

ЦИФРОВЫЕ ЗАПИСИ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА ПРИ ОЛЮТОРСКОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ (КОРЯКИЯ, 20.04.2006, $M_w=7.6$) И ЕГО АФТЕРШОКАХ.

Гусев А.А.^{1,2}, Чубарова О.С.¹, Чебров В.Н.², Абубакиров И.Р.²

1. Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, gusev@emsd.ru

2. Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

Олюторское землетрясение ($M_w = 7.6$) 20 апреля 2006 года – сильнейшее известное землетрясение на территории Корякского автономного округа (КАО). Уровень сотрясений в эпицентральной зоне достигал при нем 8-9 баллов. Вплоть до апреля 2006 г. регистрация сильных движений грунта на территории КАО не велась. На ближайшей к эпицентру постоянной сейсмической станции, расположенной в пос. Каменское (КАМ), регистрация ведется цифровой широкополосной сейсмической станцией КАМ. К сожалению, максимальные амплитуды сигнала в Каменском были слишком велики для неискаженной регистрации основного толчка (и даже сильнейших афтершоков) на используемых каналах, и удалось получить только ограниченную информацию о колебаниях грунта для этих событий.

В начале мая в эпицентральной зоне (пос. Тиличики) был установлен цифровой акселерограф. Это позволило записать сотни афтершоков Олюторского землетрясения.

Поскольку Олюторское землетрясение находится на заметном расстоянии от Камчатской сети, в работе, помимо станций КАМ и TLC, расположенных в КАО, изучались только записи ближайших к эпицентру станций Камчатской сети - ВКИ и KBG, а также опорной станции РЕТ (Рис.1).

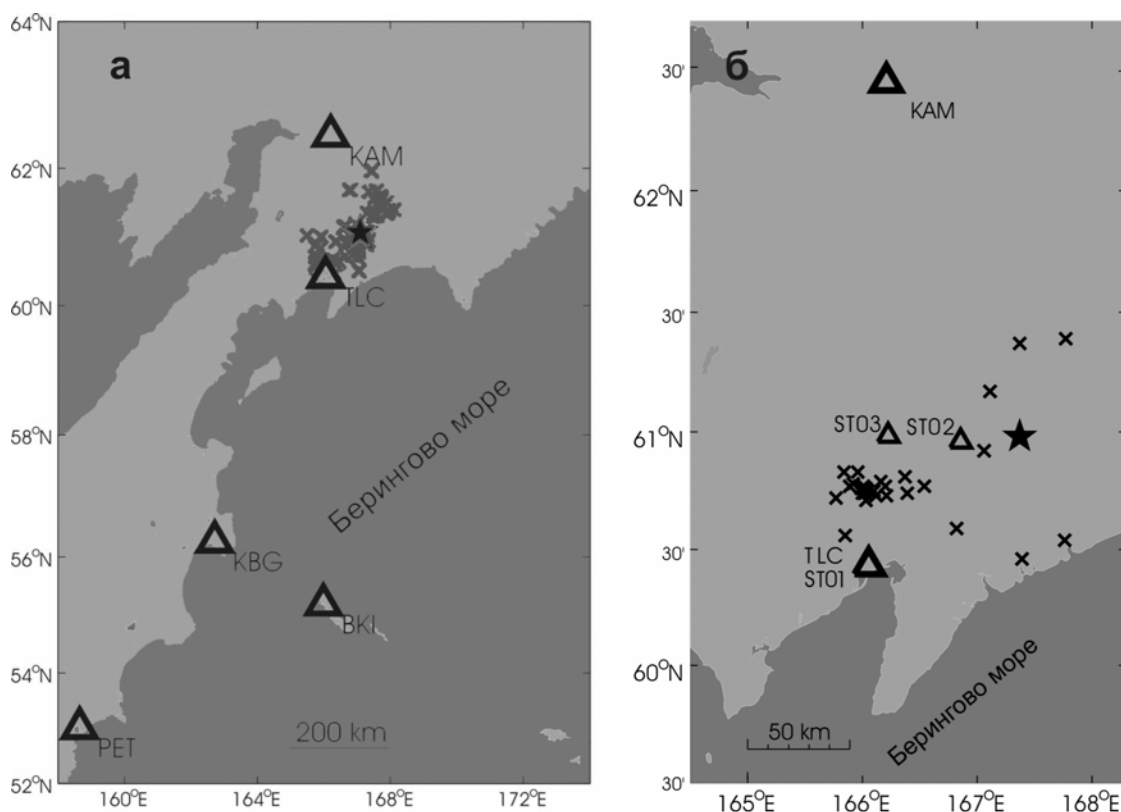


Рис. 1. Схема расположения сейсмических станций и эпицентров землетрясений: а – очаговая зона, очерченная эпицентрами афтершоков за первые трое суток; б – эпицентры афтершоков, записи которых обработаны, в более крупном масштабе.

