

ИЗУЧЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ВАРИАЦИЙ ЕСТЕСТВЕННОГО ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В ИССЫК-КУЛЬСКОЙ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ВПАДИНЕ

В статье описаны проблемы прогноза сейсмических явлений и изучения изменения параметров аномальных вариаций естественного импульсного электромагнитного поля Земли перед землетрясениями. Отражены закономерности проявления вариаций электромагнитных полей, связанных с сейсмотектоническими процессами в земной коре.

В настоящее время исследования по предвестникам землетрясений продолжают оставаться одной из основных проблем геофизики. Проводятся широкие поиски признаков подготовки землетрясений и непосредственно предшествующих им сейсмических, деформационных и электромагнитных аномалий.

Непосредственным объектом исследования становится горная среда – литосфера и окружающие ее оболочки (атмосфера и ионосфера), а также электромагнитные и акустические процессы, вызывающие крупномасштабные взаимодействия оболочек. При этом возникают две основные задачи. Первая связана с обнаружением процесса подготовки землетрясения и прогноза его силы. Вторая – с диагностикой перехода среды в неустойчивое состояние.

В последние годы для этих целей начали изучать особенности возмущений перед землетрясениями естественных электромагнитных полей и параметров ионосферы.

Наблюдение за вариациями естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), обусловленные сейсмотектонической деятельностью, были начаты более 25 лет назад, вскоре после выхода работ А.А.Воробьева, указавшего на возможность аномальных возмущений ЕИЭМПЗ перед землетрясениями. К настоящему времени накоплен достаточно обширный материал по регистрации возмущений ЕИЭМПЗ перед землетрясениями. Ниже рассматриваются основные результаты проведенных исследований.

Первые шаги в организации наблюдений аномальных возмущений ЕИЭМПЗ были предприняты самим А.А. Воробьевым и его сотрудниками, начиная с 1972 г. в районах Байкала, Камчатки и Средней Азии. Интенсивность ЕИЭМПЗ измерялась методом скорости счета электромагнитных импульсов, превышающих заданный порог по напряженности импульсного поля, на частотах 12,5 и 23 кГц. Датчиками, как правило, служили свинцовые пластины или заземленные металлические штыри [1-4]. Проведенные наблюдения позволили отметить следующие особенности в изменении интенсивности ЕИЭМПЗ перед близкими землетрясениями с энергетическими классами $K=10$:

- а) аномальный ход поля наблюдается за 3 или менее суток перед землетрясениями,
- б) максимум интенсивности приходится на 8-40 часов до землетрясения,
- в) землетрясения всегда происходят на спаде интенсивности,
- г) интенсивность ЕИЭМПЗ в максимуме аномального хода в 4-5 раз и более превышает интенсивность регулярных вариаций.

Институтом сейсмологии АН Узбекской ССР были продолжены работы А.А.Воробьева. Длительные ряды наблюдений были получены С.С. Хусамиддиновым при работах на Ташкентском геодинимическом полигоне в 1974-1978 гг. Измерения производились синхронно на обсерватории Янги-Базар и Андижан в 1974 г. обсерватории Чарвак на частоте 13,5 кГц с чувствительностью приемной аппаратуры порядка 10 мкВ/м. Датчиками служили рамочная антенна и заземленный штырь [5-6].

Достаточно детально изучались регулярные вариации (суточные, сезонные) фоновой интенсивности ЕИЭМПЗ. В осенне-зимний период максимум сигнала наблюдалось в неосвещенное время суток, а минимум в утренние часы. Для весенне-летнего периода характерны два максимума суточного хода послеполуденный и ночной. Средняя величина суточной напряженности ЕИЭМПЗ колебалась в пределах 50-100 мкВ/м зимой и 200-600 мкВ/м летом. В сезонных вариациях ЕИЭМПЗ наблюдается зимний минимум и весенне-летний максимум.

На набранной совокупности данных, наличия связи между вариациями ЕИЭМПЗ и такими геофизическими явлениями, как магнитные бури, ионосферные возмущения, солнечные вспышки, атмосферные осадки, перепады температуры воздуха и атмосферного давления, установить не удалось. Аномальные вариации ЕИЭМПЗ наблюдались за несколько суток или десятки часов до землетрясений. Амплитуда аномалии в 1,4-4 раза превышала фоновые значения. Обычно момент землетрясения соответствовал спаду аномалий ЕИЭМПЗ до фонового уровня. Возмущение ЕИЭМПЗ, зарегистрированные в виде числа импульсов, проявлялись более отчетливо, чем огибающая интенсивность сигнала. Для большинства глубокофокусных землетрясений аномальные вариации ЕИЭМПЗ отсутствовали.

