

ГАЗОТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ КАМЧАТКИ

Кузьмин Ю.Д.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г.Петропавловск-Камчатский, kuzy@emsd.iks.ru

Введение.

На Камчатке, одном из самых сейсмоактивных регионов России, проводятся комплексные работы по поиску краткосрочных предвестников землетрясений. Наряду с развитием геофизических методов наблюдений: сейсмических, магнитных, геоакустических, электрических и др. развивается направление автоматизированных газотермодинамических методов наблюдений. Данные работы проводятся с целью получения информации об отклике гидротермальной системы, рассматриваемой в качестве природного объемного деформографа, на внешние воздействия: сейсмические, метеорологические, гравитационные, электромагнитные, гидрогеодеформационные и др. Данная работа поддержана грантами РФФИ и развивается за счет финансовой поддержки РФФИ.

Методы исследования и обсуждение результатов

Мониторинговые газовые наблюдения в Институте вулканологии ДВО РАН, и в первую очередь за водородом, начались с разработки, изготовления и внедрения на Камчатке Лупатовым В.М. (ГЕОХИ) чувствительного, малоинерционного, автономного, портативного анализатора водорода «САКТА», который можно было использовать для проведения полевых работ. Уже в конце 70-х годов прошлого столетия на скважинах Камчатки, со снятием данных через 1 час, с помощью данного анализатора были определены суточные вариации изменения концентрации водорода. Естественно, встал вопрос о проведении мониторинговых наблюдений за изменением концентрации водорода в гидротермальных скважинах и природных источниках. Вся сложность проведения таких работ заключалась: в организации или поиске охраняемой точки наблюдения на самоизливающейся термальной скважине; обеспечение данного вида наблюдений технически грамотным специалистом. Такая точка наблюдений была найдена на полевом пункте ИКИР ДВО РАН «Карымшина», расположенном на Верхне-Паратунской гидротермальной системе (ВП ГТС). Благодаря добровольной помощи сотрудника ИКИР ДВО РАН Филимонова В.И., непрерывный мониторинг растворенного водорода в потоке термальной воды из самоизливающейся скважины

К-88 был проведен в период с июля по ноябрь 1993г. Для проведения данной работы использовался портативный анализатор водорода новой разработки - «Эол» и чернильный самописец Н-39. Электропитание анализатора и самописца осуществлялось от щелочных аккумуляторов 12 в. Важно отметить, что в то время термальная вода из скважины подавалась на пункт без счетчика, поэтому расход воды практически не изменялся. Условия для проведения экспериментальных мониторинговых наблюдений получились практически идеальными. В результате данных наблюдений, среди разнообразных всплесков концентрации растворенного водорода была неожиданно получена уникальная запись изменения концентрации водорода, которая длилась с 080893 по 110893 г. Максимальная амплитуда пульсаций наблюдалась 10.0893 по LT и фрагмент записи показан на Рис1.

