

*Т. В. Ершова, В. П. Горбатенко*

## ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В ТОМСКЕ

Дается описание истории исследования атмосферного электричества в Томске. Приводятся первые представления коренных народов Сибири о молниях, первые научные исследования атмосферного электричества в Томском государственном университете. Описываются современные исследования грозовой активности в Томском политехническом и Томском государственном педагогическом университетах.

**Ключевые слова:** *атмосферное электричество, грозовая активность, счетчики разрядов молний.*

Атмосферное электричество – важный фактор окружающей среды, тесно взаимосвязанный с другими составляющими природного комплекса планеты и воздействующий на жизнедеятельность человека. Изучение атмосферного электричества на протяжении более 200 лет привлекает внимание ученых и практиков по ряду причин: результаты исследований востребованы в физике атмосферы, в метеорологии, сейсмологии, вулканологии, а эффективная защита от статического электричества и грозовых разрядов требует лучшего понимания физических процессов формирования и развития разряда. Но существует и другая сторона проблемы. Функционирование систем радиосвязи, радиолокационных станций, выбросы промышленных предприятий, автотранспорта способны изменить электрические свойства атмосферы, а это может иметь непредсказуемые экологические последствия. Изучением истории исследования атмосферного электричества в Томске занимались в Томском политехническом университете [1, с. 126–130], а также некоторые сведения по данному разряду приведены в монографии В. И. Слущкого [2].

Целью данной работы является продолжение исследований по истории изучения атмосферного электричества в Томске с акцентом на исследование грозовой активности с привлечением новых источников.

Одно из самых распространенных электрических явлений в атмосфере Земли – гроза, которая издревле вызывала страх у людей, и они пытались на уровне существовавших представлений объяснить происхождение молнии и грома. Например, у коренного народа Сибири – хантов – гром ассоциировался с криком глухаря, который открывает красный рот и при этом сверкает молния [3]. Ханты подмечали, что зимой глухарь не кричит, так как у него замерзает горло. Для предупреждения грозы ханты вблизи жилища ставили топор лезвием вверх, навстречу туче. Отметим, что схожие представления были и у индейских племен Северной Америки. Индейцы верили, что молния – это огненное оперение мистической птицы, которая, размахивая крыльями, создавала гром [4, р. 184].

Богом грома у манси был Сяхыл-Торум. По мансийским представлениям, громовник Сяхыл-Торум живет на небе, разъезжая по черным облакам на оленях с мамонтовыми рогами, на его повозке находится бочка с водой. От удара вожжи Сяхыл-Торума рождается молния, а из сотрясаемой бочки льется дождь. Сяхыл-Торум, как и прочие боги-громовники, поражал огненным оружием (стрелами торум-санкв) своих врагов кулей и менквов, злых существ, вредящих людям. Манси приносили в жертву Сяхыл-Торуму оленя или корову. По более поздним представлениям, бытующим у манси, Сяхыл-Торум выступал в образе лебедя. По представлениям других сибирских жителей – чатов и зуштинцев, – вплоть до начала XVII в. грозовую тучу и дождь можно было вызвать с помощью волшебного камня «иил-таш» [5].

Научный подход в исследованиях атмосферного электричества и грозовой активности имеет в Томске глубокие корни. Безусловно, особое развитие получила наука с открытием Томского университета в 1888 г. Но и до этого времени делались попытки объяснить происхождение молнии и организовать метеорологические наблюдения на территории Сибири.

Постоянные метеорологические наблюдения в Томске были организованы в 1733 г. во время проведения Академией наук Второй Камчатской экспедиции, которую в некоторых документах называли Сибирской экспедицией. В экспедиции приняли участие ученые немецкого происхождения Г. Ф. Миллер и И. Г. Гмелин и русский студент С. П. Крашенинников. Каждый из участников отвечал за определенный раздел исследований. Академик Иоган Георг Гмелин отвечал за организацию метеорологических станций по пути следования экспедиции и контроль за их деятельностью, а также за исследование климата. Экспедиция основала 20 метеорологических станций по пути следования. Это была первая в России регулярная сеть. Первым городом, в котором была организована постоянная метеорологическая станция в 1733 г., была Казань, Томск был в этом ряду шестым [1].

