

УДК 550.385.47

В.А. Троицкая – ОСНОВАТЕЛЬ ШКОЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ГЕОМАГНИТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ

Н. Г. КЛЕЙМЕНОВА

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

АННОТАЦИЯ Известно, что характерная особенность магнитного поля Земли состоит в наличии в нем быстрых вариаций (так называемых геомагнитных пульсаций) с периодами от долей секунды до нескольких минут. Серьезные систематические исследования этих слабых по амплитуде колебаний впервые были начаты В.А. Троицкой во время Международного Геофизического Года (МГГ, 1957–1958 гг.), когда ею была организована сеть наблюдений земных токов из 19 станций в различных точках России (в Институте физики Земли АН СССР – “Борок”, “Ловозеро”, “Петропавловск-Камчатский”). В результате анализа этих наблюде-

ний В.А. Троицкой были выделены основные типы геомагнитных пульсаций и установлена их классификация. Позднее, в 1964–1979 гг., благодаря настойчивости и дипломатии В.А. Троицкой было организовано проведение уникальных советско-французских геомагнитных экспериментов в сопряженных точках Согра-Кергелен, т.е. на противоположных концах одной и той же силовой линии геомагнитного поля. Эти исследования позволили понять важную роль геомагнитных пульсаций в фундаментальных процессах в магнитосфере и ионосфере Земли и разработать новое направление в геофизике – наземную диагностику со-

стояния магнитосферы. Под руководством В.А. Троицкой были организованы наблюдения на геомагнитных полюсах в Арктике и Антарктике. Будучи президентом Международной ассоциации по геомагнетизму и аэронауке, она помогла принять участие в международных исследованиях многим советским ученым, что в те годы было чрезвычайно сложно. Международный авторитет В.А. Троицкой способствовал началу широкой кооперации российских ученых с коллегами из многих стран. Приводятся некоторые факты в биографии В.А. Троицкой, ныне проживающей в Австралии. В ноябре 2007 г. ей исполнилось 90 лет.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
геомагнетизм,
геомагнитные пульсации,
магнитосфера Земли.

Открытие у Земли четвертой, плазменной оболочки, получившей название “магнитосфера”, – одно из наиболее важных достижений космической эры. Это открытие коренным образом изменило представления о структуре и динамике космического пространства и по-новому поставило вопрос о размерах нашей планеты, поскольку оказалось, что плазменная оболочка Земли (магнитосфера) является существенной частью планеты и активно участвует в жизненно важных процессах. Магнитосфера – первая и, по существу, единственная оболочка Земли, препятствующая проникновению солнечного ветра и космической радиации и активно взаимодействующая с межпланетным магнитным полем.

Усиление или ослабление солнечного ветра и межпланетного магнитного поля (ММП), изменение структуры этого поля обязательно сказывается на перестройке магнитосферы и возбуждению в ней волн различных периодов и природы. Физические процессы, протекающие в невидимой глазом магнитной оболочке Земли, проявляются как колебания магнитного поля, наблюдаемые на земной поверхности.

Исследования последних лет неопровержимо свидетельствуют о заметном влиянии вариаций геомагнитного поля на жизнедеятельность человека.

Любая перестройка магнитосферы и развитие в ней динамических процессов сказывается, прежде всего, на поведении электромагнитного комплекса явлений в околоземном пространстве и на земной поверхности. Впервые волновые колебания в геомагнитном поле были обнаружены еще в середине XVIII столетия, когда в 1741 г. А. Цельсиус (A. Celsius) обнаружил одновременность появления колебаний стрелки компаса и вариаций светимости полярных сияний в обсерватории Упсала (Upsala) в северной части Скандинавии. Позднее, в 1840 г., Нервандер (J. Nervander) заметил наличие магнитных пульсаций с периодом порядка 30 с в обсерватории под Хельсинки, а в 1859 г. во время большой магнитной бури подобные колебания наблюдал Стюарт (B. Stewart) в обсерватории Кью (Kew) под Лондоном. Ниже приведен список первых публикаций о наличии в магнитном поле Земли слабых по амплитуде колебаний. Эти работы были опубликованы до начала Вто-

ВВЕДЕНИЕ

рой мировой войны, во время которой геомагнитных наблюдений в Европе почти не проводилось, а многие ученые оказались на различных сторонах фронта:

- [1861] Steward B. On the great magnetic disturbance which extended from August 28 to September 7, 1859, as recorded by photography at the Kew observatory. *Phil. Trans. Roy. Soc. London.* P.425.
- [1896] Eschenhagen M. Über simultan Beobachtungen erdmagnetischen Variation. *Terrest. Magn.* Vol. 1.
- [1906] Eschenhagen M. One minute rapid periodic changes of the Earth's magnetism. *Terrest. Magn.* Vol. 11.
- [1917] Moidrey J. Pulsations magnetiques a Zi-Ka-Wei et a Zu-Kiaapang. *Terrest. Magn.* Vol. 20.
- [1932] Rolf B. Giant micropulsations at Abisko. *Terrest. Magn.* Vol. 37.
- [1932] Harang L. Observations of micropulsations in the magnetic records at Tromso. *Terrest. Magn.* Vol. 37.
- [1936] Harang L. Oscillations and vibrations in the magnetic records at high latitude stations. *Terrest. Magn.* Vol. 41.
- [1936] Sucksdorff E. Occurrences of rapid micropulsations at Sodankyla during 1932 to 1935. *Terrest. Magn.* Vol. 41.
- [1942] Ogg A. Oscillations and pulsations recorded during the year 1941 at the magnetic observatory Hermanious South Africa. *Terrest. Magn.* Vol. 47.

Интересно отметить, что еще в 30-х годах прошлого столетия было обращено внимание на наличие в магнитном поле колебаний с периодом 1–2 с [Harang, 1932, 1936; Sucksdorff, 1936]. Однако в то время электромагнитная теория Максвелла еще окончательно не сформировалась, и эти колебания долгое время не рассматривались как возможный объект серьезного научного исследования. Кроме того, для регистрации геомагнитных пульсаций требовалась более высокочувствительная аппаратура, чем для стандартных магнитных наблюдений, и с большей временной разверткой. Геомагнитные обсерватории такой аппаратуры, как правило, не имели.

НЕКОТОРЫЕ ФАКТЫ БИОГРАФИИ В.А. ТРОИЦКОЙ

Валерия Алексеевна Троицкая родилась 15 ноября 1917 г. в Петрограде, через неделю после событий, перевернувших весь мир. Отец, Алексей Александрович, – очень скромный и мягкий по характеру человек, по профессии математик, специалист по статистике, мать, Мария Владимировна – детский врач. В юности семья Марии Владимировны

Из-за недостаточной чувствительности регистрирующей аппаратуры быстрые вариации геомагнитного поля, т.е. колебания в диапазоне частот от тысячных долей герца до нескольких герц, названные впоследствии геомагнитными пульсациями, долгое время оставались практически вне поля зрения исследователей. Исследования пульсаций стали возможным с внедрением в практику наблюдений земных, или как их раньше называли, теллурических токов, представляющих собой слабые, переменные по величине и направлению электрические токи, протекающие в поверхностных слоях Земли. Необходимость изучения этих токов возникла в связи с серьезными повреждениями, которые они наносили работе телеграфа во время интенсивных магнитных бурь. Регистрация земных токов очень проста – это два заземленных металлических электродов на расстоянии нескольких сот метров и электроизмерительный прибор.

