

КАФЕДРЕ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА — 75 ЛЕТ

Геофизика как самостоятельная область знания, изучающая физические процессы внутри Земли и в околоземном космическом пространстве, начала оформляться лишь в конце XIX века, когда накопилось достаточное количество наблюдений за различными геофизическими явлениями и потребовались их систематизация и обобщение. К этому времени уже имелись определенные сведения о размере и форме Земли, ее гравитационном, электрическом, магнитном полях. Во многих обсерваториях мира были организованы непрерывные наблюдения магнитного поля и электрических токов в земной коре, получивших название электротеллурических. Начались разработка теории распространения сейсмических волн, создание сети сейсмических станций и изучение строения Земли по сейсмическим данным. Наблюдения магнитного и естественного электрического полей рудных объектов положили начало прикладной (разведочной) геофизики.

Перспективность геофизических методов для изучения строения Земли была по достоинству оценена научным сообществом Петроградского университета, и при реорганизации физико-математического факультета в 1919 г. создана кафедра геофизики при геолого-почвенном факультете. Первым ее заведующим был профессор С. А. Советов. Вскоре стало ясно, что для подготовки специалистов в области геофизики нужна серьезная физико-математическая база, что не могло быть реализовано на геолого-почвенном факультете. Поэтому в 1923 г. кафедра переводится на физико-математический факультет. Начиная с этого времени кафедра готовит специалистов в различных областях глобальной и прикладной геофизики (сейсмологии, гравитации, земного магнетизма, геоэлектрики и метеорологии).

В 20-е годы геофизические методы развиваются быстрыми темпами, в широких масштабах проводятся магнитометрические и гравитационные измерения на Курской магнитной аномалии, идет активная подготовка к Генеральной магнитной съемке Советского Союза, которая началась в 1931 г., а также к II Международному Полярному году 1932–1933 гг., в программу которого входили наблюдения магнитного и электрического полей Земли, полярных сияний, распространения радиоволн и метеорологических явлений. Большое значение придается развитию прикладной геофизики — разведке полезных ископаемых наиболее мобильными и дешевыми геофизическими методами.

Для работы во вновь открываемых научно-исследовательских институтах и производственных организациях требовалось большое количество специалистов. Для их подготовки в 1930–1931 гг. на физическом факультете создано геофизическое отделение, которое возглавил профессор П. Н. Тверской. Отделение включало четыре кафедры — физики атмосферы, земного магнетизма, сейсмологии, гравитации и электрометрии. Педагогическую и научную работу на кафедрах проводили крупные ученые: Н. В. Розе, Н. Н. Соколов, В. Р. Бурсиан, В. А. Фок, В. К. Фредерикс и другие. В 30-е годы коллективами этих кафедр создаются новые приборы, разрабатываются новые методы изучения строения Земли и поисков полезных ископаемых, начинаются исследования магнитных свойств изверженных горных пород, проводится магнитная съемка района “второго Баку”, где успешно решается задача определения глубины кристаллического фундамента. Выпускники кафедр внесли большой вклад в изучение Арктики и Антарктики; Е. К. Федоров принял участие в экспедиции на СП-1 в группе И. Д. Папанина.

В 1937 г. геофизическое отделение было преобразовано в кафедру геофизики. К сожалению, в этот период кафедра лишилась талантливых ученых и преподавателей. Жертвами политических репрессий стали В. Р. Бурсиан, Н. В. Розе, Н. Н. Соколов, которые внесли заметный вклад не только в советскую, но и в мировую геофизику. Их яркая творческая жизнь была оборвана жестоко и бессмысленно.

Учеными кафедрами создаются первые в России, да, пожалуй, и в мире, учебники и учебные пособия по геофизике: “Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке”, т. 1 — в 1933 г., т. 2 — в 1936 г. (С. В. Бурсиан), в 1934 г. — “Земной магнетизм и магнитная разведка” (Н. В. Розе, Н. Н. Трубяччинский, Б. М. Яновский), в 1940 г. — “Физика Земли. Электрометрия” (А. П. Краев), в 1941 г. выходит учебник “Земной магнетизм” (Б. М. Яновский), который выдержал в дальнейшем четыре издания.

