

**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В
УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ
FEATURES OF THE GEOMAGNETIC FIELD CHARACTERISTIC MEASUREMENTS UNDER
CONDITIONS OF THE RAISED ELECTROMAGNETIC HANDICAPES**

И.Н. Поддельский, А.И. Поддельский

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, podd-igor@yandex.ru

According to geomagnetic supervision of an observatory "Magadan" features of communication of results measurements of the elements geomagnetic field with electromagnetic handicapes of an industrial and household origin are investigated. Essential influence of such handicapes on measurement of parameters of a magnetic field in conditions of the raised electric resistance of the spreading terrestrial surface is revealed.

По данным геомагнитных наблюдений обсерватории «Магадан» исследованы особенности связи результатов измерений элементов геомагнитного поля с электромагнитными помехами промышленного и бытового происхождения. Выявлено существенное влияние таких помех на измерение параметров магнитного поля в условиях повышенного электрического сопротивления подстилающей земной поверхности. Исследования проводились в Магаданской геофизической обсерватории ИКИР ДВО РАН, расположенной в п. Стекольный Магаданской области (60°N, 151°E). Для анализа использованы материалы аналоговой и цифровых магнитовариационных станций. Определялись суточные вариации параметров магнитного поля (компонент H, D, Z, T) в условиях наличия и изменения электромагнитных помех промышленного и бытового происхождения.

Измерения характеристик геомагнитного поля принципиально отличаются от многих других технических измерений тем, что здания с магнитометрами и сама территория обсерватории фактически являются частью измерительных инструментов. Поэтому для правильного выбора места под строительство и эксплуатацию магнитной обсерватории необходимо учитывать характер геомагнитной обстановки и наличие электромагнитных помех в данном районе [1]. По мере развития инфраструктуры близлежащих населенных пунктов наступает момент, когда в связи с увеличением воздействия промышленных и бытовых электромагнитных шумов выше предельной нормы встает вопрос либо о переносе места наблюдения, либо о попытках анализа возникших помех с целью их компенсации или уменьшения. Магнитная обсерватория «Магадан» была создана на окраине пос. Стекольный в 70 км от г. Магадан в 1963 году с применением имеющихся на тот момент требований к строительству и эксплуатации подобных объектов. В связи с ростом населенного пункта и внедрением цифровых методов магнитных измерений было обнаружено, что на обсерватории имеется большой уровень электромагнитных помех различного происхождения.

Расположение объектов геофизической обсерватории «Магадан» и прилегающей территории представлено на рис.1. На территории расположены три технических здания (одно здание законсервировано и не используется). В первом техздании, расположенном на востоке участка, проводятся ионосферные исследования, здесь размещены и работают передатчики вертикального (АИС) и наклонного (ЛЧМ) зондирования. Передатчик АИС работает на вертикальный ромб, передатчик ЛЧМ на горизонтальный ромб (либо на Москву, либо на Иркутск, направление излучения указано пунктирной линией). Во втором техздании (на западе участка) расположены станция космических лучей, индукционный магнитометр и оптическая система исследования ионосферы (Япония), вариационный магнитометр "MAGDAS" (Япония). Магнитная обсерватория находится в центре и состоит из трех павильонов - технического, абсолютного и вариационного, где установлены аналоговая магнитовариационная и цифровая станции (Россия), датчики магнитовариационной станции "FRG" (Япония), датчики и магнитометры немецкой магнитометрической аппаратуры (GFZ, Potsdam). Регистрационная часть этих станций размещена в техническом павильоне и соединена с аппаратурой в вариационном павильоне сигнальными и силовыми кабелями, расположенными на подвесе (AMBC, ЦМBC, FRG) и в деревянном коробе на поверхности земли (станция GFZ). В абсолютном павильоне размещена аппаратура для проведения абсолютных измерений параметров геомагнитного поля. «Земляной» контур имеется только в техническом павильоне и представляет собой четыре свинцовых листа (каждый размерами около одного квадратного метра), закопанными по углам здания на глубине 1м и соединенными со стальным контуром заземления (шина 40x5мм) внутри помещения. На востоке территории обсерватории расположен водовод, на западе река «Хасын». Населенная зона поселка охватывает обсерваторию с востока и юга (на южном участке расположены речка «Красавица» и очистные сооружения, соединенные с поселковой зоной теплотрассой и канализационной системой). Геофизическая обсерватория располагается в пойме р. Хасын, грунт которой представляет собой наносные слоистые породы, состоящие из мелкого камня (галька) и песка (кварц, мусковит, полевой шпат и др.), обладающие малой электропроводностью (порядка 4 мсим/м). Толщина слоя этих пород