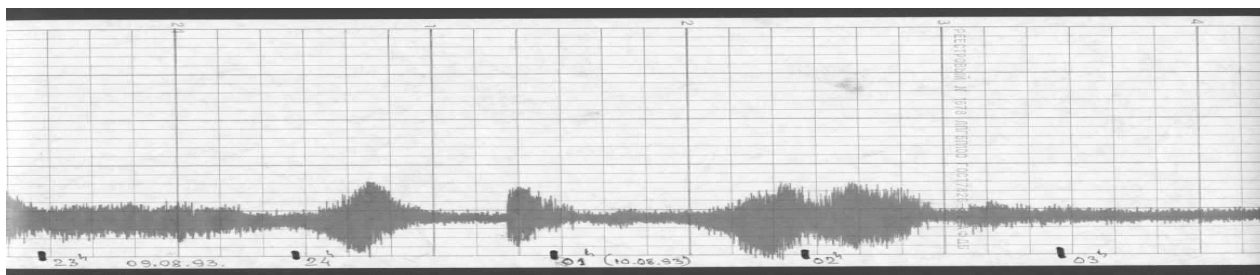
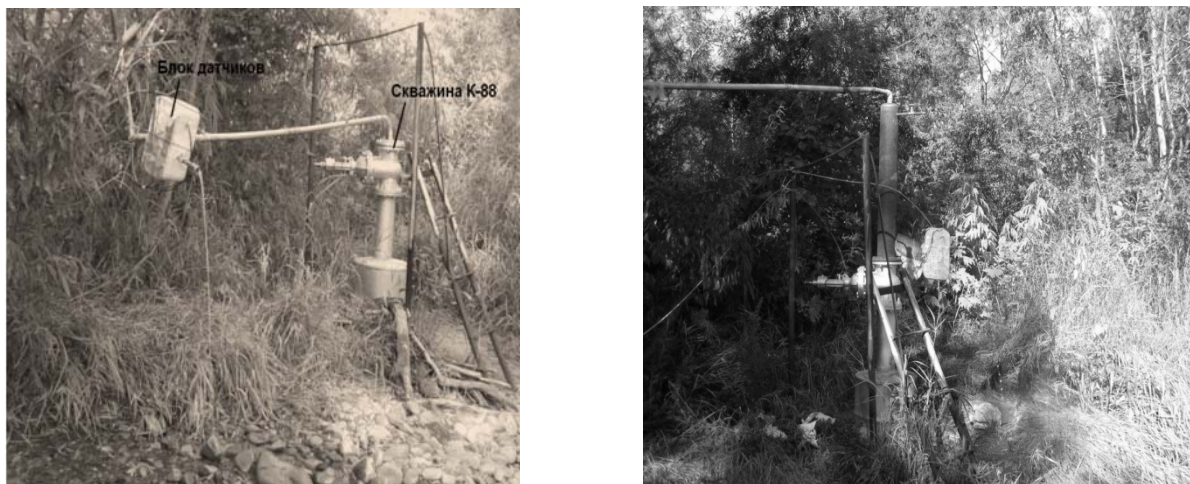


Рис 1. Фрагмент записи изменения концентрации водорода в потоке термальной воды 10.08.93.

Если не говорить о методе получения этой записи, то специалистами магнитологами она рассматривается, как геомагнитная буря с колебаниями типа Рис 1. Необходимо было повторить эксперимент, но начались лихие 90-е и провести подобные наблюдения мы не смогли. Но из многочисленных литературных источников, известно, что в тех объемах геологической среды, где горные породы находятся в состоянии крайне динамической неустойчивости, достаточно малых возмущений различной природы для запуска механизма активизации взаимосвязанных динамических процессов в энергонасыщенной среде. Приведем несколько примеров: в [12] рост числа микроземлетрясений наблюдается через 15 дней после вспышки на солнце; в [7] график изменения расхода лавы на Южном прорыве БТГИ запаздывает на 4 дня относительно планетарного геомагнитного индекса Кр и 20 дней относительно чисел Вольфа; в [6] кривая геомагнитной возмущенности опережает на 21-22 дня кривую микросейсмичности Авачинского вулкана; в [9] отмечается статическая связь сильных землетрясений с планетарной активностью геомагнитного поля; в [10] высказано предположение, что наибольший эффект закачки электромагнитной энергии с последующим механоэлектрическим эффектом проявляется в интервале 2 – 7 дней после магнитной бури и т.д. В настоящее время появилось значительное число публикаций, в которых отмечается связь солнечной активности и геомагнитного поля Земли с сейсмичностью и тектоническими процессами.