В первые дни Великой Отечественной войны многие студенты и сотрудники кафедр ушли на фронт. В ряды защитников Родины встали Б. Е. Брюнелли, Б. И. Верховский, Г. В. Молочнов, Н. В. Шаньгин, Н. Е. Вульфсон, И. Н. Успенский. Часть сотрудников кафедры эвакуировалась вместе с университетом в Саратов, а оставшиеся в Ленинграде А. П. Краев, В. Р. Зацепин и И. П. Иванов успешно занимались оборонной тематикой. В эти годы А. П. Краев разработал метод частотного электромагнитного зондирования и в блокированном городе защитил докторскую диссертацию по этой тематике. Метод получил широкое развитие в послевоенные годы.

В 1944 г. кафедра возобновила работу в Ленинграде. Восстанавливается структура кафедры, начинается подготовка студентов и аспирантов по широкому кругу проблем глобальной и прикладной геофизики. Единство учебного и научного процессов обеспечивает подготовку специалистов, способных решать крупные научные проблемы. Продолжается развитие и совершенствование метода частотного электромагнитного зондирования, в 1946–1949 гг. под руководством А. П. Краева проведены первые в мире сверхглубинные дипольные электрические зондирования, в результате которых получены сведения об электрических параметрах земной коры до глубины около 30 км.

Под руководством Б. М. Яновского (зав. кафедрой с 1944 по 1967 г.) продолжались исследования магнитных свойств горных пород. Впервые в мире была экспериментально показана большая роль высоких температур в процессах намагничивания горных пород в естественных условиях и доказано, что самообращение намагниченности может возникнуть вследствие неоднородного температурного режима и

неоднородного состава пород. В 50-е годы начались работы по изучению древнего магнитного поля Земли — палеомагнетизма.

Г. В. Молочнов (зав. кафедрой с 1967 по 1988 г.) возглавил работы по созданию методики и аппаратуры для проведения частотного зондирования с вертикальным магнитным диполем, были предложены способы интерпретации полевых наблюдений. В содружестве с НПО «Севморгео» проведен большой объем работ по этой методике на берегу и акваториях (шельфе) северных морей, а также опытно-методические работы по развитию этих методов и применению их с движущихся судов. Разработанные на кафедре под руководством Б. Е. Брюнелли высокочувствительные короткопериодные магнитометры позволили впервые в Советском Союзе осуществить магнитотеллурическое зондирование в широком диапазоне периодов колебаний геомагнитного поля.

Последние десятилетия кафедра продолжает развиваться как уникальный учебно-научный геофизический центр России по подготовке бакалавров, магистров, аспирантов и докторантов и проведению научных исследований, ориентированных на решение комплексных геофизических проблем изучения Земли как планеты в целом — всех ее оболочек, как внутренних, начиная от земного ядра, так и внешних: от ионосферы вплоть до внешних сфер Солнца, причем исследования осуществляются на основе всего комплекса геофизических методов — сейсмических, магнитных, гравитационных и электромагнитных.

Научно-исследовательская работа на кафедре ведется по следующим основным направлениям.

Физика солнечно-земных связей

Физика солнечно-земных связей как научное направление сформировалась сравнительно недавно. В Петербургском (Ленинградском) университете пионерами в этой области были такие известные ученые, как Б. М. Яновский, И. А. Лебединский, В. А. Троицкая. В 60-е годы вновь созданную лабораторию физики магнитосферы возглавил выпускник кафедры геофизики М. И. Пудовкин. Обширна тематика исследований, ведущихся более тридцати лет под его руководством. Это разработка физической модели взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли, исследование магнитосферной суббури; разработка пересоединения магнитных полей в сжимаемой плазме применительно к физическим процессам в солнечных вспышках и в различных областях магнитосферы; разработка методов прогноза состояния магнитосферы по наблюдениям крупномасштабных магнитных полей на Солнце; исследование механизма воздействия активных областей на Солнце на состояние нижней атмосферы; исследование влияния радиовсплесков солнечного излучения на концентрацию водных кластеров и, следовательно, на увеличение поглощения солнечной энергии. Среди ученых-геофизиков, прошедших школу в лаборатории физики магнитосферы, такие известные в настоящее время исследователи, как В. С. Семенов, В. А. Сергеев, О. А. Трошичев, Н. А. Цыганенко, В. Е. Захаров, А. Д. Чертков, С. С. Сажин, А. Г. Яхнин, Мартин Хейн (Австрия) и др.