В Томске метеорологические наблюдения были поручены казаку Петру Саломатову, которого мест-

ные жители считали любителем естественных наук. Об этой встрече Гмелин вспоминает: «Мы познакомились с этим казаком: выпросили его у канцелярии для метеорологических наблюдений, обучили его и оставили ему необходимые приборы. Понятливый господин казак... хоть только российской грамоте читать и писать умел, однако от природы имел нехудой разум. Такие умы можно встретить не очень часто в Сибири» [6]. Была разработана специальная инструкция по проведению наблюдений, которая включала, помимо измерений атмосферного давления, температуры и характеристик ветра, визуальные наблюдения за атмосферными явлениями (осадками, туманом и грозой). Необходимо было отмечать продолжительность и интенсивность явлений. Наблюдения в Томске продолжались до 1737 г., а затем прекратились [2]. Результаты наблюдений были переданы в архив Академии наук, но в России не опубликованы. Считается, что они вошли в книгу французского ученого Л. Кота «Метеорология», изданную в 1784 г.

В России было много энтузиастов, которые добровольно и безвозмездно проводили метеорологические наблюдения. Русское Географическое общество содержало сеть грозозонных станций, которые затем были переданы Главной физической обсерватории (ГФО).

Согласно историческому обзору, проведенному доцентом кафедры метеорологии и климатологии ТГУ Владимиром Израильевичем Слущим [2], метеорологические наблюдения, включая грозозонную активность, в Томске возобновились благодаря работникам учебных заведений: директора народных училищ Новотроицкого, директора духовного училища С. Эльснера, учителя Сидоренко, штатного смотрителя томских училищ П. А. Буткеева, директора реального училища Г. К. Тюменцева. Гавриил Константинович Тюменцев проводил регулярные наблюдения в течение 40 лет. В 1874 г. станция располагалась за городом в Малом лагере, затем (с 1884 г.) в здании реального училища, а с 1886 г. на усадьбе Г. К. Тюменцева – на северо-западном углу Солдатской и Бульварной улиц (ныне угол Красноармейской и Кирова). В 1934 г. метеорологическая станция перенесена на южную окраину города, где она находится до сих пор.

Основание Томского университета и исследования русского физика Николая Александровича Гезехуса (первого ректора Томского государственного университета и руководителя кафедры физики с физической географией и метеорологией) открыли новый этап в изучении электрических процессов в атмосфере. В работе «Атмосферное электричество» Н. А. Гезехус рассматривает электрические явления в атмосфере в связи с ветром и метелями. Самым замечательным открытием Н. А. Гезехуса

следует считать его исследования электризации водных брызг, которые и дали основу современному представлению об электризации облаков и осадков. Он обнаружил, что вблизи водопадов в воздухе имеется свободное отрицательное электричество, появляющееся в результате того, что отрывающиеся от массы воды брызги заряжаются отрицательно. Такой же эффект наблюдается и при разбрызгивании капель воды от какой-либо струи или капель дождя. Отметим, что многие зарубежные исследователи, наблюдавшие эти явления раньше (например Ф. Ленард в 1892 г.) не смогли объяснить данный механизм электризации. И только профессор Томского университета Н. А. Гезехус со своими учениками обстоятельно изучил это явление и дал ему исчерпывающее объяснение.

Вопросами атмосферного электричества в Томском государственном университете занимался и последователь Н. А. Гезехуса – профессор кафедры физики Федор Яковлевич Капустин. Ф. Я. Капустин родился в 1858 г., сначала учился в Томской, затем в Петербургской гимназиях, окончил физико-математический факультет Петербургского университета и некоторое время работал в лаборатории своего родного дяди Д. И. Менделеева. В 1876 г. они совместно работали над переводом с немецкого монографии директора норвежского метеорологического института Мона «Метеорология, или учение о погоде». Редактировал эту книгу и написал предисловие Д. И. Менделеев, а одним из переводчиков был Ф. Я. Капустин. Любопытна запись на титульном листе: «Сумма, которая может быть выручена от продажи этой книги, назначается на устройство большого аэростата и вообще на изучение метеорологических явлений верхних слоев атмосферы» [4].

Ф. Я. Капустин во время учебы в Петербургском университете познакомился с будущим изобретателем радио Александром Степановичем Поповым. Уже через год после изобретения радио в 1896 г. молодой профессор университета Ф. Я. Капустин проводил в Томске измерения с помощью «грозоотметчика» А. С. Попова [7, с. 154]. Таким образом, Томск стал одним из первых мест в России, где стали проводить инструментальные измерения характеристик гроз.

Научная работа Ф. Я. Капустина была в основном связана с вопросами атмосферного электричества и была защищена в Петербурге в 1895 г. [2] Магистерская диссертация Капустина называлась: «Влияние электрических и магнитных сил, а также силы тяжести на объем и давление газов. Рассуждение, представляемое для получения степени магистра физики».