В 2000 г. ОМСП ГС РАН на ВП ГТС, рядом с полевым пунктом ИКИР ДВО РАН, был организован пункт комплексных геофизических наблюдений (ПКН «Карымшина» КФ ГС РАН) <http://emsd.iks.ru/karimshina.html>, на территории которого был создан пункт газотермодинамических наблюдений. В рамках проводимой темы: «Исследование реакции гидротермальной системы (геохимических и термодинамических параметров) на геофизические воздействия в сейсмоактивных регионах Камчатки», кроме наблюдений за растворенным водородом и радоном в потоке термальной воды из напорной термальной скважины К-88 ($T = 85^{\circ}\text{C}$, $P = 10$ атм, расход = 24 л/с, глубина = 805 м, обсажена на глубину 254 м), на пункте была пробурена 4 м скважина для наблюдений за подпочвенным водородом и радоном. Однотипные наблюдения на скв. К-88 и 4 м скважине проводились синхронно для определения корреляции поверхностной составляющей от глубинных процессов. Но для проведения полного комплекса газотермодинамических наблюдений, кроме измерений газовых составляющих – водорода, радона и торона, на устье скважины необходимо было проводить измерения температуры, давления и регистрируемый расход воды. Система регистрации и хранения в памяти данных температуры и давления была изготовлена в КФ ГС РАН группой Воропаева В.Ф. и установлена практически на устье скважины в октябре 2007 г. Рис 2 (А). В результате 2-х летних наблюдений, было показано, что температура воды на устье скважины, из-за изменения расхода воды стационарами, изменяется от 85.5°C до 50°C . (человеческий фактор), что автоматически делает бессмысленными измерения газотермодинамических параметров скважины К-88, отражающих изменение газовой и минеральной эндогенной составляющей ВП ГТС. Но эти наблюдения являются наиболее интересными во всем сегменте проведения данного вида работ, т.к. информация о флуктуациях давления, температуры и концентрации водорода в потоке термальной воды из глубокой термальной скважины может быть определяющей для понимания механизма флуктуаций эндогенного теплового потока и связанного с ним газового режима и сейсмичности региона. Поэтому в 2004 г. был поставлен вопрос о расконсервации, расположенной рядом с ПКН «Карымшина», скважины ГК-37 ($T = 95^{\circ}\text{C}$, давление = 4 атм, расход = 7 л/с, глубина = 1750 м, обсадка = 645 м) для проведения научно-исследовательских работ на ВП ГТС. Но высокие финансовые запросы и нежелание дать разрешение на проведение работ на данной скважине директора ГУП «Камчатскбургеотермия», имеющего лицензию на производство работ на данном месторождении, сделало вопрос об использовании скважины К-37 для научно-исследовательских работ практически нерешаемым. Наконец, в июне 2009 г., после обсуждения данного вопроса в администрации Камчатского края было принято компромиссное решение и разрешено провести модернизацию оголовка скважины К-88. Что и было выполнено в начале сентября 2009 г. «Камчатскбургеотермией». Кроме модернизации оголовка скважины Рис 2(Б), для стабилизации потока термальной воды в трубе, по которой подается термальная вода на стационары, было сделано демпфирующее отверстие. Но через 7 дней на демпфирующее отверстие сотрудниками «Камчатскбургеотермии» был наложен бандаж. Все эти изменения хорошо просматриваются на измерениях термодинамических параметров Рис 3. Броски давления соответствуют времени снятия показаний температуры на скважине сотрудниками ГУП «Камчатскбургеотермия». 7 дневная запись с работающим демпфирующим отверстием показана на Рис 4а, запись после устранения дефекта и открытым демпфирующим отверстием показана на Рис 4б. Из Рис 4 видно, что при корректно

организованных наблюдениях чувствительность и точность регистрирующей системы является достаточной для проведения термодинамических наблюдений за флуктуациями эндогенной составляющей гидротермальной системы, но «человеческий фактор» устранить не удалось. Сразу хочется обратить внимание читателя на возможные конфузы, возникающие при быстрых интерпретациях данных, за счет возникающих неисправностей в регистрирующих системах при производстве работ. Так получилось и у нас.



А

Б

Рис 2. А – скважина К-88 до модернизации, Б – после модернизации.