В 1951–1954 годах аспиранткой Геофизического института АН СССР (ГЕОФИАН – ныне Институт физики Земли РАН) Валерией Троицкой впервые был выполнен анализ эпизодических (от нескольких дней до нескольких месяцев) записей земных токов в 1951–1952 гг. на фотобумаге с разверткой 20–90 мм/ч на нескольких станциях: Алма-Ата, Зуй (Иркутск), Душети (Тбилиси), Шацк, Чилик и Кегень (Тянь-Шань), Гарм, и выявлены основные типы этих колебаний. Быстрые вариации магнитного и электрического полей были названы В.А. Троицкой короткопериодными колебаниями – КПК (этот термин использовался в России почти до 1970-х годов). Термин «геомагнитные пульсации» для таких колебаний был предложен в 1957 г. японским ученым Като (Y. Kato), который в то время еще не был знаком с работами В.А. Троицкой.

Роль личности в развитии науки, как и в истории, очень важна, поэтому ниже будет приведено краткое описание некоторых этапов жизни этой необыкновенной женщины.

летом жила на даче под Кронштадтом. Однажды их сосед, 16-летний мальчик подарил ей свою фотографию с трогательной надписью: “Милой Маняше от будущего великого физика”, а мальчика звали Петя Капица. (Сосед оказался прав – он действительно стал великим физиком – Петром Леонидовичем Капица и всю жизнь оставался близким дру-

гом семьи Марии Владимировны, дружили и их дети.)

Тщательно скрывалось, что дед (по отцу) был протоиреем в Ростове Великом, долгие годы это было слишком опасно. Несмотря на трудности послереволюционного времени у единственной дочери, Леруни, как любил называть ее отец, была гувернантка – француженка мадмуазель Филибер, которая обучала девочку французскому языку по серии популярных детских французских книжек. Очень скоро девочка говорила по-французски не хуже, чем по-русски, и это очень пригодилось В.А. Троицкой в будущем. Девочку серьезно учили музыке. Когда она подросла, ее отдали в немецкую школу, где все уроки шли на немецком языке. Таким образом, и немецким языком Лера свободно владела с детства.

По настоянию отца после школы Лера поступила на физический факультет Ленинградского университета (ныне Санкт-Петербургский государственный университет), хотя музыка ее увлекала больше. Отец в это время работал в Смольном в аппарате С. М. Кирова. Безоблачная, веселая жизнь неожиданно окончилась во время весенней экзаменационной сессии 1937 г. Ночью, накануне экзамена по физике, был арестован отец, а вскоре с инфарктом в больницу почти на год попала мама. Девятнадцатилетняя девушка, мало приспособленная к реальной жизни, осталась одна без каких-либо денежных средств. Спасало активное участие в спортивной жизни университета, так как спортсмены могли получать бесплатный обед в столовой.

Все хлопоты о получении хоть каких-либо сведений о судьбе отца были безуспешными. Ничего не дало даже обращение за помощью к районному депутату – известному дипломату М. М. Литвинову. И тогда Лера совершила безумный по тем временам поступок – послала телеграмму Л. П. Берия: “Дорогой Лаврентий Павлович, я должна увидеть Вас по вопросу, который касается только Вас и меня, студентки Ленинградского университета”. Удивительно, но Леру Троицкую приняли в Кремле, конечно, не сам Берия, но кто-то другой, имеющий достаточно высокое воинское звание, о чем свидетельствовали четыре ромба на петлицах. Лера обратилась к нему с дерзкой просьбой – вернуть папино дело из тройки в Ленинград на доследование в суд. К всеобщему удивлению, папино дело вернули в Ленинград, и начались новые активные, порой авантюристские и опасные для



Студенческие годы (1937 г.)

жизни хлопоты с обращением к руководству НКВД в Ленинграде. Это подробно описано В.А. Троицкой в ее рассказе “Телеграмма Берия”, опубликованном в литературном журнале “Нева” № 6 за 2000 г. Случилось чудо, и в июне 1940 г. отец был освобожден.

В июне 1941 г. за несколько дней до начала войны В.А. Троицкая получила диплом об окончании университета. Затем была эвакуация в г. Казань. Специалисты по геофизике в то время стране не были нужны, и Лера, используя полученные в детстве знания, успешно работала переводчиком в военных организациях при допросах пленных немецких офицеров, одновременно подрабатывая в детском саду музыкальным работником.

После окончания войны Лера с семьей вернулась в родной Ленинград, и ее сокурсник, талантливый физик-ядерщик Александр Вайсенберг, пришел к ней с повторным предложением руки и сердца и мешком картошки. Последнее для семьи оказалось решающим, хотя отец был против их брака, в основном из-за того, что претендент на руку дочери был евреем. Но Лера настояла на своем и вышла замуж. В апреле 1946 г. родились близнецы Петя и Катя, мужа перевели в Москву, и семья поселилась в отдельной квартире в центре города, в том же доме жила семья и другого крупного ученого в области ядерной физики – Бориса Михайловича Гохберга. Научным работникам, даже очень талантливым, всегда платили мало, денег не хватало, и

В. А. Троицкой пришлось подрабатывать переводами. Так, на русский язык был переведен учебник по ядерной физике, правда, для этого пришлось выучить английский язык, в основном по ночам или гуляя с детьми. Когда детям исполнилось по четыре с половиной года, Троицкая поступила в аспирантуру, что позволяло ей проводить часть времени дома с маленькими детьми. Было очень трудно, дети непрерывно болели.

Руководитель по аспирантуре проф. А. Г. Калашников не разделял увлечение своей аспирантки какими-то “кривулями” на магнитограммах, ему больше импонировало исследование магнитного эффекта метеоритов. Но Лера опять настояла на своем – во

всем надо искать нестандартные решения и подходы. Так слабые пульсации в магнитном поле Земли стали главным делом в жизни В. А. Троицкой.

В 1955 г. при Президиуме Академии наук СССР был создан Советский комитет по проведению Международного Геофизического Года (МГГ, 1957–1958 гг.). Председателем был назначен вице-президент АН СССР академик И. П. Бардин, его заместителями стали член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов, доктор физико-математических наук Ю. Д. Буланже и директор ИЗМИРАН доктор физико-математических наук Н. В. Пушков. Ученым секретарем была назначена молодая энергичная сотрудница ИФЗ АН СССР кандидат физико-математических наук В. А. Троицкая, свободно владеющая иностранными языками, что было в то время немаловажным и во многом помогало ей в новой работе. В. А. Троицкой удалось заразить членов Комитета МГГ своим энтузиазмом и уверенностью в необходимости изучения земных токов. Эта тематика была внесена в Программу МГГ, и к 1957 г. в СССР была организована сеть наблюдений земных токов на 19 станциях. Серьезные разногласия возникли при решении вопроса о постановке наблюдений земных токов в Антарктиде. Было опасение, что они будут затруднены из-за невозможности хорошего заземления электродов на ледяном континенте. Но, как и раньше, помогло нестандартное решение – на всякий случай землю для этой цели в Антарктиду привезли из Калининграда.

Институтом физики Земли были организованы три станции – “Борок” в Ярославской области (заведующий Александр Сергеевич Большаков), “Ловозеро” на Кольском полуострове (заведующий Кирилл Юрьевич Зыбин) и “Петропавловск-Камчатский” (заведующий Герман Михайлович Солодовников). В строительстве станции “Ловозеро” активное участие принимала Галина Николаевна Петрова и ее сотрудники. В настоящее время “Ловозеро” – базовая обсерватория Полярного геофизического института (ПГИ) РАН.