Ученые Томска активно организовывали экспедиционные исследования. Так, во время экспеди-

ции ТГУ к устью Енисея в 1895 г. кроме прочих измерительных приборов был и грозоотметчик А. С. Попова. Ровно через 40 лет после экспедиции в 1936 г. была предпринята попытка измерить параметры распространения электромагнитных волн, и с этого времени начались регулярные наблюдения на ионосферной станции Томского университета – одной из первых в СССР.

В 1905 г. Дмитрий Александрович Смирнов (хранитель физического факультета Томского университета, выпускник Петербургского университета) выполнил первые опыты атмосферно-электрических измерений с аэростата. С 1924 г. Д. А. Смирнов работал в Главной физической обсерватории в Санкт-Петербурге [2].

Выпускник Петербургского университета Владимир Дмитриевич Кузнецов, в дальнейшем директор СФТИ (в периоды 1929–1933 и 1937–1960 гг.) и действительный член Академии наук СССР, также занимался вопросами метеорологии, например читал лекции по метеорологии в ТГУ, а также в период с 1921 по 1924 г. в газете «Красное знамя» представлял метеорологические обзоры. Описывая грозы, В. Д. Кузнецов отмечал, что в последние годы грозовая деятельность очень слабая, современные грозы совершенно не похожи на те, которые были лет 20 назад. Здесь мы имеем дело с периодическими колебаниями грозовой деятельности, но продолжительность периода пока не установлена [2].

Видную роль в изучении грозового процесса играют ученые Томского политехнического университета. В 1911 г. при кафедре физики Томского технологического института с помощью ГФО создается метеорологическая станция [8], которая наряду с измерениями характеристик ветра, продолжительности солнечного сияния, проводит измерения параметров атмосферного электричества. Под руководством А. А. Воробьева изучалось электричество в горных породах, что фактически легло в основу современных представлений о различии электромагнитных полей над массивами разного вещественного состава [9].

Интенсивное развитие электрических сетей и неприемлемо низкий уровень надежности работы воздушных линий электропередачи при грозах в 1930–40-х гг. обусловили проведение в СССР широкого спектра исследования молнии, характеристик грозовой деятельности и методов расчета грозоупорности воздушных линий электропередачи (ЛЭП). Благодаря усилиям И. С. Стекольников, В. В. Бургсдорфа, Д. В. Разевига, А. И. Долганова, М. В. Костенко и ряда других ученых наша страна в 1950–60-х гг. занимала ведущее место в мире по уровню научных работ в этой области. Наиболее острые проблемы в области грозозащиты для тех

лет были решены. Но пока доля грозовых отключений ЛЭП может достигать 30 и даже 50 % от общего числа автоматических отключений проблема обеспечения оптимальной надежности грозозащиты остается актуальной.

Для обоснованного проектирования молниезащиты высоковольтных линий (ВЛ) электропередачи требуются качественные исходные данные об интенсивности грозовой деятельности и параметрах молнии, а также о фактической эксплуатационной надежности ВЛ разных классов напряжения. В НИИ высоких напряжений при ТПИ (НИИ ВН) в течение многих лет по заказам Западно-Сибирских и Казахстанских энергосистем проводился детальный анализ грозозащиты линий электропередачи 6–500 кВ. Результаты анализа причин отключений сравнивали с ожидаемым числом грозовых отключений. Методика ожидаемого числа грозовых отключений была основана на использовании результатов регистрации на метеостанциях суммарной за грозовой сезон продолжительности гроз в часах и в целом согласовалась с опытом эксплуатации линий электропередачи различного конструктивного исполнения. Расчетное число грозовых отключений хотя и превышало фактическое, но было приемлемо для анализа надежности грозозащиты линий электропередачи. При анализе отключений сотрудниками НИИ ВН было замечено, что при переходе от одного района к другому соотношение числа ожидаемых и фактических грозовых отключений может отличаться в несколько раз даже при одинаковом числе грозовых часов, зарегистрированных метеорологическими станциями. Стало очевидным, что основной причиной такого различия является именно отличие плотности разрядов молнии в землю за один грозовой час. Серьезные расхождения расчетных и эксплуатационных уровней отключений линий электропередачи (ЛЭП) побудили создание лаборатории молниезащиты и исследования основных характеристик грозовой деятельности.