Из 12 коровых землетрясений с магнитудой $M=4,5-7,3$, лежавших в зоне проявления предвестников, аномалий ЕИЭМПЗ зарегистрировано одновременно обеими станциями лишь в 5 случаях. В остальных 7 случаях аномалии наблюдались только на одной станции. Обработка полученных данных не позволила установить количественную связь между магнитудой M , эпицентральной расстоянием R , максимальной амплитудой сигнала A и временем его проявления T . Намечается лишь определенная зависимость длительности аномалии от энергии близких землетрясений ($R=100-120$ км.). Возможно, отсутствие корреляции было обусловлено недостаточной статистикой.

Институтом сейсмологии АН Казахской ССР наблюдения ЕИЭМПЗ были организованы на Алма-Атинском геодинамическом полигоне в обсерватории Тургень с 1979 г. На частоте 35 кГц с помощью магнитной антенны. Измерялась вертикальная магнитная составляющая ЕИЭМПЗ. Порог срабатывания канала по регистрации импульсов составляет 5,3 мкА/м ($6,7 \cdot 10^{-3}$ нТл). Минимальные значения интенсивности ЕИЭМПЗ в течение суток составляют 100-200 имп/час. Наряду с суточными, наблюдаются сезонные вариации, имеющие характер двугорбого колебания. Минимумы излучения приходятся на осенние и весенние месяцы, а максимум - на зимние и летние (ранние осенние). За время наблюдений зарегистрированы случаи аномального возмущения ЕИЭМПЗ, превышающие в 10^4-10^5 раз средний уровень суточных и сезонных вариаций ЕИЭМПЗ. Были выделены аномалии перед Баканасским землетрясением 25.09.1979 г. ($K=14$, $H=35$ км, $R=200$ км.) и землетрясением 5.07.1980 г. на южном склоне хребта Терскей-Алатау ($K=14$, $H=27$ км, $R=170$ км). Обе аномалии носили ярко выраженный импульсный характер. Первая возникла за 5 суток момента толчка, а вторая - почти за 2 месяца. Следует отметить, что обе аномалии исчезли не сразу после землетрясения, а сохранялись еще некоторое время. Периоды интенсивности излучения сменялись периодами затишья.

Характер суточных вариаций фоновой интенсивности ЕИЭМПЗ анализировался по графикам среднемесячного суточного хода построенных по местному времени и для шестимесячного интервала наблюдений в городе Каракол [7]. Основой для анализа регулярных вариаций ЕИЭМПЗ служили, рассчитанные на ЭВМ, среднечасовые значения потока импульсов (число импульсов в 1 час) усредненной по каждому месяцу наблюдения. Предполагается, что часть электромагнитных импульсов в сейсмоактивном регионе имеет литосферное происхождение, как следствие геодинамических явлений. Результаты синхронной регистрации ЕИЭМПЗ показали идентичность формы и амплитуд вариаций поля, как для отдельных дней, так и для усредненных за месяц суточных ходов, что указывает на хорошую репрезентативность наблюдений. Суточные вариации фоновой интенсивности ЕИЭМПЗ проявлялись во все времена года, но их форма и амплитуды подвержены сезонным изменениям. В зимние месяцы форма суточных ходов не имеет четко выраженных закономерностей. Намечается ночной максимум и минимум в светлое время суток. В весенне-летний сезон форма суточного хода характеризуется наличием двух максимумов – послеполуденного и ночного. Минимум интенсивности ЕИЭМПЗ приходится на утренние часы. В летний период послеполуденный максимум больше ночного.

С целью изучения аномальных вариаций естественного импульсного электромагнитного поля Земли в Иссык-Кульской сейсмоактивной впадине в Иссык-Кульском государственном университете организована круглосуточная регистрация для измерений естественного импульсного электромагнитного поля Земли (анализатор АИП-4), атмосферного электрического потенциала (АЭП-Вибратор Струминский).

