

Е. П. ФЕДОРОВ

**АЛЕКСАНДР ЯКОВЛЕВИЧ ОРЛОВ:
ЖИЗНЬ, ТВОРЧЕСТВО, НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ**

К концу прошлого столетия выяснилось, что наблюдения движения полюсов Земли, морских приливов и периодических изменений силы тяжести в разных точках на поверхности суши могут стать средством изучения общих механических свойств Земли и проверки гипотез о ее внутреннем строении. В числе первых ученых, вполне оценивших действенность этого средства, был Александр Яковлевич Орлов. Сновным направлением его научно-организационной деятельности стало развитие исследований приливных деформаций и вращения Земли, положивших начало изучению Земли как сложной физической системы, подверженной действию внешних сил. Теперь эти исследования при всей их широте и разнообразии применяемых средств и методов сбразуют единый комплекс, известный под названием геодинамики. А. Я. Орлова можно с полным основанием считать одним из зачинателей этой науки, сыгравшим выдающуюся роль в ее развитии в нашей стране.

Тем, кто пожелал бы познакомиться с его жизнью и деятельностью подробно, можно рекомендовать биографию А. Я. Орлова, обстоятельно написанную З. Н. Аксентьевой [1]. Здесь же мы ограничимся краткими сведениями о его жизни, уделив больше внимания рассмотрению научного творчества А. Я. Орлова. Мы попытаемся также проследить судьбу некоторых из важнейших идей этого выдающегося ученого и их влияние на развитие астрометрии и геодинамики за годы, прошедшие со дня его смерти.

Александр Яковлевич Орлов родился 25 марта (ст. ст.) 1880 г. в г. Смоленске. В 1898 г. он окончил гимназию в г. Воронеже и в том же году поступил в Петербургский университет. Уже в первых работах, которые А. Я. Орлов опубликовал в студенческие годы, проявились его незаурядные способности и увлеченность наукой. Поэтому по окончании курса обучения в 1902 г. он был оставлен при университете и на три года командирован за границу для подготовки к профессорскому званию. Сначала молодой ученый остановился в г. Париже, чтобы послушать курс лекций в Сорбонне, затем переехал в г. Лунд (Швеция), где занимался небесной механикой под руководством проф. Шарлье, и закончил свою зарубежную командировку в Геттингенском университете — здесь он работал по сейсмологии у проф. Вихерта.

Вернувшись на родину, А. Я. Орлов поступил на должность ассистента астрономической обсерватории Юрьевского (теперь Тартуского) университета. В 1907 г. он провел серию наблюдений на зенит-телескопе в Пулковской обсерватории. Хотя эти наблюдения продолжались всего около года, приобретенный практический опыт определений широты несомненно оказался полезным для А. Я. Орлова, когда он позже занялся обширными работами по анализу широтных наблюдений. Из Пулковской обсерватории А. Я. Орлов

возвратился в г. Юрьев, где с 1 января 1909 г. ему было поручено заведывание сейсмической станцией и чтение в университете лекций по сейсмологии, небесной механике и геодезии. В г. Юрьеве А. Я. Орлов приобрел опыт работы с легкими маятниками Цельнера — Репсольда без затухания, которые применялись для записи сейсмических колебаний. У него возникла мысль о возможности применения этих маятников для изучения приливных колебаний отвесной линии. В г. Юрьеве имелись прекрасные погреба для таких наблюдений, что и дало А. Я. Орлову возможность провести замечательные по точности ряды наблюдений, создавшие, по оценке З. Н. Аксентьевой, эпоху в истории проблемы земных приливов. Эти наблюдения легли в основу магистерской диссертации А. Я. Орлова, которую он защитил в 1910 г. В следующем году А. Я. Орлов участвовал в Международном сейсмологическом съезде в г. Манчестере, где он выступил с докладом о наблюдениях деформаций земного шара и был избран членом международной комиссии, курирующей работы по этой проблеме.



Александр Яковлевич Орлов (1880 — 1954)

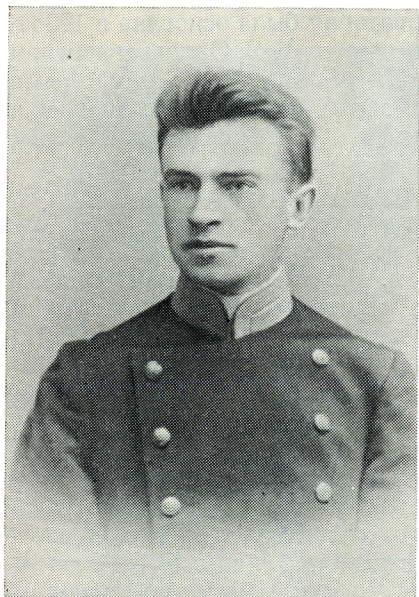
В том же году А. Я. Орлов совершил еще одну поездку за границу — он посетил Иеркскую обсерваторию (США), где имелись снимки комет, интересовавшие А. Я. Орлова в связи с изучением движения материи в хвостах комет. Он начал заниматься изучением комет в 1909 г. и посвятил этому вопросу 7 статей. В приложении 1 к настоящему очерку приводится выдержка из письма, полученного мною в апреле 1954 г. от известного специалиста по кометной астрономии, члена-корреспондента АН СССР С. В. Орлова, в которой он кратко излагает суть и дает оценку их значения.

На упоминавшемся выше манчестерском сейсмологическом съезде была отмечена важность создания земноприливной станции в Сибири. Наиболее подходящим местом для этого оказался г. Томск, где под руководством А. Я. Орлова в 1911 г. были начаты, а к началу 1912 г. закончены работы по строительству станции для наблюдений приливных изменений силы тяжести. Систематические наблюдения на этой станции начались 25 сентября 1912 г.

Летом того же года А. Я. Орлов участвовал в гравиметрической экспедиции в Западной Сибири, а в декабре он был назначен экстраординарным профессором и директором астрономической обсерватории Новороссийского университета в г. Одессе. С этого времени научная и научно-организационная деятельность А. Я. Орлова проходит в основном на Украине. В первые годы жизни в г. Одессе он занимался окончательной обработкой и гармоническим анализом юрьевских, томских и потсдамских наблюдений над лунно-солнечными деформациями Земли, что и стало предметом его докторской диссертации — ее защита состоялась в 1915 г. В те же годы он пользовался методами гармонического анализа и при изучении других периодических явлений, в том числе приливов в Черном море, изменений блеска переменных звезд и пр. Методически к этим работам примыкает ана-

лиз 18-летнего ряда наблюдений солнечных пятен в г. Одессе, выполненный А. Я. Орловым с целью уточнения периода и положения оси вращения Солнца.

Однако постепенно на первое место в его научных изысканиях выдвигается всестороннее изучение движения полюсов Земли — проблема, к работам над которой А. Я. Орлов привлекает своих учеников — студентов Новороссийского университета. Эти работы приобретают такой размах, что для их продолжения становится вполне оправданным и необходимым создание специального научно-исследовательского учреждения.



