

УДК 523.64:523.489

## О возможности существования в зоне Нептун — Плутон неизвестной планеты

А. С. Гулиев

Обнаружено новое кометное семейство, состоящее из комет Галлея, Де Вико, Вестфalia, Понса — Гамбара, Брорзена — Меткофа и Вайсяля 2. Афелии орбит этих объектов расположены вблизи большого круга небесной сферы с  $\Omega = 287.3^\circ$  и  $i = 30.5^\circ$ . Это указывает на существование неизвестной планеты, движущейся в той же плоскости. Получены элементы орбиты предполагаемой планеты:  $T = 1994.0$ ;  $\omega = 286^\circ$ ;  $\Omega = 287^\circ$ ;  $i = 30.5^\circ$ ;  $a = 36$  а. е.;  $e = 0.11$ ;  $n = 1.65^\circ/\text{год}$ . Координаты планеты на начало 1986 г.:  $\alpha = 12^h 06^m$ ,  $\delta = -34.5^\circ$ . Эта планета имеет, по-видимому, также семейство долгопериодических комет. Предполагается, что она может быть источником невязок в движении Урана, Нептуна и кометы Галлея.

*ON A POSSIBILITY OF THE EXISTENCE OF A HYPOTHETIC PLANET IN THE REGION BETWEEN NEPTUNE AND PLUTO, by Guliev A. S.* — A new cometary family is found, consisting of comets Halley, de Vico, Westphal, Pons — Gambart, Brorsen — Metcalf and Väisälä 2. Aphelions of these objects orbits are near the large circle of a celestial sphere with  $\Omega = 287.3^\circ$  and  $i = 30.5^\circ$  that indicates the existence of an unknown trans-Neptune planet moving within this plane. The orbital elements of a supposed planet are as follows:  $T = 1994.0$ ;  $\omega = 286^\circ$ ;  $\Omega = 287^\circ$ ;  $i = 30.5^\circ$ ;  $a = 36$  a. e.;  $e = 0.11$ ;  $n = 1.65^\circ$  per year. The planet coordinates for 1986.0 are:  $\alpha = 12^h 06^m$ ;  $\delta = -34.5^\circ$ . The planet appears to have a long-period cometary family as well. It is assumed that the planet is responsible for perturbations in the motions of Uranus, Neptune and Halley's comet.

Среди кометных семейств больших планет по некоторым особенностям выделяется семейство Нептуна, в которое входит знаменитая комета Галлея. Значительный наклон линий аписид орбит комет этой группы к эклиптике затрудняет решение вопроса о возможной роли Нептуна в образовании данной системы [2]. Это семейство содержит немало загадок и неопределенностей, анализ которых привел к выполнению настоящей работы.

**Численность и особенности кометного семейства Нептуна.** Предположение о существовании кометной группы Нептуна появилось еще в XIX в. В 1812—1852 гг. было открыто шесть комет (Понса — Брукса, Ольберса, Понса — Гамбара, Де Вико, Брорзена — Меткофа и Вестфalia), афелийные расстояния ( $Q$ ) которых соответствовали среднему расстоянию Нептуна. Сама планета была открыта в этот же период времени. На такое совпадение обратили внимание Форбс, Фламмарнон, Шоблох и другие исследователи. Факт группировки афелиев кометных орбит вблизи областей движения планет-гигантов был использован при попытке определения орбит гипотетических транснептуновых планет.

В современных каталогах [7] содержится девять комет с  $Q$  от 29 до 37.5 а. е. Одна из них (Понса — Брукса), вероятно, является членом семейства Плутона [3]. В табл. 1 приведены данные об остальных восьми кометах, использованные в расчетах и рассуждениях. Прежде всего обращает на себя внимание большой разброс значений  $Q$  относительно среднего гелиоцентрического расстояния Нептуна. Среднее квадратичное отклонение здесь составляет 4.5 а. е., что намного превышает аналогичные значения для других кометных семейств. Еще одна характерная черта рассматриваемых комет — большие значения широт перигелиев ( $B$ ). Здесь нет концентрации перигелиев или афелиев вблизи плоскости эклиптики, наблюдающейся в других семействах. Наконец, привлекает внимание относительно высокая яркость комет семейства Нептуна: из восьми комет пять имеют абсолютные величины  $H_{10}$  — от 4.2 до 6.3<sup>m</sup>. Интересно также разнообразие в наклонах орбит. По сравнению с другими семействами небольшие наклоны здесь не доминируют.

