

УДК 55(092)

Б.П. ПЕРЦЕВ

МОЙ ПУТЬ В НАУКЕ

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ. Автор рассматривает свои работы, посвященные влиянию морских приливов на земноприливные наблюдения, и те наблюдения, которые ему довелось вести в различных пунктах СССР и за рубежом.

Ключевые слова:

земные и морские приливы, гармонический анализ земноприливных наблюдений.

Родился я 25 августа 1922 г. в г. Москве. Мои родители были из крестьян Московской губернии. Отец мой, Перцев Петр Федорович, видимо, имел склонность к литературе и в 1921 г. поступил в Московский литературно-художественный институт, где проучился до 1924 г. Там, помимо литературных дисциплин, он изучал английский язык. В конце 1920-х годов его как члена ВКП(б) направили в Наркомвнешторг, с 1931 по 1939 г. он работал в торгпредствах СССР в Японии и Англии. По возвращении из-за границы в 1939 г. он был арестован (как многие другие сотрудники Наркомвнешторга, работавшие за рубежом) как «враг народа».

Со школьных лет меня больше интересовали точные науки, а не гуманитарные или ботаника. В последнем классе школы я с большим интересом занимался в астрономическом и химическом кружках.

Но пришла война и все изменила, хотя, как оказалось, не совсем все. Вернувшись с войны домой с наградами и ранениями, я все еще оставался сыном «врага народа». Многие институты и специальности оказались для меня закрыты. Вспомнив свое школьное увлечение астрономией и полагая, что эта область далека от всего земного, я после демобилизации в 1946 г. поступил на механико-математический факультет МГУ, где в то время была специальность «астрономия». Дипломную работу я делал под руководством профессора Н.Н. Парийского, который сыграл большую роль во всей моей дальнейшей жизни. Успешно окончив в 1951 г. МГУ, я был рекомендован моим руководителем в аспирантуру, но особенности биографии не позволили мне остаться в стенах университета.

Меня распределили в НИИЗМИР (теперь это ИЗМИРАН, г. Троицк), который в то время входил в Гидрометслужбу. В НИИЗМИРЕ меня поселили в общежитии и назначили на должность инженера в лаборатории атмосферного электричества. Поскольку моя семья была в Москве, то при первом же сокращении (а они тогда, по-моему, проводились ежегодно) меня уволили по собственному желанию. С 1-го декабря 1951 г. (не без помощи Н.Н. Парийского) я был зачислен в штат аэрогравиметрической экспедиции, которой руководил Ю.Д. Буланже. Правда, я только числился в экспедиции, а фактически работал в ГЕОФИАНе у члена-корреспондента АН СССР



Студент МГУ, 1947 г.

М.С. Молоденского. Тогда еще не было ЭВМ, и все вычисления для него я проводил на ручном арифмометре. В конце 1952 г., когда М.С. Молоденский закончил свою капитальную работу, меня перевели в экспериментальную группу, которой руководил Ю.С. Доброхотов. Все работы здесь, как и прежние вычисления, были связаны с явлением земных приливов, которыми я тогда заинтересовался. Впоследствии я много лет работал над этой темой.

После смерти И.В. Сталина на мою биографию стали меньше обращать внимания, и летом 1953 г. по просьбе М.С. Молоденского я был зачислен сотрудником в его лабораторию в ЦНИИГАиКе. М.С. Молоденский, как и Н.Н. Парийский, сыграл очень большую роль в моей судьбе.

Геодезическая гравиметрия, которой я здесь занимался, была, конечно, не очень далека от астрономии, но прежняя работа в ГЕОФИАНе мне была больше по душе. В 1956 г. ГЕОФИАН разделили на три института, в их числе Институт физики Земли АН СССР, первым директором которого стал М.С. Молоденский. Лабораторию, занимающуюся изучением земных приливов, возглавил Н.Н. Парийский, который, с согласия директора института, предложил мне перейти в его лабораторию.

