

8. Евзикова Н.З. Общие принципы структурной организации геологических тел. // Фундаментальные проблемы естествознания. Труды конгресса-98. 2000. Т. II. С. 24-38.

9. 4<sup>th</sup> international symposium on Voronoi diagrams in science and engineering (ISVD 2007), University of Glamorgan, Wales, UK.

## НОВЫЙ ЭТАП В ИЗУЧЕНИИ СВЯЗИ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ С ОСОБЕННОСТЯМИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ КАРЕЛИИ

Соколов С.Я.<sup>1</sup>, Куликов В.С.<sup>1</sup>, Снегуров В.С.<sup>2</sup>, Снегуров А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии Карельского НЦ РАН. г. Петрозаводск, sokolov@krc.karelia.ru

<sup>2</sup>ГГО им. А.И. Воейкова отдел атмосферного электричества; ООО «Алвес», г. Санкт-Петербург, snegurov@yandex.ru

Разряды молний в Карелии наносят немалый экономический ущерб объектам энергетики, связи, кабельным магистралям (КМ), системам сигнализации на железных дорогах, вызывают пожары в лесах. При проектировании и строительстве этих объектов нормативами не предусматривается детальное изучение геологии, и грозозащита рас-считывается по усредненным данным грозовой активности по республике. Карты грозовой активности различных масштабов, построенные в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ГГО) [1,2,3], дают нам представление о распределении грозовой активности с учетом атмосферной циркуляции, рельефа, влажностно-температурных характеристик. Составлены они по данным гидрометеостанций (ГМС), на которых в основном использовался визуально – слуховой метод наблюдения за грозовыми фронтами. Согласно этим данным на территории Карелии число дней с грозой составляет от 5 до 10 в год, со средней суммарной продолжительностью гроз от 10 до 50 часов за год, при этом с увеличением широты уменьшается грозовая активность. Сотрудники Института геологии КарНЦ РАН по договорам с ТЦУМС-23 и «Карелэнерго» активно занимались изучением эффективности грозозащиты КМ и линий электропередач (ЛЭП) с 1982 по 1998 год, в том числе с учетом геологического фактора. По всем КМ в Карелии и на трассе ЛЭП Кемь – Костомукша проведены исследования по выявлению причин, обуславливающих повышенную и избирательную грозопоражаемость отдельных участков этих объектов: пройдены геологические маршруты, выполнены геофизические работы (магниторазведка, метод сопротивлений, вертикальное электрическое зондирование). За весь период эксплуатации КМ и ЛЭП изучена производственная информация по отключению и повреждению объектов от ударов молнии, выявлены места, наиболее часто повреждаемые их разрядами. Кроме того, вдоль КМ и ЛЭП были собраны данные о грозовой активности с ближайших гидрометеостанций (ГМС), и как оказалось они весьма существенно отличаются от значений, принятых в руководствах по защите объектов. Тогда было принято решение о сборе дополнительной информации о грозах, рассчитаны 8 характеризующих их параметров (количество гроз за год: максимальное, среднее, минимальное; средняя продолжительность одной грозы; число дней с грозой; грозовая активность за год: максимальная, средняя, минимальная) по всем 50 ГМС Карелии за 48 лет. Составлены 8 схем распределения грозовых параметров для территории Карельской АССР масштаба.1: 1 000000. В 1982 году Соколовым С.Я. и Лукашовым А.Д. впервые выявлено влияние региональной геологии на частоту поражаемости молнией объектов связи и ЛЭП. Геологические образования, обуславливающие повышенную молниепоражаемость земной поверхности, были названы природными молниеприемниками. Тогда же были сформулированы три степени грозоопасности участков земной поверхности в зависимости от геологической ситуации для Карело-Кольского региона [4,5]:

– участки первой степени – мощные зоны тектонических нарушений, перекрытые низкоомными четвертичными отложениями небольшой мощности (соизмеримой с глубиной прокладки кабельной магистрали), которые подстилаются породами с более высоким сопротивлением. В местах, где КМ пересекают эти зоны, кабели оборудуются максимально возможной грозозащитой (кабель повышенной грозостойкости, трос, разрядники на всем протяжении от одного до другого усилительного пункта);