После обширных работ по программам МГГ возникла идея о проведении одновременных геомагнитных наблюдений в сопряженных точках северного и южного полушарий, т.е. в точках, расположенных на противоположных концах одной и той же силовой линии геомагнитного поля. Несмотря на успешное проведение первых пробных наблюдений полярных сияний в южном

Растут дети (1958 г.)



Заседание Советского Комитета по проведению МГГ (1956 г.)



полушарии на французской обсерватории на о. Кергелен в Индийском океане и сотрудниками Полярного геофизического института в Архангельской области, французская сторона не поддержала продолжение этих работ. Тогда на переговоры в Париж была отправлена В. А. Троицкая. Ее обаяние и энтузиазм, четкая постановка научных задач, а также то, что французы впервые встретили советского ученого, свободно говорившего на их родном языке, во многом способствовали успеху переговоров. Руководителем исследований с французской стороны был назначен Роже Жендрен (R. Gendrin). Для проведения совместных исследований была выбрана маленькая, затерянная в болотистых лесах Архангельской области д. Согра на правом берегу р. Пинеги в 300 км к северо-востоку от Котласа, расположенная вблизи расчетного положения точки, сопряженной о. Кергелен. В деревне практически не было никаких промышленных помех, даже постоянного электричества, которое подавалось жителям только в определенные часы суток за счет колхозного дизель-генератора; единственное средство сообщения – самолет АН-2.

Очень скоро, в конце 1963 г. для пробных наблюдений в России французские инженеры привезли свою аппаратуру в обс. «Борок». Зима была слишком холодной для французов, и несколько сотен метров, которые надо было пройти от гостиницы до аппаратурного павильона, оказались для них непреодолимыми. Так случилось, что обсерваторская автомашина из-за поломки была не на ходу. Нестандартное решение нашла В. А. Троицкая – она договорилась с пожарной частью. Красная пожарная машина, приехавшая за французами, вызвала у них неопишное изумление. Позднее в Париже они рассказывали, что в России не только флаг красный, но и машины в обсерватории красного цвета.

Уже летом следующего года французы снова приехали в Россию и установили в д. Согра свою аппаратуру. Сегодня это не вызывает удивления, а в те годы приезд иностранцев в глухую архангельскую деревеньку с неизвестно что регистрирующей аппаратурой казался просто фантастикой. С помощью каких-то смелых, очень убедительных аргументов В. А. Троицкой удалось договориться с соответствующими организациями.

В проведении наблюдений в д. Согра и их анализе активно участвовали многие ученые В. А. Троицкой – Л. А. Геллер, Б. Н. Казак, Н. Г. Клейменова, Л. Н. Баранский,

О. М. Распопов (ЛГУ) и др. Значительная часть архивных данных этих наблюдений хранится в обс. «Борок». В дальнейшем к наблюдениям в д. Согра присоединились российские специалисты из других научных учреждений (ЛГУ, ИЗМИРАН, ПГИ, ФИАН). Весной 1968 г. впервые были осуществлены запуски геофизических ракет со стартовой площадки на о. Кергелен. Для согласования запусков специально на этот период была организована прямая радиосвязь между Согрой и Кергеленом, что в те годы было очень сложной проблемой и не только технической.

После проведения первых синхронных наблюдений в д. Согра и на о. Кергелен

Начальники геомагнитных станций ИФЗ (слева направо): А. С. Большаков («Борок»), К. Ю. Зыбин («Ловозеро») и Г. М. Солодовников («Петропавловск-Камчатский»)



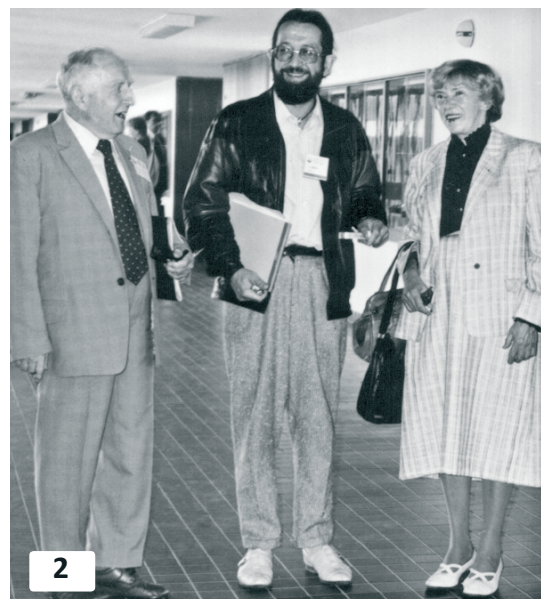
Париж, переговоры о проведении работ в сопряженных точках (1963 г.)





1. Советские ученые (слева направо): М.Б. Гохберг, Н.Г. Клейменова, В.А. Троицкая и О.М. Распопов (ЛГУ), Париж (1965 г.)

2. На Ассамблее МАГА в Гренобле: директор ИЗМИРАН В.В. Мигулин, доктор Роже Жандрен и В.А. Троицкая (1975 г.)



В.А. Троицкая организовала приезд в Париж группы советских ученых для проведения анализа на французских анализаторах спектров. (Такой анализирующей техники у советских специалистов в те годы еще не было.) Это было новым в геофизике, советские ученые для совместных работ за рубежом в то время не ездили.

Курьезное событие произошло в феврале 1966 г., когда В.А. Троицкая вместе с профессором Института физики Земли в Париже Эдуардом Зельцером (E. Selzer) была приглашена участвовать в 12-часовом погружении уникального французского батискафа “Архимед” на глубину 2500 м для проведения измерений электрического и магнитного поля на дне Средиземного моря. Впервые в таком глубоководном погружении участвовала женщина. Об этом много писали во французских и советских газетах, а популярный в то время журнал “Огонек” назвал В.А. Троицкую “самой глубинной женщиной в мире”. Погружение не осталось без внимания соответствующих служб. В одной из американских газет появилась заметка, перепечатанная затем в широко известной парижской газете “Фигаро”. В заметке сообщалось, что у берегов Испании вблизи Паломареса из моря была выловлена маленькая подводная лодка с советской Мата Хари – Валерией Троицкой. Женщина в черном комбинезоне, якобы, занималась поиском атомной бомбы, упавшей в воду с недавно потерпевшего аварию американского бомбардировщика. Можно представить, какую бурную реакцию вызвала эта заметка в Москве!

Время неслось быстро: экспедиции, организация наблюдений в Арктике и Антаркти-

ке, работа в obs. “Борок”, многочисленные научные семинары, конференции, организация работы Межведомственного геофизического комитета и Совета по геомагнетизму в Москве, а также Международной ассоциации по геомагнетизму и аэрономии (IAGA), председателем которой В.А. Троицкая была 8 лет. Имя Валерии Троицкой становится хорошо известным в мировой науке. На всех международных конференциях она рассказывает о результатах, полученных в России, как правило, не известных за рубежом, поскольку в те годы российские ученые почти не печатались в англоязычных журналах и почти не принимали участия в международных конференциях. Устроители Всемирной выставки в Монреале приглашают ее прочесть лекцию о своих исследованиях.