А. Я. Орлов в студенческие годы



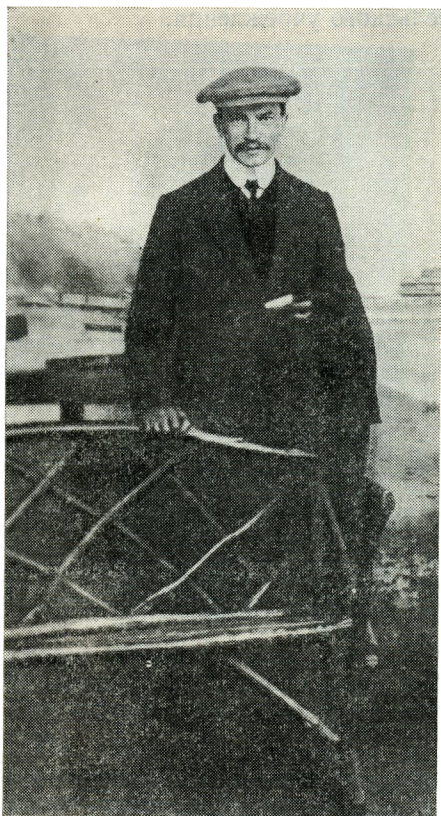
А. Я. Орлов в годы работы в обсерватории Юрьевского (теперь Тартуского) университета.

То было время, когда молодое Советское государство быстро набирало темпы экономического развития. В 1924 г. в г. Харькове состоялся съезд по изучению производительных сил Украины, на котором выяснилось, что для правильной постановки поисков полезных ископаемых первостепенное значение имеет составление гравиметрической карты республики. Материалов для этого не было, так как гравиметрически Украина оставалась практически совсем необследованной: сила тяжести была определена всего лишь в 10 случайно расположенных пунктах.

Занимаясь в основном фундаментальными исследованиями, А. Я. Орлов всегда с готовностью откликался на запросы практики. Так, например, в первые годы после Великой Октябрьской социалистической революции он принял деятельное участие в астрономо-геодезических работах, которые проводились Военно-морским ведомством; под его руководством была восстановлена триангуляционная сеть по берегам Черного моря от р. Днестра до р. Днепра и проведены повторные нивелировки в г. Одессе и ее окрестностях с целью изучения оползней; он организовал издание морского астрономического ежегодника, необходимого флоту.

Выдвигая на харьковском съезде предложение о создании гравиметрической обсерватории в г. Полтаве, А. Я. Орлов также имел в виду запросы

практики. Он наметил программу работ этой обсерватории, охватывающую как фундаментальные исследования механических свойств Земли на основе данных о движении полюса и приливных изменениях силы тяжести, так и работы прикладного характера — гравиметрическую съемку Украины. Выбор места был в значительной мере обусловлен тем, что на параллели г. Полтавы вблизи зенита проходят две яркие звезды, которые можно наблюдать не только ночью, но и в светлое время суток. Такие наблюдения особенно ценны для изучения короткопериодических изменений широт.



А. Я. Орлов на палубе парохода «Олимпик» во время поездки в США (снимок 1916 г.)

об этих работах Полтавской обсерватории рассказывается в статье И. А. Дычко, В. Г. Булацена и В. Г. Баленко, публикуемой в настоящем сборнике.

В 1927 г. А. Я. Орлов был избран чл.-кор. Академии наук СССР. В 1934—1938 гг. он работал в Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга и в Геодезическом институте в Москве, после чего вновь возглавил Полтавскую гравиметрическую обсерваторию Академии наук УССР и в 1939 г. был избран действительным членом (академиком) этой академии.

Работы Полтавской обсерватории пришлось прервать в сентябре 1941 г., когда фронт вплотную подошел к городу. Обсерватория была эвакуирована в г. Иркутск, где смогла продолжать свою деятельность на базе Иркутского университета им. А. А. Жданова.

А. Я. Орлов приехал в г. Полтаву сразу же после освобождения города от немецких захватчиков. Он застал здесь еще дымящиеся развалины и, не теряя времени, стал принимать неотложные меры по восстановлению основанного им научного учреждения. В феврале 1944 г. сотрудники обсерватории вернулись из г. Иркутска в г. Полтаву и вскоре возобновили прерванную работу.

Продолжая руководить Полтавской гравиметрической обсерваторией АН УССР, А. Я. Орлов в первые годы после Великой Отечественной войны приступает к организации другого крупного академического научного учреждения — Главной астрономической обсерватории. В 1945—1948 гг.



А. Я. Орлов в рабочем кабинете (Полтава, 1950 г.)

он руководит проектированием этой обсерватории, приобретением для нее первых инструментов и строительством первых объектов. Однако с годами ему становилось все труднее совмещать большую научную работу с многообразными административными обязанностями. Поэтому в 1948 г. он ушел с поста директора Главной астрономической обсерватории АН УССР. По просьбе Президиума АН УССР А. Я. Орлов в 1950 г. вновь возглавил эту обсерваторию, но уже в следующем году дальнейшее ухудшение здоровья заставило его совсем отказаться от административной деятельности. Руководство Полтавской гравиметрической обсерваторией он передал чл.-кор. АН УССР З. Н. Аксентьевой.

Однако А. Я. Орлов продолжал при личных встречах и в письмах помогать советами и указаниями своим ученикам, работавшим в Полтаве, Киеве и других научных центрах нашей родины. С прежней энергией он занимался и вопросами организации работ по изучению движения полюса — всего за месяц до смерти он председательствовал в Москве на совещании по этому вопросу. Буквально до последних дней не прекращал А. Я. Орлов научных исследований. Сердечный приступ, за которым последовала смерть, застал его за рабочим столом, когда он заканчивал большую итоговую статью о движении полюса. А. Я. Орлов скончался 28 января 1954 г. в г. Киеве.

Обратимся теперь к научному наследию А. Я. Орлова. Полный список его трудов приложен к очерку З. Н. Аксентьевой [1]. Он содержит 140 монографий, статей и кратких сообщений, заключающих результаты напряженного труда, которому А. Я. Орлов отдал более полувека своей жизни: первые его статьи были опубликованы в 1901 г., а над последней он, как сказано, работал в день своей смерти.

В научном наследии А. Я. Орлова выделяются две темы: наблюдения приливных колебаний отвесной линии и движение полюсов. Работы, относящиеся к первой теме, рассматриваются в статье П. С. Матвеева, которая помещена в настоящем сборнике. Здесь я остановлюсь на работах А. Я. Орлова, посвященных изменениям широт и движению полюсов Земли. Они начали появляться в печати в последние годы его пребывания на посту директора Одесской обсерватории. В последующие годы изучение этих явлений занимает все большее место в его научной деятельности, а после 1940 г. составляет предмет всех, за немногими исключениями, публикуемых им статей. Остановимся на наиболее важных задачах, над которыми работал А. Я. Орлов в этой области.

КОРОТКОПЕРИОДИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ШИРОТЫ

Наблюдения с горизонтальными маятниками доставляют данные об изменениях относительного положения отвесной линии и оси маятника, которая колеблется вместе с его основанием при деформациях поверхности Земли. Широтные наблюдения дают возможность находить изменения угла между отвесной линией в данной точке и осью вращения Земли. Из теоретических соображений следует, что в этих изменениях должны содержаться и приливные колебания отвесной линии. Естественно, что переходя от изучения приливных изменений силы тяжести к анализу широтных наблюдений, А. Я. Орлов прежде всего попытался найти в колебаниях широт лунные приливные волны. Для этого он воспользовался пулковскими наблюдениями близзенитной звезды δ Кассиопеи. Небольшой статьей о результатах этого исследования, опубликованной в 1923 г., открывается цикл работ А. Я. Орлова, посвященный анализу изменений широт. В дальнейшем он несколько раз возвращается к поискам лунных членов в широтных наблюдениях, в последний раз в большой статье «Анализ пулковских наблюдений на зенит-телескопе с 1915 по 1928 гг.», опубликованной посмертно [14, т. I, с. 234—260]. Ему удастся уверенно выявить как приливную, так и нутационную волны, для которых он получает соответственно следующие выражения:

$$\Delta\varphi = 0.0066'' \sin(2\zeta - 2\alpha + 21^\circ),$$

$$\begin{array}{cc} \pm 17 & \pm 15 \end{array}$$

$$\Delta\varphi = 0.0127'' \sin(2\zeta - \alpha - 3^\circ),$$

$$\begin{array}{cc} \pm 16 & \pm 7 \end{array}$$

где ζ — средняя долгота Луны, α — прямое восхождение наблюдаемой звезды.

СРЕДНЯЯ ШИРОТА И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Первая из серии работ А. Я. Орлова, посвященных общему анализу изменений широты, была опубликована на английском языке в 1925 г. [14, III, с. 227—241]. Она и положила начало той дискуссии о способе использования результатов широтных наблюдений для вывода движения по-

люсов Земли, которая продолжается вот уже более пятидесяти лет и все еще не завершилась.

Традиционный способ, которым пользуются при анализе этих наблюдений, состоит в следующем. Когда накопится материал наблюдений за достаточно продолжительный промежуток времени, находят среднее арифметическое из всех мгновенных широт. Чеккини назвал это среднее начальной широтой*. Затем вычисляют отклонения наблюденных широт от начальной и ими, т. е. отклонениями, пользуются при выводе координат полюса, причем не только внутри интервала осреднения, но и далеко за его пределами, даже если



А. Я. Орлов среди участников первой Всесоюзной широтной конференции (Полтава, 1939 г.)

явно обнаруживается систематическое смещение наблюдаемых широт в сторону от начальных. Так поступает центральное бюро Международной службы движения полюса и до сих пор, причем в качестве начальных широт четырех международных станций (Карлофорте, Мидзусава, Гейтерсберг и Юкайя) используются средние арифметические наблюденных широт за 1900—1905 годы.

А. Я. Орлов настойчиво указывал на то, что среднее арифметическое широт за год или какой-либо другой промежуток времени это совсем не то же, что средняя широта в средний момент рассматриваемого промежутка. Последнюю он определял следующим образом:

* «Достаточным» промежутком чаще всего считают шесть лет, однако Чеккини ограничился всего одним годом, объяснив это следующим образом [19]: «Когда в 1949 г. мне было поручено руководство центральным бюро Международной службы широты, я счел необходимым немедленно зафиксировать систему начальных широт для пяти функционировавших тогда станций».

«В астрономии принято такое определение: если какая-нибудь величина имеет вековые и периодические изменения, то ее «среднее» для данного момента значение равно такому ее значению, которое эта величина имела бы, если бы не было периодических изменений. Этим ясным общепринятым понятием и следует пользоваться для того, чтобы определить, что такое «средняя широта» в данный момент: это есть такое значение широты, какое она имела бы в этот момент, если бы не было ее периодических изменений» [13, с. 10].

Когда понятие средней широты было таким образом определено, нужно было дать способ ее вычисления. А. Я. Орлов сделал и это. Он писал: «Законы изменения широты нам известны лишь приближенно, однако уже настолько хорошо, что по крайней мере для небольших промежутков времени, например, не более, как в полтора года, эти законы можно выразить с достаточной для определения средней широты точностью суммой двух гармонических составляющих с периодами в 1 и 1.2 года. На основании этого мы предполагаем вычислять среднюю широту для момента $t + 7.5^*$ по следующей формуле

$$\varphi_m = \frac{1}{20} \sum_{i=0}^4 (\varphi_t + \varphi_{t+5} + \varphi_{t+6} + \varphi_{t+11}), \quad (1)$$

которая составлена так, что изменения широты с периодами в 1 и 1.2 года исключаются. Действительно, полусумма $\frac{1}{2} (\varphi_t + \varphi_{t+5}) = u_t$ не содержит уже годовой волны; в полусумме $\frac{1}{2} (u_t + u_{t+6}) = \omega_t$ нет чандлеровской волны с периодом 1.2 года, а среднее из пяти последовательных значений ω_t свободно и от полугодовой составляющей, амплитуда которой, впрочем, весьма мала» [14, т. I, с. 274].

Описанный метод вошел в практику обработки широтных наблюдений как в Советском Союзе, так и за границей. Но высказывались и критические замечания, которые в основном сводились к следующему. Строго говоря, формулой А. Я. Орлова можно пользоваться лишь при том условии, что период Чандлера равен в точности 1.2 года, а начальные фазы и амплитуды всех периодических колебаний широты постоянны (см., например, [3]). Это, разумеется, понимал и сам А. Я. Орлов, но он, по-видимому, имел достаточные основания считать, что те нарушения приведенного выше условия, с которыми приходится иметь дело на практике, не могут оказать ощутимого влияния на результаты вычисления средней широты по формуле (1). Позже это подтвердил В. И. Сахаров [16].

Анализом наблюдений сложных периодических процессов приходится заниматься во многих естественных и гуманитарных науках. При этом часто пользуются такими преобразованиями исходных данных, которые позволяют выделить интересные исследователя гармоник и существенно ослабить остальные. Отношение амплитуды данной гармоники в преобразованном ряде к ее амплитуде в исходном ряде называют функцией избирательности или частотными характеристиками преобразования.

В 1943 г. Лабрусты опубликовали монографию [22], в которой рассмотрели различные преобразования и для каждого из них нашли функцию избирательности. Следуя методу Лабрустов, Мелькиор получил функцию избирательности и для преобразования (1) [23], он предложил и другую формулу для вычисления средней широты. Однако по причинам, рассмотренным в работе [15], формула Мелькиора практического применения не получила. Другими авторами было предложено еще несколько формул для вычисления средней широты. Они сопоставлены в работах [4, 17].

* Хотя здесь и в формуле (1) символ t имеет разные значения, при практическом применении указанной формулы это затруднений не вызывало.— Е. Ф.

