

ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ЭРУПТИВНЫХ ОБЛАКОВ ЭКСПЛОЗИЙ ВУЛКАНА ЭБЕКО И ИХ ОСОБЕННОСТЬ

Р.Р. Акбашев, П.П. Фирстов, Уваров В.Н.

***Камчатский филиал Федерального исследовательского центра
«Единая геофизическая служба РАН»
Институт космофизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН***

**VII научно-техническая конференция
Проблемы комплексного геофизического мониторинга
Дальнего Востока России
29 сентября – 5 октября 2019 г., г. Петропавловск - Камчатский**

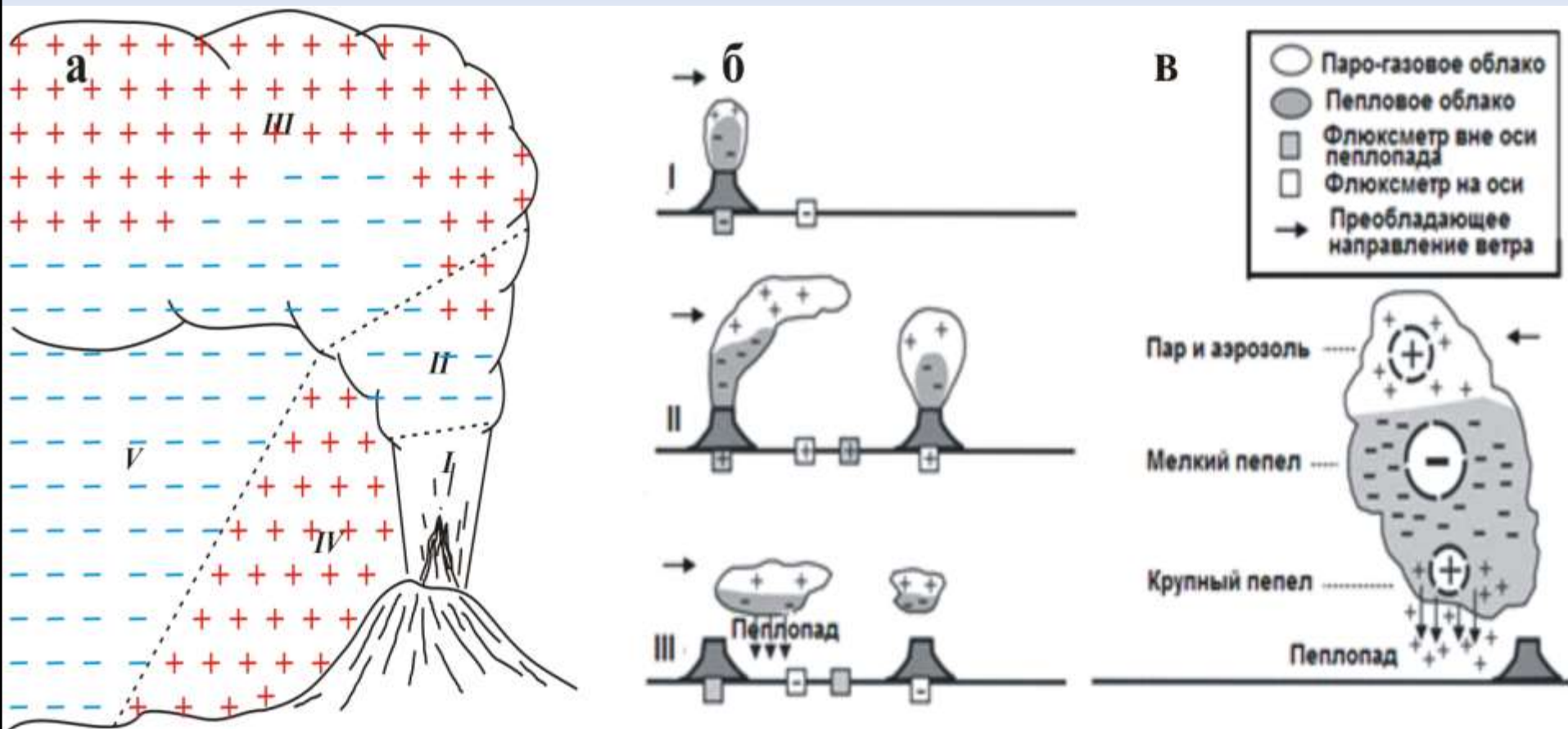
Введение

Электрическое поле атмосферы (ЭПА) является чутким индикатором высокоэнергетических процессов, происходящих как в атмосфере, так и в литосфере. Вариации параметров ЭПА ограничиваются не только облачными структурами и грозовыми разрядами, которые, в основном, формируют глобальную электрическую цепь, но также известны связи локального электрического поля атмосферы с геодинамическими процессами такими как землетрясения, извержения вулканов.

Долговременные непрерывные наблюдения за градиентом потенциала электрического поля в приземном слое атмосферы являются экспериментальной основой для исследований локальных электрических эффектов в атмосфере, в том числе сопровождающих вулканические извержения.

Вдоль восточного побережья п-ва Камчатка проходит большое количество авиатрасс, соединяющих Американский континент со странами южной Азии. Исследование атмосферно-электрических эффектов от вулканических извержений может повысить эффективность прогноза пепловой опасности для полетов самолетов на этих трассах.

Схематические модели формирования аэроэлектрических структур эруптивного облака



а - в ближней зоне [Руленко, 1994]; б - схемы разделения заряда при формировании вулканического шлейфа под действием ветра [Lane, Gilbert, 1992]; в - разделение зарядов в эруптивных облаках на основе натурных наблюдений на вулкане Сакурадзима по [Miura et al., 1998].

Электризация эруптивного облака

1. Контактным зарядом крупных и мелких частиц электрическим зарядом разного знака в процессе фрагментации магмы;

2. Отличием вещественного состава крупных и мелких частиц пепла, которое определяется содержанием в них кристаллов и стекла, их пространственное разделение под действием гравитации.

3. Разной подвижностью катионов Na^+ в примесных центрах на поверхности фрагментированных частиц разной структурой. Частицы аморфной структурой поверхности заряжаются положительно, а с кристаллической отрицательно.