В напряженной жизни ей помогает расслабиться теннис, плавание в бассейне, музыка. В.А. Троицкая любила говорить: “Если ты вдруг обнаруживаешь, что тебе живется легко, это значит, что ты живешь неправильно, ниже своих возможностей”. В таком случае человек не сможет воспользоваться вдруг открывшимися перед ним перспективами, так как отстал от стремительного темпа жизни. Для нее свободное время – это редкая и дорогая вещь, надо заботиться о том, чтобы в каждый свободный час непременно получать какие-то положительные эмоции. Надо уметь организовывать радости. Она всегда считала, что главное в жизни – это человеческие отношения, нужны годы и годы, чтобы их сформировать, и мгновения, чтобы разрушить. Во всех неожиданно возникших сложностях она всегда незамедлительно принимала активные нестандартные решения.

«Нам жизнь предлагает, а мы выбираем» – так часто говорила В.А. Троицкая и всегда делала свой, нестандартный выбор. А Михаил Александрович Садовский однажды сказал: “Лера – это та женщина, которая, даже когда ее утопят, вынырнет с рыбой в зубах”.

Все резко изменилось с началом перестройки. Умер от инфаркта муж, дети выросли и разъехались. В 1987 г., когда В.А. Троицкой исполнилось 70 лет, она сразу потеряла все свои официальные посты. Из удобного кабинета, где часто проводились научные семинары и заседания, ей пришлось переехать в малюсенькую комнатку на первом этаже института, где кроме нее работало еще трое сотрудников. Квартира в пос. Борок, где она подолгу жила, анализируя данные наблюдений и обсуждая со своими учениками научные результаты, кому-то также срочно потребовалась. Душу обжигали не столько эти факты, сколько бестактность их проведения. Не стало денег на проведение новых экспериментов. Один за другим уходили из жизни старые друзья, молодые коллеги переходили на другую работу или уезжали за рубеж. Тьма сгущалась. Как всегда, В.А. Троицкая нашла достойный выход из сложившейся ситуации, который у многих вызвал удивление и непонимание – поехав в очередную заграничную командировку в 1989 г. в Австралию, она осталась там, выйдя замуж за своего старого друга и коллегу профессора Кифа Кола (K. Cole). В те годы, когда она была президентом МАГА, он был президентом другой крупной научной организации – Международного радиосоюза (УРСИ). Живя в Австралии В.А. Троицкая с мужем

продолжали участвовать в международных конференциях, много путешествовали.

Вот уже почти 20 лет В.А. Троицкая живет в Австралии. Чтобы она меньше скучала по России, муж посадил под окном березку в память о березовой роще в пос. Борок, но она не прижилась. В ноябре 2007 г. ей исполнилось 90 лет. Она также энергична, мудра и доброжелательна. Детей жизнь разбросала по свету: дочь Катя и внук живут в Америке, а сын Петя с семьей – в Москве.



В.А. Троицкая в Париже около Сорбонны (1999 г.)



В.А. Троицкая – президент МАГА, К. Коул – президент УРСИ (1977 г.)



В.А. Троицкой – 90! Австралия, 2007 г.

ТИПЫ ГЕОМАГНИТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ

Начаты В. А. Троицкой исследования в сейсмоактивных районах и развитие методов магнитотеллурического зондирования требовали тщательного изучения общих характеристик и закономерностей пространственно-временного распределения геомагнитных пульсаций (или короткопериодных колебаний – КПК, как их долго называли).

Систематические исследования геомагнитных пульсаций были начаты в период Международного Геофизического Года (МГГ, 1957–1958 гг.). Благодаря энтузиазму В. А. Троицкой многие молодые талантливые исследователи во время и после МГГ стали заниматься изучением КПК (например, О. В. Большакова, Н. Ф. Мальцева, Р. В. Щепетнов, Э. Т. Матвеева, О. М. Распопов, Л. Т. Афанасьева и др.).

КПК были разделены В. А. Троицкой на два основных класса – квазисинусоидальной формы, названные устойчивыми (pulsation continues, Pc), и в виде затухающего цуга колебаний, названные вначале цугами (pulsation train, Pt), а позднее иррегулярными пульсациями (pulsation irregular, Pi). В. А. Троицкой было установлено, что эти колебания отличаются не только формой, но и наблюдаются в разное время суток:

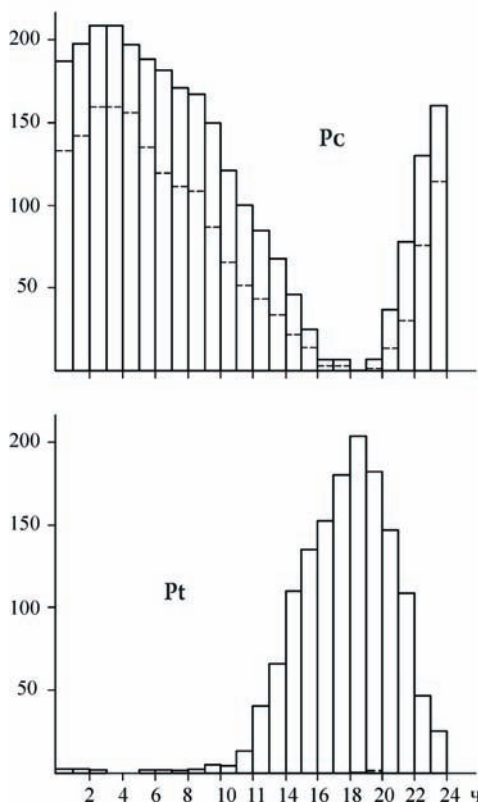
устойчивые пульсации (Pc) характерны для дневных часов (рис. 1,а), а цуги (Pt) – для ночных часов (рис. 1,б).

Многообразие типов колебаний в магнитном поле вызвало необходимость их более детальной классификации, которая при активном участии В. А. Троицкой была принята в 1963 г. в Беркли (США) на Ассамблее Международной ассоциации по геомагнетизму и аэрономии (МАГА). Устойчивые пульсации (Pc) были разделены на 5 классов в зависимости от их периодов: Pc1 (0.2–5.0 с), Pc2 (5–10 с), Pc3 (10–45 с), Pc4 (45–150 с), Pc5 (150–600 с), а иррегулярные пульсации (Pi) на 2 класса: Pi1 (1–40 с) и Pi2 (40–150 с). Этой классификацией пользуются и сейчас все исследователи геомагнитного поля. Следует подчеркнуть, что установленные классификацией границы периодов для того или иного типа пульсаций носят условный характер и в ряде случаев могут несколько отличаться. Амплитуда короткопериодных геомагнитных пульсаций (Pc1-2 и Pi1) составляет сотые и десятые доли нанотесла, а длиннопериодных пульсаций (Pc5) может достигать нескольких сотен нанотесла. Геомагнитные пульсации Pc1, открытые еще в 1936 г. Е. Сьюксдорфом (E. Sucksdorff), часто называют “жемчужинами”, поскольку на аналоговых записях они напоминают нитку жемчужного ожерелья.

Анализ геомагнитных наблюдений в obs. “Борок” показал, что период как устойчивых, так и иррегулярных геомагнитных пульсаций, регистрируемых на земной поверхности, зависит от уровня магнитной активности (рис. 2). С ростом магнитной возмущенности период колебаний уменьшается, что в дальнейшем было подтверждено многочисленными наблюдениями на других обсерваториях. Этот результат оказался важным для дальнейшего изучения природы возбуждения геомагнитных пульсаций. Было установлено, что генерация пульсаций в большинстве случаев связана с резонансным возбуждением волн в магнитосфере. С ростом магнитной активности размеры области магнитосферы, где происходит возбуждение пульсаций, уменьшается, что приводит к уменьшению периодов геомагнитных пульсаций.