Исследования земных приливов насчитывают почти столетнюю историю. Связь приливных деформаций Земли с ее упругими параметрами и распределением плотности позволяла надеяться на получение из наблюдений земных приливов дополнительной информации о внутреннем строении Земли. Однако ввиду малости эффекта (вариации в силе тяжести достигают всего лишь $\sim 2 \cdot 10^{-7} \text{ g}$, а отклонения отвеса $\sim 0.04''$) и отсутствия в прежние годы высокочувствительной аппаратуры большой успех в этих исследованиях выпал вначале на долю геофизиков-теоретиков. Экспериментальные исследования земных приливов, начатые как в нашей стране, так и за рубежом еще в конце XIX века, получили широкое развитие лишь в середине 1950-х годов. В это время были созданы современные высокочувствительные гравиметры и наклонометры, способные с большой точностью регистрировать лунно-солнечные приливные вариации силы тяжести и наклонов земной поверхности. Повышение точности земноприливных наблюдений привело, как это часто бывает, к расширению круга дисциплин, тесно связанных с явлением земных приливов и нуждающихся в результатах этих наблюдений.

Учет эффекта земных приливов позволяет в ряде случаев уточнить геофизическую интерпретацию наблюдений или проконтролировать выводы, сделанные на основе принципиально иного метода. Так, следует отметить, что гармонический анализ земноприливных наблюдений подтвердил выводы сейсмологии о жидком состоянии внешнего ядра Земли, проявившем



Годы учебы в МГУ,
1950 г.

себя в заниженном значении гравиметрического фактора в частоте суточной волны K1. Впервые этот результат был получен в ИФЗ АН СССР по наблюдениям в Средней Азии, а в дальнейшем подтвержден зарубежными исследователями. Была также установлена корреляция между напряжениями, вызванными земными приливами, и, по крайней мере, частью землетрясений. Горизонтальные неоднородности в строении верхних слоев Земли также оказывают свое влияние на результаты земноприливных наблюдений. Поэтому и в этом вопросе исследование земных приливов может дать дополнительную информацию.

В середине 1950-х годов методов анализа земноприливных наблюдений не существовало. Земные и морские приливы обязаны своим существованием одним и тем же приливным силам, хотя в них и имеются некоторые существенные различия. Морские приливы были известны давно, поэтому методы их анализа существовали и ранее. Но эти методы были устаревшие и недостаточно точные и, кроме того, не отражали специфику земноприливных наблюдений. И все же они могли послужить основой для дальнейшего уточнения и совершенствования, т.е. стать базой для разработки методов анализа земных приливов. Этими вопросами я и занялся в лаборатории Н.Н. Парийского.

Начинающийся в 1956 г. Международный Геофизический Год (МГГ) дал лаборатории возможность приобрести четыре современных (по тому времени) земноприливных гравиметра, которые и были получены нами в 1957 г. Эти приборы позволяли вести непрерывную регистрацию приливных вариаций силы тяжести. А это очень важно, так как для получения геофизических результатов, необходимых для уточнения внутреннего строения Земли, требуется проводить длительные ряды наблюдений во многих точках земного шара.

Первая наша гравиметрическая земноприливная станция была построена вблизи пос. Троицкий рядом с НИИЗМИРом. Место было выбрано специально вдали от города во избежание помех, вызываемых наземным и подземным транспортом. Строительство и работу на этой

станции возглавлял Ю.С. Доброхотов под общим руководством Н.Н. Парийского. Я тоже принимал участие в экспериментальных работах на станции, хотя и не оставляя работы над методами математической обработки наблюдений.

В 1958 г. мною была, в основном, завершена работа по созданию метода гармонического анализа земноприливных наблюдений. В дальнейшем он был усовершенствован и распространен на анализ наклономерных наблюдений земных приливов. В 1961 г. я защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Гармонический анализ приливных вариаций силы тяжести», а в 1978 г. – докторскую на тему: «Влияние морских приливов на земные».