В качестве примера на рис. 1 приведены графики суточного хода ЕИЭМПЗ в г. Каракол за 2010 г. Анализ графика показал, что суточные вариации фоновой интенсивности проявляются во все времена года, но их форма и амплитуда подвержены сезонным изменениям. Форма суточного хода в зимние месяцы более сглажена и не имеет четко выраженных закономерностей. Намечается ночной максимум после полуночи, минимум в светлое время суток (9 - 16 часов). При переходе к весенне-летнему сезону форма суточного хода изменяется и характеризуется наличием двух максимумов - после полуденного (16 часов) и ночного. Минимум интенсивности ЕИЭМПЗ приходится на утренние часы (7-8).

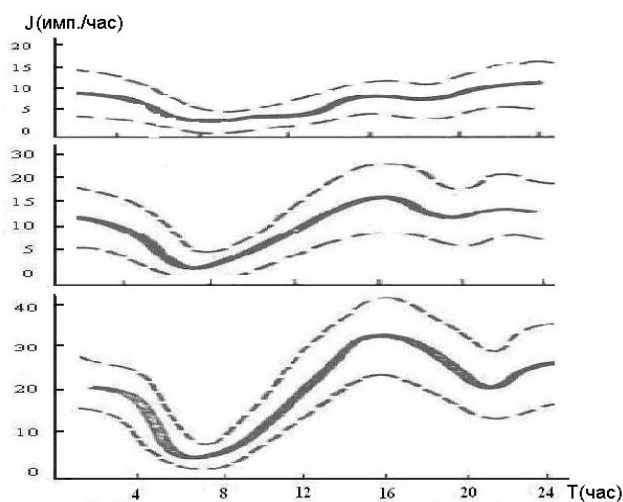


Рис.1 Среднемесячные суточные хода и их среднеквадратичное отклонения ЕИЭМПЗ г.Каракол за 2010 г.

Амплитуды суточных вариаций наибольшие летом и наименьшие в зимние месяцы. В весенние и осенние месяцы они примерно одинаковы и являются средними между летними и зимними значениями. Летние значения интенсивности ЕИЭМПЗ достигают 4500-4600 импульсов в час, а зимой они на порядок ниже. Среднеквадратическое отклонение от среднемесячного хода составляет в среднем около 30%. Если принять эту величину за колебания уровня фона ЕИЭМПЗ, то аномалиями следует считать отклонение от среднемесячного хода равными 2-3 среднеквадратическим отклонениям. Сопоставление формы суточного хода ЕИЭМПЗ в городе Каракол соответствуют данным наблюдения в городе Томске. Обнаруживается большое сходство между ними, несмотря на существенную разницу в геологическом строении этих районов и их удаленности от Каракола. Это свидетельствует о том, что причины обуславливающие формы суточных вариаций ЕИЭМПЗ имеют межрегиональный характер. Наибольшие значения интенсивности ЕИЭМПЗ наблюдаются в летние месяцы (июнь, июль), а наименьшие - в зимние (январь, февраль). Абсолютные величины сезонных вариаций составляют в минимуме в порядке 300 имп/час, а максимуме 4500 имп/час. Таким образом, основные закономерности регулярных вариаций ЕИЭМПЗ заключаются, в следующем:

- суточные вариации ЕИЭМПЗ характеризуются минимальным уровнем сигналов в утренние часы местного времени и максимальным (зимой) - в ночные часы.
- сезонные вариации интенсивности ЕИЭМПЗ характеризуются максимумом интенсивности ЕИЭМПЗ в летние месяцы, а минимумом в зимние.

Для анализа связи вариаций фоновой интенсивности ЕИЭМПЗ с метеорологическими факторами были использованы данные метеостанции «Каракол». Для Иссык-Кульской впадины, как и для всей Средней Азии, характерно вторжение холодных арктических (перевал Санташ) и умеренных (Боомское ущелье) масс воздуха, вызывающих резкое изменение погоды. Иногда с Юго-Запада в котловину вторгаются тропические циклоны. Иссык-Кульская область характеризуются 8-9 бальной зоной по сейсмической активности. В этом регионе следует ожидать определенную связь между сейсмическими и электромагнитными явлениями, как в атмосфере, так и в доступных верхних частях литосферы. Отсюда вытекает возможность установления закономерных связей этих явлений для прогноза землетрясений.