Много времени В. А. Троицкая проводила в obs. “Борок”, анализируя километры бумажных записей геомагнитных пульсаций. На рис. 3 показано, как выглядели разные типы геомагнитных пульсаций на аналоговых магнитограммах. Верхний график – ир-

Рис. 1.
Суточный ход
дневных Pc (а)
и ночных Pt (б)
пульсаций



регулярные колебания диапазона Pi1 ($T = 2-6$ с), наблюдаемые обычно в утренние часы во время геомагнитных возмущений. Генерация этих пульсаций связана с вторжением в ионосферу Земли энергичных электронов. На среднем графике показаны типичные дневные колебания диапазона Pc3, а на нижнем – магнитограмма пульсаций Pc1 (“жемчужин”) с периодом около 2 с. Здесь же приведен пример того, как на лентах вручную подписывалось мировое время записи. В.А. Троицкой было установлено, что эти три вида пульсаций представляют микроструктуру магнитных бурь, при этом «жемчужины» могут наблюдаться как в дневное, так и в вечернее время суток.

По данным наблюдений в obs. “Борок” В.А. Троицкой и М.В. Мельниковой был обнаружен особый тип геомагнитных пульсаций, на аналоговых записях очень похожий на Pc1 пульсации, но в отличие от последних, период колебаний уменьшается со временем. Обнаруженные пульсации были названы КУП (колебания убывающего периода) и занесены в Государственный реестр открытий. Была установлена связь этих пульсаций с вторжением в ионосферу энергичных электронов, ускоренных в магнитосфере до энергий от сотен килоэлектронвольт до нескольких мегаэлектронвольт, появлением в ионосфере спорадических слоев (типа Er),

развитием активных форм полярных сияний, а также регистрацией всплесков рентгеновского излучения в стратосфере.

Собранный В.А. Троицкой и ее учениками экспериментальный материал по наземным наблюдениям геомагнитных пульсаций стал основой дальнейших теоретических разработок генерации волн в магнитосфере и ионосфере. В настоящее время изучением геомагнитных пульсаций занимается большое число исследователей во многих странах; число научных работ, посвященных проблеме возбуждения геомагнитных пульсаций, достигло нескольких тысяч. Исследованием геомагнитных пульсаций занимались и занимаются такие широко известные в мире ученые, как: в Японии – Т. Саито (T. Saito), А. Нишида (A. Nishida), С. Кокубун (S. Kokubun), К. Юмото (K. Yumoto); во Франции – Р. Жандрен (R. Gendrin), Э. Зельцер (E. Selzer), С. Лакурли (S. Lacourly), А. Ру (A. Roux); в США – Л. Ланцеротти (L. Lanzerotti), В. Кэмпбелл (W. Campbell), М. Энгебретсон (M. Engebretson), М. Кивельсон (M. Kivelson), Д. Саусвуд (D. Southwood), Х. Расселл (C. Russell), Л. Кепко (L. Kerko), Д. Бейкер (D. Baker), Д. Сайбек (D. Sibeck); в Канаде – Дж. Олсон (J. Olson), Г. Ростокер (G. Rostoker), Дж. Самсон (J. Samson); в Норвегии – А. Эгеланд (A. Egeland);

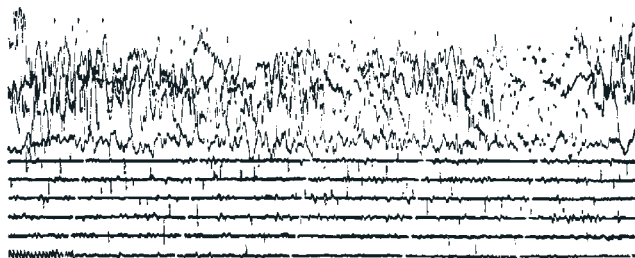
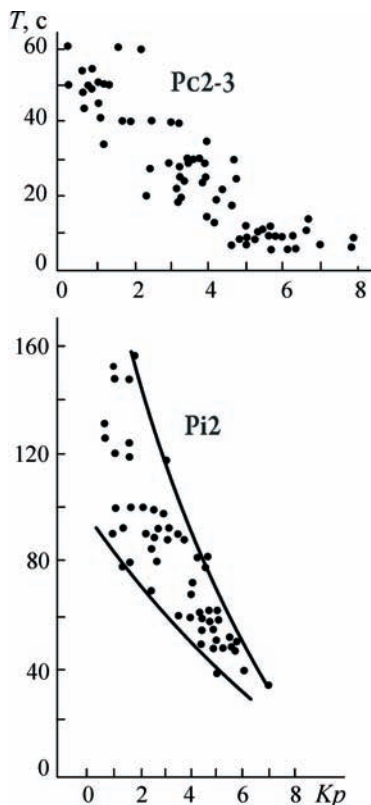


Рис. 2. Связь периодов Pc2-3 и Pi2 пульсаций с магнитной активностью

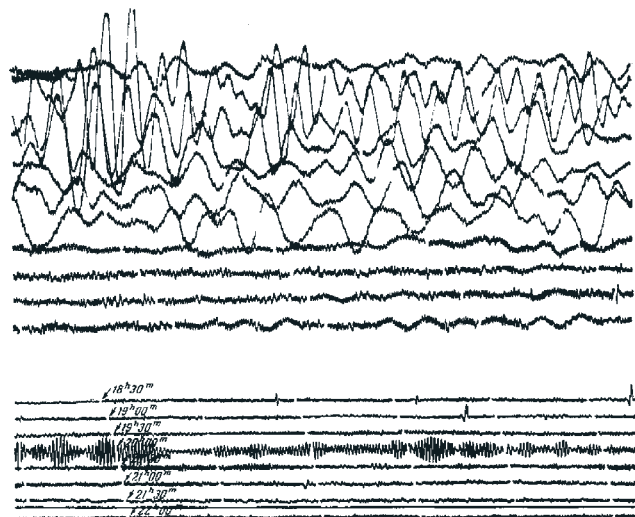


Рис. 3. Пример записи разных типов колебаний в obs. «Борок» на фотобумаге с разверткой 30 мм в минуту, пропуск записи – минутные метки



На конференции по астрофизике, В.А. Троицкая с молодыми теоретиками В.А. Пилипенко (слева) и О.М. Похотеловым, Иркутск (1983 г.)

в Финляндии – Л. Харанг (L. Harang), Е. Кангас (J. Kangas); в Индии – Дж. Гупта (J. Gupta); в Венгрии – И. Верё (J. Verö); в Великобритании – Д. Опп (D. Orr), И Манн (I. Mann); в Германии – В. Баумеханн (W. Baumjohann), К-Х. Глассмейер (K.-H. Glassmeier); в Новой Зеландии – Б. Фразер (B. Fraser) и мн. др.