Любую из этих формул можно привести к такому виду

$$\Phi + \Psi_i = \sum_{j=-n}^n k_j \varphi_{i+j}, \quad (2)$$

где Φ — постоянная величина (это может быть начальная широта), $\Phi + \Psi_i$ — средняя широта в i -й момент, т. е. то же самое, что и φ_m в (1), k_j — постоянные коэффициенты. Различные формулы для вычисления средней широты отличаются друг от друга именно этими коэффициентами и, как следствие, — функциями избирательности. В теории случайных функций преобразование (2) называется фильтрацией, поскольку им пользуются для разделения колебаний с разными частотами.

Заметим, что обсуждению подвергалось не определение средней широты, а только способ ее вычисления, предложенный А. Я. Орловым. Когда же такое определение все же нужно было дать, не упоминалось, что это уже было сделано А. Я. Орловым. Так, например, в материалах коллоквиума № 26 МАС (Торунь, 1974) читаем: «Использование понятия «среднего» положения станции находится в согласии со стандартной астрономической практикой установления средних, чтобы затем заниматься периодическими отклонениями от этих средних, как это, например, делается при разделении прецессии и нутации в теории движения кинетического момента Земли в пространстве» [25, с. 31].

Это почти дословно повторяет ту аргументацию, которой за полвека до коллоквиума в г. Торуне пользовался А. Я. Орлов, когда доказывал необходимость отдельного изучения периодических колебаний широты и медленных непериодических изменений средней широты.

При уравнивании геодезических сетей нужно иметь данные о том, как меняются долготы и широты многих пунктов земной поверхности. Поскольку нецелесообразно вести систематические наблюдения во всех пунктах, важно было выяснить, можно ли на основании наблюдений только в нескольких из них находить изменения координат любой точки поверхности Земли. В отношении периодических составляющих вопрос этот уже давно был решен положительно, поскольку удалось установить, что такие изменения вызываются общей причиной — периодическим движением полюса. Иначе обстоит дело с медленными изменениями средней широты. Изучив изменения средних широт всех международных станций и тех обсерваторий, которые вели систематические широтные наблюдения, А. Я. Орлов пришел к выводу, что эти изменения никак нельзя объяснить движением полюса.

Он привел ряд доказательств этого вывода, «чтобы ни у кого не было сомнения в его правильности». Самым убедительным доказательством он считал то, что для близких между собой по долготе обсерваторий — Пулковской, а также станции Карлофорте — вариации средних широт получаются совсем различными между собой, чего, разумеется, не могло бы быть, если бы эти вариации вызывались движением полюса.

Никто никогда не пытался опровергнуть эти доказательства, но их игнорировали или о них забывали. Такое впечатление складывается, например, при чтении статей А. А. Михайлова о движении полюса, опубликованных за последние десять лет. В одной из них [11] А. А. Михайлов взял из отчета центрального бюро Международной службы широты (МСШ) за 1965 г. и сравнил между собой кривые изменений широт трех станций восточного полушария, близких по долготе, и, отдельно, четырех станций западного полушария, также близких друг к другу по долготе. В каждом случае он обнаружил, что сравниваемые кривые схожи между собой, и на этом основании сделал следующий вывод (известный еще с конца прошлого столетия): «...по крайней мере в отношении периодических колебаний широты эти стан-

ции участвуют в общем движении». И далее: «Если такие независимые станции дают такое же периодическое изменение широты, как и международные станции, то можно предположить, что это имеет место и для вековых изменений, так как другого объяснения, по-видимому, нет».

Однако те, кто занимались не предположениями, а внимательным анализом многолетних рядов наблюдений, всегда получали новые подтверждения правильности вывода А. Я. Орлова о том, что медленные непериодические изменения широт нельзя приписывать общей причине, именно вековому движению полюса Земли.

Так, Н. Т. Мионов [8], выбирая попарно станции, близкие по долготе, находил коэффициенты корреляции K между изменениями их широт как периодических, так и медленных непериодических. В первом случае он получил только положительные значения K , превосходящие 0.6, причем у 80% рассмотренных комбинаций $K > 0.8$. В противоположность этому коэффициенты корреляции изменений средней широты распределялись приблизительно равномерно на всем интервале их возможных значений, т. е. от -1 до $+1$. Особенно наглядно удалось Н. Т. Мионову показать, что средние широты международных станций подвержены значительным неполярным изменениям [9]. На основании данных широтных наблюдений он нашел, что дуги между зенитом станции Юкайа, с одной стороны, и зенитами Китаба, Казани, Горького, Полтавы и Пулкова — с другой, с 1957.5 до 1971.5 уменьшились в среднем на $0.20''$, что можно было бы приписать либо значительным ошибкам собственных движений звезд программы МСШ, либо постепенному смещению станции Юкайа к северу. Но первое объяснение отпадало, поскольку подобного увеличения широты у станции Гейтерсберг не обнаруживалось. Направление перемещения этой станции менялось: иногда она удалялась от Оттавы, Благовещенска и Иркутска и приближалась к Вашингтону и Ричмонду; в другое время ее смещение происходило в противоположном направлении.

Но вот что замечательно: перемещения обеих станций, выведенные по изменениям дуг, соединяющих их зениты с зенитами нескольких обсерваторий, почти точно совпадают с изменениями средних широт этих станций, полученными по формуле А. Я. Орлова (1). Трудно дать более несомненное подтверждение как существованию значительных неполярных изменений средней широты, так и правильности метода ее вычисления!

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ПОЛЮСА ЗЕМЛИ

Итак, А. Я. Орлов, во-первых, дал определение понятия средней широты, во-вторых, предложил простой способ ее вычисления, и, наконец, показал, что движением полюсов обуславливаются только отклонения мгновенных широт от средних, а не изменения самих средних широт. Отсюда следовало, что при вычислении координат полюса нужно пользоваться именно этими отклонениями. Тогда начало координат будет совмещено со средним полюсом эпохи наблюдений, который А. Я. Орлов определил следующим образом: «Средним полюсом эпохи называется такое положение полюса, каким оно было бы для этой эпохи, если бы не было его периодического движения» [14, т. I, с. 181].

С предложением принять это определение и основанный на нем способ вычисления координат полюса А. Я. Орлов выступил в 1948 г. на 7-м съезде Международного астрономического союза (МАС) в г. Цюрихе — тогда он в последний раз выезжал за границу. Но это предложение было принято МАС только на 10-м съезде (Москва, 1958) уже после смерти А. Я. Орлова и начала работ Советской службы широты, о которой будет сказано ниже.

При вычислении координат полюса эта служба руководствовалась указанными выше рекомендациями и, таким образом, получила координаты полюса «в системе А. Я. Орлова». Они и использовались Советской службой времени.

Зарубежные службы времени до 1956 г. были вообще лишены возможности учитывать поправки за движение полюса в своей текущей работе, поскольку центральное бюро МСШ не смогло обеспечить своевременного определения и присылки этих данных. Такая возможность появилась только после того, как по решению 9-го съезда МАС (Дублин, 1955) Международное бюро времени в г. Париже, которым в то время руководил Н. М. Стойко, организовало срочное вычисление координат полюса. В соответствии с рекомендацией 10-го съезда МАС эти координаты начиная с 1959 г. вычислялись в системе А. Я. Орлова, т. е. по отклонениям наблюдаемых широт от средних широт, найденных для того же момента по формуле (1). Таким образом, идеи и метод А. Я. Орлова получили наконец официальное признание и практическое применение.

