

ГЕОЭЛЕКТРОСКАНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛИЖНИХ НАЗЕМНЫХ МОЛНИЙ

DOI: 10.54503/0515-961X-2022.75.3-12

Матевосян А.К.

*Институт геологических наук НАН РА
0019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения,
e-mail: arshak.matevosyan@yandex.ru.
Поступила в редакцию 23.09.2022*

Обсуждаются результаты впервые выполненных научно-исследовательских и опытно-методических геоэлектрических режимных наблюдений грозовых процессов в геологической среде на специально подготовленном геофизическом микро-полигоне с применением аппаратно-программного комплекса «VectorGeo».

Представлена и проанализирована методика нового направления электро-разведочных работ, основанного на применении электрических разрядов ближних наземных молний (*мгновенного гиперсильного естественного электрического поля*) с целью геолого-геофизических исследований земной коры, которая послужит основой для дальнейшего развития глубинной векторной электро-разведки – ГеоЭлектроСканирования.

Ключевые слова: электроразведка, молния, актуальность, методика, векторные геоэлектрические измерения, перспективы.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Одной из фундаментальных современных научных проблем является изучения природы и особенностей взаимодействия \взаимосвязи электромагнитных (*естественного, искусственного и техногенного*) полей, атмосферных явлений с глобальными и региональными геолого-геофизическими и техногенными процессами. Электроразведка – один из основных методов современной прикладной геофизики, широко применяемый для решения различных геолого-геофизических задач. В практике электроразведочных работ с применением методов, основанных на возбуждении искусственного электрического поля, в качестве источников тока используются автомобильные или дизельные генераторы, мощность которых порядка 50-150кВт, а сила тока в нагрузке не более 50-100А (Инструкция по электроразведке, 1984; Электроразведка, 1989). Такие источники, позволяют зондировать до глубин первых километров. Однако, для решения целого ряда фундаментальных и прикладных геолого-геофизических задач, необходимо зонди-

рование Земли на значительные глубины, вплоть до границы верхней мантии. Для решения указанных задач в 1980-х годах проводились опытно-методические научно-исследовательские работы с применением принципиально новых источников электрического тока: мощных импульсных **магнитогидродинамических (МГД)** генераторов, позволяющих в импульсах длительностью до 5-10с подавать на нагрузку мощности до 80-100МВт с силой тока до 5-20кА (в СССР – под руководством акад. Е.П.Велихова) (Жданов, 1986). Однако ввиду ряда существенных технологических недостатков при решении глубинных геолого-геофизических задач, в качестве источников тока МГД-генераторы сегодня не используются.

К глубинным электроразведочным электромагнитным методам относятся: магнитотеллурические – космической природы (*объектом исследований которых являются естественные квазигармонические низкочастотные поля – "теллурики"*) и с использованием естественного переменного электромагнитного поля, связанного с глобальной грозовой активностью (*"атмосферики"*) (Семенов, 1980; Жданов, 1986; Электроразведка, 1989). "Атмосферики" представляют собой слабое грозовое поле (*"шумовое"*), которое создается суммарным воздействием большого числа источников (*молний различной интенсивности, одновременно случайно распределенных по всей Земле*) и состоит из периодически повторяемых импульсов (*цугов*), носящих квази-синусоидальный характер. "Теллурики" характеризуются инфранизкой частотой (от 10^{-5} до 10Гц) поля с величиной электрической напряженности до нескольких мВ/м, глубиной исследований в десятки и первые сотни километров; "атмосферики" – с преобладающими частотами от 10Гц до 10кГц, напряженностью электрического поля в доли мВ/м и глубиной исследований от первых десятков метров до первых километров. Здесь следует отметить, что вблизи урбанизированных территорий эти методы практически бессильны из-за низкого уровня полезного сигнала на фоне разнообразных техногенных искажающих факторов.

К природным электромагнитным явлениям относятся также ближние **разряды наземной (вертикальной) молнии (РНМ)** в землю. В процессе развития грозы происходят сложные и еще недостаточно хорошо изученные физико-химические процессы в геологической среде, обусловленные рядом мало исследованных факторов\причин. Это обстоятельство в первую очередь связано с тем, что напряженность электрического поля (*шаговое напряжение*) в геоэлектрической среде в ближней зоне РНМ достигает 100В/м и более, что создает определенные технические трудности для выполнения полевых электроразведочных измерений. Примечательно, что несмотря на свой "неудачный" (*измерительная аппаратура вышла из строя*) и практически единственный опыт проведения электроразведочных измерений ближних РНМ (*на протяжении нескольких дней в 1934-1935 и 1952-1953гг.*), академик А.С. Семенов видел в них определенную перспективу для решения геолого-геофизических задач

(Семенов, 1980). Однако, с тех пор, согласно действующим инструкциям и методическим указаниям (Инструкция по электроразведке, 1984; Электроразведка, 1989), появление грозового фронта на видимом расстоянии (*ближе 5-10 км*) выполнение всех электроразведочных полевых работ строго запрещается! Тем самым, данный (*очевидно достаточно перспективный*) способ геоэлектроразведки – как самостоятельный электроразведочный метод специфических глубинных исследований, до сих пор не нашел свое должное научно-прикладное продолжение ввиду присутствия решающего необоснованного риска при выполнении таких исследований и отсутствия необходимых и достаточно обоснованных научно-технических предпосылок.