составляет от 30 до 50 м. Природа образования наносных и осадочных пород определяет их механическую слоистость, что приводит к существенному различию пластов по химическому составу и физическим характеристикам. Влагосодержание и солесодержание таких пород может меняться в несколько десятков раз на расстоянии нескольких метров, что приводит к неоднозначности распределения проводимости грунта. В условиях наличия вечной мерзлоты на глубинах от 0,7 до 5 метров и непромерзаемых нижележащих слоев в различное время года сильно изменяется общая проводимость грунта во время промерзания в осенне-зимний период и оттайки в весенне-летний. В это время регулярно наблюдаются скачкообразные изменения величин абсолютных параметров геомагнитного поля, которые затем плавно (в течение нескольких дней) возвращаются к регулярным. В условиях постоянно меняющейся проводимости подстилающего грунта наличие шумов на записях регистрации вариаций магнитного поля сильно зависят от промышленных и бытовых электромагнитных помех. Отмечено, что во время полного отключения электрической энергии в поселке (аппаратура магнитной обсерватории в этот период работает от аккумуляторов) резко уменьшается уровень шумов на записях и несколько понижается постоянная составляющая магнитного поля. Возможным источником магнитного шума являются распределенные земные токи от водовода холодной воды, который проходит на расстоянии около 200м к востоку от обсерватории. Длина водовода составляет в общей сложности около 800м и его северный конец «заземлен» на глубоководную скважину, в которой установлены мощные глубинные насосы. В условиях «плохой» земли ее роль выполняют стальные трубопроводы теплотехнических и сантехнических сетей, на которых, при перекосах фаз электрической сети, возникают значительные напряжения, изменяющиеся произвольным образом в зависимости от