В 1970–80-е гг. в НИИ ВН при ТПИ под руководством А. А. Дульзона его учениками В. Г. Домашенко, Ф. А. Гиндуллиным, Р. Ф. Есипенко, В. П. Ажержмачевой был обобщен опыт эксплуатации грозозащиты сетей как высших классов напряжения, так и распределительных, установлена реальная картина и даны конкретные рекомендации по ряду энергосистем. В частности, было доказано наличие избирательной грозопоражаемости отдельных участков ЛЭП, установлена весьма слабая зависимость числа грозовых отключений от сопротивления заземления опор. Разработана методика расчета ожидаемого числа грозовых отключений ВЛ 6–10 кВ от прямых ударов молнии и индуктированных перенапряжений. Одновременно в лаборатории нача-

лись исследования, направленные на уточнение параметров молнии и пространственно-временных характеристик интенсивности грозовой деятельности.

На основании многочисленных отечественных и зарубежных экспериментальных данных о разряде молнии С. А. Разиным и В. И. Потапкиным была разработана удачная расчетная модель молнии и с ее помощью исследованы основные закономерности измерения электромагнитного поля молнии на разных расстояниях от места разряда. На этой основе была разработана и испытана серия счетчиков разрядов молнии, счетчиков числа компонентов в разряде, измерителей интервала между компонентами, установка для дистанционного измерения токов молнии. Был выполнен детальный анализ погрешностей измерения токов молнии и предложены пути их снижения. При участии кандидата географических наук, доцента Томского государственного университета Н. М. Алёхиной были проведены исследования интенсивности грозовой деятельности и ее распределения в пространстве и времени как по итогам инструментальных измерений, так и по данным метеостанций. На протяжении многих лет коллективом лаборатории молниезащиты выполнялись хозяйственные работы по построению региональных карт грозовой деятельности для территории Томской области, ряда областей Казахстана и других регионов, которые были утверждены Минэнерго СССР в качестве нормативных для энергосистем Сибири и Казахстана («Томскэнерго», «Карагандаэнерго», «Южказэнерго», «Алтайэнерго», «Запказэнерго», «Гурьевэнерго», «Кустанайэнерго») [1].

Заслугой коллектива являлось и создание на территории Томской области одной из первых в России сети инструментальных наблюдений над разрядами молний. В НИИ ВН были сконструированы оригинальные счетчики молний, типа рекомендованных мировыми стандартами СИГРЭ (Международной конференции по большим энергетическим системам) [10]. Регистрация молний осуществлялась на базе 10 метеорологических станций Томской области в течение грозовых сезонов 1985–1988 гг.

Успех коллектива, работавшего на базе НИИ высоких напряжений, был обусловлен и тесным сотрудничеством с рядом ведущих научных коллективов, таких как ЭНИН им. Кржижановского (г. Москва), КирНИОЭ (Киргизия, г. Фрунзе), АзНИИЭ (Азербайджан, г. Баку). На многочисленных полигонах, расположенных на базе ГГО (около Ленинграда), в районе г. Пржевальск (Киргизия), на полигонах Высокогорного геофизического института (г. Нальчик), около Томска и во Вьетнаме проводились сравнительные испытания счетчиков молний, разработанных в разных лабораториях

страны. Для получения распределений токов молнии в зависимости от географической широты, высоты местности и ряда других факторов наряду с совершенствованием метода магнитозаписи разработана методика и аппаратура для дистанционного измерения токов молнии, изготовлен и поставлен во Вьетнам комплекс аппаратуры для исследования гроз и молний в тропических широтах. Определенный вклад внесен также в методику расчета грозовых перенапряжений в подземных кабелях связи (А. М. Купцов) и распределительных сетях 6–10 кВ (Ф. А. Гиндуллин).

В составе коллектива в разные годы работали энергетики и электрофизики (В. П. Ажермачева, Н. Б. Вишневенцкая, Ф. А. Гиндуллин, В. Г. Домашенко, Р. Ф. Есипенко, В. М. Красик, А. М. Купцов, Г. Е. Куртенков, Л. Б. Линхоев, А. О. Луц, Р. Н. Макаров, В. А. Раков, Д. В. Шелухин, Ю. В. Шойванов, Н. А. Яворовский), метеорологи (Н. М. Алёхина, В. П. Горбатенко, Н. Г. Иванова (Воронцова), М. В. Решетько, Т. В. Ершова), радиофизики и радиотехники (Э. Ф. Женихов, А. А. Пегов, В. И. Потапкин), математики (В. А. Баранов, С. А. Разин), геолог (В. А. Сараев).

По перечисленным выше направлениям сотрудниками НИИ ВН опубликованы сотни научных публикаций и более пятидесяти патентов. Защищены две докторские диссертации (А. А. Дульзон, В. П. Горбатенко) и ряд кандидатских (В. И. Потапкин, В. Г. Домашенко, В. А. Раков, Н. М. Алёхина, Ф. А. Гиндуллин, Ю. Р. Шойванов, В. П. Горбатенко, М. В. Решетько, Т. В. Ершова).