В настоящей статье вкратце представлены основные результаты предварительных научно-методических геоэлектрических режимных наблюдений (*геоэлектромониторинга*) ближних наземных молний и на их основе в общих чертах предложены перспективные направления развития прикладных геолого-геофизических работ при грозовых процессах и даны рекомендации их практической реализации.

Предпосылки для реализации исследований

Методические \фундаментальные. Усовершенствованы и развиты теоретические основы единой универсальной (*с использованием системы инвариантных параметров и зависимостей*) методики электроразведочных векторных исследований гальваническим (*контактным*) способом площадных измерений (*впервые предусматривающие исследования с произвольными многоазимутальными системами искусственного возбуждения и многокомпонентными нерегулярными системами регистрации электрического поля методами сопротивлений и вызванной поляризации* (Матевосян, а.с. СССР №1249607; 2002; 2003¹; 2017¹; 2017²). Здесь, на большом конкретном материале (*путем математического моделирования и численных расчетов, физического моделирования и опытно-методических полевых работ*), показана высокая эффективность рекомендуемых исследований с применением тензорных инвариантных параметров кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости.

В области изучения **техногенного электромагнитного поля (ТЭМП)** при работах методом **блуждающих токов (БТ)** путем площадных векторных измерений (Матевосян, а.с. СССР №1704120; 2003¹) впервые дана классификация первичного электрического поля БТ по характеру его проявления в пределах исследуемого планшета съемки и, в соответствии с ней, разработаны способы его регистрации, нормирования, обработки и интерпретации, а также предложен алгоритм выбора оптимального временного режима для автоматизированной обработки и интерпретации данных (*вплоть до оконтуривания \построения аномальных геоэлектрических областей*) (Матевосян, 2004¹; 2004²; 2005¹). Путем математического моделирования на примерах разнотипных геоэлектрических моделей при

разном характере внешнего возбуждаемого электрического поля и пространственно-временном проявлении ТЭМП, с использованием впервые примененной нерегулярной сети пунктов наблюдений (Матевосян, 2004³), показана эффективность предлагаемого комплекса исследований.

Экспериментальные\лабораторные. Впервые разработан способ и создана лабораторная векторная установка физического моделирования (Матевосян, а.с. СССР №1300369; 2003²) (с целью исследования достаточно большого круга сложных электроразведочных задач, вплоть до “тонких” структурно-текстурных особенностей разнотипных неоднородно-анизотропных геоэлектрических моделей путем возбуждения вращающегося электрического поля требуемого направления в пункте наблюдений) для повышения достоверности истолкования результатов площадных геоэлектрических измерений. Выполнение опытно-методических работ указанной установкой, с применением “мгновенного сверхсильного” внешнего электрического воздействия, сыграло важную роль на соответствующем этапе ниже представленных исследований.

Технические\инструментальные. Создание и применение многоцелевого аппаратно-программного измерительного комплекса «**VectorGeo**» (Матевосян и Бабаян, 2018) с дополнительным специальным программным обеспечением позволяет в автономном режиме выполнять длительные серии измерений нестационарных электрических полей естественного, искусственного и техногенного происхождения с максимальной визуализацией всего процесса регистрации в интерактивном режиме измерений. Аппаратура компактна, мобильна, используется с персональным компьютером; предусмотрена возможность в реальном масштабе времени синхронной работы двух операторов в нестандартных\экстремальных условиях (*что особенно важно в процессе регистрации электрических разрядов молний*). Применение специально изготовленного электроразведочного оборудования на целенаправленно подготовленном **геомониторинговом микрополигоне (ГММП)** с обеспечением максимально возможной молниезащитой способствовало надежному выполнению продолжительных режимных многоазимутальных регистраций геоэлектрических полей.

Выше представленное краткое перечисление нами ранее выполненных теоретических и экспериментальных электроразведочных исследований и научно-технических разработок отражает главные необходимые предпосылки для успешного целостного решения достаточно ответственной многопрофильной поставленной задачи.

Результаты полевых измерений

Некоторые характерные результаты (Севан-2021) опытно-методических исследований **молниевых событий (МС)** на ГММП «Севан», с применением векторных электроразведочных измерений электрических полей в геологической среде многофункциональной аппаратурой

«VectorGeo», приведены на рис.1-3. Здесь использованы следующие обозначения:

E – вектор напряженности полного электрического поля и его x - и y -составляющие ($E_{(x,y)}$);

E_0 – вектор напряженности нормального (фонowego, включая ТЭМП) электрического поля и его x - и y -составляющие ($E_{0(x,y)}$), которые определены путем усреднения значений поля за промежутки времени 1.6-2мс до МС;

$E^*=E-E_0$ – вектор напряженности аномального (молниевого) электрического поля и его x - и y -составляющие ($E^*_{(x,y)}$);

E^*_{max} – вектор напряженности максимального молниевоегo электрического поля в момент времени T^*_{max} ;

E^*_{max1} и E^*_{max5} – модули зарегистрированных векторов E^*_{max} приемными линиями MN_1 и MN_5 , соответственно.