Вычисления тогда велись на арифмометрах и были весьма трудоемкими. Даже при появлении первых ЭВМ для анализа месячного ряда наблюдений требовалось несколько часов. Первые работы по анализу на компьютере в нашей лаборатории вела М.В. Крамер. Тогда же мною был разработан метод исключения дрейфа нуля приборов, который, как и метод гармонического анализа, был востребован до конца 1960-х годов для обработки земноприливных наблюдений. В дальнейшем, с появлением более скоростных ЭВМ, были разработаны более совершенные методы анализа наблюдений.

Зимой 1964/1965 гг. была организована экспедиция в Африку, в Республику Мали. Этот период года там сухой и сравнительно не жаркий. Правда, с середины марта днем температура поднималась выше 40 °С, а ночью достигала +35 °С. Начальником экспедиции был Ю.С. Доброхотов, научным руководителем Н.Н. Парийский. Наблюдения проводились на окраине г. Бамако в специально оборудованном полуподвале и продолжались 4 месяца. В состав экспедиции входили также две научные сотрудницы из Астрономического совета АН СССР и Пулковской обсерватории. У них были свои задачи, связанные с наблюдением спутников. В мои обязанности входили гравиметрические наблюдения и их первичная математическая обработка. В Москве в 1960-х годах мы с М.В. Ивановой проводили в течение нескольких месяцев наблюдения в здании ГАИШ на Воробьевых горах. К тем же годам относится мое участие в земноприливных наблюдениях в Пулково и Киеве.

До 1970-х годов я занимался в основном наблюдениями земных приливов и их математической обработкой. Участвовал в ряде экспедиций в различных точках СССР и за рубежом. В первой продолжительной экспедиции мы с сотрудником ИФЗ АН СССР Д.Г. Гридневым вели гравиметрические наблюдения в течение полугода на астрофизической обсерватории на Каменском Плато

вблизи Алма-Аты в горах недалеко от Медео. В дальнейшем наблюдения в этом районе были продолжены в Талгаре, где вначале работы велись в специально оборудованном подвале, позже там была построена капитальная земноприливная станция, на которой в последующие годы были получены многолетние ряды первоклассных наблюдений. На станции длительное время работали М.В. и Л.В. Кузнецовы, Д.Г. Гриднев и В.А. Волков. Периодически их на месяц-другой подменяли я и другие сотрудники нашей лаборатории. Научным руководителем был Н.Н. Парийский, который часто бывал и в Талгаре, и на Каменском Плато. Станция в Талгаре просуществовала вплоть до распада СССР и теперь находится в собственности Академии наук Казахстана.

К 1960-м годам относится организация Комиссии академий наук социалистических стран в области геофизики (КАПГ). Я был назначен представителем АН СССР в рабочей группе КАПГ по земным приливам и в этом качестве принимал участие в заседаниях и симпозиумах КАПГ. Кроме того, АН СССР активно участвовала в работе Постоянной комиссии и Международного центра по земным приливам (ICET), входящих в Международный геодезический и геофизический союз (МГГС). Сотрудники нашей лаборатории принимали активное участие в работе международных симпозиумов, организуемых ICET и проводимых в разных странах.

В качестве представителя АН СССР в КАПГ и вице-президента Постоянной комиссии по земным приливам МГГС (был избран в 1971 г.) я участвовал в работе международных симпозиумов и совещаний, проводимых в разных странах: в 1973 г. в Венгрии (Международный симпозиум по земным приливам МГГС) и Румынии (Рабочее совещание КАПГ по земным приливам) и других. На все же приглашения посетить за счет ICET земноприливные станции в Бельгии и Люксембурге и ознакомиться с их работой, а также принять участие в Международном симпозиуме по земным приливам в Бонне в 1977 г. я получал только пустые обещания со стороны иностранного отдела АН СССР. Почему? Ответа я так никогда и не узнал. Если это было связано с арестом моего отца в 1939 г., то он был реабилитирован еще в 1956 г.!