Кроме прибора АИП-4 и АЭП в ИГУ им. К.Тыныстанова еще

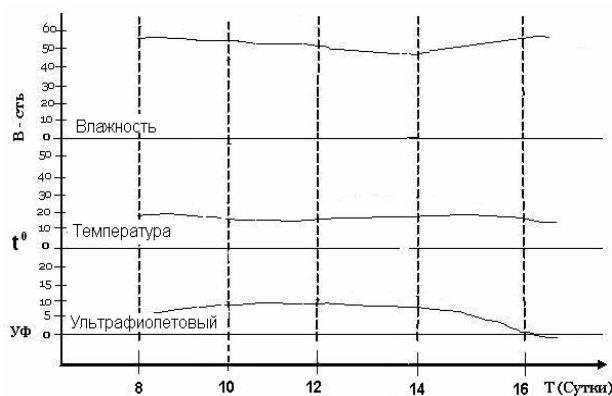


Рис.2 Среднемесячная регистрация (УФ, t, влажность) по данным прибора "Цифровой погодный центр" (RST Swtlden-РСТ Швеция) за 2010 г.

установлен «Цифровой погодный центр» (RST Sweden-РСТ Швеция), то есть можно назвать этот прибор современной метеорологической станцией. Данная метеостанция может измерять максимальную температуру, влажность, УФ-облучение, измеренную автономным радиодатчиком в различных местах. Данные измерений постоянно обновляются, и новейшая информация отображается на экране базового блока (приемника) В дополнение к этому метеостанция имеет встроенные электронные часы-будильник. На рис.2 приведен среднемесячный график изменения температуры, влажности и УФ-облучения за 2010 г.

Автономный радиодатчик охватывает интенсивности излучения в УФ-диапазоне с длиной волны 260-400 нм. Датчик постоянно передает результаты измерений на радиочастоте 433 МГц (радиус передачи - до 30м на открытом пространстве), так что базовый блок всегда отражает результаты измерений на своем экране.

В настоящее время ежедневные измерения на приборе показания базового блока в количестве 6 раз в сутки, начиная с 8.00 до 16.00 часов, интервал – 2 часа. При этом отмечались влажность воздуха, температура, атмосферное давление. Станцией предсказывалась также погода на ближайшие 12-24 ч. Как и любой прогноз погоды, та информация, которая выдавалась станцией, не являлась точной на 100%. Видимо, метеостанция давала прогнозы с вероятностью 75%.

Анализ проведенных исследований позволяет сделать вывод, что природа аномалий ЕИЭМПЗ перед землетрясениями связана с изменением условий прохождения атмосфериков над зоной подготовки землетрясения. Причем появление такой чувствуется измерительной системой на расстояниях, превышающих размер зоны деформационных предвестников.

При анализе результатов исследования изменений ЕИЭМПЗ в Иссyk-Кульской впадине перед сейсмическими событиями возник вопрос, дают ли эти данные информацию об источниках возмущения ЕИЭМПЗ, их характеристиках, месторасположении, природе возбуждения. Ответ в целом отрицателен, хотя некоторые данные позволяют высказывать гипотезу о местоположении источников возмущения поля [8].

Экспериментальные работы, проводившиеся в данном регионе, ориентировались на поиск активных источников излучения в радиочастотном диапазоне, возбуждаемых в области очага готовящегося землетрясения. В дальнейшем, когда стало ясным, что на частотах свыше 10 кГц радиоизлучения в области очага будут полностью поглощаться проводящими верхними слоями земной коры, начали ориентироваться на поиск источников излучения в приповерхностных слоях земной коры и атмосфере.

Исследования, проведенные по регистрации временных вариаций интенсивности ЕИЭМПЗ перед сейсмическими событиями, показали, что основными прогностическими признаками изменения ЕИЭМПЗ перед близкими землетрясениями являются:

- 1) уменьшение среднефонового уровня ЕИЭМПЗ за 5-6 суток до момента землетрясения; наблюдается возрастание и возмущения уровня ЕИЭМПЗ за 1-2 суток до сейсмического события;
- 2) уменьшение в несколько раз средней скорости счета импульсов ЕИЭМПЗ в двух часовом интервале времени, охватывающим момент восхода Солнца; показано, что этот признак появляется в дате предшествующей дате землетрясения;
- 3) возникновение в дате, предшествующей дате землетрясения относительных максимумов скорости счета ЕИЭМПЗ, соответствующих противоположным положением Солнца относительно данной местности.

Для дальних сильных землетрясений основным прогностическим признаком является уменьшение среднефонового уровня ЕИЭМПЗ в дате предшествующей дате землетрясения. При этом наибольшее уменьшение скорости счета импульсов ЕИЭМПЗ наблюдается в последнем четырехчасовом интервале местного времени.