Таким образом, беглый анализ показывает, что кометное семейство Нептуна по характеристикам резко выделяется среди семейств других планет. Из отмеченных характеристик наибольший интерес представляют большие значения  $B$ . Объяснить это возможными эволюционными процессами, допуская, что первоначально значения  $B$  группировались вблизи нуля, крайне сложно. В этом случае, угол  $B$  должен определять возраст кометы и, следовательно, коррелировать с  $H_{10}$ . Фактически заметной связи между этими величинами нет. Кроме того, характер эволюции орбиты кометы Галлея за 2000 лет (значительно изменились только  $\Omega$  и  $\omega$ , а  $L$  и  $B$  оставались почти постоянными) противоречит такому предположению. Эволюции орбит некоторых других комет этого семейства, любезно предоставленные нам Н. А. Беляевым, также не показывают заметных изменений этих параметров.

Дальнейший анализ позволил выявить следующую закономерность. Используя метод наименьших квадратов, мы установили, что перигелии орбит шести комет рассматриваемого семейства группируются вблизи большого круга небесной сферы с наклоном к эклиптике  $i=30.5^\circ$ . Большой круг пересекает эклиптику в точках с долготами  $287.3$  и  $107.3^\circ$ . Следовательно, кометные афелии концентрируются не вдоль плоскости движения Нептуна, что следовало бы ожидать в случае выхода комет из сферы влияния этой планеты, а вблизи совершенно другой плоскости. Другими словами, эти шесть объектов образуют семейство, не связанное с Нептуном. Достоверность обнаруженной закономерности оценивалась следующим образом. Вычислены отклонения ( $B'$ ) перигелиев орбит восьми комет от найденной плоскости. Они приведены в табл. 2. Оказалось, что  $B'$  изменяется от  $-1.93$  до  $52^\circ$ , т. е. в сферическом поясе площадью  $S_1=0.41 S$ , где  $S$  — площадь сферы. У шести комет  $B'$  изменяется от  $-1.93$  до  $6.81^\circ$ , т. е. перигелии их орбит расположены в поясе площадью  $S_2=0.08 S$ . Вероятность попадания одного перигелия в пояс  $S_2$  при случайном распределении восьми точек в поясе  $S_1$  составляет  $p = S_2/S_1 = 0.195$ . Вероятность попадания шести точек в пояс  $S_2$  равна  $p^6 = \frac{8!}{6!2!} p^6 \times (1-p)^2 = 0.001$ . Следовательно, уровень значимости обнаруженной концентрации ( $1 - 0.001 = 0.999$ ) довольно высок, что требует интерпретации.

Таблица 1. Данные о кометах семейства Нептун

Комета	$T$ , ЕТ	$P$ , год	$\omega$ , град	$\Omega$ , град	$i$ , град	$L$ , град	$B$ , град	$Q$ , а.е.	$H_{10}$ зв. вел
Понса—Гамбара	1827.06.07	52.5	19.19	319.33	136.45	305.2	+13.1	29.0	6.3
Вестфалья	1852.10.13	61.2	57.03	347.54	40.93	36.9	+33.3	29.8	5.0
Брорзена—Меткофа	1847.09.10	73.1	129.45	311.24	19.14	82.3	+14.7	34.5	9.6
Галлея	1910.04.20	76.1	111.72	57.85	162.22	311.1	+16.5	35.3	5.0
Де Вико	1846.03.06	76.3	12.90	79.01	85.11	80.1	+12.9	35.3	6.2
Вяйсяля 2	1942.02.15	85.4	335.22	171.59	38.00	151.6	-15.0	37.5	13.2
Ольберса	1815.04.26	74.9	65.58	85.34	44.50	141.8	+39.4	32.7	4.3
Дубяго	1921.05.21	62.3	97.43	66.52	22.32	164.6	+22.1	30.3	10.5