– участки второй степени – места пересечения КМ с локальными зонами развития низкоомных озерно-ледниковых отложений (глин, суглинков, супесей), а также с маломощными тектоническими зонами. В таких местах участки КМ защищаются посредством прокладки троса на одну – три строительных длины кабеля;

– участки третьей степени – глинистые берега рек, ручьев, места выхода минерализованных вод и радиоактивных газов – торона и родона, зоны графитизации, оруденения. Такие участки КМ следует защищать разрядниками, а в случаях повторных ударов производить дополнительную защиту тросом.

Для ЛЭП также применимы эти три степени грозоопасности. Специфика здесь заключается в том, что над линией ЛЭП есть грозотрос, но далеко не все опоры имеют соответствующее нормам переходное сопротивление заземления, которое трудно обеспечить в условиях нашего региона. Поэтому были предложены следующие рекомендации: заземлять контура заземлений в зоны тектоники; объединять контура заземлений соседних опор параллельных ЛЭП; делать площадные заземлители с использованием отходов от дробления шунгитовых или других низкоомных пород.

Энергетики и связисты провели защитные мероприятия на своих объектах. Это резко повысило надежность работы действующих КМ и ЛЭП, а решение проблемы грозозащиты оказалось оптимальным с экономической точки зрения, т.к. были затрачены средства для защиты только опасных участков. Фактические наблюдения на всех объектах КМ и ЛЭП республики с 1981 по 2007 год подтвердили установленную сотрудниками ИГ КарНЦ РАН зависимость грозопоражаемости ЛЭП и кабельных магистралей от геологического строения района. Разработанная сотрудниками методика обследования трасс, выявления и защиты молниопасных участков использована также при проектировании, строительстве и ремонте КМ и ЛЭП в Карелии, КМ на Кольском полуострове и на КМ Рига – Москва.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости совместного анализа производственных, геологических и метеорологических данных при проектировании и эксплуатации разных хозяйственных объектов: нефтебаз, газо– нефтепроводов, систем сигнализации железных дорог, КМ, ЛЭП, ГЭС, АЭС и т.д.

Собраный оригинальный фактический материал по 8 указанным выше параметрам грозовой деятельности и схемы распределения их по территории Карелии были проанализированы с использованием геологической карты Карелии м-ба 1000000 и отдельных участков более крупного масштаба. Визуально слуховой метод регистрации грозовой деятельности позволяет фиксировать грозы в радиусе 15 км. И даже данные по 50 станциям за десятки лет не могут быть объективными для расчета грозозащиты объектов. Они характеризуют только 11250 из 172400 кв. км, т.е. ~6% территории республики. Неоднородность – пятнистость распределения грозовой активности (рис.), по-видимому, в большой степени обусловлена разной электропроводностью различных литотипов горных пород.

Низкая средняя продолжительность одной грозы (0,9-1,2 часа) наблюдается в северо-западных и западных районах республики (ГМС: Оланга, Софьянга, Панозеро, Юшкозеро, Кудам-губа, Сегежа). Фундамент этих территорий сложен высокоомными архейскими гранитоидами, не содержащими, как правило, рудных месторождений. Однако местами он прорывается долеритовыми дайками палеопротерозоя, которые характеризуются высокой магнитностью и содержат сульфиды (ГМС: Калевала, Реболы, Ругозеро – 1,72-1,79).

Промежуточная средняя продолжительность грозы (1,3-1,9 часа) характерна для северо-восточных, восточных и южных районов республики, которые сложены вулканогенными, вулканогенно-осадочными, магматическими и метаморфическими породами архея и палеопротерозоя. В их пределах отмечаются резкие аномалии с высокой продолжительностью грозы (более 2 часов) (ГМС: Совдозеро, Шомба, Воренжа, Куганаволок), где развиты архейские зеленокаменные пояса с рудопроявлениями, сульфидов и магнетитовых кварцитов, углеродистых сланцев, а также включающими мафит-ультрамафитовые интрузивы. По-видимому, с метаморфизованными реликтами подобных поясов (амфиболитами и минерализованными породами) связаны и аномалии Гридино и Энгозера. В последнем случае не исключается влияние и базитовых даек.

