

**ИНДУЦИРОВАННЫЕ ТОКИ ОТ МАГНИТНЫХ
ВОЗМУЩЕНИЙ И ГРОЗОВЫХ РАЗРЯДОВ В
ТРУБОПРОВОДАХ В КРИОЛИТОЗОНЕ**
**THE INDUCED CURRENTS FROM MAGNETIC
DISTURBANCE AND LIGHTNING DISCHARGES IN
PIPELINES IN CRIOLITOZONE**

*Козлов В.И. , Муллаяров В.А., Каримов Р.Р., Григорьев Ю.М. * ,
Орлова М.Н. * , Артемьева Е. С. **

*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г.
Шафера СО РАН, г. Якутск, Россия*

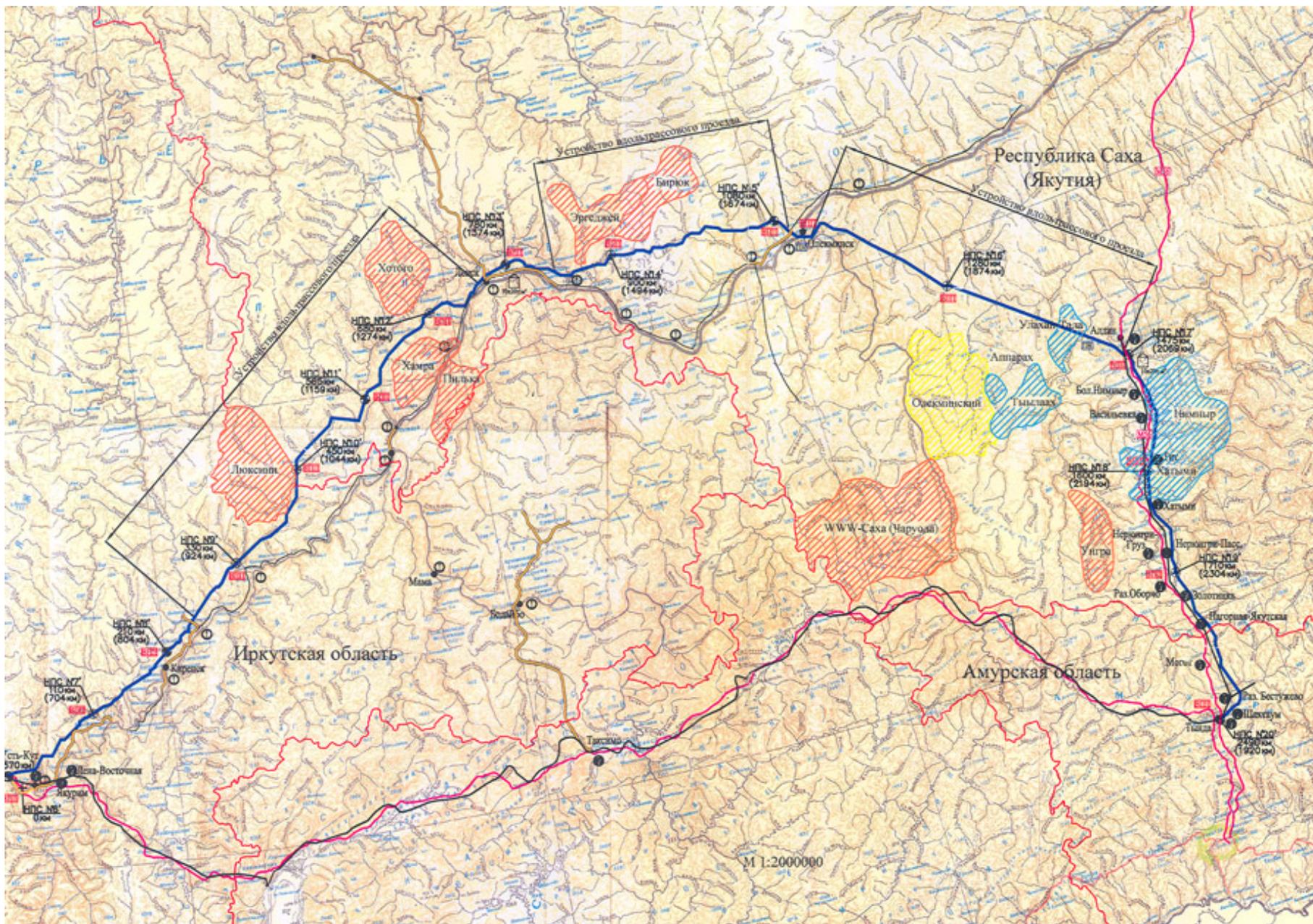
**Якутский государственный университет им. М.К. Амосова, г.
Якутск, Россия*

Kozlov V.I., Mullayarov V.A., Karimov R.R., Grigoriev YU.M., Orlova
M.N.* Artemeva E.S.**

*YU.G. Shafer Institute Cosmophysical Research and Aeronomy the SB RAS,
Yakutsk, Russia*