Обработка регистраций земноприливных наблюдений указывала на существование в них некоторых возмущающих факторов, которые искажают результаты анализа. Основным возмущающим фактором оказалось влияние морских приливов на земноприливные наблюдения. Учетом этого эффекта я и занялся вплотную в начале 1970-х годов. Землю с достаточной степенью точности можно рассматривать как упругую, неоднородную

сжимаемую и гравитирующую сферу, в которой все характеристики ее внутреннего строения зависят только от расстояния до ее центра. Для описания всех приливных явлений, происходящих на земной поверхности, достаточно знать три безразмерных параметра, введенных в геофизику Лявом и Шидой и называемых числами Лява. Значения этих коэффициентов определяются из решения системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих равновесие упругой гравитирующей сферы, деформированной силой, потенциал которой внутри сферы является однородным гармоническим многочленом. Таким свойством, в частности, обладает приливообразующая сила. Эти параметры зависят от распределения плотности и упругих свойств внутри Земли. Деформация земной сферы под действием поверхностных нагрузок, представляемых простым слоем, потенциал которого задан в виде ряда сферических функций, может быть определена таким же путем. Единственное различие в данном случае заключается в том, что теперь в граничных условиях на поверхности сферы задается отличное от нуля нормальное напряжение. Полученные в этом случае поверхностные значения переменных называются нагрузочными числами Лява, или нагрузочными коэффициентами.

Морской прилив в Мировом океане или на отдельном его участке, а следовательно, и возмущающий потенциал приливных вод, можно представить в виде ряда сферических функций. Таким образом, если известны значения нагрузочных коэффициентов, то можно решить задачу об определении возмущающих воздействий морских приливов на земноприливные вариации силы тяжести и наклонов земной поверхности. Итак, для решения этой задачи необходимо знание нагрузочных чисел Лява для избранной модели Земли и, конечно, иметь котидальные карты Мирового океана и окраинных морей. Для учета влияния ближних морских зон, которые дают наибольший эффект, необходимо знание нагрузочных чисел Лява до очень высокого порядка. Численным интегрированием системы дифференциальных уравнений шестого порядка были рассчитаны нагрузочные числа Лява для земной модели Гутенберга.

Позже, по мере уточнения внутреннего строения Земли, были рассчитаны нагрузочные коэффициенты для моделей 508 и 1066 Гильберта и Дзивонского и, наконец, для модели PREM. Котидальные карты также менялись по мере их совершенствования. Проведенные вычисления позволили рассчитать косвенный эффект морских приливов не только на гравиметрические, но и на наклономерные и экстенсометрические земноприливные наблюдения. Расчеты показали, что



Шопрон, Венгрия,
1973 г. Справа налево:
Б.П. Перцев, Д.Г. Грид-
нев, П.С. Матвеев



Бухарест, Румыния,
1973 г. Слева направо:
Б.П. Перцев (СССР),
Т. Хойницкий (Польша),
З. Шимон (Чехословакия)

для прибрежных наклономерных и экстенсометрических станций поправки за косвенный эффект морских приливов могут в некоторых пунктах быть сравнимы с эффектом земных приливов. И даже для станций, расположенных в тысячах километрах от океанов, косвенный эффект морских приливов может искажать результаты анализа земноприливных наблюдений более чем на 1-2 %.

Хотелось бы отметить, что большую помощь в вычислительных работах 1970–1980-х годов мне оказала М.В. Иванова. Разработанная методика позволяет также рассчитывать вертикальные смещения земной поверхности и уклонения отвесных линий под действием морских приливов и нагонных вод, вызываемых штормами и наводнениями. Кроме того, можно оценить изменения силы тяжести, наклоны и линейные деформации земной поверхности, обусловленные вариациями атмосферного давления. Для этого, конечно, нужны барометрические карты хотя бы окрестных территорий. С помощью котидальных карт был проведен расчет векового замедления скорости вращения Земли морскими приливами. Они же приводят к наибольшему длиннопериодным вариациям этой скорости.

Помимо этих работ, проводилась оценка точности вычисления приливных поправок в гравиметрические измерения, а также были рассчитаны вариации астрономических координат точек земной поверхности под дей-

ствием приливных сил. Постоянно совершенствуются методики расчета влияния морских приливов на земноприливные наблюдения.

В прилагаемом ниже списке приведены избранные статьи, охватывающие основные направления моей научной деятельности.