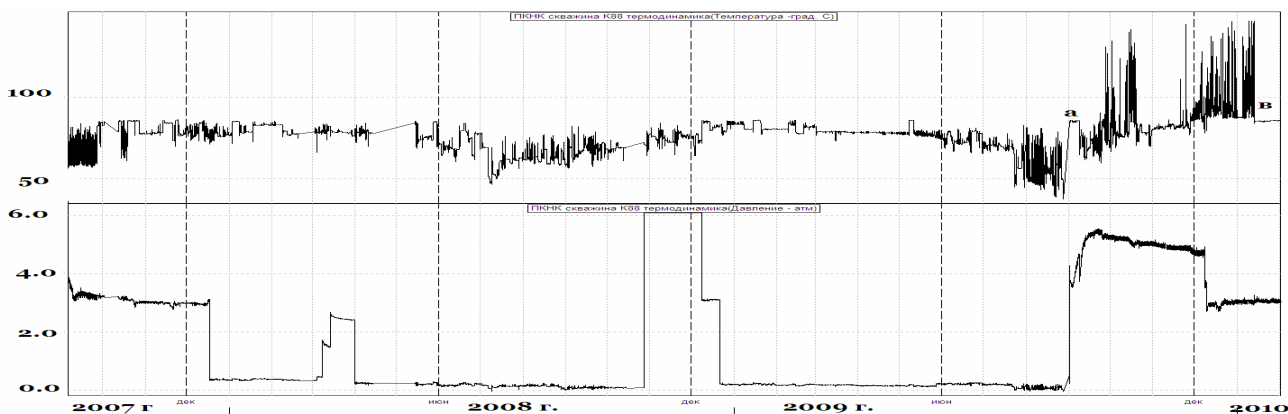
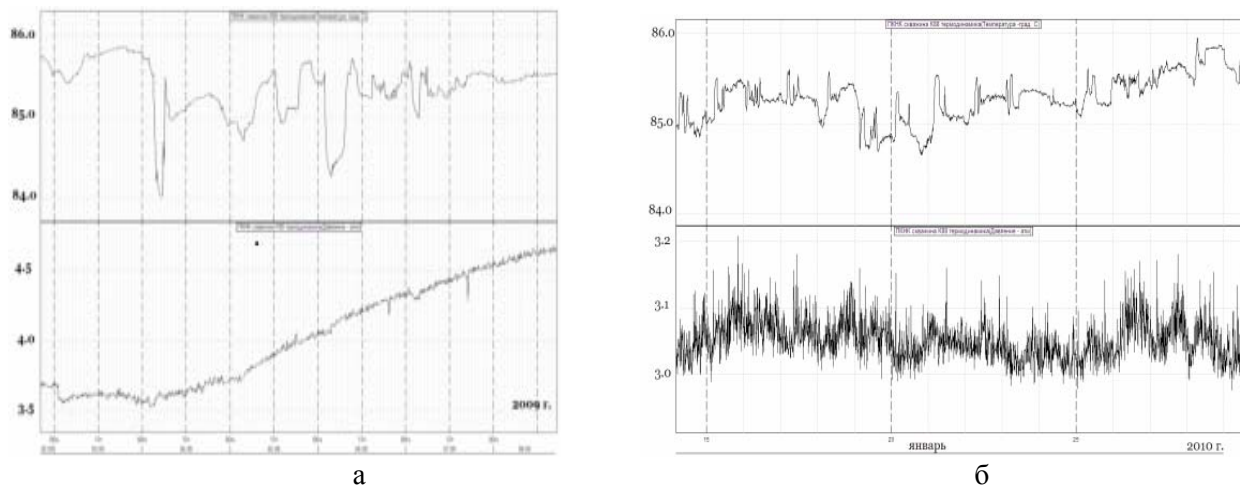


Рис 3. Ряды наблюдений за температурой и давлением на скважине К-88. с 2007 по 2010 гг. Верхний ряд – температура на оголовке скв. (град С); нижний – давление на оголовке скв. (атм).



а

б

Рис 4. Ряды наблюдений за температурой (верхний ряд – град. С) и давлением (нижний ряд – атм.) на оголовке скважины К-88 с 02 по 09 .09 2009 г.(а) и с 14 по 31 января 2010г.(б)

После переустановки регистрирующего блока на трубу модернизированного оголовка, регистрирующая система писала нормально, но через 15 дней стали появляться пики повышенных температур, больше 85.5°C (Рис 3). По разным причинам проверить систему сразу не смогли и считали систему регистрации нормально работающей. Естественно, появилось желание увязать появление данных всплесков с каким-то природным процессом. Зарегистрированные всплески температур по времени, при отсутствии сейсмической активности на Камчатке, удачно совпали с сильными осенними землетрясениями 2009 г. (о-в Самоа, Ю.Суматра, Вануати). На основании выводов [8, 4], гидрогеодеформационного (ГГД) эффекта Вартамяна –Куликова [1.2] и имеющихся в литературе данных о дальном действии ГГД [5, 3 и др.] было высказано предположение о реакции подземной гидросферы Камчатки на данные события. Но сомнения остались. После ревизии всей регистрирующей системы термодинамических параметров скважины в январе 2010г. был выявлен возникший дефект в блоке датчиков. Суть, которого была в том, что после модернизации оголовка и установки регистрирующего блока датчиков непосредственно на трубу оголовка скв. К-88, которая слегка дрожала при прохождении по трубе газовых пузырей, ослаб контакт крепления термосопротивления, с помощью которого измерялась температура термальной воды в блоке регистрации. Увеличение сопротивления в измерительной цепи регистрировалось как увеличение температуры, что мы и видим на Рис 3. Таким образом, вроде бы логичной интерпретации данных и подтверждения теории практикой о дальном действии ГГД, при регистрации термодинамических параметров гидротермальной системы, помешал ослабленный контакт термосопротивления. Но при этом, был получен чувствительный метод регистрации прохождения газонасыщенного потока термальной воды по трубе, где величина газонасыщенности, в зависимости от размеров газовых пузырей, будет определяться амплитудой дрожания трубы.