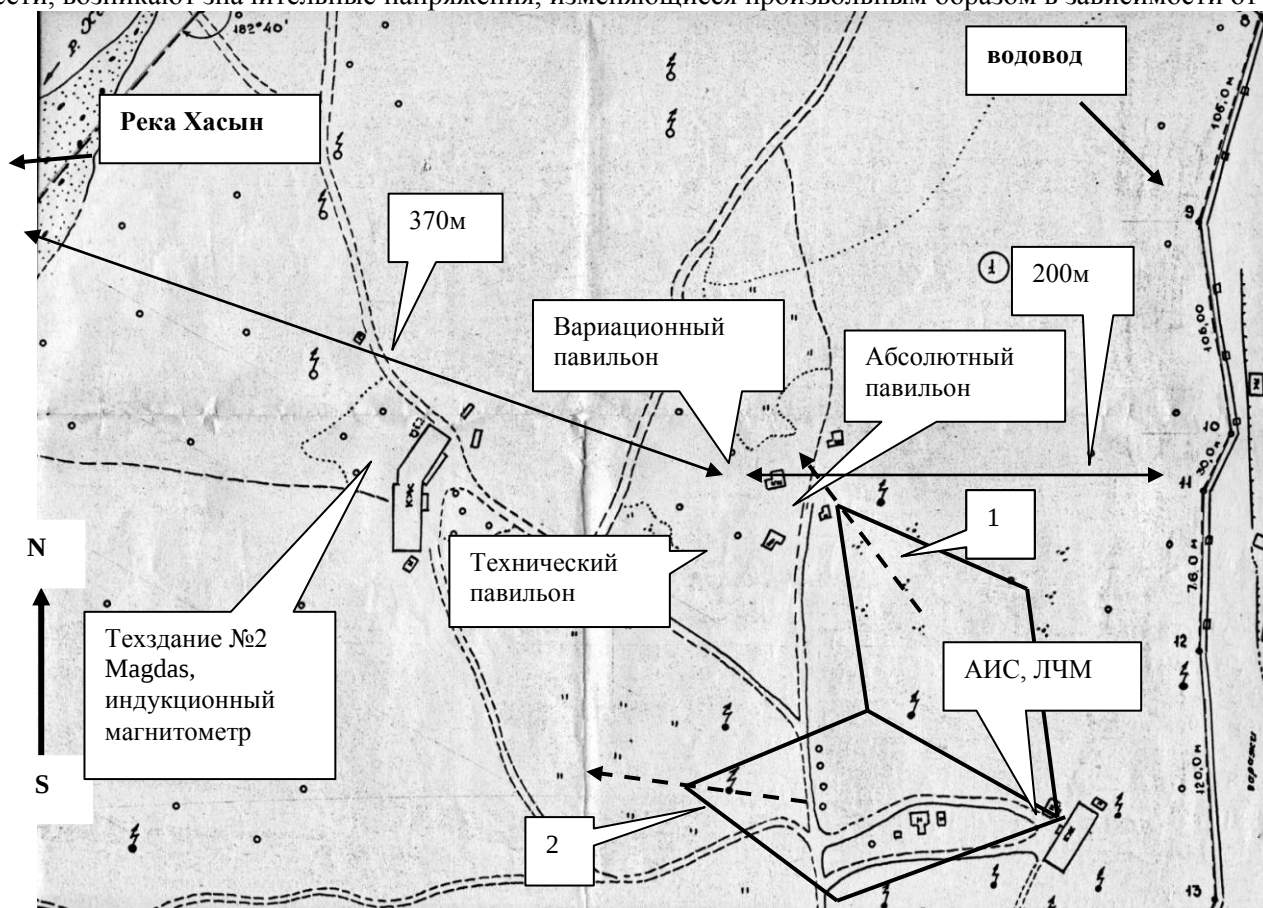


Рис.1. Расположение объектов геофизической обсерватории «Магадан» и близлежащей территории. Антенны ЛЧМ обозначены цифрами 1 (на Москву) и 2 (на Иркутск), направление излучения указано пунктирной линией.

нагрузки. Эти трубопроводы практически являются «нулем» для электрических сетей и играют большую роль в появлении земных электрических токов, которые текут от источника повышенного потенциала (трубопроводы поселка) к наиболее естественной «земле» - реке «Хасын», расположенной на расстоянии 300м к западу от магнитной обсерватории. Кроме этого, территорию ГФО в направлении с востока на юго-запад пересекают две водоотводных канавы, расположенные на её южном участке (одна из них проходит под иркутской антенной ЛЧМ). В 30м севернее вариационного павильона в направлении с востока на запад до р. «Хасын» пролегает обсохшее и заросшее растительностью русло

ручья, вода в котором появляется в дождливый период. Таким образом, сопротивление поверхностного грунта территории геофизической обсерватории многозначно изменяется в течение времени в зависимости от окружающей температуры, а разность электрического потенциала на поверхности земли (особенно восточной и западной частей) изменяется неопределенным образом, что определяет наличие и изменение земных токов. Эти токи вызывают индукцию магнитного поля в поверхностном слое земли и проводниках (кабельные силовые и сигнальные линии, трубопроводы) на ее поверхности, что определяет появление магнитных помех. Примером этого может служить тот факт, что между экранной оплеткой сигнального кабеля (идущего от второго технического здания, расположенного на западе от магнитной обсерватории) и «землей» первого технического здания (на востоке от магнитной обсерватории) разность потенциалов составляет от 50В до 80В при токе до 200-300мА. Положение осложняет наличие большого количества электрических и сигнальных сетей, а также трубопроводов на территории геофизической обсерватории. В таких условиях определение и устранение источника магнитного шума является весьма сложной задачей. В качестве примера магнитных помех на рис.2 представлены материалы регистрации параметров магнитного поля на аппаратуре Геофизического Исследовательского Центра (GFZ, Potsdam, Germany) во время работы передатчика наклонного зондирования. Передатчик круглосуточно работал на антенну иркутского направления в диапазоне от 4 до 28 МГц каждые пять минут (начиная с нулевой) в течение 3 минут 40 секунд. На рисунке показана запись регистрации параметров магнитного поля в течение последних суток работы ЛЧМ, который был выключен в 6 часов по UT. Наглядно видно, что при работе передатчика возникают большие шумы на записях, особенно на Z-компоненте. Относительная величина этой помехи изменяется в течение суток, месяца и сезона. Интересно, что на записях других магнитометров подобного эффекта не обнаружено, хотя по техническим характеристикам все они близки. Таких помех нет ни на записях магнитовариационного магнитометра FRG, ни на ЦМБС, ни на аналоговой магнитной станции, датчики которых расположены в одном помещении с датчиками комплекса GFZ. Нет подобных шумов и на записях индукционного магнитометра, расположенного во 2-ом техническом здании, хотя именно он должен наиболее сильно реагировать на электромагнитное излучение.

