 14.594	-22 51 53.346	-0.013	-0.28
1992 07 01.858924	4	19 11 17.224	-22 51 40.536	-0.021	-1.10
1992 07 01.858924	3	19 11 12.681	-22 51 44.390	-0.004	-1.18
1992 07 03.846981	0	19 10 53.946	-22 52 29.790	-0.001	-0.57
1992 07 03.846981	4	19 10 56.110	-22 52 53.678	-0.008	0.27
1992 07 03.846981	3	19 10 54.364	-22 51 56.944	-0.026	0.40
1992 07 07.850176	0	19 10 12.178	-22 53 41.921	0.004	-0.43
1992 07 07.850176	3	19 10 12.242	-22 54 13.802	0.015	-0.06
1992 07 08.880370	0	19 10 1.380	-22 54 0.784	-0.033	-0.86
1992 07 08.880370	4	19 9 58.678	-22 54 8.612	-0.007	-0.92
1992 07 08.880370	3	19 10 0.037	-22 54 26.448	-0.025	-1.14
1992 07 23.794459	0	19 7 28.360	-22 58 14.879	-0.053	-0.62
1992 07 23.794459	4	19 7 26.029	-22 57 54.147	-0.019	-0.52
1992 07 23.794459	3	19 7 30.178	-22 58 28.343	-0.056	-0.42
1992 07 26.859346	0	19 6 58.324	-22 59 2.894	-0.001	-0.31
1992 07 26.859346	4	19 6 59.348	-22 58 22.602	-0.062	-0.44
1992 07 26.859346	3	19 6 56.478	-22 59 18.541	0.020	-0.78
1992 08 01.785646	0	19 6 2.318	-23 0 31.328	-0.028	-0.42
1992 08 01.785646	4	19 6 2.244	-23 1 14.931	-0.005	-1.00
1992 08 01.785646	3	19 6 3.874	-23 0 50.426	-0.056	-0.17
1992 08 03.805032	0	19 5 44.032	-23 0 59.612	-0.026	-0.31
1992 08 03.805032	4	19 5 41.760	-23 1 26.129	-0.005	-1.05
1992 08 03.805032	3	19 5 42.873	-23 1 27.942	-0.048	-0.99
1992 08 04.814456	0	19 5 35.042	-23 1 13.602	-0.043	-0.46
1992 08 04.814456	4	19 5 32.270	-23 1 20.710	-0.068	-0.19
1992 08 04.814456	3	19 5 33.062	-23 1 23.858	-0.026	-0.98
1992 08 21.729410	0	19 3 24.650	-23 4 27.502	-0.049	-0.26
1992 08 21.729410	4	19 3 24.448	-23 3 46.260	-0.017	-1.20
1992 08 21.729410	3	19 3 22.980	-23 4 46.841	-0.039	-0.00
1992 08 22.732786	0	19 3 18.294	-23 4 36.728	-0.029	-0.39
1992 08 22.732786	3	19 3 16.309	-23 4 35.340	0.030	-0.92
1992 08 25.728267	0	19 3 0.318	-23 5 1.910	-0.002	-0.15
1992 08 25.728267	4	19 3 2.981	-23 5 9.222	-0.018	-0.41
1992 08 25.728267	3	19 3 1.592	-23 4 37.630	-0.042	-1.22
1992 08 29.735336	0	19 2 38.726	-23 5 31.812	-0.028	-0.21
1992 08 29.735336	4	19 2 37.397	-23 6 10.485	-0.003	-1.03
1992 08 29.735336	3	19 2 37.801	-23 6 0.996	-0.058	-0.30
1992 08 31.718299	4	19 2 26.495	-23 5 52.688	0.021	-0.51
1992 08 31.721713	3	19 2 27.188	-23 5 37.550	-0.039	-1.26
1992 09 01.733826	0	19 2 24.547	-23 5 51.339	-0.043	-0.63
1992 09 01.733826	4	19 2 22.016	-23 5 38.862	0.009	-0.31
1992 09 01.733826	3	19 2 23.538	-23 5 24.542	-0.015	-0.33
1992 09 19.703287	0	19 1 37.768	-23 6 46.276	-0.013	-0.23
1992 09 19.703287	4	19 1 39.870	-23 6 19.042	0.017	-1.16
1992 09 19.703287	3	19 1 37.540	-23 6 16.160	0.019	-0.81
1992 09 28.689140	0	19 1 40.272	-23 6 34.991	-0.020	-0.28
1992 09 28.689140	4	19 1 37.742	-23 6 22.696	-0.036	-0.43
1992 09 28.689140	3	19 1 40.416	-23 6 3.712	-0.016	0.08
1992 09 29.678362	0	19 1 41.644	-23 6 31.718	-0.020	0.12
1992 09 29.678362	4	19 1 39.779	-23 6 2.881	-0.051	0.30
1992 09 29.678362	3	19 1 43.026	-23 6 9.130	-0.048	-0.18
1992 09 30.695888	0	19 1 43.288	-23 6 28.416	-0.014	0.12
1992 09 30.695888	4	19 1 42.533	-23 5 49.255	-0.033	0.27
1992 09 30.695888	3	19 1 45.248	-23 6 25.778	-0.045	-0.30
1992 10 01.683102	0	19 1 45.100	-23 6 25.086	-0.011	-0.07
1992 10 01.683102	4	19 1 45.572	-23 5 44.151	-0.023	0.06
1992 10 01.683102	3	19 1 46.615	-23 6 42.173	-0.062	0.61