И сейчас в Институте физики Земли РАН активно работают ученики, а также те, кто себя относит к ученикам В. А. Троицкой: профессора А. В. Гульельми, Н. Г. Клейменова, М. Б. Гохберг, Ф. З. Фейгин, О. А. Похотелов, доктора физико-математических наук В. А. Пилипенко, С. В. Анисимов, кандидаты физико-математических наук Л. Н. Баранский, О. М. Барсуков, Б. И. Клайн, Р. В. Щепетнов, Э. Т. Матвеева. Так, в работах О. А. Похотелова и А. В. Гульельми разработан новый подход к интерпретации геомагнитных пульсаций как нелинейных явлений в магнитосфере Земли. А. В. Гульельми выявлена особая роль пондермоторных сил в околоземном и космическом пространстве. В работах В. А. Пилипенко и его коллег успешно развиваются исследования резонансных явлений в магнитосфере Земли. Н. Г. Клейменовой изучается волновой портрет магнитных бурь, а также возможное влияние геомагнитных пульсаций на биосферу и человека. Ф. З. Фейгин развивает нелинейную теорию генерации геомагнитных пульсаций типа “жемчужин”, наиболее любимых пульсаций В. А. Троицкой. В obs. “Борок” Б. И. Клайном разрабатывается не-

стандартный стохастический подход к интерпретации высокоширотных геомагнитных пульсаций. С. В. Анисимов (в настоящий момент заведующий obs. “Борок”) проводит уникальные эксперименты по изучению явлений в атмосферном электрическом поле Земли. Большой коллектив по изучению геомагнитных пульсаций работает в Иркутске в Институте солнечно-земной физики РАН, а также в Полярном геофизическом институте в г. Апатиты и в Санкт-Петербургском университете.

ГЕОМАГНИТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ В СОПРЯЖЕННЫХ ТОЧКАХ СОГРА–КЕРГЕЛЕН

Новым этапом в развитии исследований геомагнитных пульсаций стали организованные В. А. Троицкой в 1964 г. уникальные эксперименты по одновременной непрерывной регистрации геомагнитных пульсаций в сопряженных точках. Так называются две точки северного и южного полушарий, расположенные на противоположных концах одной и той же силовой линии магнитного поля Земли. Особый интерес к проблеме согласованных наблюдений в сопряженных точках возник после открытия радиационных поясов Земли и определения конфигурации магнитосферы с помощью данных, полученных на ракетах и спутниках.

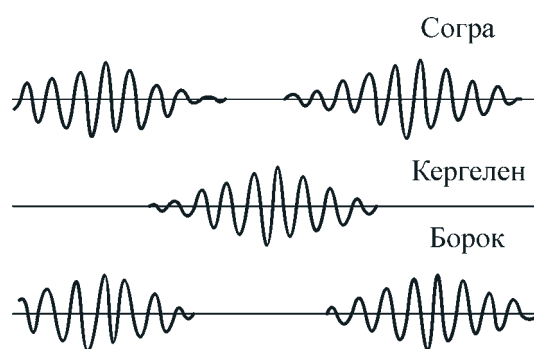
В экспериментах Согра–Кергелен, в отличие от предшествующих наблюдений, регистрация геомагнитных пульсаций выполнялась не с помощью самописцев с движущейся бумажной лентой, как это было принято в то время, а с помощью частотной модуляции на магнитофонах, которые только начали внедряться в геофизику. Это открыло новые широкие возможности для изучения динамики спектрально-временных закономерностей пульсаций.

Советско-французские исследования в сопряженных точках продолжались почти 15 лет. Особый интерес эти наблюдения вызывали также тем, что выбранные точки находились вблизи проекции важной структурной области магнитосферы – плазмплаузы, т.е. резкого градиента концентрации холодной плазмы в магнитосфере Земли на расстоянии около четырех земных радиусов от ее поверхности. Несомненный успех совместных советско-французских исследований в сопряженных точках привлек широкое внимание научных кругов, результаты этих исследований обсуждались на многих международных конференциях.

В результате синхронных геомагнитных наблюдений в сопряженных точках было установлено, что начало и конец появления серий колебаний Pc1 (“жемчужин”) в северном и южном полушариях в целом совпадают. Однако для огибающих серий “жемчужин” имеет место фазовый сдвиг около 180° . Это означает, что в момент, когда отдельная “жемчужина” регистрируется в одном полушарии, в другом колебания отсутствуют (рис. 4). С другой стороны, на станциях, расположенных в одном полушарии (например, в поселках Согра и Борок) колебания наблюдаются практически одновременно. Периоды повторения и несущая частота пульсаций Pc1 в сопряженных точках одинаковы, однако амплитуда волн может существенно отличаться. Направление вращения вектора поляризации колебаний в сопряженных точках противоположно. Отсюда был сделан вывод о том, что «жемчужины» представляют собой пакеты волн, распространяющиеся вдоль геомагнитных силовых линий из одного полушария в другое и обратно. Эти работы В.А. Троицкой были пионерскими и основополагающими для дальнейших теоретических исследований, выполненных позднее в ИФЗ Ф.З. Фейгиным и развитых в работах ученых нижегородской школы (ИПФ РАН и НИРФИ) под руководством В.Ю. Трахтенгерца и его ученика А.Г. Демихова.

Обнаруженные ранее В.А. Троицкой колебания типа КУП в том же частотном диапазоне, что и Pc1, в сопряженных точках не имели типичного для пульсаций Pc1 фазового сдвига, а появлялись одновременно. Наблюдения в сопряженных точках также показали, что в противоположность пульсациям Pc1 геомагнитные колебания типа Pc3 и Pi2 в северном и южном полушариях регистрируются одновременно с одинаковыми морфологическими характеристиками, что может быть проинтерпретировано как возбуждение волн в экваториальной плоскости магнитосферы.

Анализ данных наблюдений в сопряженных точках позволил по-новому подойти к вопросам генерации и распространения электромагнитных волн в околоземном пространстве. Впервые экспериментально было установлено, что большая часть геомагнитных пульсаций и ОНЧ излучений возбуждается в экваториальной плоскости магнитосферы и распространяется в ней вдоль силовых линий геомагнитного поля. Стало ясно, что на характер геомагнитных пульсаций и ОНЧ излучений, регистрируемых



на земной поверхности, большое влияние оказывает положение плазмопаузы, конфигурация которой значительно изменяется во время геомагнитных возмущений, вызванных возмущениями в солнечном ветре и межпланетном магнитном поле.

ГЕОМАГНИТНЫЕ ПУЛЬСАЦИИ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

К концу 1960-х годов был накоплен достаточно большой объем знаний о закономерностях морфологических особенностей геомагнитных пульсаций различных типов, что стало экспериментальной основой для существенно возросшего объема теоретических исследований, в которых достижения теоретической физики плазмы успешно привлекались для объяснения наблюдаемых на Земле пульсаций. Результаты исследований геомагнитных пульсаций привели к общепринятому впоследствии мнению, что ключевую роль в динамике магнитосферных явлений и передаче энергии в околоземном пространстве играют взаимодействия волн и частиц и целая плеяда различных плазменных неустойчивостей, порождающих волны, часть из которых наблюдается на земной поверхности в виде геомагнитных пульсаций и ОНЧ излучений.

Накопленные знания о закономерностях возбуждения геомагнитных пульсаций разных типов и их связи с плазменными процессами в магнитосфере Земли позволили В.А. Троицкой и А.В. Гульельми развить новое направление в геофизике – использование результатов наблюдений геомагнитных пульсаций на поверхности Земли для наземной диагностики состояния магнитосферы. Принципиальная возможность такой гидромагнитной диагностики основана на том, что характер генерации и распространения пульсаций существенно определяется структурой магнитосферы и плазменными процессами, развивающимися в магнитосфере и за ее пределами. Зондирование маг-

Рис. 4. Схема, показывающая фазовый сдвиг пульсаций Pc1 в сопряженных точках Согра и Кергелен

нитосферы электромагнитными волнами представляет собой классический метод измерения параметров околоземной плазмы. Применяя некоторые элементы электродинамики плазмы к интерпретации данных наземных наблюдений геомагнитных пульсаций, А. В. Гульельми были сформулированы основные принципы определения параметров магнитосферы и межпланетной среды. В. А. Троицкой и ее учениками была установлена связь между периодом устойчивых геомагнитных пульсаций типа Pc3 на земной поверхности и величиной межпланетного магнитного поля, показана возможность возбуждения колебаний в этом частотном диапазоне отраженными от магнитосферы протонами солнечного ветра. Кроме того, по дрейфу частоты гидромагнитных излучений были оценены электрические поля в магнитосфере, а по данным наземных наблюдений пульсаций определен размер подсолнечной магнитосферы и т.д.