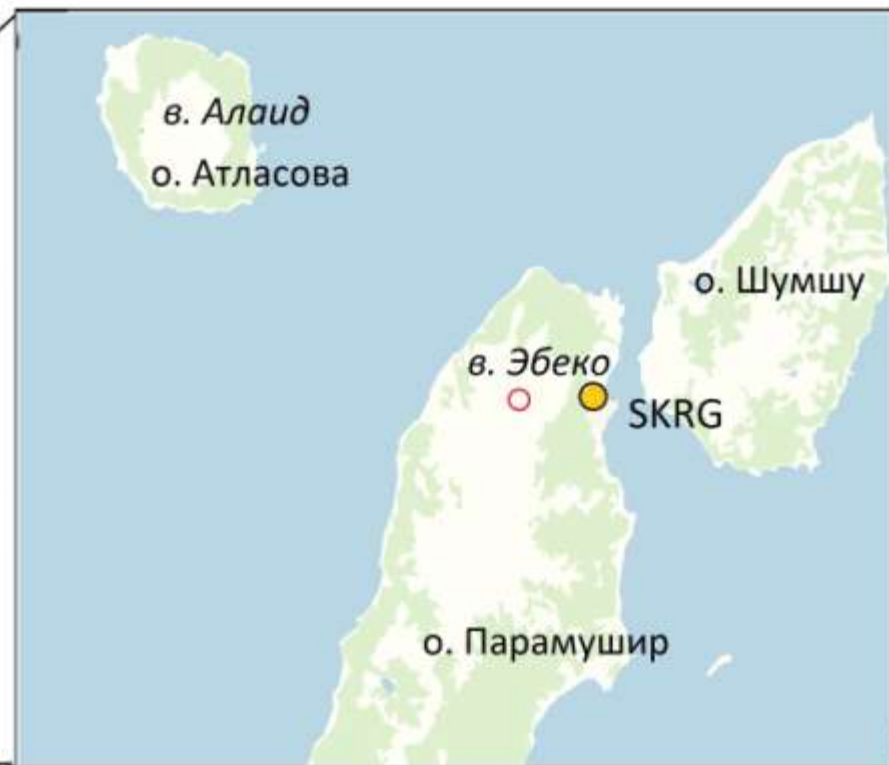