На рис.1 изображены временные зависимости (графики и диаграммы) вектора E , наблюдаемые в геоэлектрической среде при грозе с применением электроразведочных векторных измерений. С целью однозначной иллюстрации протекания каждого события, цифрами на графиках и соответственно им на векторных диаграммах во временной последовательности пронумерованы характерные экстремальные значения E^* . Обработка, визуализация и сопоставление полученных исходных записей ортогональных составляющих напряженности полного электрического поля за фиксированные временные промежутки и в результате определенной стандартизации записей МС, уже на данном предварительном этапе геоэлектрических исследований, в ряде случаев, позволяет проследить поэтапное, протекание большинства МС, включая многократные молниевые удары. Анализ временных векторных диаграмм свидетельствует о большом разнообразии распространения (протекания) электрического тока наземной молнии в реальной геологической среде и говорит о значительной роли **объекта молниевоегo удара (ОМУ)** на земной поверхности и неоднородной геоэлектрической среды в формировании и реализации каждого наземного МС.

На рис. 2 представлены три последовательно зафиксированные молниевые события (19.08.2021 в 20:31 местного времени) через временные интервалы 87мс («события-близнецы») и 33с с достаточно близкими пространственно-энергетическими характеристиками за небольшой промежуток времени. Здесь (на векторной диаграмме – рис.2, б), α – угол между направлениями векторов E^*_{max1} и E^*_{max5} , который позволяет оценить погрешность определения направления на ОМУ в зависимости от выбранной системы регистрации (MN_1 и MN_5); а на приведенных диаграммах рассеяния (рис.2, в): β_x и β_y – углы между линейной корреляционной зависимостью и осью абсцисс, полученные при измерениях двумя парами взаимно перпендикулярных приемных линий MN_1 и MN_5 , соответственно, и показывают результат сопоставления записей одинаково ориентированных приемных линий.

По величинам α и $\Delta\beta = \beta_x - \beta_y$, можно оценить степень суммарного влияния на результаты конечной интерпретации основных искажающих факторов:

- присутствия локальных поверхностных электрических неоднородностей геоэлектрической среды в области расположения приемных электродов (*достаточно трудно подчиняется учету*);
- топографической погрешности при установлении приемных линий (*уменьшается с увеличением разносов приемных электродов*) и в присутствии неровностей рельефа дневной поверхности;
- случайных электрических помех естественного и техногенного происхождения;
- инструментальной погрешности измерений;
- условий заземления приемных электродов и не\трудно предсказуемых неблагоприятных изменений условий заземления (*влажности почвенного слоя*) при сложных, изменчивых метеоусловиях регистрации электрических полей.

Примечательно, что значительные изменения напряженности нормального поля за такой короткий интервал времени (*вычисленные путем усреднения данных за 1.6-2мс около\приблизительно 1-2мс до основного молниевых удара*) обусловлены присутствием интенсивного ТЭМП (в результате местоположения ГММП в центре города Севан и недалеко от железнодорожной энергосистемы).

Через 120мс после третьего события (рис.2) зафиксировано МС на расстоянии не менее 10км с максимальной величиной амплитудой $E^* = 21.2 \text{ мВ/м}$ (рис.3) – на порядок меньшей предыдущего события и соизмеримой с достаточно высоким уровнем присутствующего низкочастотного в 50Гц ТЭМП. Здесь поэтапно представлен пример выделения аномального электрического поля молниевых события (рис.3,2) при сложном характере и высоком уровне ТЭМП (рис.3,6). Нетрудно заметить, что при таком низком уровне полезного сигнала, обычное определение фонового электрического поля (*по результатам усреднения данных за некоторый промежуток времени* – рис. 1 и 2) достаточно приближенно, а приведенный подход дает вполне хороший требуемый результат для такого рода геоэлектрических исследований. Судя по полученным сложным амплитудно-временным электрических характеристикам рассмотренного молниевых события (рис.3,2), можно предположить, что в данном случае практически одновременно зарегистрировано более одного молниевых разряда (*наблюдается наложение электрических полей в пункте наблюдений*), однако сказать что-то более на данном этапе исследований не представляется возможным (*ввиду отсутствия результатов синхронной регистрации этого МС на нескольких ГММП*).

Отметим также, что в результате комплексных (*включая микро-электроразведочных и магниторазведочных*) опытно-методических исследований по выбору расположения пунктов измерений на данном ГММП установлено, что оптимальными (*как по уровню искажающих факторов*,

так и по качеству регистрируемого полезного сигнала) являются наблюдения на двух небольших оконтуренных участках с применением одинаково ориентированных ортогональных измерительных систем с разносами приемных электродов в 1 и 5 метров.

Уникальность исследований

Основываясь на современных представлениях о физике молнии, представим специфические аспекты геоэлектрических глубинных исследований с использованием наземных (*вертикальных*) электрических разрядов ближних молний с позиций геолого-геофизических работ.