** M.K. Ammosov Yakutian State University, Yakutsk, Russia, Yakutsk,
Russia*

Прохождение трубопровода ВСТО

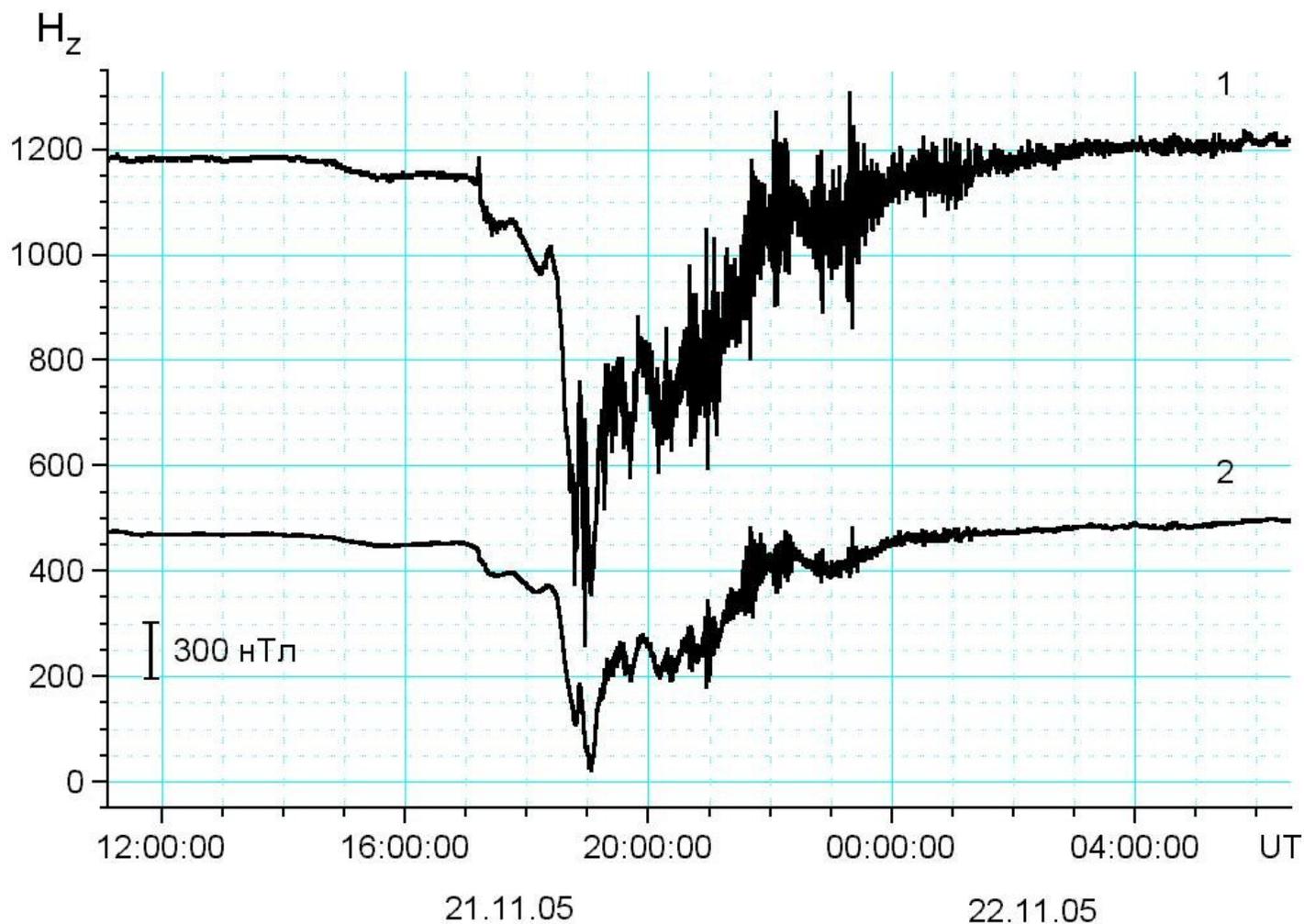


Влияние магнитных возмущений на ответвление от магистрального трубопровода

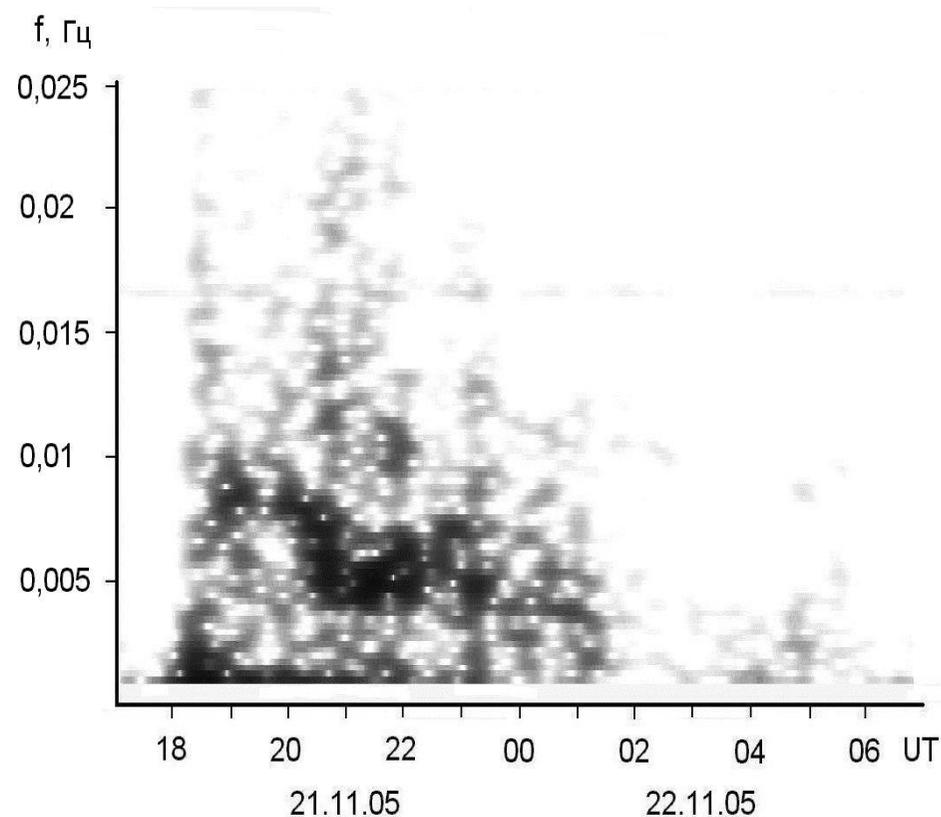
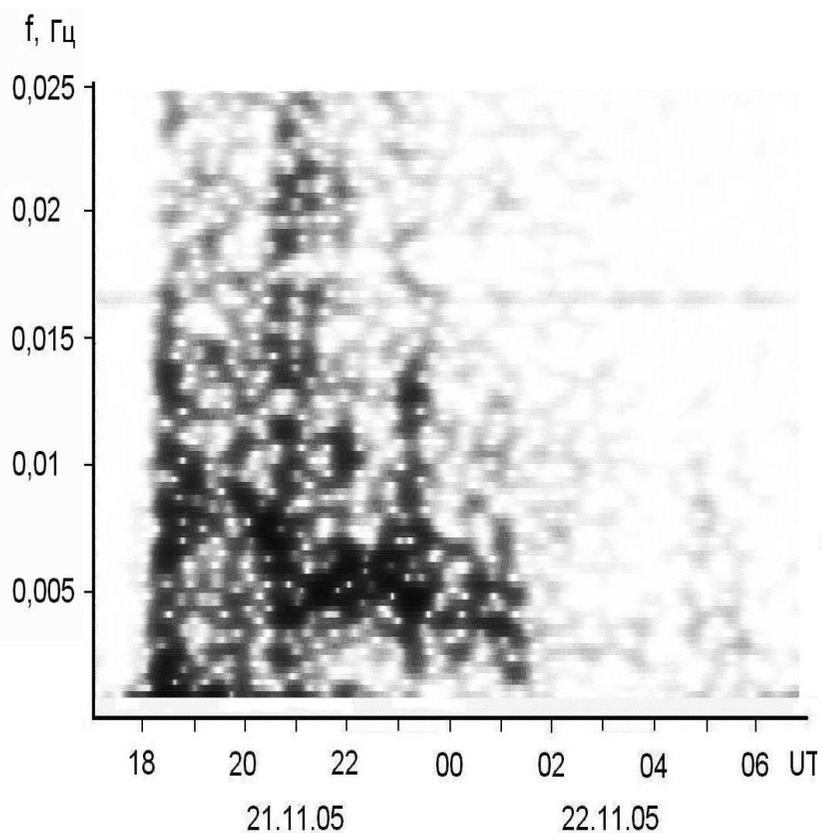
- Как известно, одна из основных причин аварий на трубопроводах, - это электрохимическая коррозия труб. Электрохимическая коррозия, в частности, может быть вызвана индуцированным полем магнитных возмущений, которые создают в трубопроводе потенциалы, способствующие окислительно-восстановительной реакции с окружающей средой. Отличие трубопроводов, эксплуатируемых в Якутии, состоит в том, что они на больших протяжениях закопаны в «мерзлую» землю на глубину до 2 м.**

- **Для измерения индуцированных токов, протекающих по газопроводу в момент магнитных возмущений, использованы датчики магнитометров ЦМВС-2 разработки ИЗМИРАН. Один из датчиков поля установлен вблизи газопровода (1 м в стороне), второй (реперный) – на расстоянии 600 м от газопровода. Использовались датчики вертикальной (Z) составляющей магнитного поля. После усилителей постоянного тока сигнал с магнитных датчиков подавался через АЦП в компьютер. С учетом калибровки датчиков определялась разность амплитуд магнитных возмущений на газопроводе и вдали от него, из которой оценивался индуцированный ток на газопроводе.**
- **Для измерения чувствительности датчиков магнитного поля были проведены тестовые измерения с помощью петли, ближний провод которой располагался на расстоянии 1 м от датчика магнитного поля. На петлю подавались токи несколько ампер.**

Вариации Z - составляющей магнитного поля, измеренные магнитным датчиком 1 - на газопроводе (1 м в стороне) и 2 - вдали от газопровода (600 м) в период магнитного возмущения 21.01.05