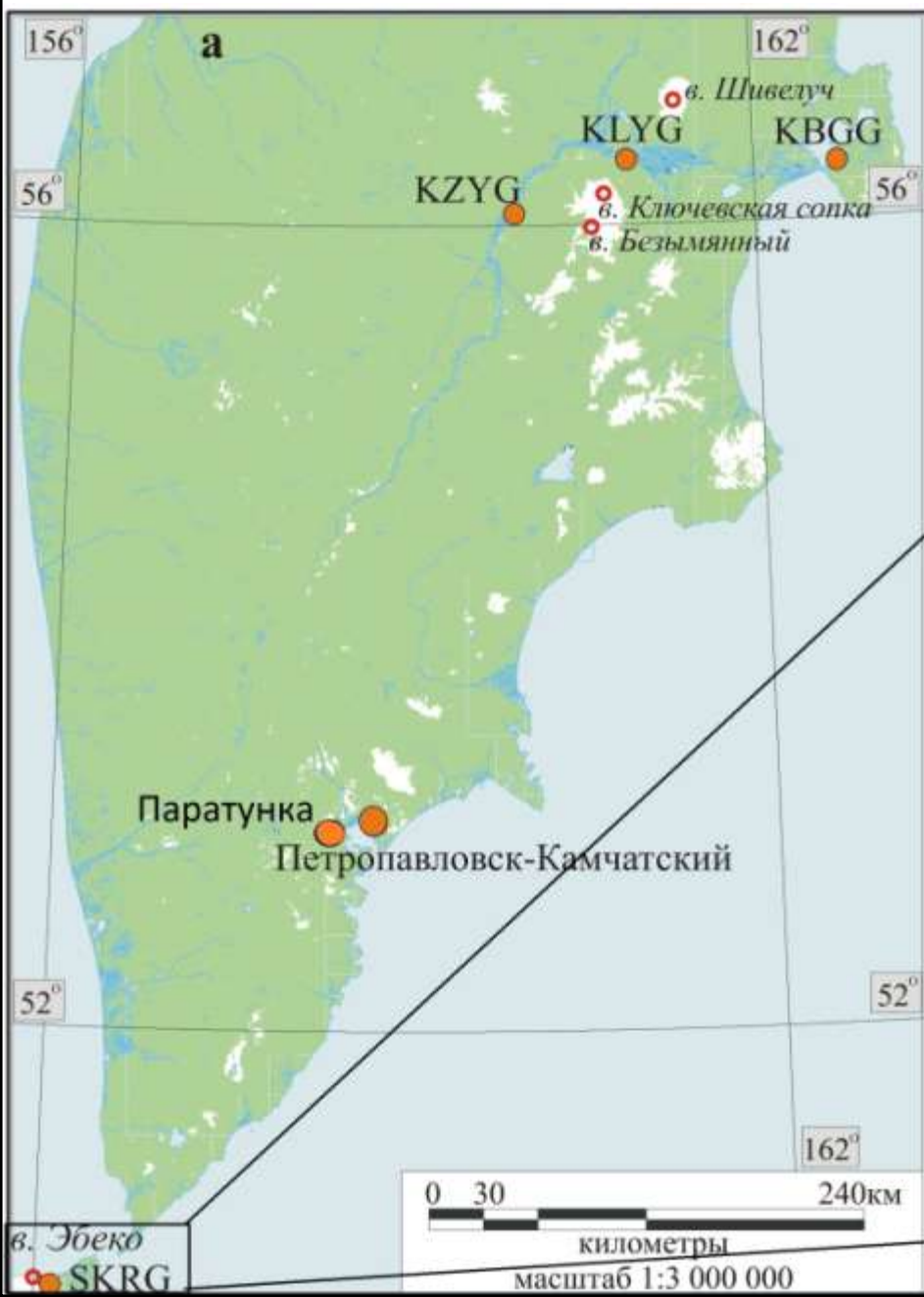
в. Эбеко 16 июля 2019 г.