Различные магматические, метасоматические, осадочные, импактные комплексы пород, развитые в районе Янисъярви не позволяют пока однозначно определить их вклад в высокую продолжительность грозодеятельности (2,03 часа). Наиболее высокие аномалии (2,28-2,74 часа) отмечены на станциях Ладва и Павликовская. Там низкоомные породы представлены вендскими глинами и подстилающими их интрузивными комплексами габбро-долеритов палеопротерозоя.

Приведем наиболее характерные наблюдения за прохождением грозовых фронтов над известными геологическими структурами Карелии. Сегозеро, июль 1987 год. Мы находились на северном берегу озера, сложенного кварцито-песчаниками (высокоомными породами), в 100 метрах от острова Шенонсари. Гроза продвигалась с юго-востока на северо-запад. Фронт грозы находился от нас в 35 км. Сначала наблюдались редкие молнии над юго-восточным берегом в районе Лисьей губы в зону тектонического нарушения (1-2 разряда молнии за 10 минут). Затем, когда грозовой фронт находился над озером, разряды молний следовали значительно реже (1-2- удара в воду за 30 минут). Но, как только туча приблизилась к острову Шенонсари и накрыла его, активность ударов молний в поверхность острова резко возросла до 1-2 в минуту и продолжалась около 30 минут. При этом туча как бы зависла над островом, сложенным потоками базальтов с сульфидами и гематитсодержащими алевритами, которые разбиты зонами тектонических нарушений и имеют пониженное сопротивление. Далее туча прошла над нами без единого удара молнии (за кварцитами севернее залегают высокоомные граниты).

В июле 1999 года в течение полутора часов мы наблюдали прохождение грозового фронта над Шуйской депрессией – мощной зоной тектоники, перекрытой низкоомными четвертичными отложениями (суглинки, глины и т.д.). Было зафиксировано множество разрядов молнии, иногда даже по несколько вспышек одновременно. Все тучи фронта разрядились в депрессию, а далее грозовой фронт удалился с редкими вспышками молнии.

Наши наблюдения и выводы о наличии природных молниеприемников находят подтверждение и у других исследователей, например в работе В.М.Сапожникова [6], который использовал дендрохронологический метод фиксации молниевых разрядов, убедительно показано, что рудные тела (низкоомные породы) в несколько раз чаще поражаются молнией. Сотрудники ВСЕГЕИ Л.И.Боровиков и Б.Ш.Русинов [7] в 1973 году высказали мнение о том, что «... места, поражаемые молнией, характеризуются зонами хорошо проводящих пород, которые часто сопряжены с полосами интенсивных разрывных нарушений...». Л.Н.Богоявленский открыл месторождение радиевых вод на р. Ухте. Места выхода на поверхность пластовых минерализованных вод оказались часто поражаемые разрядами молний.



В прошлые века у наших предков–рудознатцев существовало поверие «руда присасывает молнии», они находили проявления железа и меди в местах наиболее часто поражаемых молнией.

Из всего выше сказанного следует, что грозовой разряд молнии будет стремиться разрядиться в зоны повышенной электропроводности, связанные с проявлениями различных сульфидов, графита, шунгита, обводненными тектоническими нарушениями, а также в места выхода на поверхность минерализованных вод и радиоактивных газов. В связи с этим весьма большой интерес может представлять выявление таких зон (потенциальных молниеприемников) для поиска ряда полезных ископаемых, особенно в условиях слабой обнаженности территории Карелии.

В России [8,9] и за рубежом [10] за последние 20 лет достигнут большой прогресс в области наблюдений за прохождением грозовых фронтов. Появилась возможность иметь непрерывную и детальную информацию о грозовой деятельности над огромными территориями, что обеспечивает ПСМГ (многопунктовая пеленгационная и разностно-дальномерная система местоопределения гроз).