Таблица 2. Угловые элементы (в град) орбит комет в новой системе

Комета	$i'$	$\omega'$	$\Omega'$	$L'$	$B'$
Понса—Гамбара	109.2	2.7	22.8	23.0	2.52
Вестфалья	35.3	7.4	100.2	109.5	4.24
Брорзена—Меткофа	14.9	2.4	148.9	153.6	0.65
Галлея	157.1	13.8	36.0	24.8	2.80
Де Вико	111.8	357.9	151.0	151.6	-1.93
Вяйсяля 2	57.1	8.2	222.3	227.3	6.81
Ольберса	—	—	—	—	52
Дубяго	—	—	—	—	48

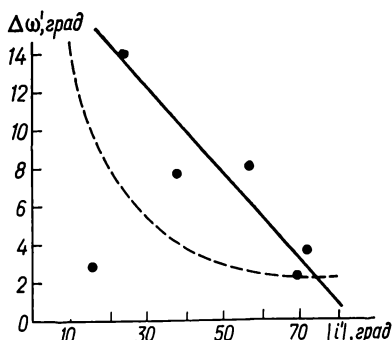
Примечание. Значения параметров  $i'$ ,  $\omega'$ ,  $\Omega'$ ,  $L'$  последних двух комет не определялись, поскольку в дальнейших расчетах они не использовались.

Опыт изучения кометных семейств известных больших планет позволяет предположить, что регулярная система из шести комет связана с неизвестным планетным телом, движущимся в отмеченной выше плоскости. Для поиска дальнейших аргументов в пользу этого предположения целесообразно определить угловые элементы орбит шести комет относительно найденной плоскости. Для этого использованы рабочие формулы

$$\begin{aligned} \cos i' &= \cos 30.46^\circ \cos i + \sin 30.46^\circ \sin i \cos (\Omega - 287.3^\circ), \\ \omega' &= \omega - \arcsin \frac{\sin 30.46^\circ \sin (\Omega - 287.3^\circ)}{\sin i'}, \\ \Omega' &= \arcsin \frac{\sin i \sin (\Omega - 287.3^\circ)}{\sin i'}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $i'$ ,  $\omega'$ ,  $\Omega'$  — элементы орбиты кометы в новой системе;  $i$ ,  $\omega$ ,  $\Omega$  — элементы орбиты относительно эклиптики. В новой системе точкой отсчета служит восходящий узел вычисленного небесного круга. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Анализ полученных данных позволил установить еще одну закономерность: значения  $\Delta\omega'$  (отклонение  $\omega'$  от 0 или  $180^\circ$ ) хорошо коррелируют\* с  $|i'|$  (абсолютное значение наклона, которое изменяется от 0 до  $90^\circ$ ). Зависимость между этими величинами иллюстрирует рисунок. Если бы подобная зависимость была получена в эклиптической системе, то ее можно было бы интерпретировать в пользу предположения об одинаковом возрасте изучаемых комет. Известно, что при крутых наклонах элементы орбиты, особенно  $\omega$ , изменяются мало, а при малых, наоборот, — значительно. То, что отмеченная за-



Зависимость  $\Delta\omega'$  ( $|i'|$ ) для шести комет

висимость получена в новой системе координат, позволяет сделать два предположения. Во-первых, в изменении  $\omega'$  этих комет значительную роль сыграло гравитационное влияние гипотетической планеты; во-вторых, она указывает на то, что концентрация афелиев вблизи плоскости движения планеты в прошлом была более выразительной. Можно рассмотреть следующую альтернативу: не является ли зависимость  $\Delta\omega'(|i'|)$  простым следствием хорошо известного соотношения

$$\sin B' = \sin \omega' \sin i'. \quad (2)$$

Если в (2) вместо  $B'$  взять среднее значение  $\bar{B}'_i$  для шести комет ( $2.52^\circ$ ), то получим зависимость

$$\sin \omega' \sin i' = 0.044.$$

Эта зависимость приведена на рисунке штриховой линией. Видно, что она не имеет ничего общего с найденной зависимостью.

**Распределение  $Q(L')$ .** Анализ распределения афелиев или перигелиев орбит рассматриваемых шести комет позволяет определить лишь два элемента орбиты предполагаемой планеты

$$\Omega = 287.3^\circ, \quad i = 30.5^\circ. \quad (3)$$

Они получены в предположении, что планета движется в прямом направлении (вариант  $\Omega = 107.3^\circ$  и  $i = 149.5^\circ$ , по-видимому, маловероятен). Дальнейший анализ параметров  $Q$  и  $L'$  и их сопоставление показали, что можно оценить и остальные динамические параметры. Характер движения Плутона позволяет полагать, что транснептуновая планета может иметь значительный эксцентриситет орбиты. Эксцентricность орбиты планеты должна отражаться в распределении  $Q(L')$ , если долготная протяженность афелиев достаточно велика. В нашем случае она составляет около  $200^\circ$ . Распределение  $Q(L')$  сопоставим с двумя теоретическими распределениями: равномерным и эллиптическим.