<https://youtu.be/upX-qyLM76>

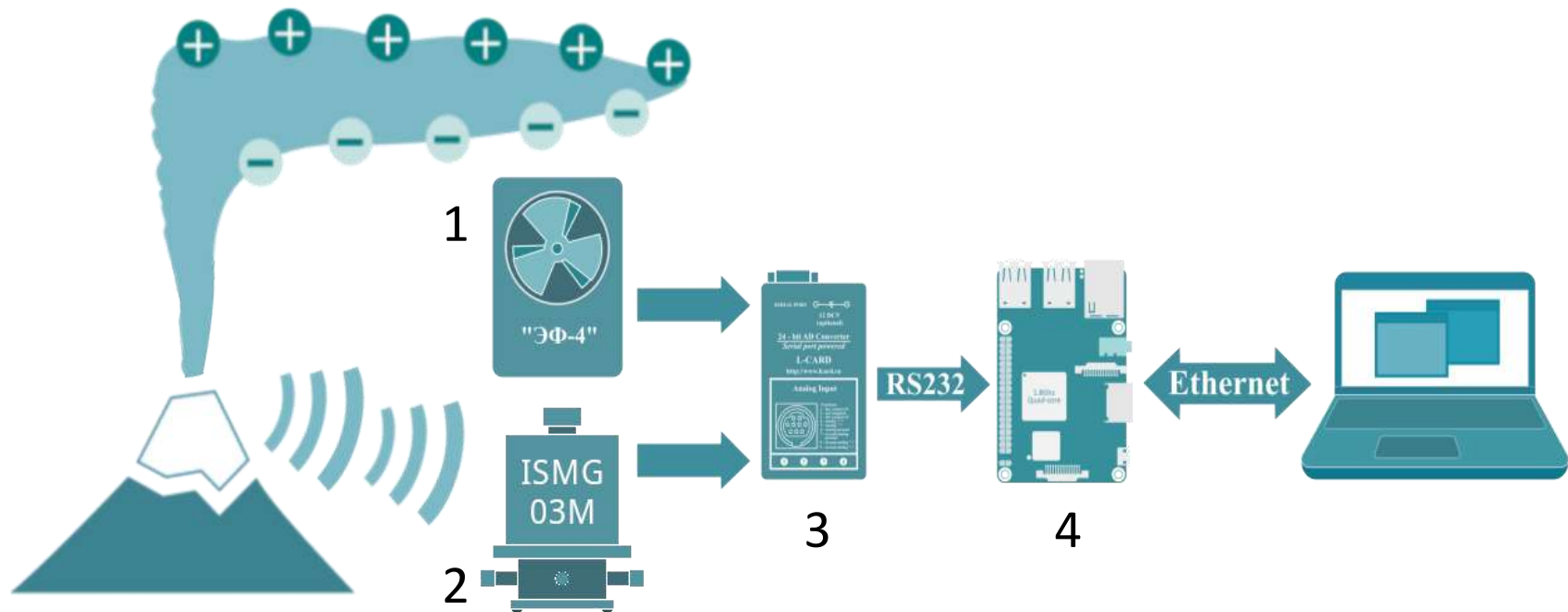
Сеть пунктов наблюдения V' ЭПА

Пункты наблюдения V' ЭПА

1. Крутоберегово (KBRG)
2. Ключи (KLYG)
3. Козыревск (KZYG)
4. Северо-Курильск (SRKG)
5. Обс. Паратунка (ИКиР ДВО РАН)



принципиальная схема работы комплекса регистрации V'ЭПА



Состав комплекса:

- 1. Аналоговый электростатический датчик ЭФ-4**
- 2. Аналоговый микробарометр ISMG-03M (PH SKRG)**
- 3. АЦП L-Card E24**
- 4. Микрокомпьютера RaspberryPi**

Аппаратно-программный комплекс обеспечивает получение и обработку данных близко к реальному времени