Необходимо прояснить ситуацию с необходимостью разбуривания устья скважины ГК-37. Для этого схематично представим, на основании отчета [11] о бурении 45 скважин, приповерхностное строение ВП ГТС

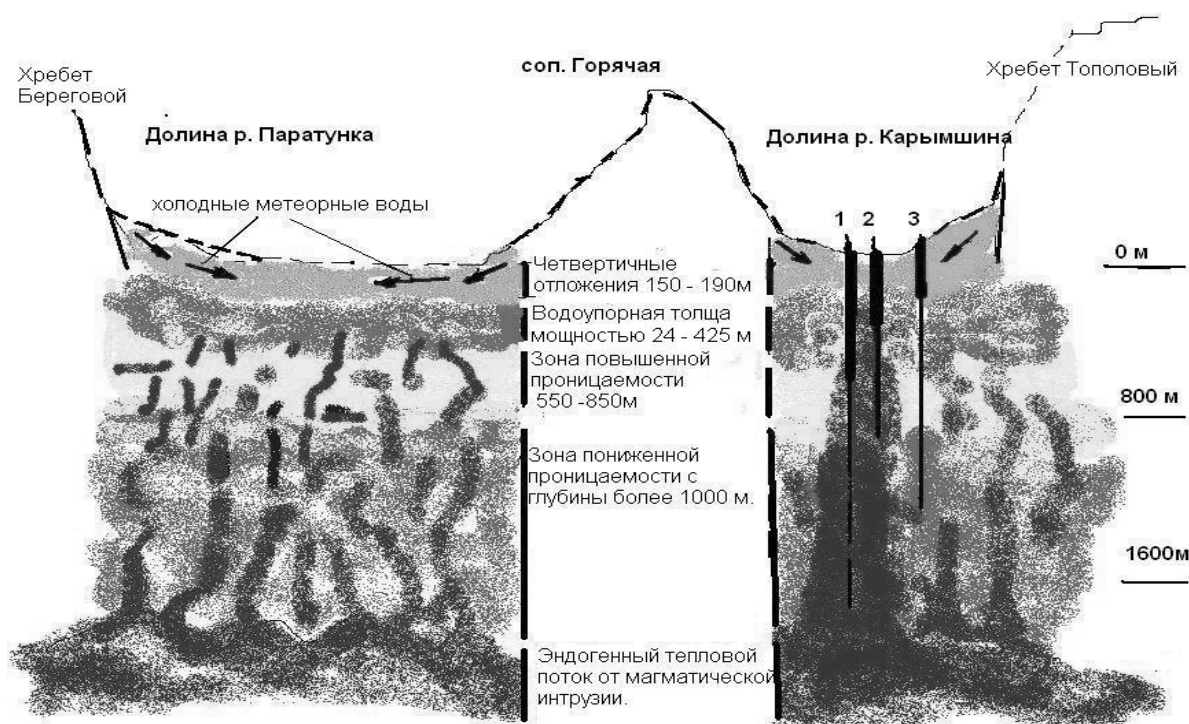


Рис 5. Схематичное представление Верхне-Паратунской гидротермальной системы по [11].

1 – скважина ГК-37 (абсолютная отметка устья – 99.1 м; глубина – 1757 м; дебит при самоизливе – 7.7 л/с; температура воды на устье – 95.0°C ; максимальная T в стволе – $104^{\circ}\text{C}/1685$ м; пьезометрический уровень над поверхностью земли – 48.4 м.вод.ст.; обсадка – $d127 - 645$ м.

2 – скважина К-88 (абсолютная отметка устья -99.1 м; глубина – 815 м; дебит при самоизлива – 24.3 л/с ; температура воды на устье – 88.6°C ; максимальная T в стволе – $105.7^{\circ}\text{C}/815$ м; пьезометрический уровень над поверхностью земли – 93.8 м.вод.ст., обсадка – $d108 - 54$ м.)