\* Исключение составляет только комета Брорзена — Меткофа.

В первом случае распределение должно мало отличаться от  $\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum Q_i$ . Во втором случае оно должно быть ближе к

$$Q_3 = \frac{p'}{1 + e \cos(L'_j \pm 180^\circ - \xi)}, \quad (4)$$

где  $p'$ ,  $e$ ,  $\xi$  — параметр, эксцентриситет и долгота перигелия эллипса. Если величина  $\varepsilon_1 = \sqrt{\sum (Q_i - \bar{Q})^2 / (n - 1)}$  будет превышать величину  $\varepsilon_2 = \sqrt{\sum (Q_i - Q_3)^2 / (n - 1)}$ , то будем считать, что эллипс (4) лучше описывает распределение  $Q(L')$ . Рассмотрим функцию

$$f(e, p', \xi) = \sum [Q \{1 + e \cos(L'_i \pm 180^\circ - \xi)\} - p']^2.$$

Она означает сумму квадратов невязок для второго варианта. Условия минимизации  $\frac{\partial f}{\partial e} = 0$ ;  $\frac{\partial f}{\partial p'} = 0$ ;  $\frac{\partial f}{\partial \xi} = 0$  дают систему уравнений, решение которой приводит к следующим значениям:  $p' = 35.79$  а. е.;  $e = 0.106$ ;  $\omega = 286.0^\circ$ .

Заметим, что в расчетах не принято во внимание  $Q$  кометы Понса — Гамбара из-за возможных ошибок в значении периода ее обращения [7]. Итак, в случае равномерного исходного распределения  $\varepsilon_1 = 2.20$  а. е., а во втором случае  $\varepsilon_2 = 1.59$  а. е. Следовательно, точки афелиев с небольшой ошибкой (средняя квадратичная ошибка 0.711) описывают эллипс. Это обстоятельство позволяет привести ориентировочные элементы орбиты гипотетической планеты:  $\Omega = 287^\circ$ ;  $\omega = 286^\circ$ ;  $i = 30.5$ ;  $a = 36$  а. е.;  $P = 218$  лет;  $e = 0.11$ ;  $n = 16.3''/\text{сут}$ . Следует отметить, что параметры  $e$  и  $\omega$  менее надежны, чем остальные элементы\*.

По мере открытия новых комет этого семейства (если до этого времени планета не будет найдена) необходимо повторить весь цикл вычислений, поскольку надежность вычисленных параметров сильно зависит от количества комет. Заметим, что орбита вычисленной нами гипотетической планеты весьма сходна с орбитой [5], определенной совершенно другим методом.

**О возможности существования семейства долгопериодических комет гипотетической планеты.** Если планета имеет семейство короткопериодических комет, то вполне возможно, что она имеет и систему долгопериодических комет. Нет никаких оснований считать, что кометы, покидающие сферу действия планеты, должны иметь ограниченные  $Q$ . Поэтому возникает проблема поиска долгопериодических комет, генетически связанных с предполагаемой планетой. В настоящей работе такая задача подробно не решается. Рассмотрим только одно следствие, вытекающее из нашей гипотезы. За счет удаленности планеты долгопериодические кометы, покидающие ее сферу действия, должны иметь небольшие  $B'$ . Поэтому количество комет, перигелии которых находятся в сферическом поясе с небольшими  $B'$ , должно быть несколько больше, чем в соседних поясах с адекватной площадью. Для проверки этого следствия мы изучили три пояса небесной сферы, каждому из которых соответствует десятая часть площади всей сферы. Первый пояс, центральный, охватывает область  $B'$  от  $-5.74$  до  $+5.74^\circ$ , второй — от  $-17.46$  до  $-5.74^\circ$ , третий — от  $+5.74$  до  $+17.46^\circ$ . По данным каталога [7], определено количество перигелиев кометных орбит, соответствующих каждому поясу. Подсчет показал, что в первом поясе находятся перигелии 90 комет, во втором и третьем поясах — соответственно 57 и 70. Итак, как следовало ожидать, в первом поясе ( $\pm 5.74^\circ$ ) содержится значительно больше перигелиев, чем в остальных. При этом следует заметить, что асимметрия в количестве перигелиев относительно рассматриваемой плоскости вызвана условиями открытия комет.