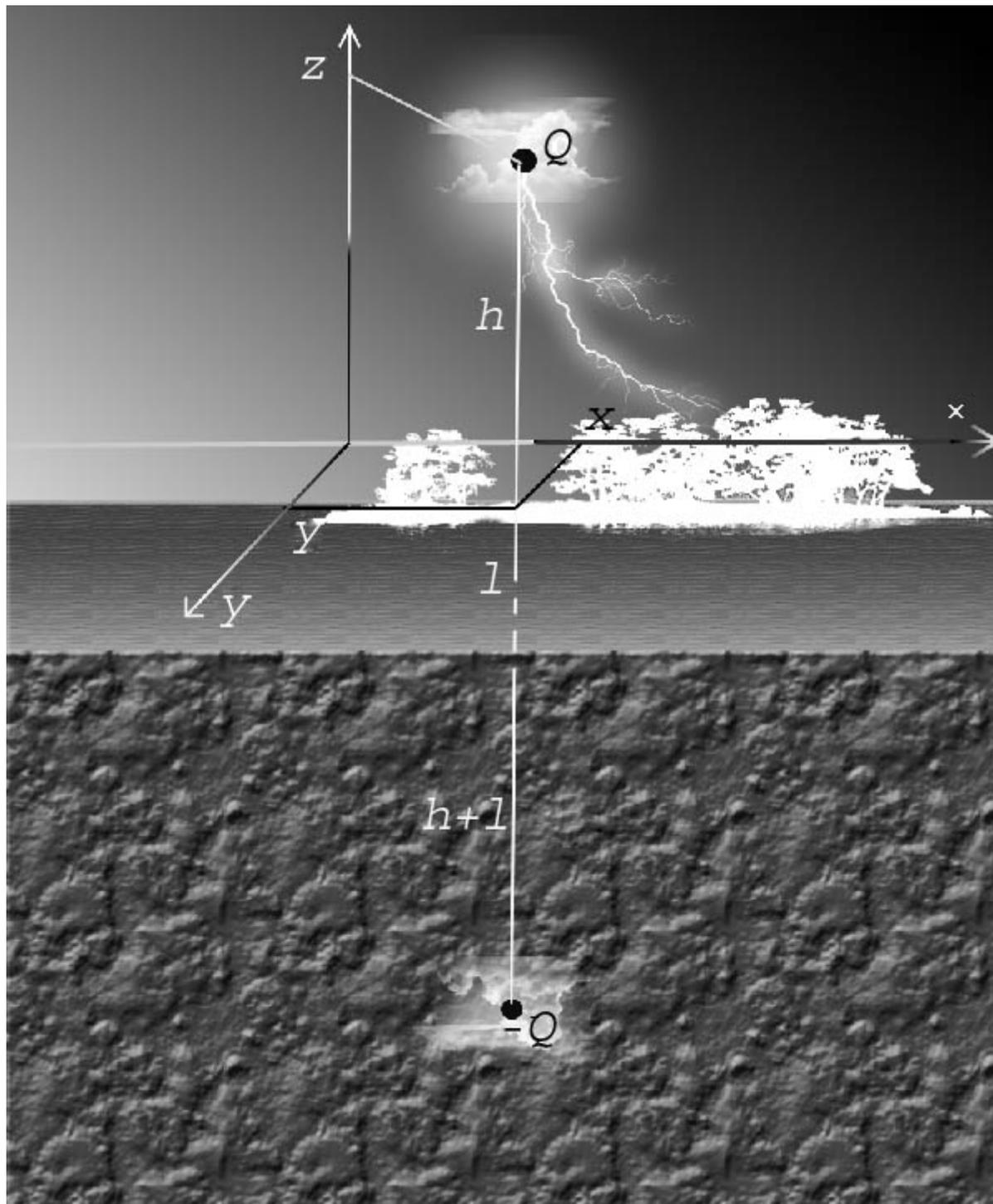
Динамические спектры вариации Z- составляющей магнитного поля, измеренные магнитным датчиком на газопроводе (левый рисунок) и вдали от газопровода (600 м) (правый рисунок) в период магнитного возмущения 21.01.05. По оси абсцисс приведено мировое время (UT)



- Разность 650 нТ обусловлена наведенными токами. С учетом того, что датчик расположен на расстоянии 1 м от газопровода, определяем пиковое значение наведенных токов в **3,2 А**. Поскольку известны максимальные магнитные бури, превосходящие наблюдаемую в несколько раз, и использованный в эксперименте газопровод имеет в ~ 2 раза меньший диаметр, чем магистральный, и расположен не по магнитному меридиану (~ 45°), то ток, наводимый в газопроводе может достигать **десятков ампер**, что соответствует измерениям, проводимым в Канаде [http://www.spaceweather.gc.ca/pipeline_e.shtml] на более высоких геомагнитных широтах на трубопроводах, располагаемых над земной поверхностью, а также приведенным данным в обзорной работе [John G. Kappenman. Storm sudden commencement events and the associated geomagnetically induced current risks to ground-based systems at low-latitude and midlatitude locations // SPACE WEATHER, 2003. VOL. 1, NO. 3, P.1016-1032].

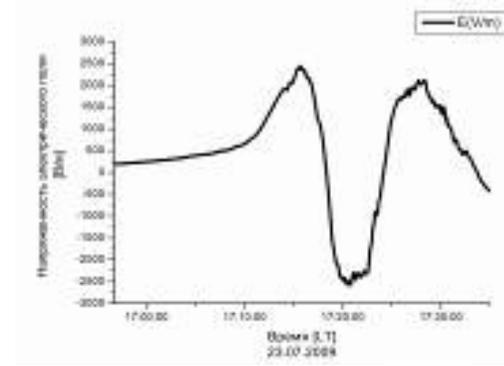
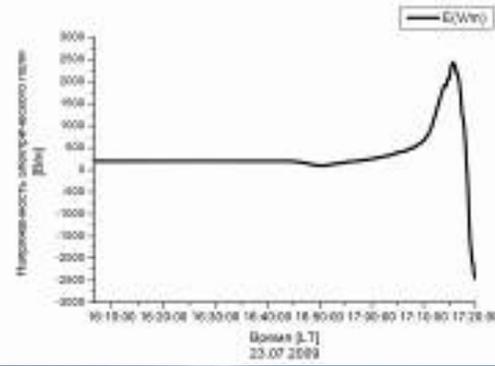
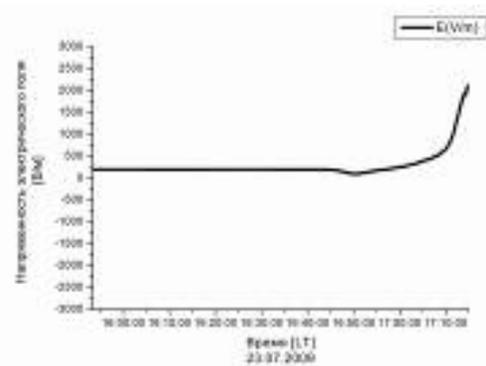
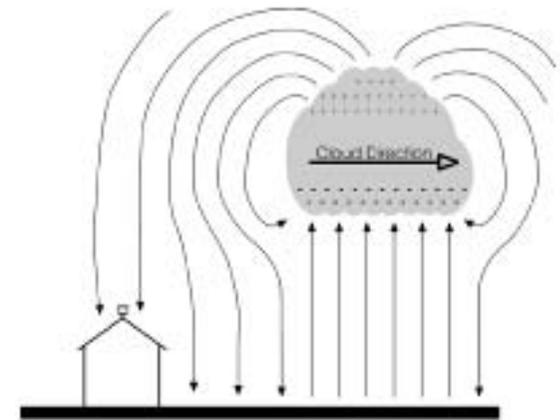
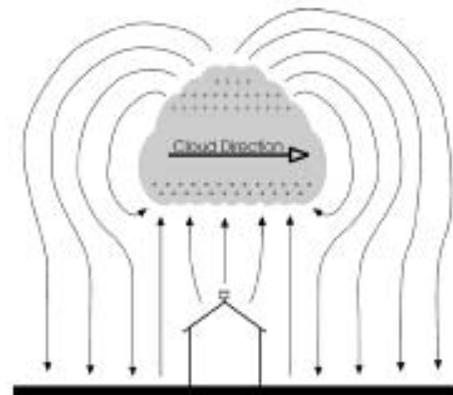
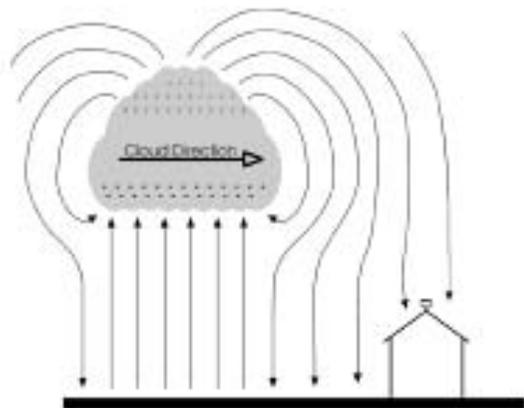
Влияние гроз на субавроральные трубопроводы