Однако центральное бюро МСШ, которым тогда руководил Чеккини, не считаясь с упомянутым решением МАС, продолжало вычислять координаты полюса по отклонениям наблюдаемых широт от начальных, за которые были приняты средние арифметические наблюдаемых широт за время 1900—1905 гг. Такая несогласованность могла привести к серьезным затруднениям и путанице, особенно в геодезических работах, когда бывает нужно вводить поправки за движение полюса в результаты астрономических определений долгот, широт и азимутов при уравнивании триангуляционных сетей.

Естественно, что обсуждение методов вычисления координат полюса возобновилось на симпозиуме, посвященном будущему Международной службе широты, который состоялся в г. Хельсинки осенью 1960 г. Принятая на этом симпозиуме резолюция так и не дала ответа на вопрос о том, какие же координаты полюса рекомендуются для всеобщего пользования. «Симпозиум рекомендует — гласила эта резолюция — чтобы координаты полюса давались в следующей форме:

$$x = x_0 + x_1, \quad y = y_0 + y_1,$$

где x и y вычисляются при использовании фиксированных начальных широт, а x_0 и y_0 при использовании средних широт эпохи». Международное бюро времени продолжало пользоваться координатами x_0 , y_0 ; геодезисты предпочитали x , y , которые публиковались центральным бюро МСШ.

Резолюция симпозиума в г. Хельсинки не содержала численных значений фиксированных начальных широт. Они были предложены и утверждены только через 7 лет на 13-м съезде МАС в г. Праге. Считалось, что таким образом можно задать начало координат — оно было названо условным международным началом (CIO), — к которому будут отнесены положения мгновенного полюса за все время деятельности МСШ, если находить их по отклонениям наблюдаемых широт от фиксированных начальных. Такая возможность казалась привлекательной для геодезистов, как это видно, например, из следующего высказывания финского геодезиста Оландера [24]: «В астрономо-геодезическом методе необходимо относить наблюдения к полюсу, фиксированному на Земле, поскольку реперы на ее поверхности нужны для геометрической геодезии. Поэтому возвращение к среднему полюсу начала столетия было мероприятием, которое приветствовали геодезисты».

Это суждение геодезистов (а также некоторых астрономов, не занимавшихся практически определением координат полюса) предопределило исход обсуждения вопроса о выборе начала координат, который был вновь поднят

в 1967 г. на Пражском съезде МАС. Считалось, что достаточно зафиксировать начальные широты международных станций, чтобы получить зафиксированное начало координат, упуская из виду то, что слово «зафиксировать» имеет существенно различные значения в том и другом случае. В первом случае это значит просто принять некоторые численные значения начальных широт и условиться пользоваться ими при вычислении координат полюса по всем данным наблюдений международных станций. Во втором случае фиксированный полюс означает неподвижный полюс.

Так и стали называть СЮ, а средний полюс эпохи наблюдений получил название движущегося начала. Сами эти определения лишены смысла, если не указано, по отношению к чему одно начало движется, а другое сохраняет неизменное положение, а этого при определении СЮ сделано не было.

Чтобы устранить неясности в этом вопросе, следуя совету А. Б. Мигдала [7], формулируем его в терминах наблюдаемых величин. Из широтных наблюдений на станциях МСШ получают положения зенитов этих станций относительно звезд на вспомогательной сфере. Поскольку положение полюса вычисляется также относительно звезд, имеется возможность найти его положение и относительно зенитов. Очевидно, что начало координат, которым пользуются при описании движения полюса,— это некоторая точка, находящаяся на вспомогательной сфере, причем ее положение на сфере должно быть определено относительно зенитов международных станций.

Когда вводилось СЮ, то предполагалось, что это точка, находящаяся на постоянных угловых расстояниях от зенитов пяти международных станций, т. е. неподвижная по отношению к «созвездию» зенитов. Но анализ наблюдений показывает [17], что такой точки вообще не существует и именно потому, что сами зениты друг относительно друга перемещаются. Это происходит из-за неполярных изменений средних широт, которые обнаружил А. Я. Орлов. Средний полюс эпохи наблюдений — это точка, находящаяся от зенитов международных станций на угловых расстояниях, равных дополнениям до 90° средних широт, вычисленных для данной эпохи. Видимо, это и имел в виду С. К. Костинский, когда писал, что среднему положению полюса в данный момент соответствуют и средние широты в тот же момент всех точек земной поверхности [5, с. 93].

Таким образом, роль *тела отсчета*, по отношению к которому определяется движение мгновенного полюса, СЮ и среднего полюса эпохи наблюдений, играет созвездие зенитов международных станций. (Вместо этого можно было бы рассматривать движение соответствующих осей относительно пучка отвесных линий в точках установки зенит-телескопов этих станций.) Из-за деформаций этого созвездия жестко связать с ним начало координат полюса вообще невозможно. Поэтому, изучая относительное движение СЮ и среднего полюса эпохи наблюдений, совсем не следует пользоваться термином *неподвижное начало*.

Попытки вывести это движение из наблюдений приводили к довольно хорошо согласующимся между собой результатам, что вполне естественно, поскольку исходные данные всегда оставались в основном одними и теми же, а применявшиеся способы были совпадающими или схожими. Так, было установлено, что по отношению к СЮ средний полюс эпохи перемещается со скоростью около $0.4''$ в столетие приблизительно по меридиану 70° зап. долготы. Можно ли считать это доказательством существования векового движения полюса? А. А. Михайлов без колебаний отвечает на этот вопрос утвердительно. Он пишет [12]: «Не подлежит сомнению, что среднее, т. е. освобожденное от чандлерова и годового периодических движений, положение земных полюсов имело за последние 60—70 лет некоторое смещение», которое в другой работе [10] А. А. Михайлов рассматривает как общее пе-

ремещение земной коры. А. Я. Орлов был более осторожен в своих выводах. Он подчеркивал, что международные наблюдения не дают никакого контроля полученных данных о вековом движении полюса, а наблюдений на трех только широтных станциях слишком недостаточно, чтобы иметь полную уверенность в правильности этих данных [14, т. I, с. 233]. На этом основании А. Я. Орлов делает следующий вывод: «Нужны еще долгие наблюдения на гораздо большем, чем теперь, числе станций...»

Действительно, при том способе вычислений, который принят Центральным бюро МСШ, фиктивное вековое движение полюса могло получиться в результате комбинации неполярных изменений средних широт международных станций. Если взять наблюдения только трех станций — Мидзусава, Карлофорте и Юкайа, — ни подтвердить, ни опровергнуть этого нельзя. Привлечение наблюдений в Гейтесберге дает в принципе некоторую возможность проверки, но сделать определенный вывод с помощью статистического метода испытания гипотез и в этом случае не удастся [18]. Наблюдениями в Китае нельзя воспользоваться из-за их недостаточной продолжительности — они начались только в 1931 г., — а брать для 1903.0 экстраполированное значение широты этой станции, как это делает А. А. Михайлов, разумеется, не имеет смысла. Приходится, таким образом, признать, что на основании наблюдений МСШ пока невозможно сделать окончательный вывод о том, происходило ли вековое движение полюса в нашем столетии. Наблюдения изолированных обсерваторий не подходят для изучения этого движения из-за возможного влияния ошибок собственных движений.