Положительные характеристики:

- возможность полноценного применения единой методики векторной съемки при электроразведочных исследованиях (*теоретических основ\подходов, разработанных алгоритмов и опыта экспериментальных исследований*) (Матевосян, 2003¹) с учетом специфических особенностей источника тока;
- существенно большая оптимальная площадь одновременных синхронных исследований – десятки км²; эффективная зона действия – от 1-2 км до нескольких десятков км от пункта наблюдений (ГММП);
- высокая разрешающая способность исследований; глубинность – до нескольких десятков км;
- источник тока:
 - природный – не требуются дополнительные материальные затраты, связанные с возбуждением внешнего электрического поля в исследуемой геоэлектрической среде;
 - гиперсильный – надежная регистрация полезного сигнала (*электрического поля МС*) на больших расстояниях (*не требуется специальная синхронизация измерений*);
 - одиночный точечный – относительная простота обработки и интерпретации данных;
 - экологичный – не приводит к дополнительной антропогенной нагрузке на окружающую среду (*ввиду отсутствия надобности проведения достаточно большого объема разнообразных подготовительных и ликвидационных мероприятий при возбуждении в земле сверхмощного искусственного электрического поля*).
- высокая производительность исследований – за несколько грозовых дней возможность оперативного полноценного всестороннего (многоазимутального) изучения глубинных горизонтов геологической среды по особенностям объемного распределения удельного электрического сопротивления.

Отрицательные характеристики:

- недостаточно хорошо исследованы все аспекты физики молнии (Юман, 1972; Базелян и Райзер, 2001; Иудин и др., 2018);
- глобальное неравномерное возникновение и повторяемость молний в зависимости от географических координат, топографических характеристик исследуемой местности, сезонных изменений и метеоусловий;
- ограниченная продолжительность временных интервалов грозовых явлений;
- сложный источник импульсного электромагнитного поля в неоднородной геоэлектрической среде:
 - неуправляемый чрезмерно-опасный;
 - непредсказуемый – оперативно не\трудно прогнозируемые пространственно-временные и энергетические параметры молниевых удара (*каждого последующего МС во время грозы*);
 - мгновенный (*кратковременный – порядка долей миллисекунд*) со сложной конфигурацией силы тока – определенные технические трудности практической реализации исследований в интерактивном режиме в реальном масштабе времени (*регистрации, записи, предварительной обработки и интерпретации*);
 - невоспроизводимый – уникальность\индивидуальность характера каждого МС (*отсутствие возможности выполнения повторных, контрольных регистраций*);
- необходимость предварительного поиска, тщательного выбора и подготовки геополлигонов, благоприятных для режимных электрометрических наблюдений со специфическими системами измерений;
- особо повышенные требования к специальной техники безопасности (*молниезащите*) при выполнении полевых работ – раз-работка, непрерывное совершенствование и строгое соблюдение;
- мультидисциплинарная специфическая методика (*существенным образом отличающаяся от обычных узкоспециализированных электроразведочных исследований*) выполнения исследований в сложных метеоусловиях и практически в любое требуемое время суток;
- тщательный подбор и высокая бдительность персонала, (*способность принятия решительных экстренных мер безопасности – высокая ответственность при выполнении полевых экспериментальных работ во время грозовых процессов*);
- особый учебно-подготовительный тренинг работы в экстремальных условиях – особая учебно-методическая подготовка квалифицированного персонала (*как в полевых, так и в лабораторных условиях*).

Обобщая вышеприведенное можно констатировать, что несмотря на значительную долю “отрицательных характеристик” (*существенный комплекс ответственных, трудно реализуемых, нестандартных, находящихся*

на стадии методологической разработки разнопрофильных работ\задач и в настоящее время не имеющих аналогичных альтернативных решений) представляется очевидным повышенной научная информативность и уникальность ожидаемых результатов.

Выводы

Основные предварительные представления по данным выполненным полевым работ:

- в результате большого практического опыта продолжительных режимных наблюдений геоэлектрических полей, выполненных в 2017-2021 годах в пределах ГММП «Севан», установлено, что за несколько часов активных грозовых процессов надежно фиксируются сотни всесторонне ориентированных разноудаленных МС, пригодных для глубинных геоэлектрических исследований;
- изучение электрических параметров\характеристик геологической среды с использованием молниевых разрядов в землю, полученных с применением векторной многоазимутальной системы измерений многофункциональным аппаратно-программируемым комплексом «VectorGeo», позволяет получить качественный высокоинформативный интерпретационный материал (*в настоящее время не имеющих альтернативных решений*);
- применение оперативной приблизительной оценки величины модуля вектора напряженности электрического поля наземной молнии в пункте измерений от расстояния до ОМУ (с учетом обобщенных электрических параметров геологической среды в пределах ГММП, полученных в результате предварительных малоглубинных электроразведочных и магнитометрических исследований) способствует максимально возможному обеспечению мер молниезащиты геоэлектрических измерений при активных грозовых процессах; не только прекращение режимных геоэлектрических регистраций, но и заблаговременное обесточивание основных энергопотребителей на ГММП при расстоянии менее 1-2 км до грозового фронта: так, на геополигоне «СЕВАН», расположенном в области с повышенной грозовой опасностью (*“предрасположенностью”*), за последние 5-6 лет не менее 2 ударов молнии в тополь, растущий на расстоянии 12 метров от аппаратно-программируемого измерительного комплекса.