- **Во время измерений, в районе г. Мирного и пос. Тас-Юрях, в июле 2001 года, наблюдались два близких грозовых облака. Одно облако находилось около 2 км от места наблюдения, расположенного на трубопроводе. Вторая гроза пересекла трубопровод на расстояние 3 – 10 км от места наблюдения. Визуально наблюдались вспышки молний от межоблачных и наземных разрядов. Расстояние оценивалось по разности времени между вспышкой молнии и громом. Сигнал от токов, текущих по трубопроводу, в рамку, расположенную на удалении 3.5 м от трубопровода, был больше приблизительно в 63 раза сигнала, наводимого в рамке, удаленной от трубопровода на 150 м. Аналогичные наблюдения проведены на газопроводе в 30 км от г. Якутска для грозы, удаленной на 5 – 10 км в 2003 и 2009 гг.**
- **сила тока в трубопроводе от грозовых разрядов, происходивших над трубопроводом на расстояниях порядка 3-7 км от точки наблюдения, достигала значений около 10 А**

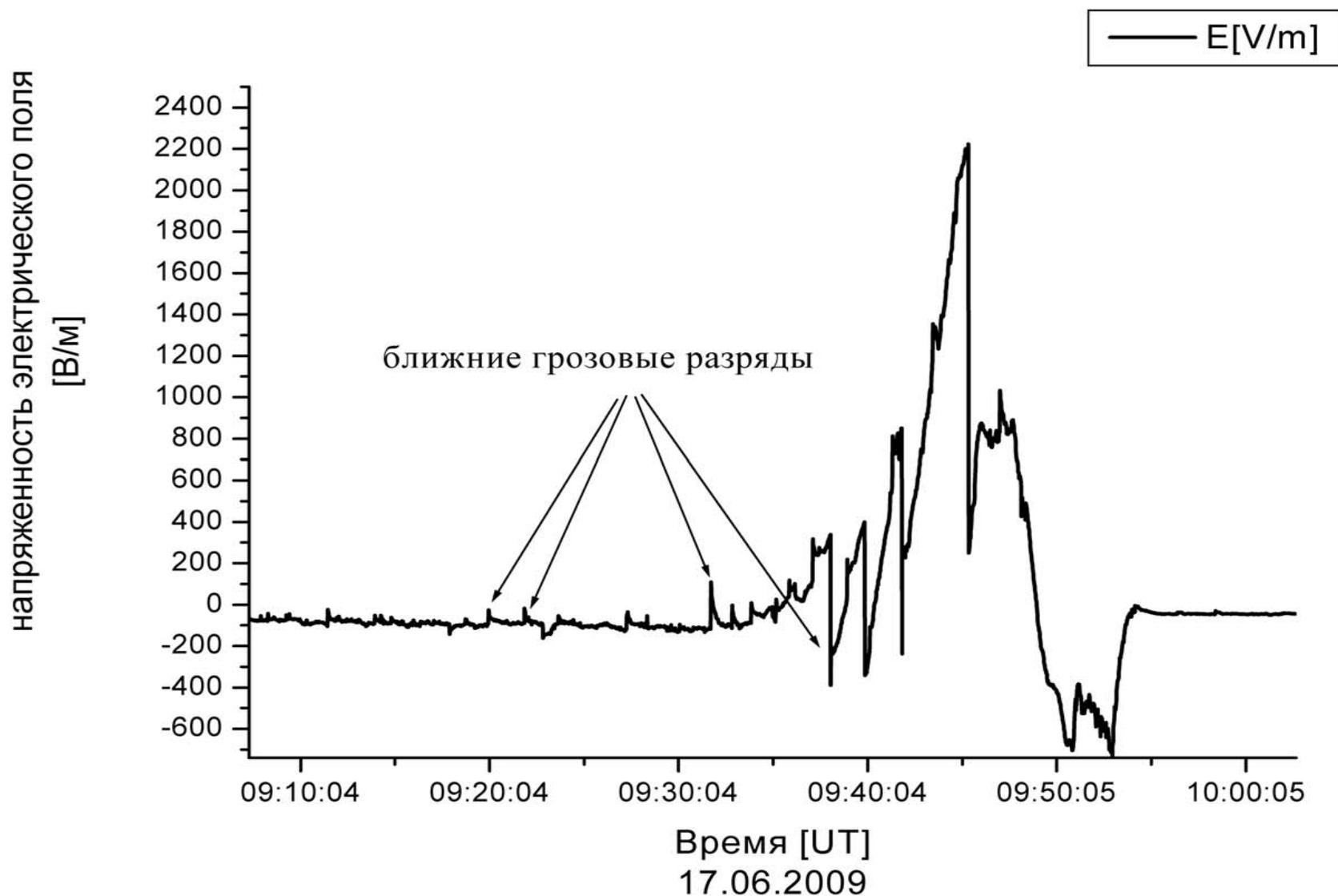


Наведенн
ый заряд

Картина прохождения грозового облака, структура силовых линий электрического поля, изменение электрического поля



Ближние грозовые разряды перед сильным увеличением напряженности электрического поля.



Прохождение ближней грозы (справа электростатический флюксометр)



Использовались антенны (горизонтальные магнитные рамки) в непосредственной близости от газопровода (1 м) и в 200 м от него