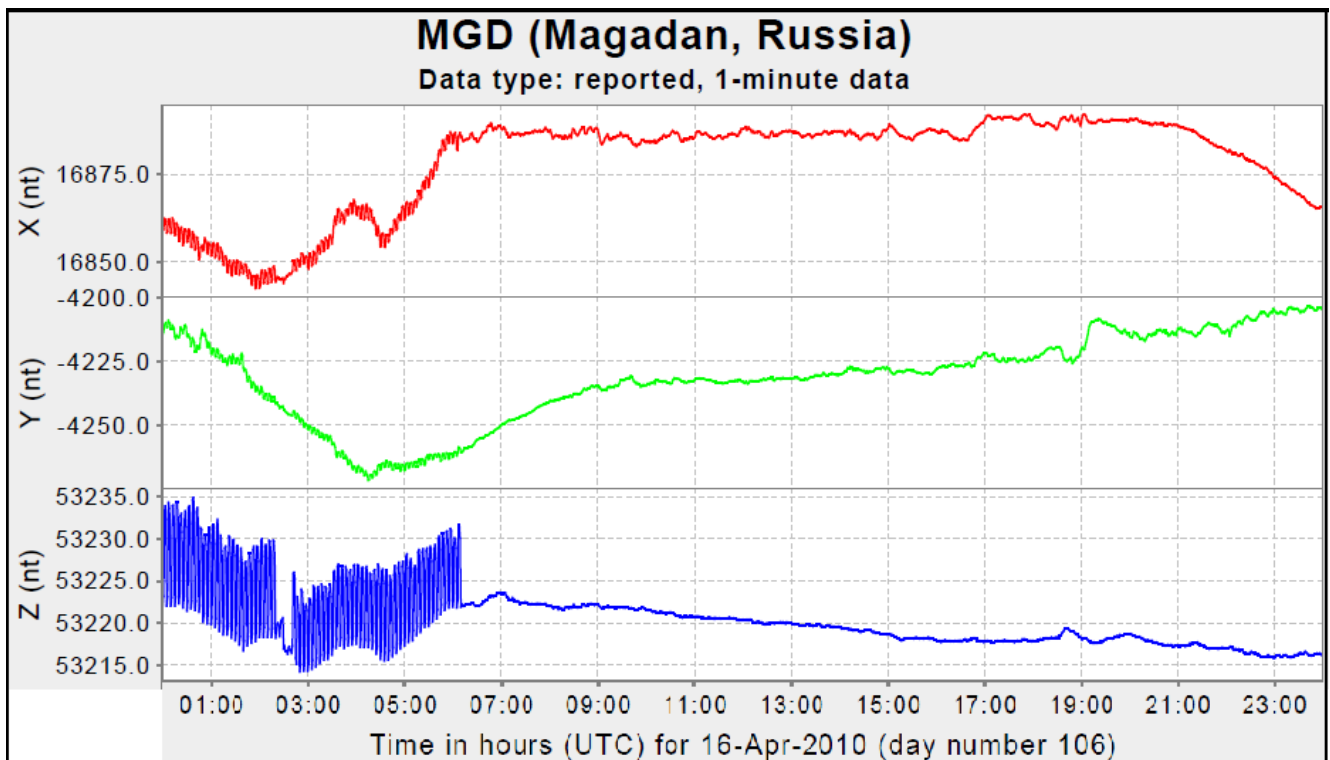


Рис.2. Вариации параметров магнитного поля на магнитометре комплекса GFZ во время работы передатчика ЛЧМ. До 6 часов по UT работал передатчик ЛЧМ, после его выключения шумы снижаются до обычного уровня.