1992 10 22.656128	0	19 3 13.743	-23 3 55.474	-0.024	-0.07
1992 10 22.656128	3	19 3 11.792	-23 3 54.410	-0.024	-0.27
1993 08 22.759740	0	19 21 47.181	-22 35 40.570	-0.013	-0.55
1993 08 22.759740	3	19 21 45.345	-22 35 53.827	-0.016	-1.08
1993 08 23.827694	0	19 21 39.896	-22 35 53.638	0.032	-0.02
1993 08 23.827694	4	19 21 42.497	-22 35 52.062	0.012	-0.54
1993 08 23.827694	3	19 21 38.040	-22 35 42.812	-0.018	-0.36
1993 08 24.819161	0	19 21 33.199	-22 36 5.839	-0.024	0.05
1993 08 24.819161	4	19 21 35.589	-22 36 22.768	0.016	0.22
1993 08 24.819161	3	19 21 32.387	-22 35 38.533	0.027	-0.60
1993 09 08.725190	0	19 20 13.976	-22 38 27.458	-0.007	-0.34
1993 09 08.720856	4	19 20 15.164	-22 39 5.033	0.062	-0.69
1993 09 08.725190	3	19 20 12.506	-22 38 48.364	0.027	-0.19
1993 09 10.791999	0	19 20 6.259	-22 38 40.099	-0.016	-0.08
1993 09 10.791999	4	19 20 4.921	-22 39 17.775	-0.039	-0.58
1993 09 10.791999	3	19 20 4.844	-22 38 19.625	-0.078	-1.20
1993 09 11.731232	0	19 20 3.022	-22 38 45.691	-0.032	-0.37
1993 09 11.731232	4	19 20 0.840	-22 39 11.559	-0.071	-0.90
1993 09 11.731232	3	19 20 2.875	-22 38 14.940	0.002	-0.74
1993 09 12.727734	0	19 19 59.827	-22 38 50.865	-0.004	-0.31
1993 09 12.727734	4	19 19 57.178	-22 38 57.864	-0.077	0.33
1993 09 12.727734	3	19 20 0.930	-22 38 25.310	-0.036	-0.96
1993 09 16.719880	0	19 19 48.938	-22 39 7.686	-0.026	-0.19
1993 09 16.719880	4	19 19 49.302	-22 38 25.878	-0.050	-0.01
1993 09 16.719880	3	19 19 48.212	-22 39 37.834	-0.049	-0.70
1993 09 17.721570	0	19 19 46.744	-22 39 11.028	-0.015	-0.31
1993 09 17.721570	4	19 19 48.251	-22 38 36.642	-0.006	-1.06
1993 09 17.721570	3	19 19 44.948	-22 39 26.702	-0.092	-0.38
1993 09 18.718070	0	19 19 44.748	-22 39 13.709	-0.028	-0.20
1993 09 18.718070	4	19 19 47.020	-22 38 53.098	-0.039	-0.79
1993 09 18.718070	3	19 19 42.836	-22 39 8.254	-0.062	-0.80
1993 10 06.704788	0	19 19 45.851	-22 38 53.550	0.018	-0.32
1993 10 11.686064	0	19 19 58.586	-22 38 24.136	-0.024	-0.33
1993 10 11.686064	4	19 19 56.833	-22 37 55.937	-0.019	-0.38
1993 10 11.686064	3	19 19 59.480	-22 38 50.646	0.025	-0.12
1993 10 14.691042	0	19 20 8.944	-22 38 1.036	-0.002	-0.02
1993 10 14.691042	4	19 20 10.466	-22 37 28.208	0.022	-1.07
1993 10 14.691042	3	19 20 7.120	-22 37 59.097	0.045	-0.83
1993 10 15.694568	0	19 20 12.843	-22 37 52.776	0.007	-0.22
1993 10 15.694568	4	19 20 15.153	-22 37 33.815	0.066	-1.16
1993 10 15.694568	3	19 20 11.596	-22 37 30.956	-0.005	-0.57
1993 10 16.708718	0	19 20 16.959	-22 37 44.204	-0.031	-0.62
1993 10 16.708718	4	19 20 19.454	-22 37 43.544	-0.052	-1.41
1993 10 16.708718	3	19 20 17.009	-22 37 12.713	-0.012	0.38
1994 09 04.807077	0	19 38 39.086	-22 2 10.448	-0.025	-0.01
1994 09 04.807077	4	19 38 41.543	-22 2 8.636	-0.035	-0.77
1994 09 04.807077	3	19 38 40.286	-22 1 45.530	-0.007	-0.06
1994 09 05.797197	0	19 38 33.784	-22 2 21.888	0.004	0.14
1994 09 05.797197	4	19 38 36.006	-22 2 38.475	-0.012	0.09
1994 09 05.797197	3	19 38 35.571	-22 2 16.143	-0.027	-0.21
1994 09 09.847274	4	19 38 12.223	-22 3 36.216	0.070	0.33