Преобладающая часть второго пояса расположена южнее, а третьего — севернее эклиптики, где условия для открытия комет намного лучше. С учетом данного обстоятельства можно утверждать, что в первом поясе количество перигелиев почти на 30 % выше, чем в каждом из соседних поясов. Это позволяет считать, что планета инжектирует в зону видимости не только короткопериодические, но и долгопериодические кометы. Для уточнения количества долгопериодических комет семейства гипотетической планеты требуются специальные расчеты. Однако приведенные цифры показывают, что

\* Определение элементов  $e$  и  $\omega$  орбиты гипотетической планеты, вычисленных в предположении равенства пяти ближайших афелийных расстояний гелиоцентрическому расстоянию материнской планеты, рецензент считает нереальным (прим. ред.).

их должно быть намного больше, чем короткопериодических комет, связанных с этой планетой.

**О возможности прогнозирования местонахождения планеты в настоящее время.** Для поиска планеты, кроме приведенных элементов, надо знать ее долготу в орбите для какой-либо эпохи. Наиболее верный способ определения этого параметра — анализ невязок в движении Урана и Нептуна. Задавая различные значения для массы планеты и ее истинную аномалию (или момент прохождения перигелия) можно найти такие значения этих величин, при которых указанные невязки существенно уменьшились бы. Кроме этого классического способа, использованного в многочисленных работах [5], можно предложить второй метод — интегрирование элементов орбит комет рассматриваемого семейства с учетом возможного возмущающего влияния гипотетической десятой планеты. Здесь также требуется варьирование массы планеты и ее истинной аномалии для начального момента. Не исключено, что между движениями некоторых комет, с одной стороны, и движением планеты, с другой, существует резонансное соотношение типа 3 : 1. Такие кометы, если они когда-то вышли из сферы влияния планеты, через каждые три оборота должны иметь некоторое сближение с ней. Такое объединение отдельных появлений одной и той же кометы с учетом массы и движения десятой планеты должно привести к резкому уменьшению негравитационных эффектов.

Здесь приводим лишь некоторые качественные соображения по этому поводу. При определении положения планеты в настоящее время мы приняли несколько предположений для дальнейшего сравнения их следствий.

1. В каталоге [7] приводятся значения негравитационного параметра движения кометы Галлея для периодов 1607—1759, 1682—1836, 1759—1911 г. Их сравнение показывает, что радиальная компонента негравитационной силы в период 1682—1836 г. резко увеличилась. Не исключено, что в одном из афелийных прохождений, соответствующих этому периоду, комета была относительно недалеко от гипотетической планеты и испытывала ее возмущающее влияние.

2. Мы учитывали результаты исследований Пикеринга [8], который, используя невязки движения Урана и Нептуна, получил ряд орбит гипотетических транснептуновых планет и их местонахождения. Естественно, что при этом отдали предпочтение той орбите, которая более или менее соответствует орбите, полученной нами совершенно другим способом. Мы остановились на работе [8], в которой приводятся следующие элементы орбиты:  $T=1824$ ;  $\pi=286.5^\circ$ ;  $a=35.3$  а. е.;  $e=0.35$ ;  $P=210$  лет; долгота (в 1930.2 г.)  $=107.5^\circ$ .

3. Учет многолетних исследований Ловелла [6]. Мы остановились на решении Х1. Планета, полученная теоретическим путем в рамках этого решения, уменьшает невязки движения Урана на 99 %. Долгота планеты, по Ловеллу, в 1914 г. была  $84^\circ$ . При этом допускаем, что предположение Ловелла и Пикеринга о незначительности наклона орбиты планеты привело к неудаче ее поиска.

