

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ГРОЗОПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ, МОЛНИЕЗАЩИТЫ И ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Е.А.Мареев¹, В.С. Сысоев², Ю.В.Шлюгаев¹

¹ Институт прикладной физики РАН, г.Нижний Новгород, РФ, mareev@appl.sci-nnov.ru,

² Российский Федеральный Ядерный Центр-ВНИИ технической физики им. академ. Забабахина, ВНИЦ 900, г. Истра, РФ, Syssoev467@mail.ru

Проблемы совершенствования методов грозопредупреждения и молниезащиты продолжают сохранять свою актуальность, особенно в тех отраслях, где поражающее воздействие молнии может приводить к тяжелым авариям. В связи со спорадическим возникновением опасных быстроразвивающихся метеорологических явлений, сопровождающихся грозовой активностью, эта задача представляется достаточно трудной. Особенно актуально решение этой задачи для обеспечения безопасной эксплуатации атомных станций, поскольку авария на них приводит к чрезвычайно серьезным последствиям. Особо уязвимым звеном для поражения молниевым разрядом на них является электроэнергетическое оборудование. При этом опасным является не только прямое поражение объекта разрядом молнии, но и вторичные дистанционные эффекты от разряда молнии на удалении.

Особое отношение к обеспечению безопасности при высокой электрической активности атмосферы на атомных станциях во всем мире отражает тот факт, что в конце 2016 в рамках Международного Совета по крупным электрическим системам высокого напряжения СИГРЕ в его исследовательском комитете С4 создана специальная рабочая группа “Проблемы молниезащиты и управление рисками на атомных станциях”.

С учетом накопленного опыта представляются необходимыми постановка и решение следующих задач:

1) Развертывание системы наукастинга опасных быстроразвивающихся метеорологических явлений, сопровождающихся грозовой активностью, в районе атомной станции. Данная задача предполагает не только развертывание региональной грозолокационной системы, но и создание адаптированной к условиям станции мезомасштабной модели развития конвективных явлений, обеспеченной соответствующими метеорологическими и радиолокационными данными.

2) Развертывание системы геофизического мониторинга, обеспечивающей непрерывные наблюдения электрического поля и магнитного поля (сети электростатических флюксметров и магнитометров) в районе станции.

3) Совершенствование систем молниезащиты оборудования атомных станций с учетом вероятности развития встречного лидера достаточно высокой интенсивности.

4) Разработка эффективных средств воздействия на электрическую структуру грозового облака для снижения вероятности развития из него особо мощных грозовых разрядов (в перспективе).

Исследования по данным направлениям проводились в рамках выполнения мегагранта правительства РФ под названием «Молния и грозы: физика и эффекты» в соответствии с договором от 28.06.2013 г. № 14.В25.31.0023 между Министерством образования и науки РФ и научным учреждением ФИЦ ИПФ РАН (г. Нижний Новгород). Для реализации мегагранта была создана лаборатория “Молния и ее эффекты”. Одним из основных соисполнителей этих работ являлся Высоковольтный научно-исследовательский центр (ВНИЦ) Всероссийского электротехнического института (ныне – РФЯЦ ВНИИ Технической Физики ВНИЦ 900 в г. Истра).

В июле 2014 г. на территории Нижегородской области развернута и введена в эксплуатацию региональная грозопеленгационная система (ГПС) [2; 3; 4; 5], разработанная лабораторией физики молний ИПФ РАН. Для валидации показаний системы проведено сравнение с данными глобальной ГПС WWLLN и данными доплеровского метеорадиолокатора. Получена оценка сверху на погрешность позиционирования молний нижегородской ГПС. Проведено визуальное сравнение данных ГПС с показаниями доплеровского метеорадиолокатора [4].

Нижегородская ГПС представляет собой многопунктовую грозопеленгационную системы с рабочим диапазоном 12-100 КГц. ГПС состоит из автономных пунктов пеленгации, сервера базы данных и процессингового сервера. Пункты грозопеленгации производят автоматическое наблюдение электромагнитного излучения молниевых разрядов и временное хранение результатов

наблюдения до передачи на сервер базы данных. Система поддерживает расширение области покрытия за счет добавления новых пунктов пеленгации без переконфигурации ПО, а также устойчива к отказу отдельных грозопеленгаторов.

В течение конвективных сезонов 2014-2015 гг. система имела 3 пункта грозопеленгации. К конвективному сезону 2016 г. в эксплуатацию введено 2 дополнительных пункта пеленгации, что позволило увеличить покрытие и повысить точность работы ГПС.

В процессе работы были исследованы особенности распределения молниевой активности на территории Нижегородской области по данным региональной ГПС за конвективные сезоны 2014-2016 гг. Для нескольких типов местности определено общее количество гроз за исследуемый период. Выдвинуты предположения о влиянии тех или иных факторов на вероятность возникновения и развития гроз. В том числе, рассмотрено влияние объектов энергетической инфраструктуры на количество гроз.