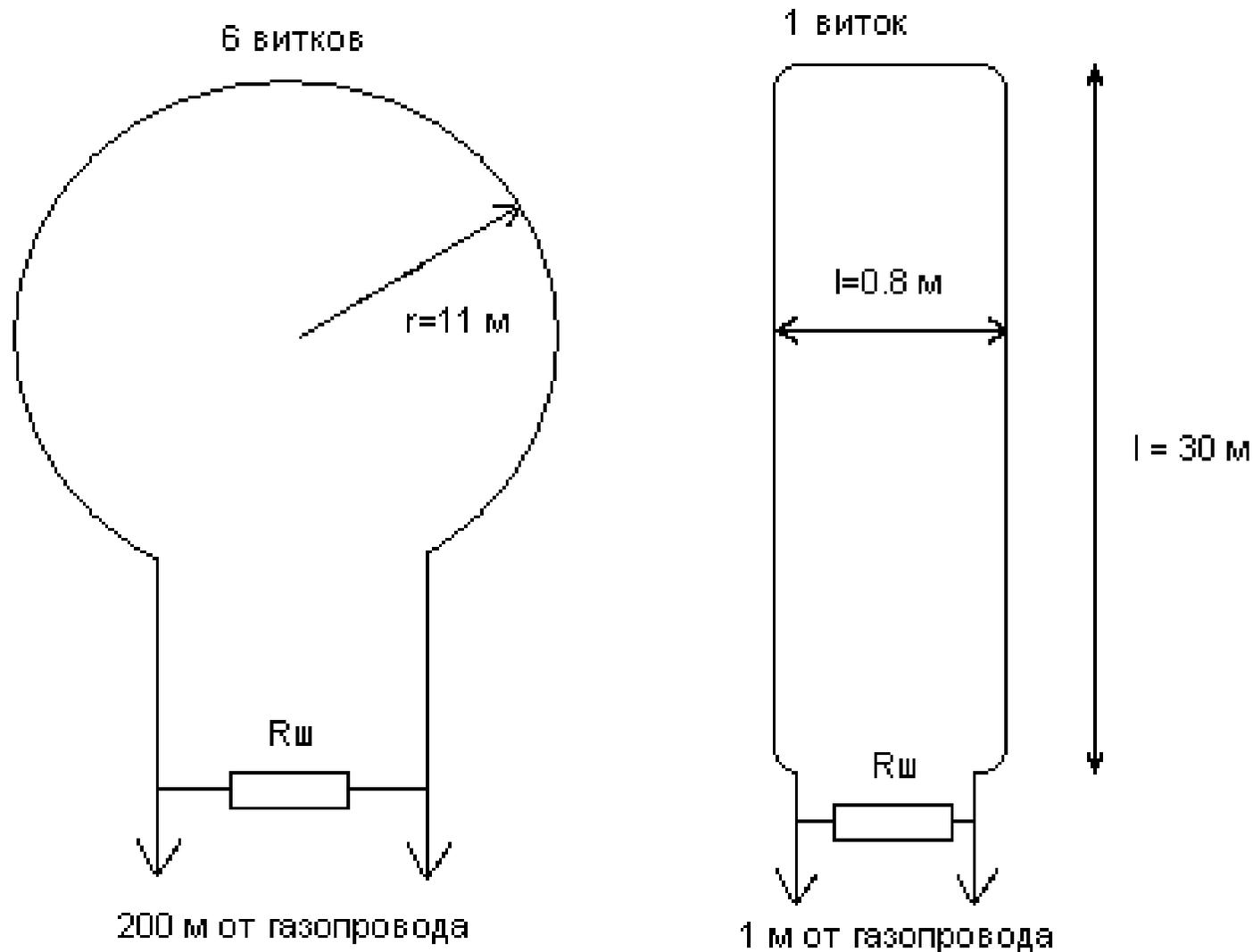
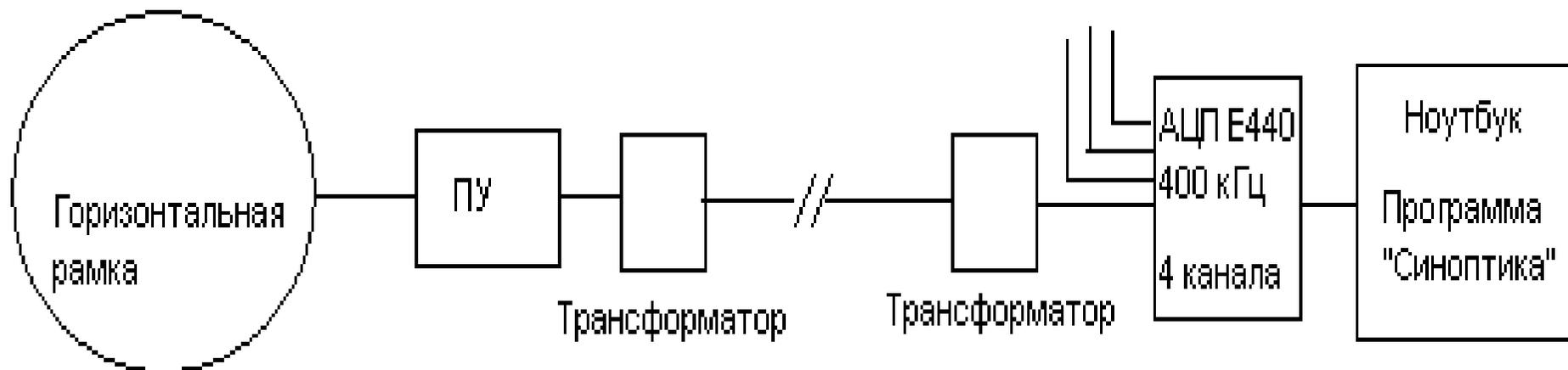
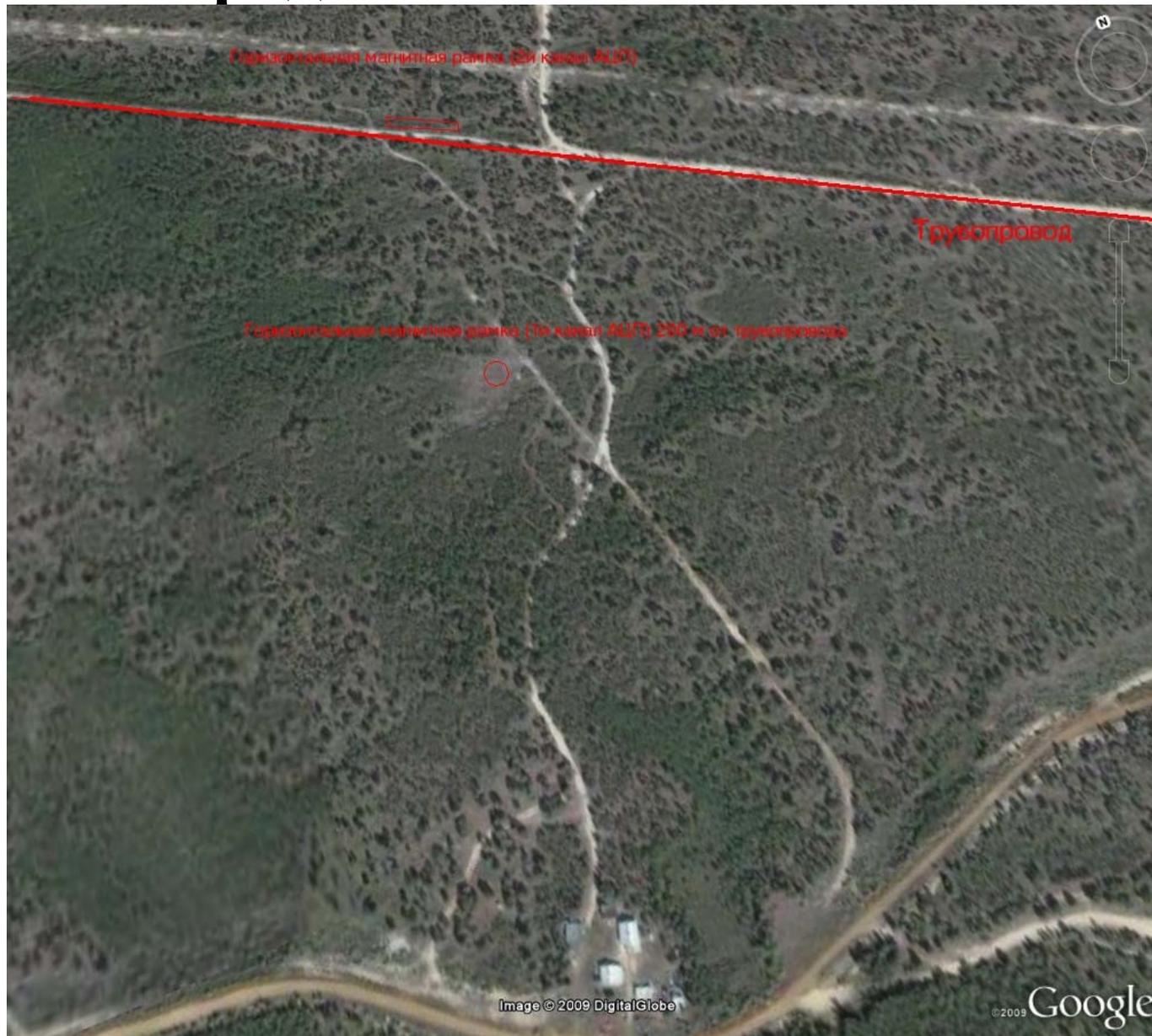