К практическим рекомендациям, требующим дальнейшего решения, в первую очередь следует отнести выполнение синхронной регистрации не менее, чем в трех специально оборудованных ГММП, расположенных в пределах исследуемой территории и взаимно удаленных на несколько километров с налаженной согласованностью действий дистанционным **координационным центром управления (КЦУ) в интерактивном режиме** с одновременным выполнением непрерывных вспомогательных

метеорегистраций (*видеозапись МС, слежение за развитием и перемещением грозового фронта по метеосайтам*) с дальнейшим совершенствованием измерений в дистанционном практически полностью (*максимально возможном*) автоматическом режиме;

Приведенные результаты выполненных опытно-методических работ открывают перспективы на развитие и совершенствование следующих актуальных геоэлектрических научно-прикладных направлений изучения геологической среды с использованием в качестве источника тока молниевых ударов в землю – векторной электроразведки методом **наземных молниевых разрядов (НМР)**:

- **Научно-исследовательский глубинный геоэлектрический способ**, заключающийся в **геоЭлектроМониторинге (геоЭМ)** – синхронном выполнении продолжительных режимных геоэлектрических наблюдений\измерений грозовых явлений региональной площадной сетью, состоящей из трех и более достаточно удаленных друг от друга (*до 10-20км*) ГММП с дистанционный КЦУ всем комплексом исследований в интерактивном режиме. В процессе комплексной обработки и интерпретации данных определяются координаты каждого ОМУ и энергетические характеристики МС и выполняется разложение\разделение каждого МС на составляющие (*постадийное дифференцирование молниевых ударов в землю* (Базелян и Райзер, 2001), наблюдаемые на каждом ГММП. В итоге реализуется геоэлектросканирование – глубинное региональное изучение земной коры (*фундаментальные исследования в области физики Земли*) опорной региональной площадной сетью ГММП при динамической хаотичной точечной системе возбуждения естественного молниевых геоэлектрического поля (*непрерывное совмещенное электропрофилирование и электроразведка определенных областей исследуемой среды между произвольно варьирующим ОМУ и каждым зафиксированным ГММП*), в течение всего грозового процесса. Аналогично методу сопротивлений установкой – один питающий электрод и две взаимно перпендикулярные приемные линии (Электроразведка, 1989) с применением многоазимутальной системы возбуждения (Матевосян, 2003¹).
- **Малоглубинный прикладной способ геоэлектроразведки**, заключающийся в проведении режимной регистрации электрических полей в течение проявления всего грозового процесса (*с фиксацией молниевых разрядов\ударов в землю*) с использованием неподвижной площадной локальной системы измерений с требуемой плотностью установления приемных электродов на исследуемой территории (*при необходимости с применением нерегулярной сети наблюдений и приспособлением стандартных электроразведочных кос*). В итоге реализуется малоглубинное многоазимутальное электросканирование всего исследуемого участка при хаотичной

точечной системе возбуждения молниевое геоэлектрическое поля в течение проявления всего грозового процесса (*в некоторой степени аналог способа геоэлектроразведки методом БТ с применением площадной нерегулярной системы измерений ТЭМП* (Матевосян, 2004³)) при гиперсильном кратковременном электрическом импульсе произвольной формы электрических разрядов ближних молний со строгим соблюдением техники безопасности и молниезащиты.

При работах представленными способами, выполняется предварительная калибровка векторных измерений каждого ГММП с применением методики малоглубинной электроразведки методом сопротивлений по инвариантным параметрам и зависимостям КС (*в частности, выполнение электрических микро-МАК-зондирований* (Матевосян, 2003¹), *а при необходимости и ее последующая детализация*), используемая на различных этапах работ и способствующая повышению достоверности конечного результата.

Заключение

Обобщая вышесказанное и учитывая высокую разрешающую способность геоэлектрических измерений (*высокий уровень полезного сигнала на фоне искажающих помех*), можно констатировать о целесообразности использования кратковременного гиперсильного электрического поля естественной природы (*одиночных разрядов ближних молний в землю*) для решения большого круга глубинных геолого-геофизических научно-прикладных задач, что в настоящее время представляется вполне реализуемым и весьма актуальным.

Метод НМР легко и полностью вписывается в методологию векторных измерений и расширяет возможности глубинных электроразведочных исследований. Полученные результаты послужат развитию единой методики векторной съемки (Матевосян, 2003¹) путем получения полноценного высокоинформативного исходного экспериментального материала для последующей, более однозначной, пространственно-временной интерпретации электроразведочных данных и их достоверного геологического истолкования в комплексе с другими геолого-геофизическими материалами.

Выполненная работа также может рассматриваться как первые “геоэлектрические шаги” инструментальных регистраций наземных молниевых разрядов, за которыми должны последовать целенаправленные углубленные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- Базелян Э. М., Райзер Ю. П. 2001. Физика молнии и молниезащиты. М., ФИЗМАТЛИТ, 319с.
Жданов М.С. 1986. Электроразведка. М., Недра, 316с.