Многие из статей были переведены на французский язык и опубликованы в номерах Бюллетеня по земным приливам (ВІМ), издававшегося Международным центром по земным приливам (ІСЕТ) в Брюсселе под редакцией директора ІСЕТ профессора П. Мельхиора.

ЛИТЕРАТУРА

О решении задачи Стокса с относительной погрешностью порядка квадрата сжатия Земли // Тр. ЦНИИГАиК. 1956. Вып. 112. С. 9–12.

Гармонический анализ упругих приливов // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1958. № 8. С. 946–958.

Об учете сползания нуля при наблюдениях упругих приливов // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1959. № 4. С. 547–548.

О влиянии морских приливов на приливные вариации силы тяжести // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1966. № 10. С. 25–29.

Об определении числа Лява по приливным изменениям вращения сжимаемой Земли // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1972. № 3. С. 11–14. Соавт. Н.Н. Парийский.

Влияние морских приливов на длиннопериодные вариации в скорости вращения Земли // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1975. № 7. С. 3–5. Соавт. М.В. Иванова.

Влияние морских приливов ближних зон на земноприливные наблюдения // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1976. № 1. С. 13–22.

M2 ocean-tide corrections to tidal gravity observations in Western Europe // Ann. Geophys. 1977. Т. 33. Р. 63–65.

Влияние инерционных сил на наблюдаемые приливные изменения силы тяжести и наклонов // Изучение земных приливов. М.: Наука, 1980. С. 22–35. Соавт. Н.Н. Парийский.

Расчет нагрузочных чисел Лява для земной модели 508 Гильберта и Дзивонского // Изучение земных приливов. М.: Наука, 1980. С. 42–47. Соавт. М.В. Иванова.

Вертикальные смещения земной поверхности под действием нагрузки морских приливов // Изучение земных приливов. М.: Наука, 1980. С. 48–53. Соавт. М.В. Иванова.

Оценка влияния нагонных вод на значения силы тяжести и высоты земной поверхности в прибрежных районах // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1981. № 1. С. 87–91. Соавт. М.В. Иванова.

Морские приливы и уклонения отвесной линии // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1987. № 11. С. 117–121. Соавт. А. Венедиков, М.В. Иванова.

Морские приливы и вращение Земли // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1990. № 8. С. 5–9.

Косвенный эффект морских приливов в результатах экстенсометрических наблюдений // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1991. № 10. С. 84–88. Соавт. М.В. Иванова.

Оценка точности вычисления приливных поправок // Изв. РАН. Физика Земли. 1994. № 5. С. 78–80. Соавт. М.В. Иванова.

Земноприливные наблюдения и гипотеза экранирования тяготения // Изв. РАН. Физика Земли. 1994. № 10. С. 70–73. Соавт. М.В. Кузнецов, М.В. Иванова, О.В. Ковалева, Л.В. Кузнецова.

О вековом замедлении вращения Земли // Физика Земли. 2000. № 3. С. 35–39.

Оценка влияния колебаний атмосферного давления на наклоны и линейные деформации земной поверхности // Физика Земли. 2004. № 8. С. 79–81. Соавт. О.В. Ковалева.

Приливные поправки к гравиметрическим измерениям // Физика Земли. 2007. № 7. С. 18–25.

Вариации наклонов земной поверхности на Камчатке в районе Ключевского вулкана // Вулканология и сейсмология. 2009. № 6. С. 44–53. Соавт. И.А. Широков, Н.А. Жаринов, К.М. Анохина.

**СВЕДЕНИЯ
ОБ АВТОРЕ**

ПЕРЦЕВ Борис Петрович – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123995, ГСП-5, Москва Д-242, Б. Грузинская, 10. Тел.: 8 (499) 254-91-95.

MY PATH IN SCIENCE

BORIS P. PERTSEV

Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ABSTRACT The author considers his works related to the effects of sea tides on the tides in the solid Earth and the observation results, obtained by him in various regions of the Former USSR and other countries.

KEY WORDS: B.P. Pertsev, personalia, tides in the solid Earth, sea tides, harmonic analysis, tidal observations