Исследования атмосферного электричества в различных аспектах его проявления продолжают в Томске и сегодня в различных подразделениях, как вузов, так и Академии наук (СО РАН). Традиционно продолжают исследования в Томском политехническом университете. Ученики этой школы развивают исследования в Томском государственном университете и Томском государственном педагогическом университете. В настоящее время проводятся исследования по пространственно-временному распределению грозовой активности на территории Западной Сибири и Алтая, а также Германии; анализируются характеристики грозовой атмосферы; синоптические условия образования гроз; физико-статистические характеристики молний.

На базе институтов мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС) и оптики атмосферы СО РАН проводятся исследования параметров атмосферного электричества. На базе ИМКЭС с 2006 г. на специально оборудованной наблюдательной площадке осуществляется мониторинг электрических характеристик состояния атмосферы (в том числе напряженности электрического

поля атмосферы) и параллельно с этим выполняются актинометрические и метеорологические наблюдения.

Интерес к проблемам атмосферного электричества существенно вырос в последние десятилетия и обусловлен прежде всего восприятием его как важного фактора окружающей среды, тесно взаимосвязанного с другими составляющими природного комплекса планеты и воздействующего на жизнедеятельность человека. Наряду с известными эффектами (выведение из строя систем электронного

обеспечения, воздействие на авиацию, пожары от молний) и совершенствованием методов их контроля все большее внимание привлекают проблемы электромагнитного загрязнения и его воздействия на экосистемы и человека, а также роли глобальной электрической цепи в системе солнечно-земных связей и климатической системе Земли. Учет электродинамических явлений в современных моделях может способствовать повышению оправданности прогнозов погоды, которые оказывают огромное влияние на жизнедеятельность любого человека.

### Список литературы

1. Дульзон А. А., Горбатенко В. П. Результаты исследования грозовой активности над территорией Томской области // Изв. Томского политехнич. ун-та. 2006. Т. 309. № 2. С. 126–130.
2. Слуцкий В. И. История метеорологии в Томском университете. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 1998. 100 с.
3. Кулемзин В. М. Человек и природа в верованиях хантов. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1984. 196 с.
4. Bouqueneau C. Doit-on craindre la foudre? EDP sciences, 2006.
5. Словарь Всемирной мифологии / Грушко Е. А., Медведев Ю. М. Нижний Новгород: Три богатыря, 1997. 496 с.
6. Белковец Л. П. Иоганн Георг Гмелин. М.: Наука, 1990. 150 с.
7. Заплавный С. Рассказы о Томске. Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во. 1984. 416 с.
8. Игнатъев А. В. Метеорологическая станция Томского Технологического института. Томск, 1910. 56 с.
9. Томский политехнический университет 1896–1996: Исторический очерк / под ред. А. В. Гагарина. Томск: ТПУ, 1996. 448 с.
10. Anderson R. B., Van Niekerk H. R., Prentice S. A., Mackerras D. Improved lightning flash counters // Electra. 1979. № 66. P. 85–98.

Ершова Т. В., кандидат физико-математических наук, доцент.  
**Томский государственный педагогический университет.**  
Ул. Киевская, 60, г. Томск, Томская область, Россия, 634061.  
E-mail: goblin@mail.tomsknet.ru

Горбатенко В. П., доктор географических наук, старший научный сотрудник.  
**Томский политехнический университет.**  
Пр. Ленина, 30, г. Томск, Томская область, Россия, 634050.  
E-mail: gorbatenko@hvd.tpu.ru

Материал поступил в редакцию 09.07.2010.

*T. V. Ershova, V. P. Gorbatenko*

### THE INVESTIGATION OF ATMOSPHERIC ELECTRICITY OF TOMSK

Article reveals the history of an investigation of the atmospheric electricity in Tomsk. We review first presentation of native people in Siberia about lightning, first scientific investigations of atmospheric electricity in Tomsk State University. We describe modern investigations of thunderstorm activity in Tomsk Polytechnic University and Tomsk State Pedagogical University.

**Key words:** *atmospheric electricity, thunderstorm activity, lightning flash counters.*

Ershova T. V.  
**Tomsk State Pedagogical University.**  
Ul. Kiyevskaya, 60, Tomsk, Tomsk region, Russian, 634061.  
E-mail: goblin@mail.tomsknet.ru

Gorbatenko V. P.  
**Tomsk Polytechnic University.**  
Pr. Lenina, 30, Tomsk, Tomsk region, Russian, 634050.  
E-mail: gorbatenko@hvd.tpu.ru