- Инструкция по электроразведке.** 1984, Л., Недра, 352с.
- Иудин Д.И., Давыденко С.С., Готлиб В.М., Долгонос М.С., Зелёный Л.М.** 2018. Физика молнии: новые подходы к моделированию и перспективы спутниковых наблюдений. Успехи физических наук, 188, с.850-864.
- Матевосян А.К.** 1986. Способ геоэлектроразведки. А.с. СССР №1249607, Б.И. №29.
- Матевосян А.К.** 1992. Способ геоэлектроразведки. А.с. СССР №1704120, Б.И. №1.
- Матевосян А.К.** 2002. Способ обработки результатов площадных электроразведочных измерений при нерегулярной сети пунктов наблюдений. Доклады НАН Армении, 102, №3, с.243-249.
- Матевосян А.К.** 2003¹. Разработка теоретических основ методики векторной съемки при электроразведочных исследованиях. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. доктора физ.-мат. наук. Ереван, ИГН НАН РА, 33с.
- Матевосян А.К.** 2003². Многоазимутальное комбинированное электрическое зондирование. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVI, №1, с.50-58.
- Матевосян А.К.** 2003³. Трехазимутальная модификация МАК-зондирования. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVI, №2, с.56-59.
- Матевосян А.К.** 2003⁴. Крестовая лабораторная установка и методика исследования удельного электрического сопротивления и поляризуемости образцов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVI, №3, с.63-65.
- Матевосян А.К.** 2004¹. Классификация первичного техногенного электрического поля и способы его нормирования при исследованиях методом блуждающих токов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVII, №1, с.58-61.
- Матевосян А.К.** 2004². Обработка, интерпретация и визуализация результатов векторной съемки методом блуждающих токов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVII, №2, с.52-58.
- Матевосян А.К.** 2004³. Особенности векторной съемки методом блуждающих токов при нерегулярной сети пунктов наблюдений. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVII, №3, с.54-60.
- Матевосян А.К.** 2005. Сопоставление результатов векторной съемки методами сопротивлений и блуждающих токов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVIII, №1, с.54-59.
- Матевосян А.К.** 2017¹. Основные направления оптимизации площадных детальных исследований методом вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 70, №1, с.10-23.
- Матевосян А.К.** 2017². Оперативный способ расшифровки локальных аномалий от рудных объектов методом вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 70, №2, с.34-49.
- Матевосян А.К., Бабаян Г.А.** 2018. Многофункциональная измерительная электроразведочная аппаратура «*VectorGeo*». Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 71, №1, с.42-49.
- Семенов А.С.** 1980. Электроразведка методом естественного электрического поля. Л.: Недра, 446с.
- Электроразведка.** 1989. Справочник геофизика. М., Недра, в двух книгах – 438с, 378с.
- Юман М. А.** 1972. Молния. М.: Мир, 327с.