Таблица 2. Положения спутников Урана относительно планеты.

Момент наблюдений (UTC)	Объ- ект	$\Delta\alpha$ (")	$\Delta\delta$ (")	(O-C) $_{\Delta\alpha}$ (")	(O-C) $_{\Delta\delta}$ (")
1987 07 20.797197	3	27.270	20.155	-0.515	-0.385
1987 07 20.797197	4	-20.160	39.076	-0.064	-0.069

1987	07	27.787271	3	-12.645	30.702	-0.932	0.300
1987	07	28.786382	4	-7.770	-43.056	-0.562	-0.298
1987	08	20.762314	3	-33.090	-10.411	0.188	-0.510
1987	08	20.762314	4	45.510	4.820	-0.720	-0.730
1987	09	13.719212	3	9.315	-29.218	-0.565	0.370
1987	09	14.730040	4	23.550	36.133	0.316	0.150
1987	09	15.725802	3	-30.225	-12.812	0.923	0.180
1987	09	23.714365	3	-20.655	-24.797	-0.595	0.250
1987	09	23.714365	4	-45.450	-0.196	-0.250	-0.370
1987	09	24.696835	3	-32.760	-7.189	0.178	0.200
1987	09	24.696835	4	-40.770	18.074	-0.582	-0.290
1987	09	25.694570	3	-29.955	13.967	-0.100	-0.120
1987	09	25.694570	4	-26.700	32.848	-0.047	-0.060
1988	08	05.769148	4	44.550	-12.472	0.163	-0.560
1988	08	06.763020	3	25.050	21.736	-0.254	-0.810
1988	08	06.763020	4	33.870	-29.548	0.523	-0.470
1988	08	16.771089	3	33.840	-5.000	-0.132	0.030
1988	08	16.771089	4	30.795	32.286	0.035	-0.100
1988	09	02.730477	3	33.480	5.056	-0.275	-0.150
1988	09	02.730477	4	32.310	-29.134	0.306	0.030
1988	09	07.729304	3	-32.280	8.738	-0.027	-0.590
1988	09	07.729304	4	-45.420	-1.700	0.108	0.070
1988	09	13.713688	3	1.830	-30.910	-0.418	-0.030
1988	09	13.713688	4	42.165	15.490	-0.002	-0.270
1988	09	14.698622	3	-20.100	-25.148	0.220	0.060
1988	09	14.698622	4	44.835	-3.130	-0.099	-0.190
1988	09	15.694797	3	-32.985	-7.223	0.078	-0.140
1988	09	15.694797	4	38.280	-20.858	0.055	0.330
1989	06	28.882262	3	-17.835	-29.282	-0.173	-0.760
1989	06	28.882262	4	-24.390	-37.887	0.678	-0.440
1989	07	01.877430	3	-14.940	27.948	0.012	-0.880
1989	07	01.877430	4	-42.330	14.939	0.266	-0.380
1989	07	02.839754	4	-30.540	30.358	0.055	-1.090
1989	07	03.826820	3	28.710	19.572	0.529	-0.140
1989	07	03.826820	4	-11.625	41.081	0.381	-0.400
1989	07	28.774925	3	4.500	32.269	0.494	0.120
1989	07	28.774925	4	-42.720	14.964	-0.182	0.020
1989	08	01.769531	3	4.425	-31.822	-0.056	-0.180
1989	08	01.769531	4	29.175	33.852	0.125	-0.350
1989	08	02.785644	3	-19.290	-27.675	0.180	-0.590
1989	08	02.785644	4	41.730	17.723	-0.337	-0.800
1989	08	07.765969	3	29.340	16.567	-0.226	-0.430
1989	08	07.765969	4	-15.465	-39.900	-0.105	0.950
1989	08	10.817051	3	-3.690	-31.987	0.293	-0.170
1989	08	25.720110	3	33.660	4.534	0.193	-0.620
1989	08	25.720110	4	-29.325	30.957	-0.091	-0.390
1989	08	26.728856	3	27.990	-16.707	0.199	0.240
1989	08	26.728856	4	-10.380	40.760	-0.009	-0.020
1989	08	27.736793	3	7.920	-30.863	-0.044	-0.510
1989	08	27.736793	4	10.275	40.965	-0.422	-0.380
1989	08	28.726770	3	-15.285	-28.790	0.214	-0.270
1989	08	28.726770	4	29.460	32.982	0.336	-0.180
1989	08	29.733619	4	42.150	17.236	0.583	-0.520
1989	08	30.737016	3	-31.110	8.923	0.619	-0.910
1989	08	30.737016	4	45.510	-2.237	0.512	-0.840
1989	08	31.727996	3	-16.545	27.033	-0.143	0.040
1989	08	31.727996	4	38.775	-19.846	-0.101	0.160
1989	09	03.725989	3	33.915	-1.546	0.539	0.130
1989	09	03.725989	4	-15.450	-39.150	0.350	0.600
1989	09	04.725825	3	22.530	-22.295	-0.483	-0.320
1989	09	04.725825	4	-33.765	-30.357	-0.741	-0.920