Причиной излучения электромагнитных волн является трение горных пород,

расположенных на соприкасающихся поверхностях разломов земной коры друг к другу, при их смещении относительно друг друга под действием Солнца. Наличие тектонического напряжения в данном регионе приводит к уменьшению чувствительности земной коры, к приливным действиям горизонтальной составляющей силы притяжения Солнца. Поэтому перед близкими землетрясениями наблюдается резкое уменьшение интенсивности ЕИЭМПЗ в двух часовом интервале, охватывающем как средний момент, так и момент восхода Солнца.

Уменьшение среднесуточного уровня интенсивности ЕИЭМПЗ как перед близкими слабыми, так и перед дальними сильными землетрясениями, свидетельствует об ограничении смещений блоков земной коры тектоническим напряжением.

Увеличение среднесуточного уровня интенсивности ЕИЭМПЗ за 1-2 суток до момента возникновения близкого сильного землетрясения обусловлено образованием трещин в зоне очага землетрясения и возникновением свободы для смещения блоков земной коры относительно друг друга. Перед дальним сильным землетрясением такое увеличение не наблюдается, а, наоборот, за 1-2 суток до момента землетрясения уровень интенсивности ЕИЭМПЗ уменьшается. Это указывает на возможность передачи тектонических напряжений на дальние расстояния через границы разломов под влиянием приливных действия Солнца и Луны при образовании трещин в зоне очага сильного землетрясения.

Близкие слабые и дальние сильные землетрясения приводят всегда к понижению среднего уровня счета импульсов. Особенно заметное понижение среднего уровня наблюдается перед группой слабых землетрясений. В интервале суток, когда не происходят близкие слабые и дальние землетрясения, уровень счета импульсов повышается.

Изменения среднего числа импульсов, зарегистрированных перед землетрясениями, должны находиться в зависимости от частоты регистрируемых импульсов ЕИЭМПЗ, так как при напряженном состоянии земной коры перед землетрясением, горными породами излучаются импульсы ЕИЭМПЗ, лежащие в различных диапазонах частот. Характер зависимости среднего числа импульсов, регистрируемых за один час или за одни сутки, должен зависеть от ширины выбранного для приема диапазона частот ЕИЭМПЗ.

Поэтому более надежные прогностические признаки изменения интенсивности ЕИЭМПЗ перед землетрясениями могут быть получены при регистрации импульсов ЕИЭМПЗ, охватывающих широкий диапазон частот. С другой стороны, для того чтобы различать прогностические признаки близких слабых землетрясений, необходимо наблюдать одновременно и другие параметры ЕИЭМПЗ, не изученных другими исследованиями.

Литература:

1. Воробьев А.А. О возможности электрических зарядов в недрах Земли.// Геология и геофизика, 1970, № 12. - С. 3-13.
2. Воробьев А.А., Самохвалов М.А., Ибрагимов Р.П., Усманов М.Т. Поиск эффектов, обусловленных существованием в литосфере локальных высоких электрических полей./ Сейсмология Узбекистана. - Ташкент: ФАН, 175. - С. 213-221.
3. Воробьев А.А. Физические условия залегания и свойства глубинного вещества. (Высокие электрические поля в земных недрах.) - Томск: ТГУ, 1975. - С.-296.
4. Воробьев А.А., Самохвалов М.А., Малышков Ю.П., Токтосопиев А.М., Жумабаев К.Б. Регистрация пространственных изменений естественного импульсного электромагнитного поля. - Томск, 1981, - С. 13. – Рук., деп. в ВИНТИ, 2-января 1981г., № 497-81.
5. Хусамиддинов С.С. Исследование возмущений электромагнитного поля Земли, сопутствующих землетрясениям. В кн.: Электрические и магнитные предвестники землетрясений. – Ташкент: ФАН Уз ССР, 1983. - С. 56-62.
6. Хусамиддинов С.С., Абдуллабеков К.Н. Результаты изучения вариации параметров БИЭМП во времени. В кн.: электрические и магнитные предвестники землетрясений. – Ташкент: ФАН Уз ССР, 1983. - С. 56-62.

7. Токтосопиев А.М. Электромагнитные предвестники землетрясений. -Каракол 2007.
8. Поиск электромагнитных предвестников землетрясений / Под ред. Гохберга М.Б. - М.: Наука, 1988.