Палеомагнетизм и магнетизм горных пород

Исследования в этих областях геомагнетизма заложены на кафедре Б. М. Яновским и В. В. Металловой и продолжают в настоящее время В. А. Шашкановым, И. Н. Петровым, А. В. Смирновым, А. А. Костеровым, Е. С. Сергиенко. В палеомагнитных исследованиях основной упор делается на изучение поведения древнего поля в периоды геомагнитных инверсий. Разработанный в лаборатории в середине

70-х годов оригинальный и принципиально отличный от традиционных безнагрев-ный метод определения абсолютных величин палеонапряженности позволил сделать прорыв в представлениях о поведении поля в эти периоды, что определило состояние современных знаний о генерации поля вообще и особенно во время инверсий — в наиболее “острые” и потому интересные периоды эволюции земного гидромагнитного динамо. Геомагнитная лаборатория — ведущий коллектив страны по изучению магнитных свойств горных пород и разработке методов получения палеомагнитной информации. Здесь впервые в стране исследованы явление самообращения намагниченности пород и роль обменной анизотропии в механизмах этого явления, впервые сформулированы и описаны понятия магнитной метастабильности мелких ферромагнитных частиц; сделаны открытия в таких областях магнетизма горных пород, как термоостаточное, переходное термоостаточное, вязкое и термовязкое намагничивания, в интервале температур от сверхнизких до 700 °С; ведутся всесторонние исследования ориентационного намагничивания осадочных горных пород — закономерностей намагничивания и формирования магнитной анизотропии, построена и развивается теория этих процессов; продолжается изучение эффектов низкотемпературной и высокотемпературной магнитной памяти магнетита.

Геоэлектрика

Традиционным направлением для кафедры физики Земли является геоэлектрика. Начало этих исследований было заложено в 30-е годы В. Р. Бурсианом, В. К. Фредериксом и В. А. Фоком. В послевоенные годы большой вклад в развитие этого направления внес А. П. Краев и его ученики Г. В. Молочнов и Л. Б. Гасаненко. В стенах Петербургского (Ленинградского) университета была разработана теория методов частотного зондирования и получена информация о геоэлектрическом строении донных осадков на шельфе Ледовитого океана.

Новый раздел геоэлектрики, основанный на использовании естественного электромагнитного поля в широком интервале периодов для изучения электропроводности Земли, возник в конце 50-х годов по инициативе Б. М. Яновского. В течение последних тридцати пяти лет под руководством профессора А. А. Ковтун проводятся магнитотеллурические зондирования на северо-западе России. Разработана методика магнитотеллурических исследований в горизонтально неоднородных средах и показана перспективность этого метода для решения таких задач:

- расчленение осадочного чехла по литологическому составу; выявление блокового строения литосферы и обнаружение шовных зон, связанных с глубинными разломами и зонами металлогении;

- обнаружение аномально проводящих зон коры, связанных с трещиноватостью горных пород в сейсмоактивных зонах и развитие на этой основе методики прогнозирования;

- изучение распределения электропроводности в коре и подкоровой области в пределах однородного блока и развитие представлений о строении коры и верхней мантии.

Магнитотеллурические зондирования, проводимые ежегодно сотрудниками лаборатории, позволили выявить ряд особенностей в строении коры и мантии на северо-западе Восточно-Европейской платформы и Балтийском щите. Большой вклад в развитие этой тематики внесли Л. Н. Порохова, С. А. Вагин, И. Л. Варданянц, О. Н. Моисеев, Н. И. Успенский.

В последние годы под руководством С. С. Крылова развивается новая область “неклассической геоэлектрики”, рассматривающее геологическую среду как нели-

нейную гетерогенную полиморфную систему. В этом случае нарушается традиционное в геоэлектрике квазидвумерное приближение, а электрические свойства среды становятся частотно зависимыми.