1989	09	05.731002	3	0.840	-30.991	-0.158	0.240
1989	09	05.731002	4	-42.690	-12.808	0.500	-0.050
1989	09	21.700692	3	29.160	-13.657	0.114	0.050
1989	09	21.700692	4	-27.825	31.222	-0.040	-0.090
1989	09	22.690772	3	11.820	-28.422	0.210	0.050
1989	09	22.690772	4	-9.345	40.356	0.188	0.340
1989	09	23.689641	3	-11.835	-29.376	-0.152	-0.160
1989	09	23.689641	4	10.755	40.130	-0.095	-0.200
1989	09	24.686883	4	28.290	31.627	-0.569	-0.450
1989	09	25.686158	3	-31.680	4.996	0.471	-0.920
1989	09	25.686158	4	40.200	16.240	-0.524	-0.760
1990	08	20.774998	4	-32.595	-30.554	-0.511	0.170
1990	08	20.774998	3	-17.160	-27.837	-0.432	0.250
1990	08	27.769149	4	34.620	26.253	-0.654	-0.490
1990	08	27.769149	3	21.765	-23.526	0.299	-0.510
1990	09	07.698631	4	-11.490	39.379	-0.317	-0.630
1990	09	07.698631	3	-24.975	-21.740	0.655	-1.230
1990	09	08.700000	4	9.375	40.854	0.258	-0.380
1990	09	08.700000	3	-31.905	0.614	0.802	0.360
1990	09	11.694398	4	43.815	-0.158	0.238	-0.240
1990	09	11.694398	3	20.130	25.579	0.793	-0.350
1990	09	16.689630	4	-30.990	-30.514	0.237	-0.260
1990	09	16.689630	3	-28.320	-15.785	0.736	-0.640
1990	09	18.687407	4	-41.490	5.007	1.396	0.170
1990	09	18.687407	3	-17.610	24.607	0.775	-0.280
1990	09	21.693391	4	0.300	40.727	0.657	-0.570
1990	09	21.693391	3	32.535	0.411	0.267	-1.050
1990	09	22.690636	4	19.200	37.507	0.099	-0.290
1990	09	22.690636	3	24.600	-19.322	0.350	-0.030
1990	09	23.690616	4	34.425	26.092	-0.058	-0.110
1990	09	23.690616	3	3.885	-30.808	-0.187	-0.420
1990	09	24.709207	4	41.610	8.254	-0.905	-0.410
1990	09	24.709207	3	-18.225	-27.266	0.250	-1.240
1990	10	07.666345	4	39.780	17.830	0.679	0.070
1990	10	07.666345	3	16.620	26.519	0.662	-0.540
1990	10	10.665775	4	23.325	-33.396	0.054	-0.300
1990	10	10.665775	3	13.215	-26.510	-0.430	0.320
1990	10	15.669936	4	-41.385	5.685	0.190	0.020
1990	10	15.669936	3	-0.135	29.468	-0.626	-0.870
1990	10	17.676782	4	-18.630	35.390	-0.240	-0.230
1990	10	17.676782	3	30.585	4.177	-0.688	-0.280
1991	08	08.790782	4	-35.130	22.360	0.633	0.070
1991	08	08.790782	3	23.205	23.435	0.006	0.130
1991	08	31.726356	4	-13.035	-41.667	-0.142	-0.880
1991	08	31.726356	3	-31.635	0.579	0.228	-0.610
1991	09	05.721053	4	-20.190	35.505	0.427	-0.320
1991	09	05.721053	3	27.180	-16.583	0.131	-1.470
1991	09	11.713052	4	32.340	-26.689	0.502	-0.660
1991	09	11.713052	3	4.140	31.075	-0.787	-0.030
1991	09	29.686822	4	-40.215	-14.360	-0.492	0.260
1991	09	29.686822	3	16.140	26.789	-0.468	-0.020
1991	09	30.684532	4	-41.325	3.774	-0.045	-0.420
1991	09	30.684532	3	29.595	9.970	-0.228	-0.140
1991	10	01.693570	4	-34.395	22.169	-0.428	-0.100
1991	10	01.693570	3	28.290	-11.766	0.219	0.050
1991	10	04.693984	4	17.985	38.161	0.095	0.350
1991	10	04.693984	3	-26.490	-16.675	0.253	0.170
1991	10	05.675046	4	32.730	26.870	0.173	0.020
1991	10	05.675046	3	-31.110	3.400	-0.552	-0.450
1991	10	07.671843	4	40.095	-9.488	0.226	-0.630
1991	10	07.671843	3	1.740	30.496	0.474	-0.100