Наземная диагностика магнитосферных явлений, разработанная В. А. Троицкой и ее учениками, имеет большое значение и сейчас, в эпоху космической эры. За заслуги перед отечественной космонавтикой В. А. Троицкая в 2007 г. была награждена медалью им. А. Л. Чижевского.

ГЕОМАГНИТНЫЕ ПУЛЬСАЦИИ В ПОЛЯРНЫХ ШИРОТАХ

Из-за особенностей топологии геомагнитного поля именно в полярные широты проектируются пограничные области магнитосферы, где происходят основные процессы взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли. Это взаимодействие носит нестационарный, нелинейный турбулентный характер. Область, расположенная между замкнутыми линиями геомагнитного поля на дневной стороне и силовыми линиями, уходящими далеко в хвост магнитосферы, называется дневным полярным каспом. Низкоорбитальные спутники пересекают достаточно эту узкую по широте область дневного каспа за очень короткое время, поэтому наблюдения на них не могут дать информации о характеристиках геомагнитных пульсаций с периодами больше нескольких секунд.

Наблюдения геомагнитных пульсаций, организованные и проведенные в Антарктиде под руководством В. А. Троицкой, позволили обнаружить и исследовать специфические типы полярных геомагнитных пульсаций. Так, В. А. Троицкой и О. В. Большаковой было обнаружено, что к наиболее



типичным геомагнитным колебаниям на широтах дневного каспа относятся специфические широкополосные иррегулярные пульсации диапазона Pc5 ($f \sim 1.5-5.0$ мГц) с амплитудой порядка 15–60 нТл, названные ими *ircl* (irregular pulsations cusp latitudes). Одним из возможных источников этих пульсаций может быть импульсное пересоединение силовых линий геомагнитного и межпланетного полей. Было найдено, что амплитуда *ircl* пульсаций увеличивается при возрастании скорости солнечного ветра, что в дальнейшем позволило связать генерацию этих колебаний с развитием неустойчивости Кельвина–Гельмгольца на флангах магнитосферы. В настоящее время установлено, что геомагнитные пульсации в области дневного полярного каспа могут быть также отражением волновых процессов на магнитопаузе и в турбулентном пограничном слое. В.А. Троицкой впервые было организовано проведение синхронных наблюдений геомагнитных пульсаций на геомагнитных полюсах в Арктике (обс. “Туле” в Гренландии) и Антарктике (обс. “Восток”). Анализ этих данных позволил понять решающую роль солнечного ветра в возбуждении геомагнитных вариаций в полярных широтах Земли.

Пионерские работы В.А. Троицкой и ее учеников по изучению геомагнитных пуль-

саций в полярных широтах стали базой для дальнейшего развития этого направления в мировом масштабе. Американскими учеными была создана плотная сеть наземных автономных цифровых обсерваторий в Антарктиде специально для изучения геомагнитных пульсаций и вариаций в полярной шапке.

РАЗВИТИЕ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Трудно переоценить роль В.А. Троицкой в развитии международного научного сотрудничества в области геофизики. Будучи два срока (8 лет) президентом Международной ассоциации по геомагнетизму и аэронмии (МАГА), она помогла принять участие в международных конференциях и совместных с иностранными специалистами исследованиях многим советским ученым, что в те годы было чрезвычайно сложно. Международный авторитет В.А. Троицкой открыл дверь для начала широкой кооперации российских ученых с коллегами из Франции, Великобритании, Германии, Норвегии, США, Италии, Финляндии и ряда других стран.

Геофизический комитет Академии наук стал не только координатором научных работ по многим направлениям геофизики, но и превратился в Мировой центр данных.

В.А. Троицкой создана научная школа по изучению геомагнитных пульсаций как важного элемента переменного магнитного поля Земли.

Результаты исследований геомагнитных пульсаций, выполненные В.А. Троицкой и ее учениками, привели к общепринятому мнению о том, что ключевую роль в динамике магнитосферы и передаче энергии в околоземном пространстве играют взаимодействия волн и частиц, а также целая плеяда различных плазменных неустойчивостей, порождающих волны в широком диапазоне частот. Большая часть этих волн наблюдается на земной поверхности в виде различных типов геомагнитных пульсаций и низкочастотных (ОНЧ) излучений.

По инициативе и при активном участии В.А. Троицкой были проведены совместные геомагнитные исследования в сопряженных точках и на геомагнитных полюсах, развита наземная сеть станций наблюдений.

Впервые были обнаружены и исследованы геомагнитные пульсации на широтах полярной шапки и дневного полярного каспа,

установлена их связь с возмущениями в солнечном ветре.

Развито новое направление в геофизике – наземная диагностика состояния магнитосферы и параметров солнечного ветра и межпланетного магнитного поля по данным наземных наблюдений геомагнитных пульсаций.

Будучи президентом МАГА, В.А. Троицкая помогла многим советским ученым принять участие в международных симпозиумах. Международный авторитет В.А. Троицкой способствовал началу кооперации российских ученых с коллегами из Франции, Великобритании, Германии, Норвегии, США и ряда других стран.

К сожалению, ушли из жизни такие талантливые ученики и коллеги В.А. Троицкой, как О.В. Большакова, Н.Ф. Мальцева, К.Ю. Зыбин, Д.Н. Четаев, В.А. Моргунов. В.А. Троицкой было опубликовано более 200 научных работ. Эти работы востребованы и сейчас, широко используемый в мировой практике индекс цитируемости научных работ В.А. Троицкой к 2008 г. составил более 1000. Ниже приведен список основных ее работ, где она была первым автором.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ
В.А. ТРОИЦКОЙ