Система наблюдения

Селекция сигналов, связанных с откликом V' ЭПА на прохождение эруптивных облаков, осуществляется на основе анализа динамики извержений по данным геофизического и спутникового мониторингов активности вулкана на п-ве Камчатка, реализующиеся в КФ ФИЦ ЕГС РАН:

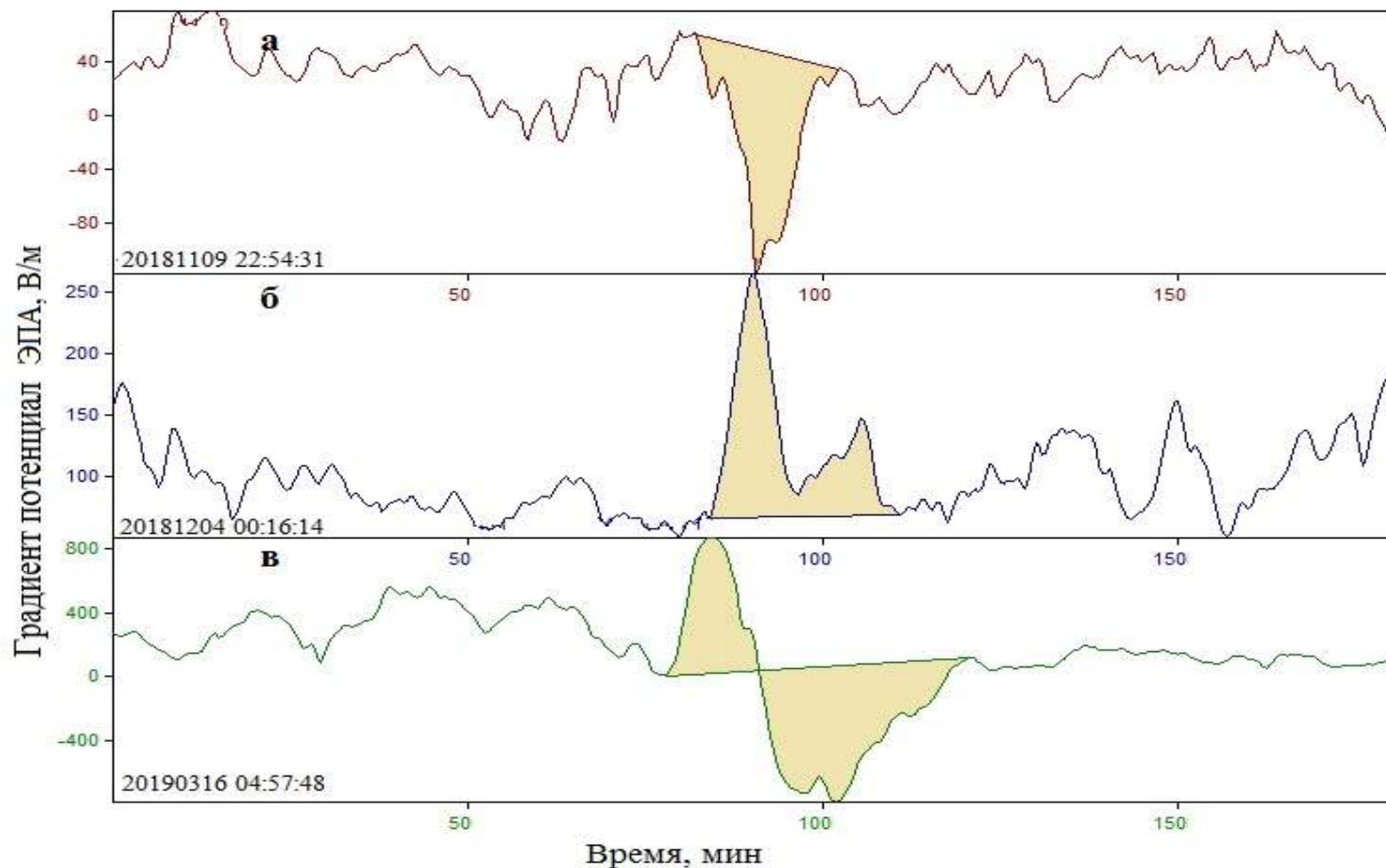
- сетью **РТСС** и **ИС**;
- мониторингом термальных аномалий по космическим снимкам;
- визуальными и видеонаблюдениями;
- данные баллонного зондирования;
- координаты вулканических молний, определяемые по данным мировой сети **WWLLN** и по данным ИКИР ДВО РАН.