Однако, как показал А. Я. Орлов, ими можно с успехом пользоваться для изучения периодической составляющей, что, конечно, требует предварительного исключения из наблюдений изменений средних широт. Именно так были получены на основе всех систематических широтных наблюдений данные о периодическом движении полюса в монографии [17].

При вычислении координат полюса Международное бюро времени (ВН) пользуется результатами определений широты и времени многих обсерваторий — общее число инструментов достигает теперь 80. Следует ожидать, что влияние неполярных изменений широт и долгот при этом значительно ослабляется и начало координат полюса в системе ВН будет меньше отклоняться от среднего полюса эпохи, чем СИО. Это уже можно заметить по результатам, полученным ВН за 15 лет (Приложение 2 к этой статье).

В теории прецессии и нутации рассматривается вращение главных осей инерции Земли. Прямая, проходящая через центр массы Земли и средний полюс эпохи, будет наилучшим возможным приближением к полярной оси инерции. Это составляет довольно существенное преимущество выбора среднего полюса эпохи в качестве начала координат мгновенного полюса, отмеченное, в частности, на коллоквиуме № 26 МАС в 1974 г.

Все это дает основания думать, что через некоторое время, когда накопятся наблюдения новыми методами, нужно будет вновь вернуться к вопросу об определении начала координат полюса и еще раз обсудить те преимущества среднего полюса эпохи, которые показал А. Я. Орлов.

Я не буду останавливаться на том вкладе, который внес А. Я. Орлов в изучение периодических составляющих движения полюса Земли. Этот вопрос хорошо освещен в статье Я. С. Яцкива «Изучение вращения Земли — комплексная проблема геодинамики», которая помещена в настоящем сборнике. Отмечу только опыт определения эллиптичности экватора Земли по форме осредненной траектории чандлеровского движения полюса. Это интересное исследование было забыто: оно не упоминается ни в известной монографии У. Манка и Г. Мак-Дональда [6], ни в работах Сугавы [26], который, по существу, шел тем же путем, что и А. Я. Орлов.

СОВЕТСКАЯ СЛУЖБА ШИРОТЫ

В 1915 г. А. Я. Орлов писал: «...Наша родина, раскинувшаяся на два материка, при своем разнообразном рельефе особенно пригодна для всякого рода геодезических и геофизических исследований» [14, т. III, с. 13]. Ее протяженность по долготе позволяет разместить широтные станции так, что только по их наблюдениям можно было бы непрерывно следить за движением полюсов Земли. В течение многих лет А. Я. Орлов настойчиво добивался организации таких наблюдений, т. е. создания Советской службы широты, независимой от международной.

Наиболее важной и вместе с тем самой трудной частью этого дела была организация широтных наблюдений на востоке нашей страны. По предложению А. Я. Орлова такие наблюдения начал в г. Иркутске В. К. Абольд. Но из-за малых размеров инструмента и его непригодности к работе в условиях сибирской зимы получить хорошие результаты ему не удалось, и в 1937 г. эти наблюдения были совсем прекращены. В 1940—1941 гг. А. Я. Орлов провел подготовительные мероприятия по строительству широтной станции в г. Комсомольске-на-Амуре, но завершению этой работы помешала война.

В послевоенные годы создание Советской службы широты приобрело характер неотложной задачи. С одной стороны, повысилась заинтересованность некоторых организаций и прежде всего Государственной службы времени СССР в получении срочных данных о движении полюса. С другой стороны, нарушились международные связи, ухудшилась деятельность центрального бюро МСШ и выяснилась его неспособность организовать получение и сообщение таких данных.

В то время в СССР систематические широтные наблюдения велись в Пулково, Казани (АОЭ), Полтаве и Китабе. Эти пункты расположены по долготе в пределах 37° , чего, конечно, недостаточно для того, чтобы только по их наблюдениям вычислять координаты полюса обычным путем. Приходилось искать иной путь.

Он был найден А. Я. Орловым. Предложенный им приближенный способ основывается на следующих эмпирических закономерностях, полученных из анализа многолетних данных о движении полюса:

1. Периодическую часть этого движения можно представить в виде суммы двух составляющих: годовой и чандлеровской.

2. Годовое движение происходит по эллипсу, форма и положение которого не меняются.

3. Хотя амплитуда и начальная фаза чандлерова движения меняются значительно, в первом приближении можно считать, что в течение промежутков времени, не превосходящих 1.2 года, это движение совершается равномерно по окружности.

Способ А. Я. Орлова дает возможность быстро найти координаты полюса по наблюдениям только одной станции. Сравнение координат, полученных по данным разных станций, и, позже, координат, опубликованных МСШ, убедило А. Я. Орлова в том, что этот способ дает вполне удовлетворительные результаты.

Правда, некоторые систематические расхождения обнаруживаются всегда и объясняются влиянием годовой неполярной волны в колебаниях широт, которую Кимура назвал z -членом. А. Я. Орлов много размышлял о природе этой волны и возможных путях ее уменьшения. «Надо подумать, — писал он в Полтаву в 1951 г., — как избавиться от z -члена. Сейчас мне представляется, что он зависит от местных климатических условий, и, быть может, второй зенит-телескоп следовало бы поставить на горке, там, где

метеорологическая станция. Может быть, ветер, создавая там лучшую вентиляцию, выдувал бы эту нечистую силу в виде z-члена».

Частично уменьшения влияния местных неполярных колебаний широты и улучшения координат полюса, полученных по методу А. Я. Орлова, можно достичь путем осреднения их значений, найденных отдельно по наблюдениям нескольких обсерваторий.

План деятельности Советской службы широты был одобрен 10-й Всесоюзной астрометрической конференцией (Пулково, 1952). В соответствии с этим планом Полтавская гравиметрическая обсерватория АН УССР начала в мае 1953 г. вычислять координаты полюса, пользуясь методом А. Я. Орлова и данными наблюдений советских обсерваторий. Эти работы продолжались до конца 1961 г., а затем были приостановлены, поскольку тогда уже стали поступать срочные данные о движении полюса Земли от Международного бюро времени в г. Париже.

А. Я. Орлов хорошо понимал, что применение его метода Советской службой времени было вынужденной временной мерой. Понимали это и другие советские астрономы, занимавшиеся изучением движения полюсов Земли. Поэтому после смерти А. Я. Орлова они продолжали добиваться осуществления его планов организации широтных наблюдений на востоке нашей страны. Успеху этого дела содействовало проведение Международного геофизического года: в 1958 г. начались широтные наблюдения в г. Иркутске на большом зенит-телескопе ЗТЛ-180 и закончилось строительство широтной лаборатории Пулковской обсерватории в г. Благовещенске, где был установлен такой же инструмент. Этим строительством руководил сын А. Я. Орлова, пулковский астроном Борис Александрович Орлов. Таким образом удалось создать сеть станций, опираясь на которую, в СССР может быть организовано независимое вычисление координат полюса Земли, сразу, как только в этом возникает необходимость.

