

УДК 550.37:550.343

Токтосопиев А. М.

*Институт сейсмологии НАН КР
г. Бишкек, Кыргызстан*

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНСТИТУТЕ СЕЙСМОЛОГИИ НАН КР

Аннотация. В статье изложены результаты исследований аномальных возмущений электротеллурического поля (ЭТП), атмосферного электрического поля (АЭП), связанных с сеймотектоническими процессами в земной коре Кыргызстана.

Ключевые слова: формы сигналов ЭТП и АЭП; зависимость регистрируемых эффектов от геологогеофизического строения региона.

КР УИАНЫН СЕЙСМОЛОГИЯ ИНСТИТУТТУНДА ГЕОФИЗИКАЛЫК ИЗИЛДӨӨЛӨР

Кыскача мазмуну. Макалада Кыргызстандын жер кыртышындагы сеймотектоникалык процесстерге байланыштуу электротеллурикалык талаанын (ЭТП), атмосферанын электр талаасынын аномалдык дүүлүгүлөрү келтирилет.

Негизги сөздөр: ЭТП, АЭП сигналдарынын мейкиндик формалары, жана аларда катталган эффектердин региондун геологогеофизикалык түзүлүшүнө көз карандылыгы.

GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS AT THE INSTITUTE OF SEISMOLOGY NAS KR

Abstract: The article presents the results of studies of anomalous disturbances of the electrotelluric field (ETF), atmospheric electric field (AEF), associated with seismotectonic processes in the earth's crust of Kyrgyzstan.

Keywords: ETP and AED signal forms; dependence of recorded effects on the geological and physical structure of the region.

Прогноз землетрясений является в настоящее время одной из важнейших задач наук о Земле. Человечество давно ищет пути предсказания землетрясений и уменьшения сопутствующих им разрушений. Опыт показывает, что предотвратить землетрясения невозможно. Тем не менее, бурное развитие наук о Земле и геофизической аппаратуры открывают реальную перспективу для решения весьма важной проблемы человечества – прогнозирования землетрясения. В настоящее время известны многочисленные экспериментальные и теоретические сведения о процессах, которые предшествуют разрушению как испытуемых образцов горных пород, так и массивов Земной коры. За последние десятилетия в различных сейсмоактивных районах инструментально выявлено большое количество аномальных явлений, интерпретируемые как предвестники землетрясения. На их основе большое внимание уделяется вопросам практического и теоретического изучения вопросов, связанных с закономерностями формирования и возникновения аномальных «возмущений» геофизических полей, предшествующих сильным землетрясениям и сопровождающих их.

В результате многолетних наблюдений на различных полигонах мира и в Кыргызстане выяснилось, что вариации во времени измеряемых параметров геофизических полей находятся в довольно сложном соотношении с моментами возникновения сильных землетрясений, что может служить своеобразным предупреждением относительно беспочвенности надежд на сравнительно легкий успех в решении проблемы прогноза землетрясений.

В настоящее время со всей очевидностью стало ясно, что для выяснения полной

совокупности соотношений «предвестник – сильное землетрясение» и установления их возможной причинно – следственной связи необходимы довольно длительные стационарные непрерывные наблюдения за геофизическими полями и фоновой сейсмичностью. Все это предопределяет актуальность дальнейших обширных исследований тектонических процессов, комплексных и натуральных экспериментов по нетрадиционным методам (таким, как комплекс гидрогеофизических параметров, атмосферные электрические возмущения, электромагнитное излучение, аномальные возмущения в ионосфере, регистрируемые на спутниках и наземных станциях, сейсмический шум, акустические явления и ряд других), а также поисковых работ по выявлению новых предвестников.

Исследования пространственно – временных закономерностей фоновых интенсивностей естественных импульсных электромагнитных полей (ЕИЭМП), электротеллурического поля (ЭТП), атмосферного электрического потенциала (АЭП) и их особенностей возмущений перед сейсмическими событиями на территории Кыргызстана в Институте сейсмологии начаты в 1978 года. Определяющую роль в формировании и развитии этого направления сыграл академик Томского политехнического института А. А. Воробьев [1 – 5].

Вертикальная составляющая электротеллурического поля (ЭТП). С ноября 1991 года в зоне Ыссык - Атинского разлома вблизи г. Бишкека были организованы непрерывные измерения вертикальной составляющей электротеллурического поля (ЭТП) земли с целью обнаружения предвестников землетрясений. Измерены закономерности проявления аномальных эффектов в ЭТП сейсмического происхождения и установлены параметры в аномальных проявлениях, которые указывают на связь с землетрясениями.