Такой комплекс данных позволяет выделять возмущения в V' ЭПА, связанных с прохождением эруптивных облаков.



**Высота действующего кратера 1156 м н.у.м.
Вулкана находится в состоянии explosивно фреатического или
фреатомагматического извержения.
Длительность таких извержений может составлять 2-4 года.
Эруптивное облако может достигать высоты 3-5 км**

Примеры откликов V' ЭПА (SKRG)



Пункт наблюдения SKRG

Полярность сигнала	"+"	"-"	"±"
Количество случаев	23	18	6
Средняя амплитуда, кВ/м	0.73 ± 0.46	-0.89 ± 0.44	1.42 ± 0.75 / -0.78 ± 0.36

Численное моделирование отклика V' ЭПА

Точные параметры распространения ЭО на стадии плавучести совместно с натурными данными откликов V' ЭПА при его распространении, являются основой для изучения тонкой аэроэлектрической структуры ЭО и расчета математических моделей отклика V' ЭПА.

Для построения обозримой и удобной модели отклика V' ЭПА от заряженного ЭО целесообразно обратиться к известным в электростатике представлениям, в основе которых лежит аппроксимация ограниченной однородной области точечным зарядом. Объединение таких областей в более сложные конфигурации (диполи, квадруполь и т.д.) позволяет с необходимой точностью аппроксимировать поле произвольной конфигурации.

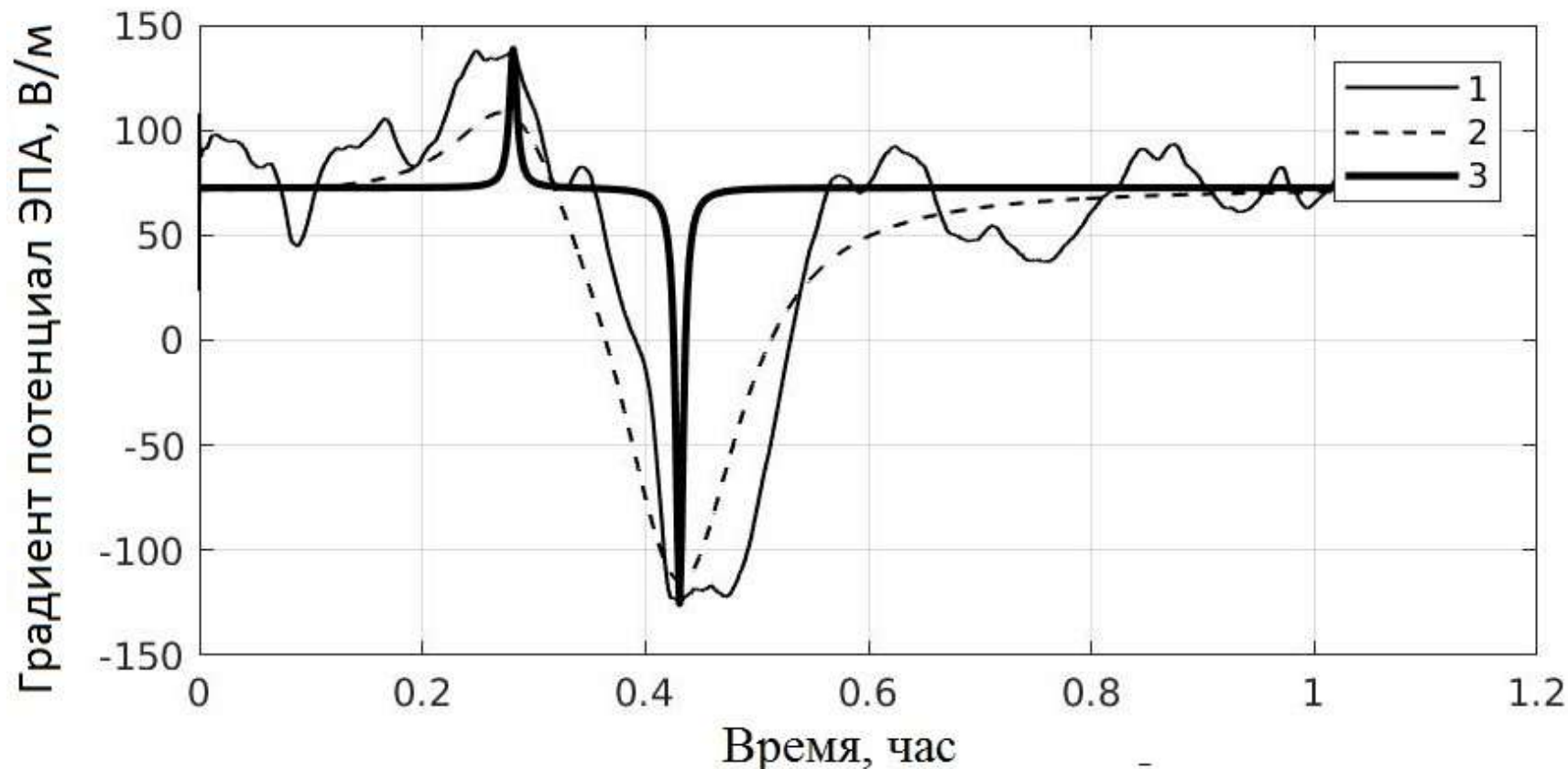
При этом поле, создаваемое уединенным точечным зарядом Q описывается выражением:

$$E_z = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^3},$$

$$E_z = \frac{\frac{Q}{2\pi\epsilon_0} * z}{|R^3|}$$

$$R = (x^2 + y^2 + z^2)^{0.5}, \quad x, y, z$$
$$Q = \frac{E_z 2\pi\epsilon_0 R^3 \left(1 + (\gamma(t - t_{extr}))\right)^{3/2}}{z}$$

Пример численного моделирования отклика V' ЭПА на прохождения ЭО над ПН 10.11.2018 г.



Эбеко 10.11.2018 г.

1- данные регистрации; 2 - оптимизированная аппроксимация; 3 – кулоновская аппроксимация.

Рассчитанные величины зарядов (Кл) по значениям $\max$ экстремумов получились +0.0305 Кл и -0.0276 Кл.

Электрическое поле вулканических облаков формируется в результате перемещения частиц аэрозоля относительно газовой среды под влиянием силы тяжести. Это явление связано с частичным увлечением двойного электрического слоя, возникающего на поверхности частиц, при движении сквозь среду. Возникающая при этом напряженность поля вызывает в среде релаксационные токи проводимости. Возникающее при этом электрическое поле (эффект Дорна) описывается выражением:

$$E = \frac{4\epsilon\epsilon_0\zeta\Delta\rho r^3 c}{3\eta\sigma} = \left(\frac{4\epsilon\epsilon_0\zeta}{3\eta}\right)\left(\frac{\Delta\rho r^3 c}{\sigma}\right)$$

Здесь r – радиус частиц, c – их концентрация, $\Delta\rho$ – разность плотностей среды и частиц, η – вязкость среды, σ – ее электропроводность, ϵ – диэлектрическая проницаемость среды и диэлектрическая постоянная, ζ – дзета-потенциал.

Выводы

Эксплозивные извержения вулканов полуострова Камчатка является естественным фактором, который приводит к возникновению электрических структур локального масштаба. Многие зарубежные исследователи, изучали электризацию вулканических облаков, но в настоящее время механизм этих сложных электрических образований достаточно полно не изучен.

Использование данных, получаемых действующей системой мониторинга и развитых выше модельных представлений, позволяет оценивать параметры как извержения в целом, так и отдельных фрагментов вулканического шлейфа, которые необходимы для оценки и прогнозирования опасности ЭО для различных сфер человеческой деятельности.

Работа выполнялась в рамках государственного задания по проекту АААА-А19-119031590060-3 и при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 18-35-00175.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!