Схема включения

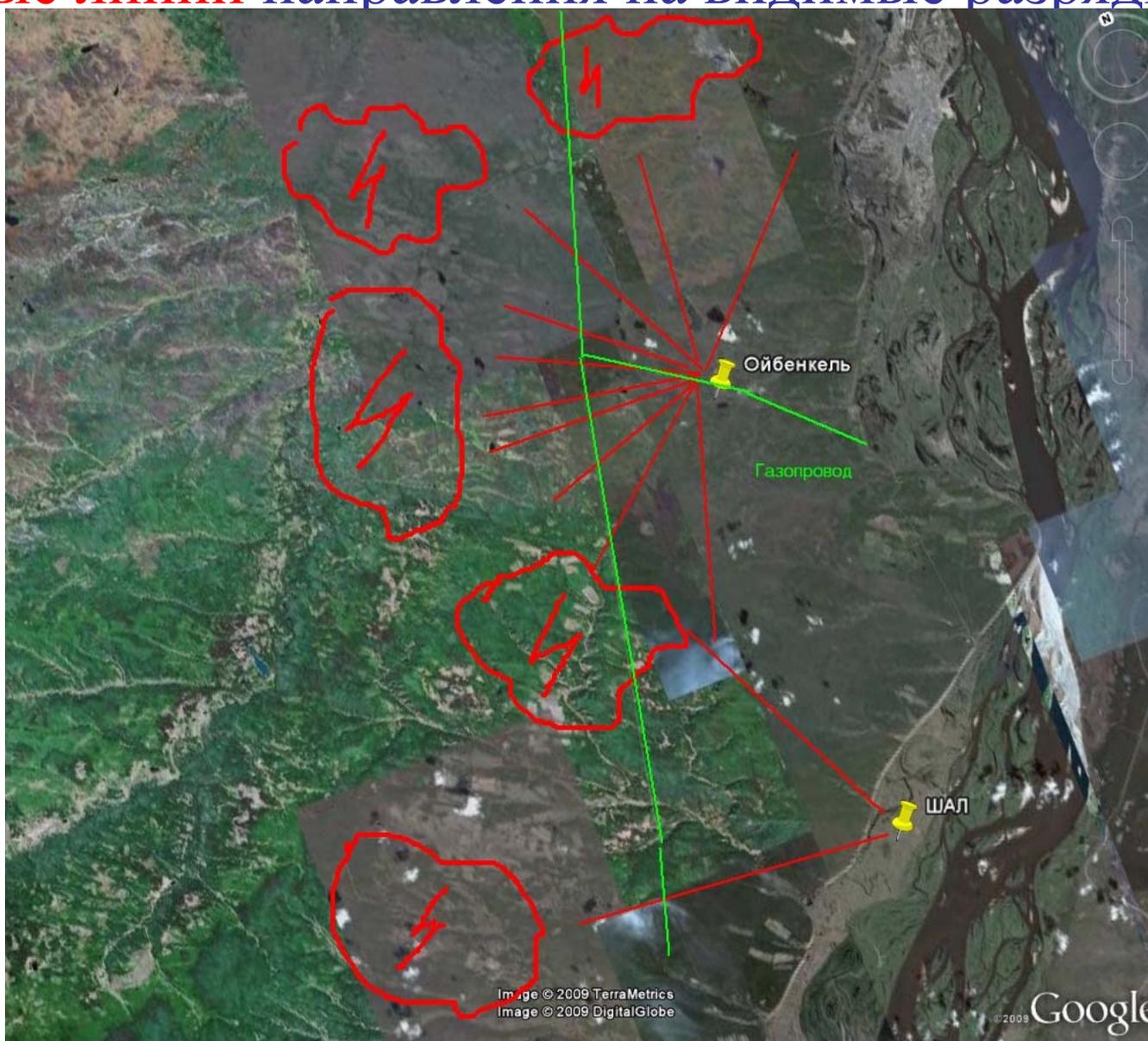


Расположение антенн на местности на радиополигоне ИКФИА

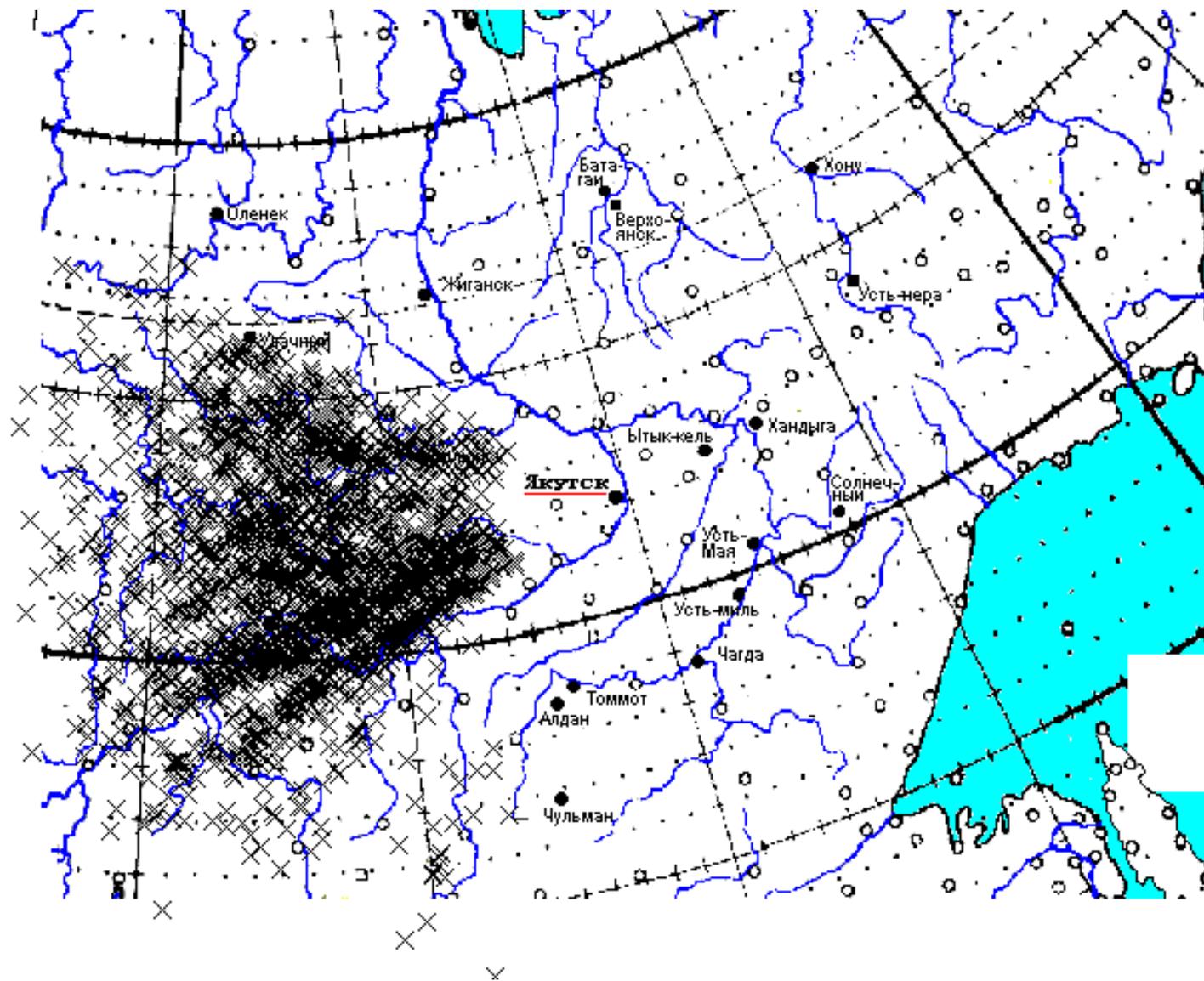


Карта расположения зарегистрированных грозовых очагов относительно пункта наблюдения и трубопровода.