Использованная система для регистрации ЭТП состоит из двух электродов, первый из которых - скважина глубиной 1200 м, второй расположен на глубине 1.5 м вокруг скважины при диаметре круга 20 м и при сопротивлении между электродами 100 Ом. Все показания регистрируются трёхканальным самописцем в реальном масштабе времени при временном интервале до 0.5 сек. У системы три записывающих канала, каждый из которых имеет свой частотный диапазон: 0.01-0.1 Гц, 1 Гц, и 1-9 кГц. Аппаратура для регистрации разработана в научно – исследовательской лаборатории коммуникаций (LTR) г. Токио (Япония) учёным К. Такахаши.

Выбор такого нетрадиционного подхода по использованию электродов обусловлен двумя причинами:

1. Скважина и даже колодец являются чувствительными объёмными деформометрами и прямо отражают изменения напряжённо-деформированного состояния в недрах земли.

2. Изменения уровня барометрического давления воды, литологическая неоднородность участка и различие пород по удельному электросопротивлению для мест залегания обсадки создают неравномерность электрохимических процессов на поверхности металлического электрода (в нашем случае - обсадки). Форма связи уровня воды и её количества в значительной мере определяет характер протекания электрохимических процессов. В результате создаются вариации электродного потенциала различной амплитуды и длительности.

Анализ вариаций фоновых значений по результатам наблюдений в течение 1991-1997 гг. позволил установить на выбранных частотах регистрации среднемесячные суточные хода и сезонные вариации уровня ЭТП. Наименьшие значения ЭТП наблюдаются в зимний период (декабрь-февраль), а наибольшие - в летний период (июль-август). Абсолютная величина максимумов и минимумов для одних тех же сезонов, а также их положение незначительно меняются от года к году.

Проведена оценка влияния на ЭТП нерегулярных помех, которые своим воздействием могли вызвать аномалии несейсмического происхождения. Были детально

изучены записи ЭТП в периоды проявления близких гроз, геомагнитных возмущений, изменений метеорологических параметров (дождь, снегопад, туман, давление, температура, скорость ветра) и промышленных помех. В качестве критериев оценки их воздействия на ЭТП анализировались следующие характеристики: характер возмущений, их продолжительность и признаки отличия.

По исследованию аномальных особенностей ЭТП вертикальной составляющей отмечается, что перед землетрясениями аномалии выделяются не на всех диапазонах частот, а в большинстве случаев обнаруживаются в диапазоне частот 0.01-0.1 Гц, 1 Гц, редко 1-9 кГц. Характер аномалий отличался в различных диапазонах частот. Впервые обнаружены «П-образные» сигналы сейсмического происхождения в диапазоне 1 Гц. Такая форма сигнала наблюдалась только в периоды времени, приуроченные к землетрясениям с $M > 4.0$. События с меньшей магнитудой не предваряются отчётливыми «П-образными» вариациями поля на тех же эпицентральных расстояниях.

Длительность «П-образных» всплесков составляет 10-60 минут и проявляется в большинстве случаев за 6-8 суток до главного толчка. Исключением является Суусамырское землетрясение с $M = 7.3$, где «П-образные» сигналы обнаружены за 75 суток до события.

С 1992 г. по 1997 год произошло 29 землетрясений с $M > 3.8$ на расстоянии от пункта наблюдений ЭТП 120-455 км. Из них в 15-ти случаях до главных толчков были зарегистрированы «П-образные» аномалии, где эпицентральные расстояния, в основном, составляли около 300 км. В результате анализа длительных рядов наблюдений выделены 2 типа землетрясений, характеризующиеся количеством дней, в течение которых появляются «П-образные» сигналы. К первому типу относятся землетрясения, для которых возмущения проявляются не более 1 суток. Ко второму типу землетрясений относятся возмущения, наблюдавшиеся более 1 суток. Анализ места расположения эпицентров этих «типов» землетрясений относительно активных разломов на территории Кыргызстана показал, что для первого типа очаги землетрясений находятся в зонах ранее существующих разломов, а для второго типа землетрясений - с образованием новых разрывных нарушений среды. Такой процесс хорошо наблюдался перед Суусамырским землетрясением (19.08.1992, $M=7.3$).

На основе анализа геоэлектрической обстановки на площади наблюдения с привлечением данных деформометрических измерений и уровнем подземных вод делается предположение, что этот предвестник ЭТП обусловлен значительными изменениями напряжённо-деформированного состояния в области регистрации и особенно в зоне близкорасположенного Ыссык-Атинского разлома, где отмечены максимальные изменения гидродинамики.