4. В 1795 г. Лаланд два раза наблюдал Нептун [1], не подозревая, что это — планета. В дальнейшем выяснилось, что ее положения во время этих наблюдений заметно отклонялись от вычисленных. Это обстоятельство привело к появлению гипотезы о том, что примерно в этот период транснептуновая планета была вблизи Нептуна [5]. Мы решили в своем определении использовать и это вполне реальное предположение.

5. Как видно из табл. 2, линии апсид орбит комет Брорзена — Меткофа и Де Вико почти совпадают. Анализ невозмущенных орбит этих двух комет показывает, что за 0.5 оборота до открытия моменты их прохождений через афелий мало различаются между собой. Мы считаем, что это не случайно. По-видимому, обе кометы около 1809 г. имели тесное сближение с планетой и, следовательно, одинаковую с ней эклиптическую долготу. Подобная группировка дат тесных сближений наблюдается и у комет семейства Юпитера [4].

Можно предположить, что комета Галлея в 1721 г. в районе афелия своей орбиты имела некоторое долготное сближение с планетой (эклиптическая долгота афелия орбиты кометы  $125^\circ$ ). Это предположение приводит к ориентировочным эклиптическим координатам планеты на 1986 г.:  $L=200.5^\circ$ ,  $B=-31^\circ$ .

В двух дальнейших прогнозах мы исходили из того, что вычисления Пикеринга и Ловелла касались не Плутона, а предполагаемой нами планеты. Если она в 1930 г. была в долготе  $L=107.5^\circ$  (Пикеринг), то с учетом наклона орбиты можно получить

координаты на 1986 г.:  $L=196.5^\circ$ ,  $B=-31^\circ$ . Поразительное совпадение с этими координатами получается в рамках решения Ловелла:  $L=196.5^\circ$ ,  $B=-31^\circ$ . Предположение 5 приводит к следующим координатам на 1986 г.:  $L=192.5^\circ$ ,  $B=-31^\circ$ .

Итак, координаты, полученные при совершенно различных предположениях, мало отличаются друг от друга. Эти прогнозы неплохо согласуются с пунктом 4 (если они близки к действительности, то долготы Нептуна и планеты в 1795 г. отличались всего лишь на  $25-30^\circ$ ).

Переведя полученные эклиптические координаты на экваториальные и отдавая предпочтение пунктам 2 и 3, мы прогнозируем местонахождение планеты на начало 1986 г.:  $\alpha=12^h06^m$ ,  $\delta=-34.5^\circ$ . Если альbedo планеты не низкое, то блеск ее должен быть примерно такой же, как у Плутона. Согласно нашему прогнозу, в начале 1986 г. она находилась в районе перигелия своей орбиты ( $r=32$  а. е.), которого она достигнет в 1994 г., что должно благоприятствовать успеху поисков.

1. Гребеников Е. А., Рябов Ю. А. Поиски и открытия планет.— М.: Наука, 1975.— 215 с.
2. Гулиев А. С. Особенности кометных семейств больших планет: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук.— Киев: 1982.— 15 с.
3. Гулиев А. С. О существовании кометного семейства Плутона // Циркуляр Шемах. астрофиз. обсерватории.— 1983.— № 70.— С. 15—17.
4. Гулиев А. С., Деменко А. А. О первых тесных сближениях комет с Юпитером // Комет. циркуляр.— 1981.— № 279.— С. 3—4.
5. Уайт А. Планета Плутон.— М.: Мир, 1983.— 125 с.
6. Lowell P. Memoir on a trans-Neptunian planet // Mem. Lowell Observatory.— 1915.— 1, N 1.— P. 1—105.
7. Mursden B. G. Catalogue of cometary orbits. 4 ed.— IAU, Cambridge, 1982.— 98 p.
8. Pickering W. H. The trans-Neptunian planet // Pop. Astron.— 1930.— 38, N 375.— P. 285—292.

Шемах. астрофиз. обсерватория АН АзССР,  
Шемах

Поступила в редакцию 06.03.86,  
после доработки 02.06.86

## Научные конференции

### МЕЖДУНАРОДНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО АТМОСФЕРНОЙ РЕФРАКЦИИ

Совещание проводится научными организациями Югославии совместно с рабочей группой по астрономической рефракции Комиссии № 8 МАС 3—5 сентября 1987 г. в Белграде. Научная программа: основные проблемы феномена рефракции и перспективы исследований с точки зрения астрометрии, геодезии, метеорологии.