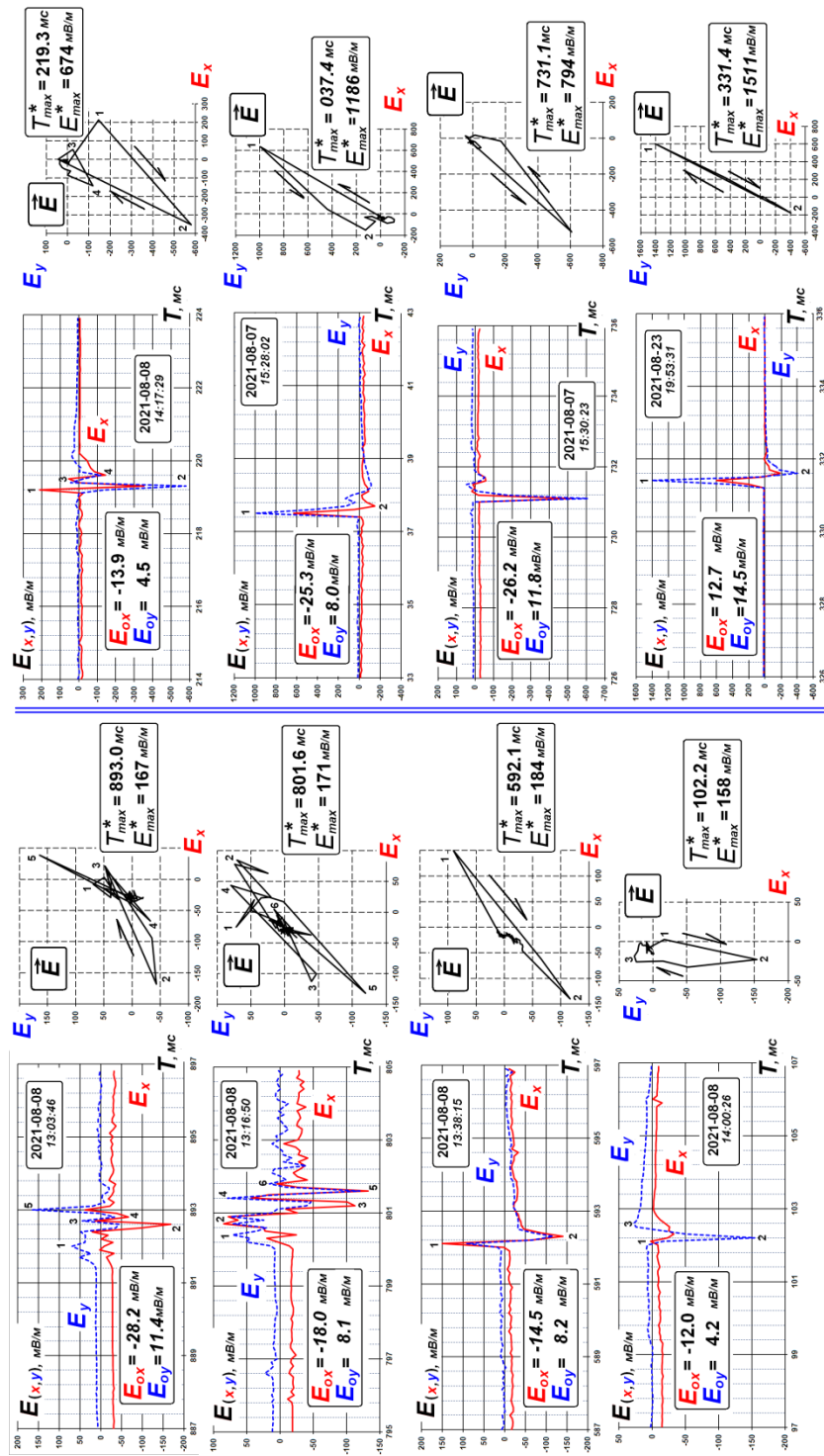


Рис.1. Графики изменения x- и y-составляющих E (слева) и годографы вектора E (справа) в геоэлектрической среде за промежутков 10мс с выраженным проявлением молниевых разрядов двумя взаимно перпендикулярными приемными линиями размером 1м (MN1) с амплитудой полезного сигнала с многократным превышением суммарного уровня электрического поля искажающих помех.

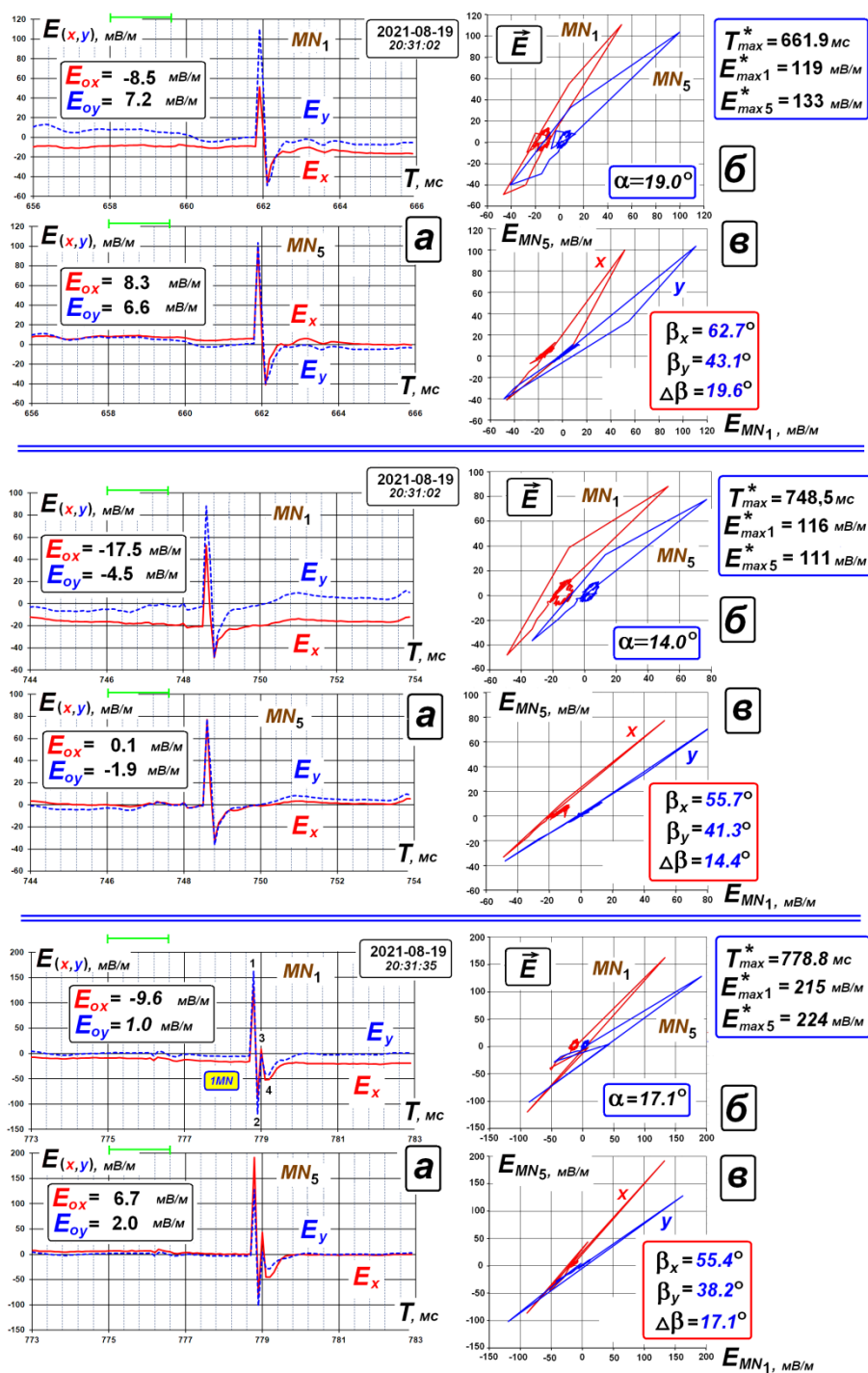
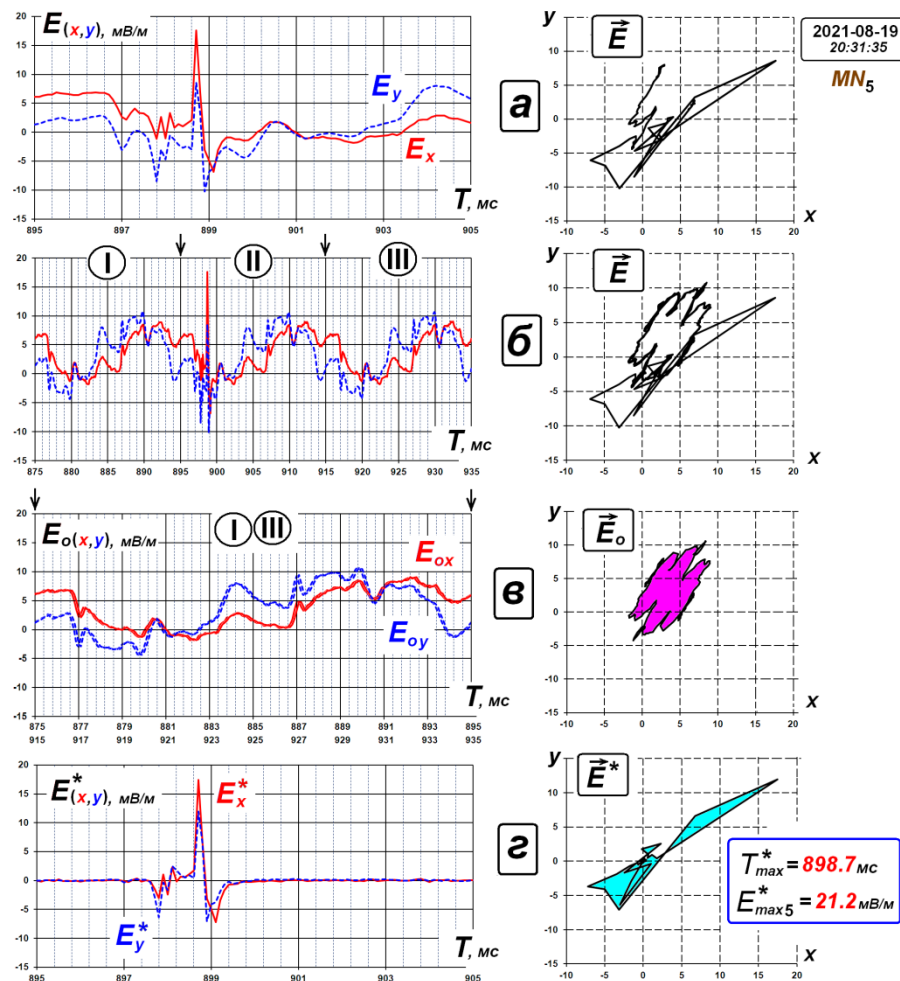