Полученные данные отчетливо указывают на зависимость регистрируемых эффектов от геологогеофизического строения региона. Информативность измерений позволяет сделать вывод не только о возможности контроля за напряжённо-деформированным состоянием земной коры в регионе по наблюдениям на сети станций, но и о целесообразности выделения разработанных методов и аппаратуры в практике краткосрочного прогноза землетрясений.

Сейсмо-Атмосферно-Электрические эффекты. Отрывочные факты, имеющиеся к настоящему времени, по измерению атмосферно-электрического потенциала (АЭП) в сейсмоактивных районах не составляют необходимой статистики для научно-обоснованных выводов.

Достоверные свидетельства существования аномальных возмущений в параметрах атмосферного электричества в сейсмоактивных областях важны, прежде всего, для понимания физических процессов, имеющих место в зоне подготовки землетрясения, и целей их прогнозирования. Для проверки существования пространственно неоднородного электрического поля в атмосфере были проведены прямые наблюдения с использованием

струнного вибрационного измерителя АЭП в районе активного процесса деформирования в эпицентральной зоне Суусамырского землетрясения (19.08.1992, $M=7.3$, $H=120$ км) и вне эпицентральной зоны Кочкор-Атинского землетрясения (15.05.92, $M = 6.2$, $H = 280$ км).

Аномальное поведение АЭП на расстоянии 120 км началось за 43 часа до главного толчка Суусамырского землетрясения. Сначала наблюдался первый максимум АЭП - 17 августа с 9 до 20 часов - длительность 11 часов, затем восстановилось нормальное значение. 18 августа с 9 до 12 часов имеется второй максимум - длительность 3 часа. Затем - резкое уменьшение величины напряженности АЭП до 50 В/м, и этот уровень держался в течение 14 часов. За час до толчка АЭП вновь начал быстро изменяться и в момент толчка восстановилось его нормальное значение. После главного толчка вновь увеличивается уровень, доходя до 280 В/м, и через 3 часа возвращается к прежнему показателю. Отмечается изменения АЭП перед афтершоком 23 августа ($K = 11.8$, $H = 120$ км). За 16-19 часов до толчка отмечалось уменьшение значений АЭП с последующим двукратным переходом через нулевое значение и восстановлением полярности.

Наиболее интересный эффект депрессии поля выявлен на ст. Чолпон-Ата, расположенной в 300 км от эпицентра Суусамырского землетрясения. Аномальное поведение АЭП началось около 03.30 часов местного времени. За 4.5 часа до главного толчка началось уменьшение АЭП с изменением его знака на противоположный, фаза отрицательного значения поля продолжалась около 2-х часов, затем произошло восстановление знака и значения АЭП. То есть, синхронные наблюдения АЭП на двух пунктах перед сильнейшим землетрясением показывают различную морфологию возмущений и отличный характер развития процесса.

Перед Кочкор-Атинским землетрясением за 27 часов до толчка наблюдалось возмущение АЭП, которое длилось 8 часов, затем, в течение 14 часов, уровень изменений АЭП варьируется в пределах 50В/м, затем в течение 5 часов наблюдается повышение уровня АЭП до 210 В/м. Фаза увеличенных значений продолжалась, примерно, 3 часа, а в момент толчка восстановилось её нормальное значение.

Перед афтершоками 16 мая ($K = 11.4$) и 19 мая ($K = 11.8$) за 6 - 7 часов до толчка отмечалось уменьшение значения АЭП с последующими одно - и двукратными переходами через нулевые значения и восстановлением полярности. Следует также отметить, что уровень отклонений АЭП перед афтершоками, более удалённых от эпицентра землетрясения, значительно превышает (500 - 1000 В/м), чем перед первым афтершоком Суусамырского землетрясения.

Из полученных данных следует, что наблюдается некоторая закономерность аномального хода АЭП перед афтершоками землетрясений в отличие от главных толчков. Аномалии заключаются в отношении от фонового значения в сторону уменьшения, как правило, за 6-7 часов до толчка, с переходом через нулевой уровень с последующим восстановлением знака и величины АЭП. Перед главными толчками землетрясений наблюдается уменьшенный уровень «замирания» АЭП в течение 14 часов. Это, по-видимому, подтверждает возможность использования АЭП в качестве оперативного предвестника землетрясений в комплексе с другими методами, например, ЕИЭМП. ЭТП и др.