Датчики этой магнитовариационной станции, установлены в вариационном павильоне и соединены с аппаратурой регистрации, расположенной в техническом павильоне, кабелями, проложенными в деревянном коробе на поверхности земли. В техническом павильоне комплекс GFZ подключен к сети 220В («нуль» которой соединен с земляным контуром здания) через отдельный

выключатель. Напряжение 220В поступает на источник бесперебойного питания (обеспечивает работу комплекса от аккумуляторов в течение 2 часов), с выхода которого переменное напряжение 230В подается на сетевые фильтры, далее на регистрирующие ПК, аппаратуру передачи данных (оптоэлектронные преобразователи локальной сети ГФО) и непосредственно на регистратор магнитного поля (“Magdalog”), расположенный в вариационном павильоне. В кабельном коробе (длиной 30м) от технического до вариационного павильона идут силовой кабель 230В, стекловолоконный кабель передачи данных и шина заземления (медный антенный канатик 2х6мм), подключенная к «земляному» контуру технического павильона. В вариационном павильоне напряжение 230В подключено к блокам питания комплекса, а шина заземления соединяется с «нулем» фильтра питания (он же «грозовой» фильтр). Постоянное напряжение питания поступает на аппаратуру регистрации “Magdalog”. Датчики вариационного магнитометра расположены на постаментах и подключены к регистратору экранированными кабелями длиной около 4м. Передача данных (от регистратора до ПК) в цифровом виде осуществляется по оптоволоконному кабелю. Анализ конструктивного решения организации сбора данных на комплексе GFZ привел к возникновению мнения о том, что помехи от электромагнитного излучения передатчика проявляются либо на кабелях между датчиками и регистратором, либо по сети питания и «земле». 16 апреля 2010 года были проделаны некоторые манипуляции по определению возможных причин возникновения помех от работы передатчика наклонного зондирования на магнитные данные.

1. В 02:00 отключили от сети бесперебойник (UPS). При этом питание аппаратуры происходило от аккумуляторов.
2. В 02:15 дополнительно отключили стойку аппаратуры GFZ на распределительном щите (полностью обесточили) от сети 220в. При этом «зануление-заземление» комплекса сохранилось.
3. В 02:20 отключили «землю» (земляной контур технического павильона) в техническом павильоне – открутили от нее антенный канатик диаметром 2х6мм, идущий в коробе вместе с сигнальными кабелями из вариационного павильона. В вариационном павильоне этот канатик закреплен на «земляную» клемму фильтра блока питания регистратора “Magdalog”. Другого соединения с «землей» в этом павильоне нет, как и нет земляного контура. Вопрос о наличии какой-либо «земли» в этом павильоне от имеющихся и подходящих к нему извне кабелей и проводов остается открытым, так как все очень старое, где и куда что идет разобраться не возможно – покрашено, завалено, скрыто.
4. В 02:25 подключили “Magdalog” на силовом щитке.
5. В 02:30 подключили бесперебойник к сети 220В.
6. В 02:40 подключили «землю» (земляной контур технического павильона) к антенному канатику из вариационного павильона (подключили фильтр питания комплекса к «заземлению»).

Примечание - при отключении и подключении «земли» ощутимо «било током», когда одной рукой держались за земляной контур (зажим) а другой за канатик. Измерения показали наличие переменного напряжения (наведенного?) около 50в, при подсоединении между контактами проскакивает искра.

Из анализа записи вариаций магнитного поля на рис.2 видно, что при отключении земляного контура технического павильона (с 02:20 до 02:40 UT) от фильтра питания “Magdalog”, шум на записи вариаций параметров магнитного поля уменьшается на порядок. Можно сделать некоторые выводы.

- Помеха от электромагнитного излучения промышленного или бытового происхождения в условиях пониженной проводимости почвы вызывается токами растекания по земле и поэтому её форма и амплитуда может меняться в течение времени и сезона наблюдений.
- В условиях пониженной проводимости грунта необходимо внимательно подходить к выбору места «заземления», которое обязательно осуществляется в одной точке, определяемой экспериментально. Возможно, лучше будет вообще отказаться от «заземления».
- Желательно отказаться от непосредственного соединения аппаратуры с линиями электропередач, для чего использовать развязывающий трансформатор.
- Лучше использовать вместо РС ПК ноутбук, питающийся от внешних переключаемых аккумуляторов, заряжаемых индивидуально.

В ближайшее время планируются новые исследования причин возникновения помех на записях параметров геомагнитного поля, рекомендации по их устранению будут применены в магнитной обсерватории «Магадан».

Литература

1. Нечаев С.А. Руководство для стационарных геомагнитных наблюдений. Иркутск. Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 2006.