Александр Яковлевич не искал в науке легких путей и в своих исследованиях никогда не отступал от самых суровых требований научной добросовестности. Одно из правил, которых он придерживался, состояло в том, что при изучении периодических явлений для суждения о точности получаемого результата недостаточно указать его средние ошибки. Важно убедиться, что найденное периодическое явление повторяется и в других рядах наблюдений, а не появляется лишь в одной серии, а потом исчезает. Однажды я сообщил Александру Яковлевичу о результатах законченной мной вычислительной работы. Он ответил так: «Ваш результат превосходно согласуется с теорией. По нашим правилам это подозрительно и его надо еще и еще проверить».

Статьи его написаны так, чтобы каждый, кто пожелал бы проверить результаты, мог бы проследить весь ход рассуждений и повторить вычисления. Излагая способ определения координат полюса без цепного уравнивания, А. Я. Орлов писал: «Он ... отличается от других методов тем, что выявляет все трудности исследования, а не скрывает их за разного рода допущениями и предположениями. Благодаря этому становится виден тот путь, по которому надо идти, чтобы довести дело определения координат полюса до совершенства» [14, т. I, с. 114]. Исходя из таких же соображений, А. Я. Орлов считал, что не следует выводить поправки склонений и собственных движений из самих широтных наблюдений, чтобы не затемнять явление нагромождением и разыскиванием таких неизвестных, которые могут быть получены независимо из особых наблюдений, специально организованных для этой цели.

Все написанное Александром Яковлевичем отличает та ясность и простота, которые достигаются ценой большого труда. Обычно, прежде чем

направить работу в печать, он по несколько раз ее переделывал, заменяя один вариант другим. Было у него и такое правило, которое он советовал соблюдать и своим ученикам: когда уже кажется, что в статье нечего улучшать, ее нужно на некоторое время положить в ящик письменного стола и дать ей «вылежаться». Только если и после этого не возникает сомнений в ценности статьи и не появится необходимость еще одной ее переработки, статью можно направлять для опубликования. Понятно, что при такой требовательности многое из написанного Александром Яковлевичем осталось в рукописи.

И здесь уместно привести слова Валерия Брюсова, сказанные, правда, об авторе художественных произведений, а не научных трудов: «Значение писателя определяется количеством его произведений, оставшихся в рукописи. Посредственность успеет все закончить, успеет все напечатать». Талант «жаждет сделать слишком многое и многое написанное находит недостойным себя» [2, т. 2, с. 550].

Незадолго до смерти Александр Яковлевич писал: «Лет через 15 или 20 все дело изучения изменений широты и движения полюса улучшится и примет иное, более совершенное направление, чем теперь». За годы, прошедшие после того, как были написаны эти слова, большие возможности для такого улучшения действительно появились, и теперь задача состоит в том, чтобы их использовать в полной мере.

Приложение 1

О РАБОТАХ А. Я. ОРЛОВА ПО КОМЕТНОЙ АСТРОНОМИИ *

Пятьдесят лет тому назад началось фотографирование комет светосильными астрографами; на негативах хвостов I типа (газовых) можно было различить много деталей, например, облачных образований, недоступных визуальным наблюдениям. Методом проектирования хвостов на плоскость кометной орбиты, выработанным Ф. А. Бредихиным, можно было определить с достаточной точностью величины отталкивательных ускорений $1 + \mu$ Солнца в пылевых хвостах II и III типов, но громадные по величине $1 + \mu$ в газовых хвостах I типа с уверенностью вычислить оказалось невозможным. П. Егерман [20] в 1908 г. предложил метод их определения; он брал из наблюдений только пространственные координаты облачного образования (R, W — радиус-вектор и аномалия в плоскости кометной орбиты), наносил соответствующие точки на эту плоскость и, зная, что это гипербола, определял параметры орбиты, а следовательно, и $1 + \mu$. Метод тоже оказался непригодным, так как П. Егерман пренебрегал величинами промежутков времени между наблюдениями, известными с большой точностью.

В 1910 г. А. Я. Орлов опубликовал чрезвычайно простой и вместе с тем точный метод, где были использованы и пространственные координаты облачного образования, и моменты наблюдений. Кометоцентрические координаты ξ и η были разложены в ряды еще Бесселем (1835) по степеням промежутка времени t между вылетом частицы из ядра кометы и моментом наблюдения. Ряды можно было использовать только в районе головы кометы, где t невелико; еще Ф. А. Бредихин показал, что для исследования хвостов эти ряды явно непригодны.

А. Я. Орлов разложил в аналогичные ряды гелиоцентрические координаты облачного образования (R и W) по степеням промежутков времени, а нуль-пункты (начало отсчетов времени) взял в середине всех наблюдаемых моментов фотоснимков, что гарантировало малость величин промежутков времени, а следовательно, полную применимость рядов. Каждое наблюдение развертывалось в уравнение, в котором неизвестными были: средний радиус-вектор R_0 , производные $\frac{dR_0}{dt}$ и $\frac{d^2R_0}{dt^2}$ (все для среднего момента времени) и W_0 , $\frac{dW_0}{dt}$, $\frac{d^2W_0}{dt^2}$.

Решив уравнения по способу наименьших квадратов, А. Я. Орлов мог легко определить искомые элементы гиперболической орбиты и $1 + \mu$. Этот изящный и простой метод получил дальнейшее развитие; он позволил с исчерпывающей точностью определить отталкивательные ускорения $1 + \mu$ в хвостах нескольких комет и убедиться в кратности этих величин числу 22.3 (в единицах ускорения солнечного притяжения). Кратность ускорений была заподозрена еще Ф. А. Бредихиным.

Большой интерес для всех, занимающихся кометами, имеет анализ самой теории кометных хвостов, произведенный Александром Яковлевичем. Этот анализ был вызван статьей

* Автор Приложения 1 С. В. Орлов.

А. Копфа [21]. Копф исследовал хвост кометы 1907 IV методом проектирования на плоскость кометной орбиты для определения $1 + \mu$; он пришел к заключению, что фигуру этого хвоста нельзя объяснить исходя из механической теории кометных форм.

А. Я. Орлов провел анализ основ механической теории хвостов комет и показал, что для определения $1 + \mu$ методом Бесселя — Бредихина нужно знать кривизну хвоста, а измерений, произведенных А. Копфом, оказалось недостаточно и часть исследованного им хвоста была, в сущности, прямой. Александр Яковлевич пишет: «Результаты его основаны на совершенно произвольных числах и заключения лишены основания».

Большое значение имели статьи А. Я. Орлова, где он дал новые формулы для проектирования координат на плоскость кометной орбиты. Они оказались значительно проще и удобнее прежних сложных формул, которыми пользовались Бессель, Ф. А. Бредихин и др.