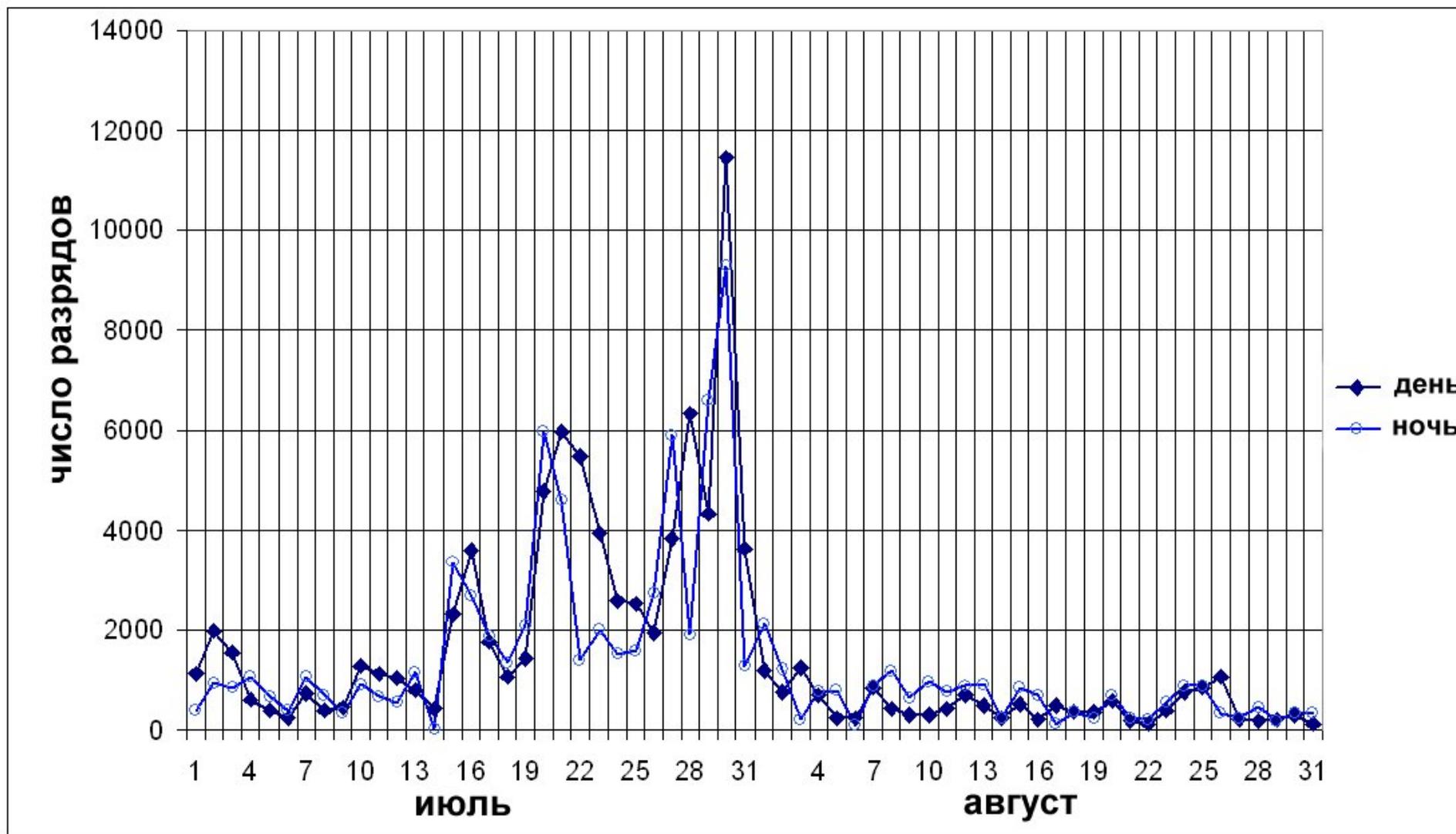
Красные линии направления на видимые разряды молний



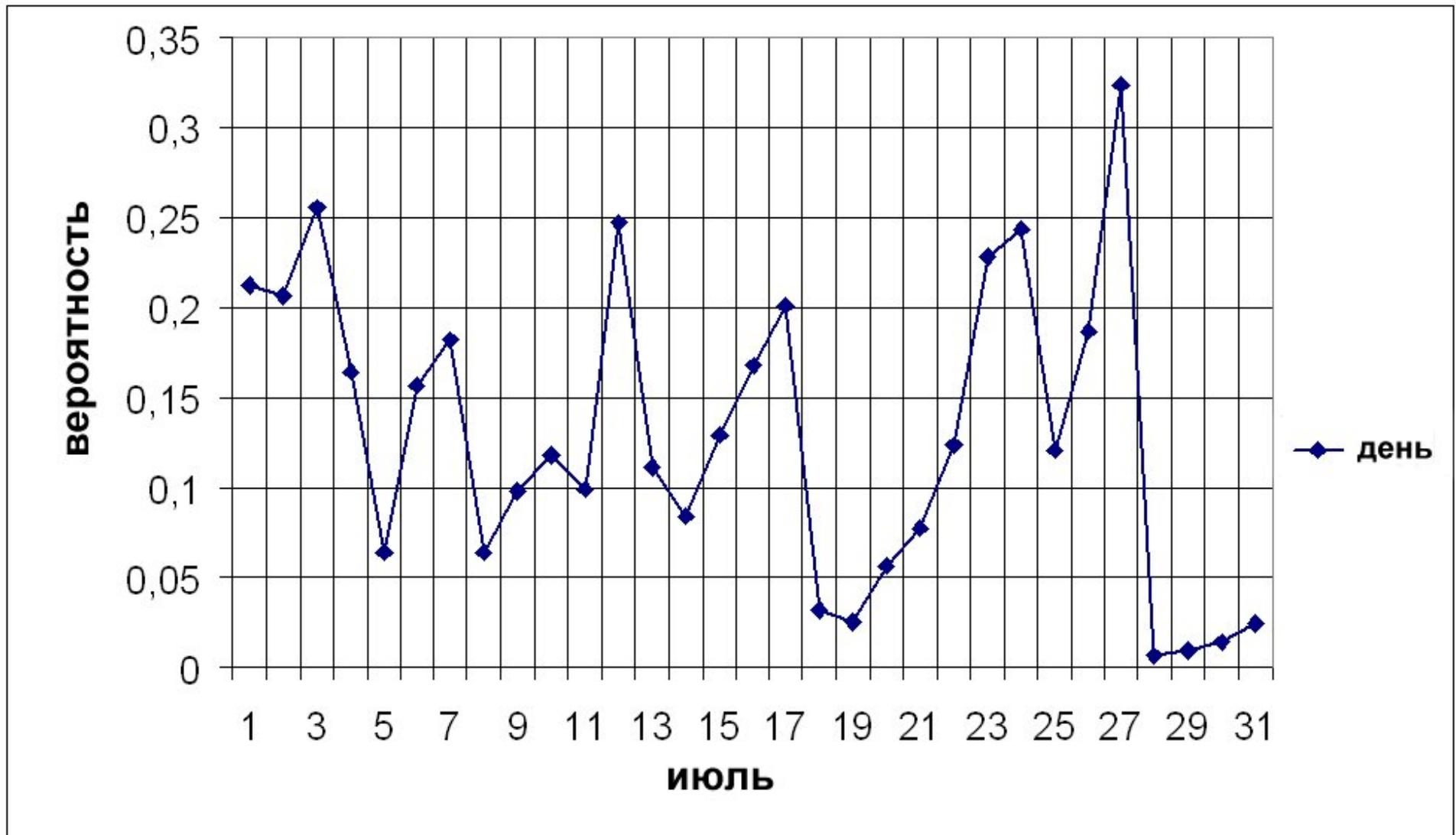
Грозовые разряды на территории Якутии в дневные часы 30 июля 2009 г.