Рис.2. Графики x - и y -составляющих E за временной промежуток 10мс (а), годографы вектора E (б) и диаграммы рассеяния (в) с фиксацией трех последовательных молниевых событий двумя парами ортогональных приемных линий размерами $MN_1=1$ м и $MN_5=5$ м.



ՐԻՏ.3. Пример выделения аномального поля (молниевое событие) по записям x - и y -составляющих напряженности электрического поля (слева) и соответственно им годографы векторов (справа) при MN_5 (г. Севан, 19.08.2021 в 20:31:35 по местному времени): за 10мс (а) и 60мс (3 периода низкочастотного ТЭМП в 50Гц) (б) с фиксацией молниевое события на фоне искажающих факторов естественной и антропогенной природы; в – совмещенные (наложенные) зависимости за 20мс (за I и III периоды ТЭМП) по записям фонового поля; г – аномальное электрическое поле молниевое событие за 10мс, полученное в результате вычитания поля помех.

**ԵՐԿՐԱԷԼԵԿՏՐԱՍԿԱՆԱՎՈՐՈՒՄ
ՕԳՏԱԳՈՐԾԵԼՈՎ ՄՈՏԱԿԱ ԵՐԿՆԱՅԻՆ ԿԱՅԾԱԿՆԵՐՆ**

Մաթևոսյան Ա.Կ.

Ամփոփում

Քննարկվում են երկրաբանական միջավայրում կայծակնային պրոցեսների գիտահետազոտական և փորձնամերթողական երկրաէլեկ-

տրական ռեժիմային դիտարկումների արդյունքները, ստացված «*VectorGeo*» սարքածրագրային համալիրի միջոցով հատուկ նախապատրաստված երկրաֆիզիկական միկրո-փորձադաշտում:

Ներկայացված և վերլուծված է էլեկտրահետախուզական աշխատանքների նոր ուղղության մեթոդիկան, որը հիմնված է կայծակի էլեկտրական լիցքաթափումները գետնին (ակնթարթային գերուժեղ բնական էլեկտրական դաշտի) օգտագործման վրա, երկրակեղևի երկրաբանա-երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունների համար, ինչը հիմք կհանդիսանա խորքային վեկտորական էլեկտրահետախուզության հետագա զարգացմանը՝ ԵրկրաէլեկտրաՍկանավորմանը:

GEO-ELECTROSCANNING WITH THE USE OF ON-GROUND LIGHTNINGS

Matevosyan A.K.

Abstract

The article discusses the results of the research and empirical geo-electric regime observations of the thunderstorm processes in the geological environment through the acquired “VectorGeo” hardware-software complex at the specially prepared geophysical micro-test site. The methodology of a new direction of electrical exploration works based on the application of electric discharges of on-ground lightnings (*instantaneous hyper-strong natural electric field*) for the purpose of geological-geophysical research of the earth's crust is presented and analyzed, which will serve as the basis for the further development of deep vector electrical exploration – GeoElectroScanning.