1991	10	12.693722	4	-35.640	-23.177	-0.047	-0.920
1991	10	12.693722	3	-15.390	-26.815	0.127	0.200
1991	11	07.647567	4	-20.565	-33.565	1.492	0.850
1991	11	07.647567	3	-10.830	-28.261	0.939	-0.310
1992	07	01.858924	4	39.450	12.810	-0.119	-0.820
1992	07	01.858924	3	-28.695	8.956	0.137	-0.890
1992	07	03.846981	4	32.460	-23.888	-0.104	0.840
1992	07	03.846981	3	6.270	32.846	-0.366	0.970
1992	07	07.850176	3	0.960	-31.881	0.170	0.380
1992	07	08.880370	4	-40.530	-7.828	0.400	-0.060
1992	07	08.880370	3	-20.145	-25.664	0.132	-0.280
1992	07	23.794459	4	-34.965	20.732	0.502	0.090
1992	07	23.794459	3	27.270	-13.464	-0.054	0.200
1992	07	26.859346	4	15.360	40.292	-0.908	-0.130
1992	07	26.859346	3	-27.690	-15.647	0.314	-0.470
1992	08	01.785646	4	-1.110	-43.603	0.356	-0.590
1992	08	01.785646	3	23.340	-19.098	-0.409	0.250
1992	08	03.805032	4	-34.080	-26.517	0.327	-0.740
1992	08	03.805032	3	-17.385	-28.330	-0.324	-0.670
1992	08	04.814456	4	-41.580	-7.108	-0.376	0.270
1992	08	04.814456	3	-29.700	-10.256	0.249	-0.520
1992	08	21.729410	4	-3.030	41.242	0.474	-0.930
1992	08	21.729410	3	-25.050	-19.339	0.140	0.260
1992	08	22.732786	3	-29.775	1.388	0.891	-0.530
1992	08	25.728267	4	39.945	-7.312	-0.245	-0.270
1992	08	25.728267	3	19.110	24.280	-0.596	-1.070
1992	08	29.735336	4	-19.935	-38.673	0.378	-0.810
1992	08	29.735336	3	-13.875	-29.184	-0.457	-0.090
1992	09	01.733826	4	-37.965	12.477	0.766	0.320
1992	09	01.733826	3	-15.135	26.797	0.418	0.300
1992	09	19.703287	4	31.530	27.234	0.444	-0.930
1992	09	19.703287	3	-3.420	30.116	0.473	-0.580
1992	09	28.689140	4	-37.950	12.295	-0.237	-0.150
1992	09	28.689140	3	2.160	31.279	0.065	0.360
1992	09	29.678362	4	-27.975	28.837	-0.476	0.180
1992	09	29.678362	3	20.730	22.588	-0.423	-0.300
1992	09	30.695888	4	-11.325	39.161	-0.285	0.140
1992	09	30.695888	3	29.400	2.638	-0.465	-0.430
1992	10	01.683102	4	7.080	40.935	-0.190	0.130
1992	10	01.683102	3	22.725	-17.087	-0.767	0.670
1992	10	22.656128	3	-29.265	1.064	-0.004	-0.210
1993	08	22.759740	3	-27.540	-13.257	-0.052	-0.540
1993	08	23.827694	4	39.015	1.576	-0.301	-0.530
1993	08	23.827694	3	-27.840	10.826	-0.747	-0.340
1993	08	24.819161	4	35.850	-16.929	0.603	0.160
1993	08	24.819161	3	-12.180	27.306	0.778	-0.650
1993	09	08.725190	3	-22.050	-20.906	0.515	0.150
1993	09	10.791999	4	-20.070	-37.676	-0.339	-0.500
1993	09	10.791999	3	-21.225	20.474	-0.930	-1.120
1993	09	11.731232	4	-32.730	-25.868	-0.588	-0.530
1993	09	11.731232	3	-2.205	30.751	0.503	-0.370
1993	09	12.727734	4	-39.735	-6.999	-1.109	0.630
1993	09	12.727734	3	16.545	25.555	-0.490	-0.650
1993	09	16.719880	4	5.460	41.808	-0.362	0.180
1993	09	16.719880	3	-10.890	-30.148	-0.352	-0.510
1993	09	17.721570	4	22.605	34.386	0.132	-0.750
1993	09	17.721570	3	-26.940	-15.674	-1.162	-0.070
1993	09	18.718070	4	34.080	20.611	-0.157	-0.600
1993	09	18.718070	3	-28.680	5.455	-0.501	-0.600
1993	10	11.686064	4	-26.295	28.199	0.082	-0.050
1993	10	11.686064	3	13.410	-26.510	0.742	0.210