3 – скважина ГК-17 (абсолютная отметка устья – 94.2м; глубина – 1196 м; дебит при самоизливе - 1.6 л/с; температура на устье – 47.8°C ; максимальная T в стволе – $88.4^{\circ}\text{C}/1196$ м; пьезометрический уровень над поверхностью земли – 58.4 м.вод.ст.; обсадка – $d 146 - 162$ м)

Из отчета [11] и характеристик скважин видно, что в восходящем тепловом потоке ВП ГТС в узле разломов разного ранга находятся всего 2 скважины - К-88 и ГК -37. При этом глубина обсадки данных скважин соответствует глубине отбора термальной воды ниже слоя самоизоляции термоградиентной системы. Это дает возможность проводить прямые наблюдения за газотермодинамическими параметрами эндогенной составляющей гидротермальной системы. Недостаточная обсадка наблюдательных скважин (44, 85, ГК-15, ГК-17) приводит к появлению, а зачастую и доминированию в наблюдениях, экзогенной составляющей, величина которой определяется метеоусловиями, а также режимом и сезонностью метеорных вод, проявляющих свое действие выше слоя самоизоляции ГТС. Это значительно усложняет программную обработку режимных наблюдений по выявлению изменений в эндогенной составляющей подземных вод и ее связь с сейсмичностью в регионе, что приводит к необоснованному увеличению финансовых затрат на проведение научно-исследовательских работ.

Для одновременного мониторинга растворенных газовых примесей эндогенной составляющей в термальной воде, кроме использования сенсорных датчиков и портативных автономных радиометров, в перспективе предполагается использовать автономный портативный масс-спектрометр МС 7-100, разработки ИАП РАН (г. Санкт-Петербург).

Выводы. При правильной организации газотермодинамических наблюдений за флуктуациями эндогенной составляющей на ВП ГТС с достаточной частотой опроса, можно получить новую информацию, как о реакции термоградиентной системы на внешние воздействия, так и о реакции термоградиентной системы на подготовку напряженно-деформируемой геологической среды Южной Камчатки к сильному сейсмическому событию.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ (грант 07-05-00093а)

Список литературы

1. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // Доклады АН СССР. Вып.2. 1982. т.262. С.310-314.
2. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. О глобальном гидрогеодеформационном поле Земли // Советская геология. 1983. №5. С.116 -125.
3. Верховланцев Ф.Г., Белевская М.А.. О влиянии крупных землетрясений на сейсмическую активность в рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей (на примере ОАО «Сильвинит») // Материалы Третьей Международной сейсмологической школы. Кисловодск, 20 – 24 октября 2008г. С.30 -33.
4. Киссин И.Г.. Флюиды в земной коре. Геофизические и тектонические аспекты. М.: Наука, 2009. 328с
5. Копылова Г.Н., Болдина С.В. Отклик уровня воды в скважине ЮЗ-5, Камчатка, на Суматра-Адаманское землетрясение 26 декабря 2004 г., М=9 // Вулканология и сейсмология. 2007. №5. С. 39 – 48.
6. Кузьмин Ю.Д., Широков В.А. О механизме солнечно-обусловленной суточной, двадцатисемидневной и годовой цикличности камчатских землетрясений // Данные геофизических наблюдений полярной геокосмической обсерватории Тикси. 1-4. 1978 г. Якутск. 1984. С. 211-216.
7. Леонов В.Л. О возможности сопоставления вулканической и солнечной активности на примере БТТИ. // Вулканология и сейсмология. 1979. №6. С.62 –66
8. Осика Д.Г., Черкашин В.И.. Энергетика и Флюидодинамика сейсмичности. М.: Наука, 2008. – 244с.
9. Погребенников М.М., Комаровский Н.И., Копытенко Ю.А., Пушель А.П. О статической связи сильных землетрясений с планетарной активностью геомагнитного поля. // Геомагнетизм и аэрономия. 1984. Т.124. №2. С. 339-340
10. Соболев Г.А., Закржевская Н.А., Харин Е.П.. О связи сейсмичности с магнитными бурями // Физика Земли. 2001. № 11. С. 62 –72.
11. Смирнова Н.Ф. и др. Сводный отчет о результатах поисково-разведочных работ на Верхне-Паратунском месторождении термальных вод, проведенных в 1966 – 1980 гг. с подсчетом эксплуатационных запасов по состоянию на 17 мая 1980 г. КГТУ. 1980.
12. Singh Surenda. Geomagnetic and microearthquakes. Bull.Seismol.Soc.Amer. 1978, 68, №5. 1533 – 1535.