Сейсмология

Сейсмологическое направление на кафедре физики Земли зародилось с первых лет существования кафедры. В 20-х годах его возглавлял профессор П. М. Никифоров, который внес большой вклад в развитие отечественной сейсмометрии. Профессор Д. П. Кирнос, один из выпускников кафедры в предвоенные годы, создал впоследствии сейсмографы, которыми были оснащены сейсмические станции Советского Союза. В послевоенные годы на формирование сейсмологической школы большое влияние оказал профессор Е. Ф. Саваренский, который постоянно поддерживал связь с Ленинградским университетом, читая курс лекций и руководя дипломными работами студентов. Он воспитал плеяду крупных советских сейсмологов, к которым в первую очередь следует отнести выпускника кафедры академика С. Л. Соловьева, внесшего огромный вклад в развитие сейсмологических наблюдений, в том числе и наблюдений цунами на Дальнем Востоке. Затем на кафедре оформились две исследовательские группы — сейсмометрическая, возглавляемая профессором Е. М. Линьковым (с 1997 г. — старшим научным сотрудником Л. Н. Петровой), и вычислительной и интерпретационной сейсмологии, возглавляемой профессором Т. Б. Яновской. Под руководством Е. М. Линькова созданы уникальные длиннопериодные сейсмографы, позволяющие регистрировать сейсмические колебания с периодами более одного часа. Регистрация и анализ этих колебаний вызвали к жизни новое направление в длиннопериодной сейсмологии, нацеленное на изучение медленных колебаний Земли, связанных с геодинамическими процессами и процессами в атмосфере. Труды Т. Б. Яновской и ее учеников разработаны новые подходы к интерпретации сейсмологических наблюдений, в частности наблюдений поверхностных волн. Томографические методы интерпретации поверхностных волн в настоящее время используются в разных сейсмологических учреждениях мира. Кафедра имеет две широкополосные цифровые сейсмические станции сети NARS — одну в Петергофе, другую в Пскове, — записи которых используются как для глобальных сейсмологических исследований, так и для изучения местных слабых толчков.

Прямые и обратные задачи динамики упругих сред

Под руководством профессора Г. И. Петрашеня с 1955 г. развивается научное направление “динамическая теория распространения сейсмических волн в сложных средах”. В настоящее время эту область исследований возглавляет профессор Б. М. Каштан. В лаборатории динамики упругих сред разработаны уникальные методы расчета волновых полей в тонкослоистых и анизотропных средах. Предложена интерактивная система построения эффективной сейсмической модели с использованием наземных и скважинных сейсмических наблюдений.

С 1985 г. на кафедре развивается научное направление “дифракционная геофизическая томография и робастные методы анализа геофизических полей” (руководитель В. Н. Троян, зав. кафедрой с 1988 г.). Разработаны оригинальные методы обращения геофизических полей способом дифракционной томографии. Предложены новые методы регуляризации решения обратных геофизических задач. Разработаны робастные адаптивные методы оценивания параметров сейсмических сигналов для нестационарных и негауссовых моделей сейсмограммы.

В настоящее время на кафедре работают пятьдесят семь человек, в том числе девять докторов наук и тридцать шесть кандидатов наук. Среди них два соросовских профессора (М. И. Пудовкин и А. А. Ковтун) и три президентских стипендиата "Выдающийся ученый России" (М. И. Пудовкин, Т. Б. Яновская, В. Н. Троян). В 1997 г. кафедра получила грант РФФИ на поддержку научной школы "Физика Земли и солнечно-земных связей" (руководители В. Н. Троян, М. И. Пудовкин, Т. Б. Яновская). В последнее пятилетие сотрудники кафедры получили ряд российских и зарубежных грантов, в том числе: двенадцать грантов РФФИ, четыре гранта Минобразования РФ, семь грантов Международного научного фонда, два гранта INTAS, грант НАТО, два гранта Немецкого научного общества, грант Фонда "Фольксваген", грант Японского научного фонда и грант Норвежского королевского фонда.

Кафедра физики Земли в настоящее время является организатором и координатором значительного объема фундаментальных геофизических исследований. На ее основе создан Геофизический центр, она выступает как головная организация в двух российских программах — "Геокосмос" и "Интергеофизика" и возглавляет раздел "Геофизика" в Конкурсе грантов по фундаментальному естествознанию Минобразования РФ.

Кафедра имеет широкие международные связи — осуществляется постоянный обмен студентами, магистрантами, аспирантами и сотрудниками с девятнадцатью зарубежными университетами. Выпускники и сотрудники кафедры физики Земли достойно представляют российскую геофизику на международных конференциях и в совместных проектах.

За последние пятнадцать лет сотрудниками кафедры опубликовано более семисот статей в отечественных и зарубежных научных журналах, а также десять монографий. Многие сотрудники кафедры являются членами таких российских и международных геофизических обществ, как Российское физическое общество, Евразийское геофизическое общество, Европейское геофизическое общество, Европейское общество геофизиков-разведчиков, Американский геофизический союз, Немецкое геофизическое общество и др.

В. Н. Троян