1993	10	14.691042	4	22.830	32.828	0.365	-1.050
1993	10	14.691042	3	-27.360	1.939	0.702	-0.810
1993	10	15.694568	4	34.650	18.961	0.894	-0.950
1993	10	15.694568	3	-18.705	21.820	-0.180	-0.360
1993	10	16.708718	4	37.425	0.660	-0.306	-0.800
1993	10	16.708718	3	0.750	31.491	0.291	1.000
1994	09	04.807077	4	36.855	1.812	-0.155	-0.750
1994	09	04.807077	3	18.000	24.918	0.273	-0.050
1994	09	05.797197	4	33.330	-16.587	-0.226	-0.050
1994	09	05.797197	3	26.805	5.745	-0.463	-0.350

Таблица 3. Положения Оберона относительно Титании.

Момент наблюдений (UTC)	$\Delta\alpha$ (")	$\Delta\delta$ (")	(O-C) $_{\Delta\alpha}$ (")	(O-C) $_{\Delta\delta}$ (")
1987 07 20.797197	-47.430	18.921	0.451	0.316
1987 07 28.794421	-7.770	-43.056	-0.635	0.178
1987 08 20.762314	78.600	15.231	-0.910	-0.220
1987 09 23.714365	-24.795	24.601	0.350	-0.620
1987 09 24.696835	-8.010	25.263	-0.760	-0.480
1987 09 25.694570	3.255	18.881	0.050	0.050
1988 08 05.769148	40.050	-43.200	-0.980	0.690
1988 08 06.763020	8.820	-51.284	0.780	0.340
1988 08 16.771089	-3.045	37.286	0.170	-0.140
1988 09 02.730477	-1.170	-34.190	0.580	0.180
1988 09 07.729304	-13.140	-10.438	0.140	0.660
1988 09 13.713688	40.335	46.400	0.420	-0.240
1988 09 14.698622	64.935	22.018	-0.320	-0.250
1988 09 15.694797	71.265	-13.635	-0.020	0.470
1989 06 28.882262	-6.555	-8.605	0.850	0.320
1989 07 01.877430	-27.390	-13.009	0.250	0.500
1989 07 03.826820	-40.335	21.509	-0.150	-0.270
1989 07 28.774925	-47.220	-17.305	-0.680	-0.100
1989 08 01.769531	24.750	65.674	0.180	-0.170
1989 08 02.785644	61.020	45.398	-0.520	-0.220
1989 08 07.765969	-44.805	-56.467	0.120	1.380
1989 08 25.720110	-62.985	26.423	-0.280	0.230
1989 08 26.728856	-38.370	57.467	-0.210	-0.250
1989 08 27.736793	2.355	71.828	-0.380	0.130
1989 08 28.726770	44.745	61.772	0.120	0.090
1989 08 29.733619	73.500	31.422	0.410	1.260
1989 08 30.737016	76.620	-11.160	-0.110	0.070
1989 08 31.727996	55.320	-46.879	0.040	0.130
1989 09 03.725989	-49.365	-37.604	-0.190	0.470
1989 09 04.725825	-56.295	-8.062	-0.260	-0.600
1989 09 05.731002	-43.530	18.183	0.660	-0.290
1989 09 21.700692	-56.985	44.879	-0.150	-0.130
1989 09 22.690772	-21.165	68.778	-0.020	0.280
1989 09 23.689641	22.590	69.506	0.060	-0.030
1989 09 25.686158	71.880	11.244	-0.990	0.160
1990 08 20.774998	-15.435	-2.717	-0.080	-0.080
1990 08 27.769149	12.855	49.779	-0.950	0.020
1990 09 07.698631	13.485	61.119	-0.970	0.600
1990 09 08.700000	41.280	40.240	-0.540	-0.740
1990 09 11.694398	23.685	-25.737	-0.560	0.120
1990 09 16.689630	-2.670	-14.729	-0.500	0.380
1990 09 18.687407	-23.880	-19.600	0.620	0.450