Минимальное количество гроз зарегистрировано в окрестностях городов Балахна и Кстово. В отличие от остальных исследуемых территорий, в обоих городах находятся мощные ТЭЦ. Детальное рассмотрение структуры отдельных гроз в окрестностях Балахны и Кстово средствами нижегородской ГПС также показало, что грозы средней и малой относительной интенсивности как бы обгибают данные участки. Заметим, что на ГРЭС в Балахне для охлаждения используется пруд значительной площади, а на Новогорьковской ТЭЦ в Кстово для охлаждения используются градирни. Это позволяет выдвинуть гипотезу о влиянии инфраструктуры ТЭЦ на снижение частоты гроз в окрестности. Такой эффект может объясняться большим локальным выбросом тепла, влияющим на развитие грозовых облаков, а также поступлением водяного пара от охлаждающих систем и образующегося в результате сгорания топлива одновременно с образованием углекислого газа. Изучение конкретного механизма воздействия выходит за рамки данной работы и является задачей дальнейших тематических исследований.

В сельских окрестностях Ковернино вероятность гроз также не высока, однако на 23% превышает такой показатель для Кстово и Балахны. При этом для Ковернино картина в целом совпадает со всем Ковернинским районом, никак не выделяя районный центр, что не справедливо для Кстово и Балахны. Поэтому логичным объяснением снижения частоты гроз может являться отсутствие промышленности, низкая численность населения и относительно малое количество леса.

Другим интересным результатом является приблизительно одинаковый уровень грозовой активности для двух совершенно разных типов местности, удаленных на расстояние порядка 65 км: города-мегаполиса Н. Новгорода и Керженского биосферного заповедника. В обоих случаях наблюдается высокая вероятность гроз, что обусловлено различными факторами. В мегаполисе возможной причиной может являться большое количество аэрозолей, что согласуется с аэрозольной теорией урбан-эффекта [1]. В случае леса причиной может быть повышенная интенсивность образования аэроионов, отличия в суточном цикле влажности и другие факторы.

Для геофизического мониторинга была развернута сеть измерителей электрического поля атмосферы на основе электростатических флюксометров. Сравнительные измерения электрического поля атмосферы, проводимые на базах, превышающих зону чувствительности электростатических флюксометров (20-30 км по наиболее сильным грозовым сигналам) характеризуют, в основном, локальные особенности вариаций электрического поля и могут служить соответствующим индикатором локальной грозовой активности. Измерения, соответствующие хорошей погоде, которые в силу глобального характера должны давать статистически зависимые результаты даже на заметно разнесенных пунктах наблюдения, здесь не рассматриваются в силу того, что измерительная часть настроена, в первую очередь, на сильные грозовые сигналы. Такая настройка определяет слабую статистическую зависимость "грозовых" изменений электрического поля атмосферы в условиях мегаполиса и за его пределами. Как правило, в сутки регистрируется не более 2-3 гроз, даже в случае прохождения атмосферных фронтов, регистрируемых более "дальнодействующими" системами грозопеленгации и метеорадиолокации. Существенных отличий между поведением электрического поля во время гроз в мегаполисе и за его пределами не обнаружено. Во всяком случае, эти отличия не выходят за рамки индивидуальной изменчивости грозовых полей, наблюдаемых в конкретном пункте.

Исследование процессов, связанных с развитием встречного лидера с защищаемых объектов в грозовых условиях является одной из актуальных задач молниезащиты. Решающий вклад в исследования в данном направлении могут дать работы с длинной искрой, проводимые на ГИН РФЯЦ ВНИИ Технической Физики ВНИЦ 900 в г. Истра. Ведущая роль этой

высоковольтной лаборатории в исследованиях по моделированию грозовых разрядов, особенно их начальной стадии, сопровождающейся стримерно-лидерными переходами, ярко проявилась в ходе проведения работ по мегагранту.

Разработка средств воздействия на электрическую структуру грозового облака для снижения вероятности развития из него особо мощных грозовых разрядов основана как на анализе факторов, определяющих грозовую активность в естественных условиях, в том числе рассмотренных выше особенностей гроз в окрестности мощных энергетических объектов, так и на математическом моделировании грозовых явлений, в частности, на создании мезомасштабной модели развития конвективных явлений, дополненной "электрическим" блоком. Такая модель позволит на первом этапе существенно повысить вероятность кратковременного прогноза молниевых разрядов, а в дальнейшем перейти к разработке мер по влиянию на электрическую структуру грозового облака.

Литература

1. Anomalous lightning activity over the Metropolitan Region of São Paulo due to urban effects / W.R.G. Farias [и др.] // Atmospheric Research. – 2009. – Т. 91. – № 2-4. – С. 485-490.
2. Kuterin F.A. The Development of the Lightning Detection Network based on Boltek StormTracker hardware / F.A. Kuterin, A.A. Bulatov, Y. V. Shlugaev // International Conference on Atmospheric Electricity. – Norman, OK, U.S.A., 2014. – С. P-12-17.
3. Булатов А.А. Исследование молниевой активности в Нижегородской области с использованием разработанной нижегородской грозопеленгационной системы / А.А. Булатов, Ю.В. Шлюгаев // V Российская конференция по молниезащите. – Санкт-Петербург: Издательство политехнического университета, 2016. – С. 85-91.
4. Булатов А.А. Оценка точности нижегородской грозопеленгационной системы и международной системы WWLLN на территории Нижегородской области. Урбан-эффект над Н. Новгородом / А.А. Булатов, Ф.А. Кутерин, Ю.В. Шлюгаев // Метеорология и гидрология - направлено в печать.
5. Булатов А.А. Региональная грозопеленгационная сеть в Нижегородской области / А.А. Булатов, Ю.В. Шлюгаев // XX Нижегородская сессия молодых ученых. Естественные, математические науки. – Княгинино, 2015. – С. 8-9.