- Троицкая В. А. Короткопериодические возмущения электромагнитного поля Земли // Докл. АН СССР. Нов. сер. 1953. Т. 91, № 2. С.241-244.
- Троицкая В. А. Короткопериодические возмущения электромагнитного поля Земли // Вопросы изучения переменных электрических полей в Земле. М., 1956. С.26-61. (Тр. ГЕОФИАН; № 32 (159).
- Троицкая В. А. Международный Геофизический Год. М.: Сов. Россия, 1957. 80 с.
- Троицкая В. А. Предварительные результаты изучения микроструктуры крупнейших магнитных бурь по короткопериодическим колебаниям // Магнитно-ионосферные возмущения. М., 1959. С. 24–29.
- Троицкая В. А., Мельникова М. В. О характерных интервалах колебаний, убывающих по периоду (10–1 с), в электромагнитном поле Земли и их связи с явлениями в верхней атмосфере // Докл. АН СССР. 1959. Т. 128, № 5. С. 917–920.
- Троицкая В. А. Устойчивые колебания и колебания типа цугов в Арктике и Антарктике // Короткопериодические колебания электромагнитного поля Земли. М.: Наука, 1961. С. 41–61.
- Troitskaya V. A. Pulsations of the Earth's electromagnetic field with periods of 1-15 sec and their connection with phenomena in the high atmosphere // J. Geophys. Res. 1961. Vol. 66, N 1. P. 5–18.
- Троицкая В. А., Альперович Л. А., Джорджио Н. А. О связи короткопериодических колебаний электромагнитного поля Земли и полярных сияний // Изв. АН СССР. Сер. Геофизика. 1962. № 2. С. 262–270.
- Троицкая В. А., Щепетнов Р. В. Зависимость интенсивности и частоты возбуждения короткопериодических колебаний электромагнитного поля Земли от циклов солнечной активности // Приклад. геофизика. 1963. Вып. 37. С 95-101
- Троицкая В. А. Классификация быстрых вариаций магнитного поля и земных токов // Геомагнетизм и аэрономия. 1964. Т. 4. №3. С. 615–616.
- Troitskaya V. A. Rapid variations of the electromagnetic field of the Earth // Res. Geophys. 1964. Vol. 1. P. 485–532.
- Troitskaya V. A., Gendrin R., Stefant R. Observations en points conjugués de haute latitude des émissions hydromagnétiques structures // C. R. Acad. Sci. 1964. Vol. 259, N 5. P. 1175–1178.
- Троицкая В. А., Мельникова М. В., Большакова О. В. и др. Тонкая структура магнитных бурь // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1965. № 6. С. 82–86.
- Троицкая В. А., Большакова О. В., Матвеева Э. Т. Быстрые вариации электромагнитного поля как индикатор состояния радиационных поясов и магнитосферы Земли // Геомагнетизм и аэрономия. 1966. Т. 6, № 3. С. 533–540.
- Troitskaya V. A. Micropulsations and the state of the magnetosphere // Solar. Terr. Phys. 1967. Vol. 7. P. 213–274.
- Troitskaya V. A., Gul`elmi A. V. Geomagnetic micropulsations and diagnostics of the magnetosphere // Space Sci. Rev. 1967. Vol. 7, N 5/6. P.689–768.
- Троицкая В. А., Щепетнов Р. В., Гульельми А. В. Оценка электрических полей в магнитосфере по дрейфу частоты гидромагнитных излучений // Геомагнетизм и аэрономия. 1968. Т. 8, № 4. С. 794-795.
- Троицкая В. А., Щепетнов Р. В., Гульельми А. В. Определение размеров подсолнечной магнитосферы по данным наземных наблюдений геомагнитных микропульсаций // Докл. АН СССР. 1968. Т. 182.

- Троицкая В. А. , Клейменова Н. Г. , Распопов О. М. и др. О связи иррегулярных пульсаций геомагнитного поля с пульсациями полярных сияний и ОНЧ-излучением // Геомагнетизм и аэронавигация. 1968. Т. 8, № 6. С. 1078-1082.
- Троицкая В. А. , Гульельми А. В. Геомагнитные пульсации и диагностика магнитосферы // УФН. 1969. Т. 97. С. 453-495.
- Троицкая В. А. , Фельдштейн Я. И. , Щепетнов Р. В. Пульсации $Pi2$, овал полярных сияний и плотность плазмы в магнитосфере // Докл. АН СССР. 1969. Т. 186, № 3. С. 575-577.
- Troitskaya V.A. , Gul'elmi A.V. Hydromagnetic diagnostics of the plasma in the magnetosphere // Ann. Geophys. 1970. Vol. 26.
- Троицкая В. А. , Плясова-Бакунина Т. А. , Гульельми А. В. Связь пульсаций $Pc2-4$ с межпланетным магнитным полем // Докл. АН СССР. 1971. Т. 197, № 6. С. 1312-1314.
- Troitskaya V.A. , Gul'elmi A.V. , Bolshakova O.V. et al. Indices of geomagnetic pulsations // Planet. Space Sci. 1972. Vol. 20.
- Troitskaya V.A. , Kleimenova N.G. Micropulsations and VLF-emissions during substorms // Planet. Space Sci. 1972. Vol. 20, N 9. P. 1499-1519.
- Troitskaya V.A. , Bolshakova O.V. , Hessler V.P. Main regularities of micropulsations at the geomagnetic poles // Polar micropulsations, College, Alaska, 1972. P. 53-83.
- Троицкая В. А. , Матвеева Э. Т. , Калишер А. Л. Связь возбуждения геомагнитных пульсаций $Pi1$ и $Pc1$ с магнитосферными суббурями // Геомагнетизм и аэронавигация. 1973. Т. 13, № 4. С. 755-757.
- Троицкая В. А. Геомагнитные пульсации // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1977. № 1. С. 70-72.
- Troitskaya V.A. , Bolshakova O.V. , Matveeva E. T. Geomagnetic pulsations in the polar cap Geomag. Geoelectr. 1980. Vol. 32, N 4.
- Troitskaya V.A. , Bolshakova O.V. , Ivanov K. G. High latitude $Pc1-2$ geomagnetic pulsations and their connection with location of the day-side cusp // Planet. Space Sci. 1980. Vol. 28, N 1.
- Troitskaya V.A. F wave investigations in the dayside cusp // Adv. Space Res. 1985. Vol. 5, N 4. P. 219-228.
- Троицкая В. А. , Пудовкин М. И. , Клейменова Н. Г. , Шалимов С. Л. Физические процессы в дневных полярных каспах. М.: МГК АН СССР, 1987. 127 с.

**СВЕДЕНИЯ
ОБ АВТОРЕ** **КЛЕЙМЕНОВА Наталья Георгиевна**
доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики Земли РАН
123995, Москва, Б. Грузинская ул., 10.

**V. A. TROITSKAYA – A FOUNDER
OF THE GEOMAGNETIC
PULSATION SCHOOL**

NATALIYA G. KLEIMENOVA

*Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS,
Moscow, Russia*

ABSTRACT It is well known, that the main Earth magnetic field peculiarity involves the presence of rapid variations (so called geomagnetic pulsations) with periods from second fractions to a few minutes. For the first time the serious systematic investigations of these small amplitude magnetic oscillations were started by V. A. Troitskaya during the International Geophysical Year (1957–1958), when the new network of 19 ground stations for earth currents observations were established due to her enthusiasm in different Russian regions. Three new stations (Borok, Lovozero and Pertopavlovsk-Kamchatsky) were built by our institute. Based on these observations V. A. Troitskaya revealed the main types of geomagnetic pulsations, its morphological properties and classification. Later on, in 1964–1976 the unique

Soviet-French simultaneous geophysical observations in conjugated points Sogra (the Arkhangelsk region) – Kerguelen (the island in the Indian Ocean) were carried out. This experiment was made possible only owing to the active diplomatic efforts of V. A. Troitskaya. The term “conjugated points” means two ground stations located in the North and South hemispheres at footprints of the ends of the same magnetic field line. The conjugated points experiment demonstrated that the most part of geomagnetic pulsations are generated in the equatorial plane of the Earth magnetosphere. It provided the base of understanding of the very important role of geomagnetic pulsations in the main physical processes in the magnetosphere and developing of the new direction in geophysics – the state magne-

tosphere diagnostics by means of ground observations of geomagnetic pulsations. Under the supervision of V. A. Troitskaya there were performed the first simultaneous geophysical observations at geomagnetic poles (obs. Thule and Vostok). As the IAGA (International Association on Geomagnetism and Aeronomy) President V. A. Troitskaya helped to many soviet scientists to take part in joint international studies and meetings. In her time it was very complicated problem. The international authority of V. A. Troitskaya opened the door for the scientific cooperation of Russian sciences with the colleagues in different countries. Some facts of her biography is illustrated her strong unusual character. Now V. A. Troitskaya is living in Australia. In November 2007 she celebrated her 90 year jubilee.