1990 09 21.693391	-32.235	40.316	0.390	0.480
1990 09 22.690636	-5.400	56.829	-0.250	-0.250
1990 09 23.690616	30.540	56.900	0.130	0.310
1990 09 24.709207	59.835	35.520	-1.150	0.830
1990 10 07.666345	23.160	-8.689	0.020	0.610
1990 10 10.665775	10.110	-6.886	0.480	-0.610
1990 10 15.669936	-41.250	-23.783	0.820	0.890
1990 10 17.676782	-49.215	31.213	0.450	0.050
1991 08 08.790782	-58.335	-1.075	0.630	-0.060
1991 08 31.726356	18.600	-42.246	-0.370	-0.270
1991 09 05.721053	-47.370	52.088	0.300	1.150
1991 09 11.713052	28.200	-57.764	1.290	-0.630
1991 09 29.686822	-56.355	-41.149	-0.020	0.280
1991 09 30.684532	-70.920	-6.196	0.180	-0.280
1991 10 01.693570	-62.685	33.935	-0.650	-0.150
1991 10 04.693984	44.475	54.836	-0.160	0.180
1991 10 05.675046	63.840	23.470	0.730	0.460
1991 10 07.671843	38.355	-39.984	-0.250	-0.520
1991 10 12.693722	-20.250	3.638	-0.170	-1.130
1991 11 07.647567	-9.735	-5.304	0.550	1.150
1992 07 01.858924	68.145	3.854	-0.260	0.070
1992 07 03.846981	26.190	-56.734	0.260	-0.130
1992 07 08.880370	-20.385	17.836	0.270	0.220
1992 07 23.794459	-62.235	34.196	0.560	-0.100
1992 07 26.859346	43.050	55.939	-1.220	0.340
1992 08 01.785646	-24.450	-24.505	0.760	-0.840
1992 08 03.805032	-16.695	1.813	0.650	-0.060
1992 08 04.814456	-11.880	3.148	-0.620	0.790
1992 08 21.729410	22.020	60.581	0.330	-1.190
1992 08 25.728267	20.835	-31.592	0.350	0.810
1992 08 29.735336	-6.060	-9.489	0.840	-0.720
1992 09 01.733826	-22.830	-14.320	0.350	0.020
1992 09 19.703287	34.950	-2.882	-0.030	-0.350
1992 09 28.689140	-40.110	-18.984	-0.300	-0.510
1992 09 29.678362	-48.705	6.249	-0.050	0.480
1992 09 30.695888	-40.725	36.523	0.180	0.570
1992 10 01.683102	-15.645	58.022	0.580	-0.540
1993 08 23.827694	66.855	-9.250	0.450	-0.190
1993 08 24.819161	48.030	-44.235	-0.170	0.810
1993 09 10.791999	1.155	-58.150	0.590	0.620
1993 09 11.731232	-30.525	-56.619	-1.090	-0.160
1993 09 12.727734	-56.280	-32.554	-0.620	1.280
1993 09 16.719880	16.350	71.956	-0.010	0.690
1993 09 17.721570	49.545	50.060	1.290	-0.680
1993 09 18.718070	62.760	15.156	0.340	0.010
1993 10 11.686064	-39.705	54.709	-0.660	-0.260
1993 10 14.691042	50.190	30.889	-0.340	-0.240
1993 10 15.694568	53.355	-2.859	1.070	-0.590
1994 09 04.807077	18.855	-23.106	-0.430	-0.710
1994 09 05.797197	6.525	-22.332	0.240	0.300

4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Сравнение наблюдений с теорией позволяет произвести анализ точности полученных результатов. Положения Урана сравнивались с двумя теориями: DE200 и DE404.

В таблице 4 приводятся средние значения разностей (O-C) по прямому восхождению $(O-C)_\alpha$ и склонению $(O-C)_\delta$, а также соответствующие среднеквадратичные значения этих разностей - σ_α , σ_δ .

Таблица 4. Средние и среднеквадратичные значения разностей (O-C) для разных видов координат для всего периода наблюдений (1987-1994).