ПСМГ позволяет регистрировать грозовые разряды всех типов (облако-облако и облако-земля), выделять с вероятностью до 80% разряды в землю и определять их местоположение с точностью до 300 м. Такая точность достигается внутри системы, состоящей из трех-четырёх пунктов, расположенных на расстоянии до 200-300 км в виде многоугольника.

Подобная оперативная экспериментальная система была развернута в 2004-2007 гг. ООО «Алвес» в Ленинградской (метеостанция в г. Луга, Тихвин, экспериментальная база филиала ГГО НИЦ ДЗА в п. Воейково) и Мурманской, (противолавинная служба ОАО «Апатиты» г. Кировск) области. Расстояние между пунктами измерений в Ленинградской области составляло 150-230 км и от 900 до 1000 км в Ленинградской и Мурманской областях [9].

Как показал опыт эксплуатации ПСМГ, увеличение базовых расстояний приводит к снижению вероятности обнаружения грозовых разрядов пунктами регистрации и ПСМГ в целом.

Программное обеспечение (ПО) ПСМГ позволяет (при наличии линий связи, например сотовой связи) по данным измерений в территориально разнесенных пунктах определять координаты грозовых разрядов и их параметры (амплитуду электрической и магнитной составляющих поля, полярность и длительность первой полуволны формы сигнала, длительность переднего фронта, количество повторных ударов и т.д.). По этим параметрам строится карта распределения грозовых разрядов на контролируемой территории за заданные интервалы наблюдений (от 5 минут и более). ПО создает базу данных по всем измеренным параметрам за любой период наблюдений.

Установка таких систем в Карелии позволит:

– получать детальную информацию, в режиме реального времени, о прохождении грозовых фронтов над всей территорией Фенноскандии, что очень важно для народного хозяйства страны. Поэтому наступает новый этап изучения грозовой активности с использованием современных технологий. Открывается возможность начать опытно-методические работы по использованию данных вышеуказанных пеленгационных систем местоопределения гроз и для целей геологической разведки и поиска рудных объектов, обладающих повышенной электропроводностью. Этот метод не требует больших затрат и может быть эффективным совместно с рекогносцировочными геолого-геофизическими работами.

Наиболее предпочтительны варианты установки ПСМГ на территории республики на метеостанциях: г.Петрозаводск и поселках Лендеры (Реболы), Калевала, Лоухи, г. Кемь (г. Беломорск).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Архипова Е.П. Карты географического распределения числа дней с грозой на территории СССР. Труды ГГО. 1957. Вып. 74(176). С. 41-60.
2. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122.-87. М.: Энергоатомиздат, 1989. 26 с.
3. Лебедев А.Н., Носова А.М. Продолжительность гроз на территории СССР. Труды ГГО. 1980. Вып. 441. С. 127-137.
4. Клабуков Б.Н., Соколов С.Я Шаров Н.В. Зоны повышенной активности геофизической среды Карелии // Ядерная геофизика, геофизические исследования литосферы, геотермия. Тезисы. Екатеринбург, 2001. С. 112-114.
5. Клабуков Б.Н., Соколов С.Я Шаров Н.В. Коровые аномалии электропроводности, грозовая активность и сейсмогенные зоны // Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления. Петрозаводск.2003 ., С.259-261.
6. В.М.Сапожников Исследование плотности молний методом дендрохронологии.Атмосферное электричествоТруды 111 Всесоюзного Симпозиума .Л., Гидрометеиздат. 1988. С. 219-222.
7. Л.И. Боровиков, Б.Ш. Рушинов. Гроза и тектоника. Природа. № 1, 1973. С. 90-94
8. В.С. Снегуров. Концепция сети пеленгации гроз // ТРУДЫ НИЦ ДЗА (Филиал ГГО). СПб.: Гидрометеиздат, 1997. Вып 1(546). С. 92-104.
9. А.В. Снегуров, В.С. Снегуров. Экспериментальная оценка влияния шумов на погрешность пеленгации грозовых разрядов // Шестая научная конференция по атмосферному электричеству. 2007. С. 259-260
10. World Meteorological Organization. 1993, Report № 51. P. 3-11.