Наблюдения за изменениями АЭП указывают еще на один действующий фактор. Фиксируются два типа аномалии: 1 тип - изменения АЭП, уменьшение или увеличение сигнала в пределах естественного знака электрического поля; 2 тип - резкие колебания АЭП со сменой знака. Подобные резкие аномалии АЭП наблюдали при мощных промышленных взрывах. При взрывах аномальный период не превышал 1 часа. В данной ситуации аномальный период длится несколько часов (5- 14 ч) и повторяется, что указывает на определённую периодичность действующих факторов. Природа аномалий АЭП с резкой сменой знака может быть связана с процессами электризации выделившихся

углеводородных газов и механоэлектрическими процессами на поверхностном слое. Вероятно, что характер этих процессов и динамика их развития будут зависеть от геологических условий в месте контроля.

Накоплен достаточно большой фактический материал по регистрации **аномального поведения животных** перед землетрясением методом опроса населения в эпицентральных зонах после первого толчка. Наблюдается, что с увеличением магнитуды землетрясения увеличивается расстояние регистрации аномального поведения домашних и диких животных, в том числе рыб, пресмыкающихся, млекопитающих и птиц. Интересно отметить, что при $H = 0 - 10$ км не всегда наблюдается нарушение поведения животных, а начиная с $R = 10 - 50$ км почти все виды животных сигнализируют о предстоящем событии.

Безусловно, аномальное поведение живых организмов перед сильнейшими землетрясениями в настоящее время нельзя рассматривать в качестве предвестника. Но эти наблюдения указывают на проявление определенных особенностей действующих геофизических полей. Обращает внимание, что перед Суусамырским землетрясением на расстоянии 20 - 45 км в восточном простирании от эпицентра, наблюдались почти непрерывные аномальные поведения живых организмов (от нескольких минут до нескольких суток).

Аномально вели себя одни и те же виды. Причём в пользу действия двух факторов: инфразвук (низкочастотный гул, отмечаемый перед всеми землетрясениями в Кыргызстане) и выделение литосферных газов (активизируемое при возбуждении инфразвука), указывают на резкие колебания атмосферного электрического потенциала (контролирующего изменением проводимости приземной атмосферы), наблюдавшиеся на расстоянии 120 км. Эти процессы наиболее вероятны и крупномасштабны на стадии распада главного очага и существенно более локализованы на афтершоковой стадии.

В работе наряду с результатами автора использованы гелиофизические данные, полученные через мировые центры данных: Б2 (СНГ), С2(Япония), метеосведения Гидрометефонда Кыргызстана за период исследований.

Заключение

На основе проведённых исследований изучены особенности сейсмоаномальных эффектов в электротеллурическом поле (ЭТП), атмосферном электрическом поле (АЭП) в районе активного процесса деформирования в эпицентральной зоне Суусамырского землетрясения (19.08.1992, $M=7.3$, $H = 120$ км) и вне эпицентральной зоны Кочкор-Атинского землетрясения (15.05.1992, $M = 6.2$, $H = 280$ км).

Дополнив существующую геофизическую информацию данными по изменчивости вертикальной составляющей электротеллурического поля и характеристиками атмосферного электричества, можно с помощью корреляционного анализа определить наиболее информативные предвестники природных катастроф - землетрясений.

В перспективе необходимо создать сеть станций мониторинга на территории Кыргызстана, оснастить их современными компьютерными устройствами для дистанционной обработки информации и оповещения заинтересованных организаций о появлении неблагоприятных геофизических условий.

Литература

1. Воробьев А.А. К вопросу об инициировании землетрясений под земными грозowymi явлениями. Кн. Электрическая аппаратура и электрическая изоляция. – М.: Энергия, 1970. – С. 494.
2. Воробьев А.А. О возможности электрических зарядов в недрах Земли. Геология и Геофизика. – 1970. -№12. С.3-13.

3. Кочербаев Т.К., Токтосопиев А.М. Изменения естественного импульсного электромагнитного излучения перед Жаланаш – Тюпским землетрясением 1978г. Пржевальский пед. ин-т:1982.10с. Деп.в ВИНТИ №4706-82.
4. Токтосопиев А.М., Раяпов Э.О., Байло С.А.//Инструментальные наблюдения электротеллурического поля в зоне разлома. -В кн.: Сейсмологические наблюдения в Кыргызстане. –Бишкек: Илим.1995. –С. 35-40.
5. Toktosopiev A. M. // Study of regularities in measuring the vertical component of Earth electrotelluric field for finding earthquake precursors. – Journal of Atmospheric electricity, 1996, - V. 16. № 1.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Муралиев А.М.