Приложение 2

ДВИЖЕНИЕ СЮ И НАЧАЛА КООРДИНАТ ПОЛЮСА СИСТЕМЫ ВИН ОТНОСИТЕЛЬНО СРЕДНЕГО ПОЛЮСА ЭПОХИ НАБЛЮДЕНИЙ*

Координаты полюса, публикуемые Центральным бюро МСШ (ILS), взятые с обратным знаком, будут описывать движение условного начала СЮ относительно мгновенного полюса, положение которого в невращающейся системе отсчета задается уравнениями прецессии и нутации. Воспользовавшись формулой А. Я. Орлова для вычисления средней широты, мы можем освободить это движение от периодических составляющих.

СЮ есть точка, условным образом связанная с зенитами пяти международных станций. Их некоррелированные «собственные» перемещения влияют на результаты ILS и, возможно, приводят к появлению в них того эффекта, который обычно называют «вековым движением полюса».

Начало отсчета, которым пользуются при выводе координат полюса ВИН, связано с

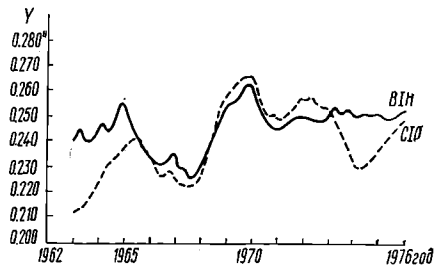
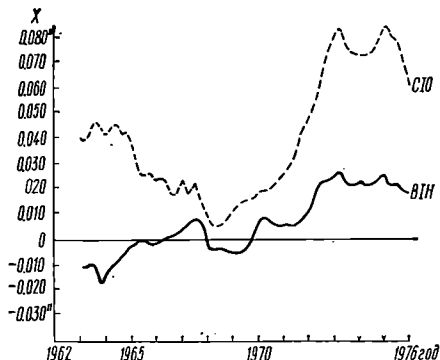


Рис. 1. Движение СЮ и начала координат полюса системы ВИН относительно среднего полюса эпохи наблюдений

зенитами значительно большего числа обсерваторий. Следует ожидать, что их некоррелированные перемещения будут при выводе координат полюса в значительной степени взаимно уничтожаться, так что указанный эффект будет заметно слабее. Проведенный нами анализ результатов ILS и ВИН (рис. 1) в некоторой мере подтверждает это предположение, а следовательно, и мнение А. Я. Орлова о том, что изменения средних широт имеют неполярное происхождение и их нужно исключать при вычислении координат полюса. Если анализ более продолжительных рядов координат полюса, полученных в будущем ILS и ВИН, а также, возможно, другими методами, подтвердит этот вывод, станет очевидным ошибочность решения о переходе от среднего полюса эпохи наблюдений (полюса А. Я. Орлова) в СЮ, принятого МАС в 1967 г.

1. Аксентьева З. Н. Очерк жизни и творчества Александра Яковлевича Орлова.— В кн.: Орлов А. Я. Избр. тр. Киев : Изд-во АН УССР, 1961, т. 1, с. 7—37.
2. Брюсов В. Miscellanea.— В кн.: Избр. произведения.— М. : Гослитиздат, 1955.— Т. 2, 650 с.

* Автор приложения 2 А. А. Корсунь.

3. *Гаттори Т.* Некоторые вопросы изменения широты.— В кн.: О состоянии широтных исследований в настоящее время и их развитии в будущем. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 36—42.
4. *Костина Л. Д., Сахаров В. И.* О вековом движении географического полюса Земли.— Астрометрия и астрофизика, 1975, вып. 27, с. 7—13.
5. *Костинский С. К.* Об изменении астрономических широт.— Спб., 1889.— 105 с.
6. *Манк В., Мак-Дональд Г.* Вращение Земли.— М.: Мир, 1964.— 381 с.
7. *Мигдал А.* О психологии научного творчества.— Наука и жизнь, 1976, № 2, с. 100—106.
8. *Мионов Н. Т.* О природе медленных неполярных изменений широты.— Астрон. циркуляр, 1973, № 769, с. 7—8.
9. *Мионов Н. Т.* О неполярных изменениях средних широт Юкайи и Гейтерсберга.— Астрон. циркуляр, 1973, № 771, с. 4—7.
10. *Михайлов А. А.* О вековых изменениях географических координат.— Астроф. журн., 1968, 45, вып. 3, с. 473—477.
11. *Михайлов А. А.* О приведении астрономических определений широты, долготы и азимута к единой эпохе.— Астрон. журн., 1970, 47, вып. 3, с. 613—618.
12. *Михайлов А. А.* О вековом движении земных полюсов.— Астрон. журн., 1970, 47, вып. 6, с. 1296—1299.
13. *Орлов А. Я.* Служба широты.— М.: Изд-во АН СССР, 1958.— 123 с.
14. *Орлов А. Я.* Анализ пулковских наблюдений на зенит-телескопе с 1915 по 1928 гг.— Избр. тр. Киев: Изд-во АН УССР, 1961, т. 1, с. 38—79.
15. *Рубашевский А. А., Федоров Е. П.* О вычислении средней широты.— Астрон. журн., 1959, 36, вып. 6, с. 1122—1128.
16. *Сахаров В. И.* О преимуществах формулы А. Я. Орлова для определения средней широты.— В кн.: Тр. 12-й астрометр. конф. СССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1957, с. 314—320.
17. *Федоров Е. П., Корсунь А. А., Майор С. П. и др.* Движение полюса Земли с 1890.0 по 1969.0.— Киев: Наук. думка, 1972.— 263 с.
18. *Федоров Е. П.* Существует ли вековое движение полюса Земли? — Астрометрия и астрофизика, 1975, вып. 27, с. 3—6.
19. *Cecchini G.* Relazione sull' Attivita del Servizio Internazionale delle Latitudini dal 1957.0 al 1958. 3 presente alla X Assemblea Gen. dell' UAI. Torino, 1958.— 30 p.
20. *Jeagermann P.* Die Bewegung der Kometenschweifmaterie.— Зап. Российской Акад. наук, 1908, 16, № 28, с. 00—00.
21. *Kopf A.* Untersuchungen über den Schweif des Kometen 1907 (Daniel).— Publ. Astron. Inst. Heidelberg, 1910, 3, N 7, S. 17—23.
22. *Labrouste H., Labrouste J.* Analyse des graphiques resultant de la superposition de sinusoides.— Paris, 1943.— 120 S.
23. *Melchior P.* Sur la fluctuation des latitudes moyennes des stations du service des latitudes et la methode d'Orlov.— Bull. géod., 1957, N 46, p. 22—27.
24. *Ölander V. Я.* Reduction of astronomical latitudes and longitudes 1922 — 1948 in to the FK4 and CIO system.— Publ. Finish Geodetic Inst., 1972, N 73, p. 5—44.
25. *On reference coordinate systems for earth dynamics*: Proc. IAU colloq. N 26, Torun, Poland, 1974. : Warsaw, 1975.
26. *Sugawa Ch.* On the triaxiality of the Earth deduced from chandler ellipse.— Proc. Int. Latitude Obs. Mizusawa, 1969, N 9, p. 191—211.