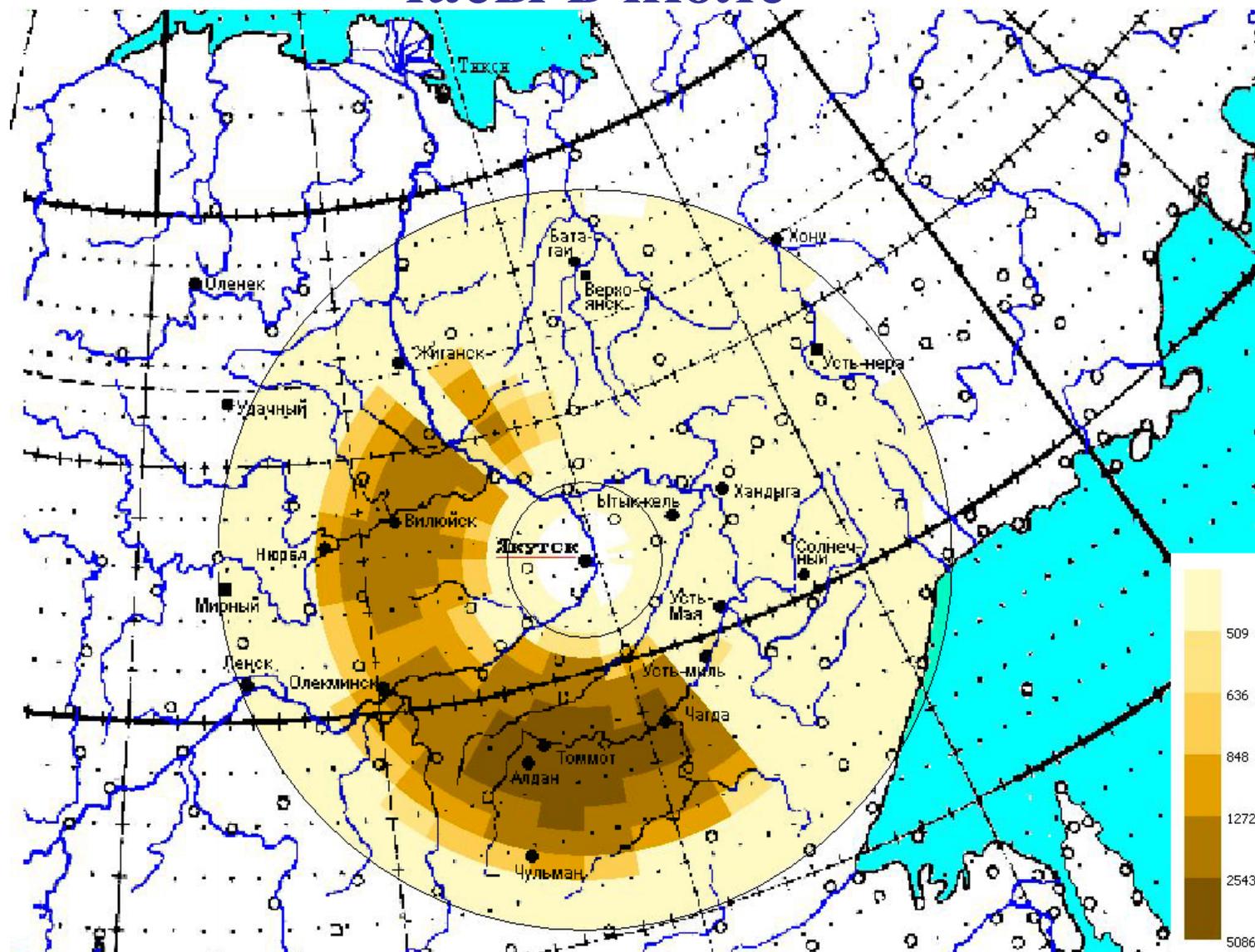
Вариации суточных значений количества дневных и ночных грозных разрядов на землю в 2009 г. на территории Якутии



Поведение отношения числа положительных разрядов к числу всех разрядов для июля месяца за дневные часы

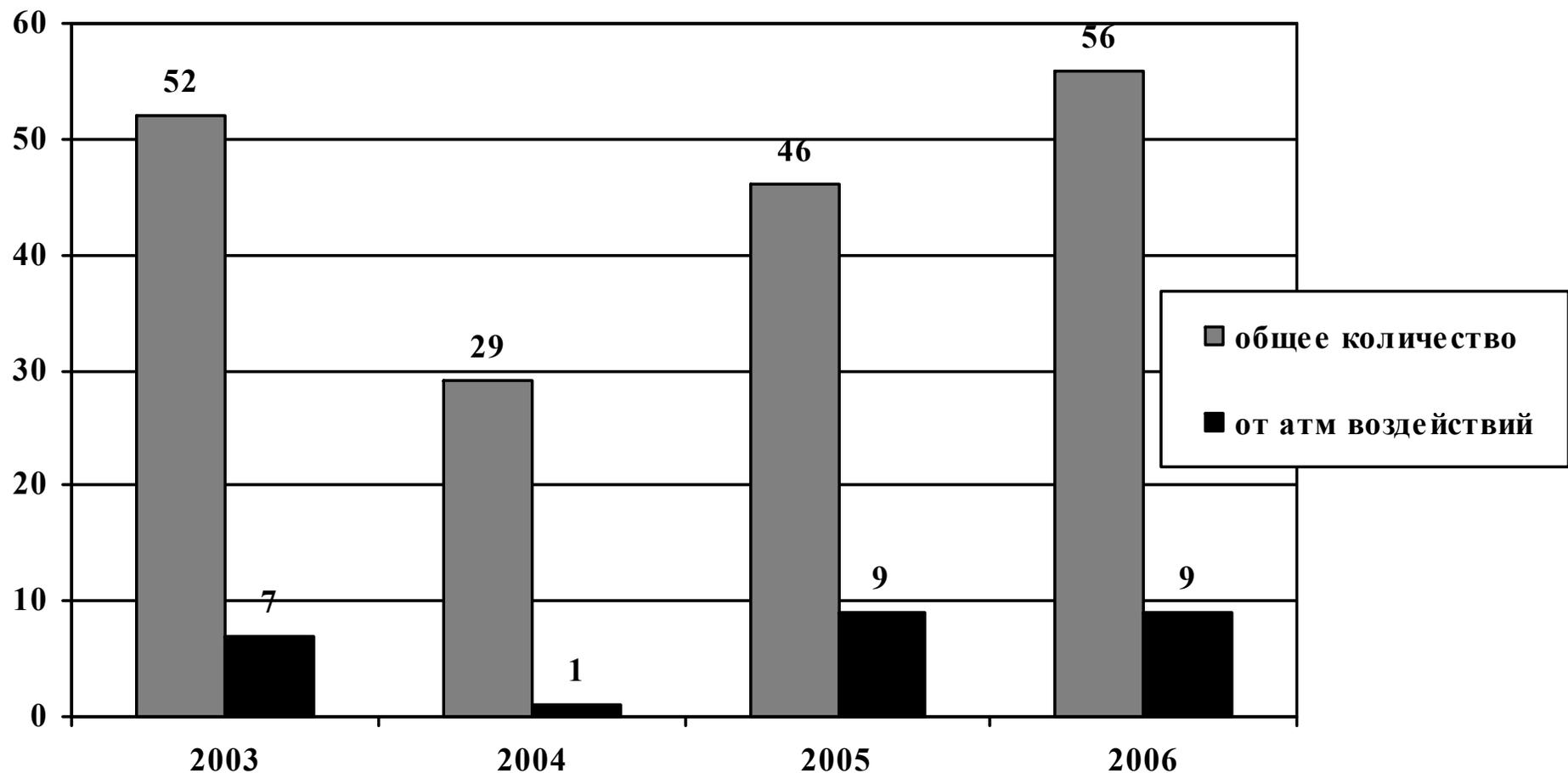


Пространственное распределение плотности отрицательных грозовых разрядов в дневные часы в июле



Количество отключений по причине стихийных явлений

За 2007 г. экономический ущерб от аварий вследствие грозových перенапряжений составил 20.2 млн. руб.



Выводы

- **Токи, наведенные на газопроводе при магнитных возмущениях имеют, тот же порядок величины, что и измеренные нами при ближних грозовых разрядах (в полосе до 10 км от трубопровода, но без учета попаданий непосредственно в трубопровод).**
- **Токи, наводимые в трубопроводах при геомагнитных возмущениях, длятся значительное время, - до нескольких дней, хотя эти события относительно редки. В то время как токи от грозовых разрядов имеют импульсный характер и длятся до 1 миллисекунды от единичного разряда, но в силу больших длительностей трубопроводов грозы вблизи их происходят практически постоянно в летнее время, лишь меняя свою суточную и сезонную активность.**
- **Thus, the currents induced in a gas main at magnetic indignations have, the same order of size, as measured by us at near lightning discharges about the pipeline. However the currents directed in pipelines at geomagnetic indignations, last significant time, - about several days. While currents from lightning discharges have pulse character and last up to 1 millisecond.**

Спасибо за внимание