Вид координат	N	$(O-C)_\alpha$	σ_α	$(O-C)_\delta$	σ_δ
Уран, DE200, Экваториальные координаты	105	-0.262''	$\pm 0.200''$	-0.234''	$\pm 0.247''$
Уран, DE404, Экваториальные координаты	105	+0.038	0.198	-0.176	0.245
Спутники, экваториальные координаты	212	-0.214	0.428	-0.418	0.457
Разности "спутник – планета"	189	-0.001	0.408	-0.235	0.426
Разности "Оберон – Титания"	90	-0.017	0.522	+0.058	0.511

В этой таблице в первых трех строках даются средние и среднеквадратические величины разностей (O-C) для экваториальных координат планеты и спутников, определенных относительно звезд, в четвертой строке представлены результаты для разностей координат спутников относительно планеты, в последней строке – для разностей координат двух спутников. При анализе данных таблицы 4 обращают на себя внимание три обстоятельства: (1) - различие средних значений (O-C) для экваториальных координат Урана при сравнении с эфемеридами DE200 и DE404; (2) – систематическая ошибка по склонению в (O-C) Урана, спутников и ураноцентрических координатах спутников; (3) - значительно большая (вдвое) ошибка в координатах спутников по сравнению с координатами Урана. Первая особенность полученных результатов легко объясняется различием эфемерид DE404 и DE200. Вторую особенность можно объяснить большим различием яркости Урана, и, особенно, спутников по сравнению с яркостью опорных звезд. Спутники Урана – 14 звездной величины, опорные звезды – 8 –10 величины. Уран на пластинках ДАЦ ослаблен до 10-11 звездной величины. Кроме того, имеются различия в цветах Урана, спутников и опорных звезд, что при наличии эффекта атмосферной дисперсии может повлиять на точность результатов. Третья особенность наших результатов, представленных в таблице 4, объясняется, повидимому, неточностью измерения очень слабых изображений спутников. Ошибка измерения спутников на фотопластинках может достигать 5 мкм, что в масштабе телескопа ДАЦ дает 0.3''.

Определение положений контрольных звезд на пластинках позволило оценить точность измерений и редукиции звездных изображений с помощью телескопа ДАЦ. Эта оценка производилась тремя способами: (1) по сравнению координат контрольных звезд, полученных из наблюдений с их координатами в каталоге; (2) по сравнению положений звезд, полученных одновременно на разных камерах телескопа; (3) по

сходимости результатов определения положений звезд по трем изображениям на каждой пластинке. Значения ошибок приведены в таблице 5.

Таблица 5. Ошибки измерений изображений контрольных звезд.

Способ вычислений	$\epsilon_{\alpha} \cos \delta$	ϵ_{δ}
(1)	$\pm 0.12''$	$\pm 0.14''$
(2)	0.11	0.10
(3)	0.08	0.08

Таким образом, ошибки определения положений звезд на пластинках ДАЦ в несколько раз меньше, чем ошибки определения положений планет и спутников.

Из сравнения положений контрольных звезд на двух камерах телескопа получено значение разности двух камер, равное $-0.004s \pm 0.004s$; $-0.074'' \pm 0.049''$. Таким образом, можно считать (в пределах точности), что камеры дают одинаковые результаты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Однородный ряд наблюдений Урана и его спутников в Абастуманской обсерватории представляет интерес для уточнения теории движения системы Урана в комплексе мировых наблюдений на разных инструментах с различными методиками. Систематические ошибки в положениях Урана и спутников, выявленные в результате обработки и сравнения с эфемеридами, могут быть учтены эмпирически.

Двойной астрограф Цейсса Абастуманской обсерватории следует оснастить ПЗС-приемником, что позволит существенно повысить точность наблюдений и проникающую силу телескопа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т.П.Киселева, С.М.Чантурия, С.А.Лепешенкова, Е.В.Лапина, С.Л.Сулейманова, С.В.Толбин. Фотографические позиционные наблюдения Юпитера, Сатурна и их Спутников в Абастумани в 1983 – 1984 гг. // Бюлл. АБАО, №62, 1987, с.117-130.
2. А.А.Киселев. Теоретические основания фотографической астрометрии.// Москва, Наука, 1989, 260 с.
3. J.Laskar, R.A.Lacobson. GUST86. An analytical ephemeris of the Uranian satellites.// Astronomy and Astrophysics, v.188, N 1, 1987, p. 212-224.

The photographic positional observations of Uranus and their satellites Titania and Oberon in Abastumani in 1987 –1994.

S.M. Chanturiya, T.P.Kisseleva, N.V.Emelianov.

The results of photographic observations of Uranus and their satellites Titania and Oberon with the help of Double Zeiss Astrograph in Abastumani in 1987 – 1994 are given. The stars positions of the planet and satellites and their relative positions are given in tables 1, 2, 3. The comparison of observations with the ephemeris DE200 and DE404 for Uranus and GUST86 for satellites were carried out. The mean (O-C) for the relative coordinates of satellites are $-0.017''$ and $+0.058''$; the standard errors of one observation are $0.522''$ and $0.511''$ (in $\Delta\alpha$ and $\Delta\delta$).