★ - эпицентр основного толчка, ✕ – эпицентры афтершоков, Δ - использованные цифровые станции.

Для предварительного анализа из цифрового архива КФ ГС РАН анализа были отобраны записи 33 землетрясений, эпицентры которых показаны на рис.1б. На рисунках 2 – 4 в графическом виде представлены материалы обработки данных для основного толчка и сильнейшего афтершока 22 мая 2006 г., $M_w = 6.6$.

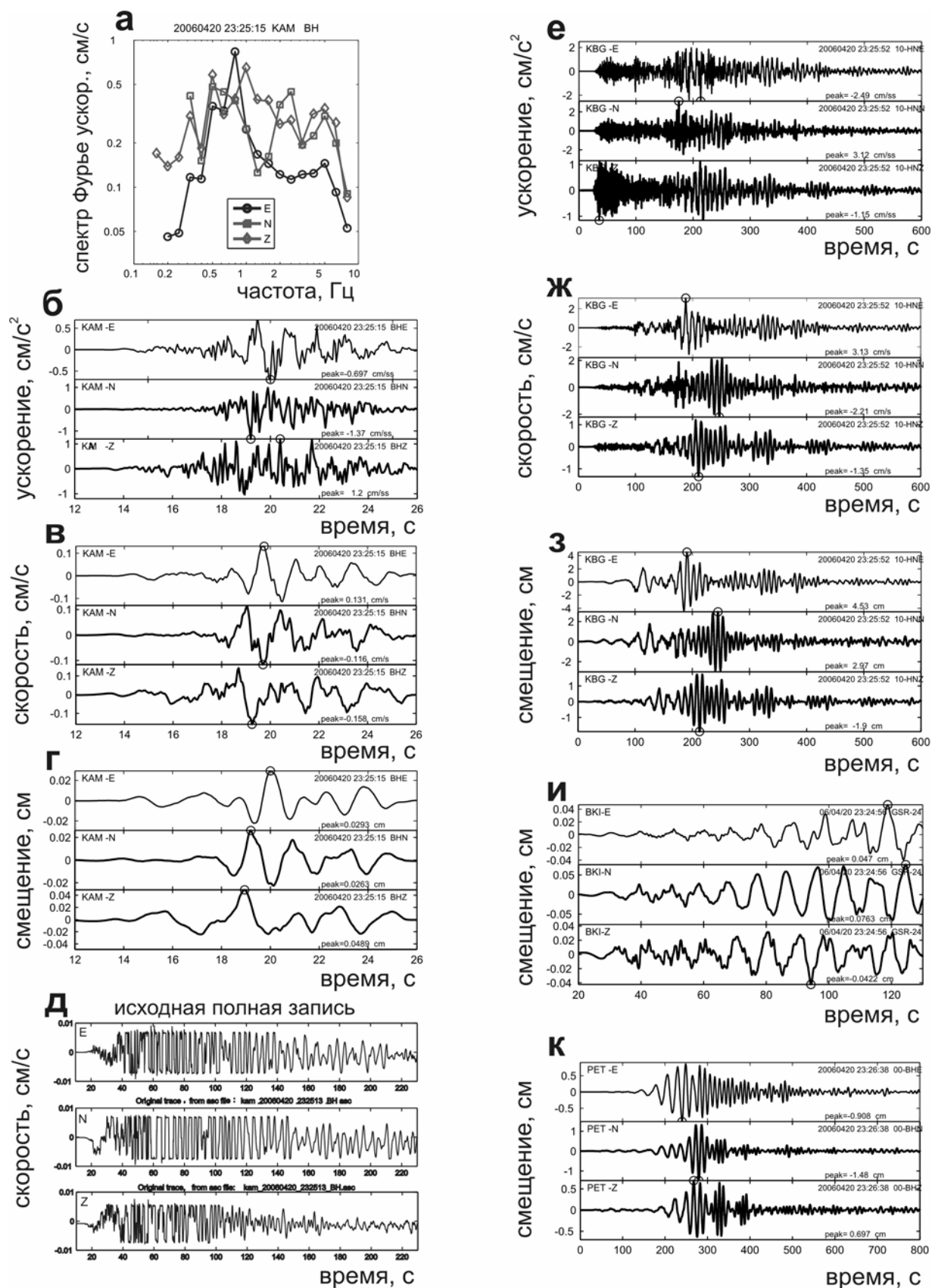


Рис.2. Обработка записей основного толчка 20.04.2006 на ст. KBG, VKI, PET и KAM: а - спектр Фурье ускорения первых 15 с записи Р-волн на KAM; б, в, г - (восстановленные) ускорения, скорости и смещения грунта первых 15 с записи Р-волн на KAM; д - полная исходная запись велосиграфа на KAM; е, ж, з - (восстановленные) ускорения, скорости и смещения грунта на KBG; и, к - смещения грунта на VKI и PET, запись VKI – неполная. Пиковые значения сигналов здесь и далее помечены кружком.

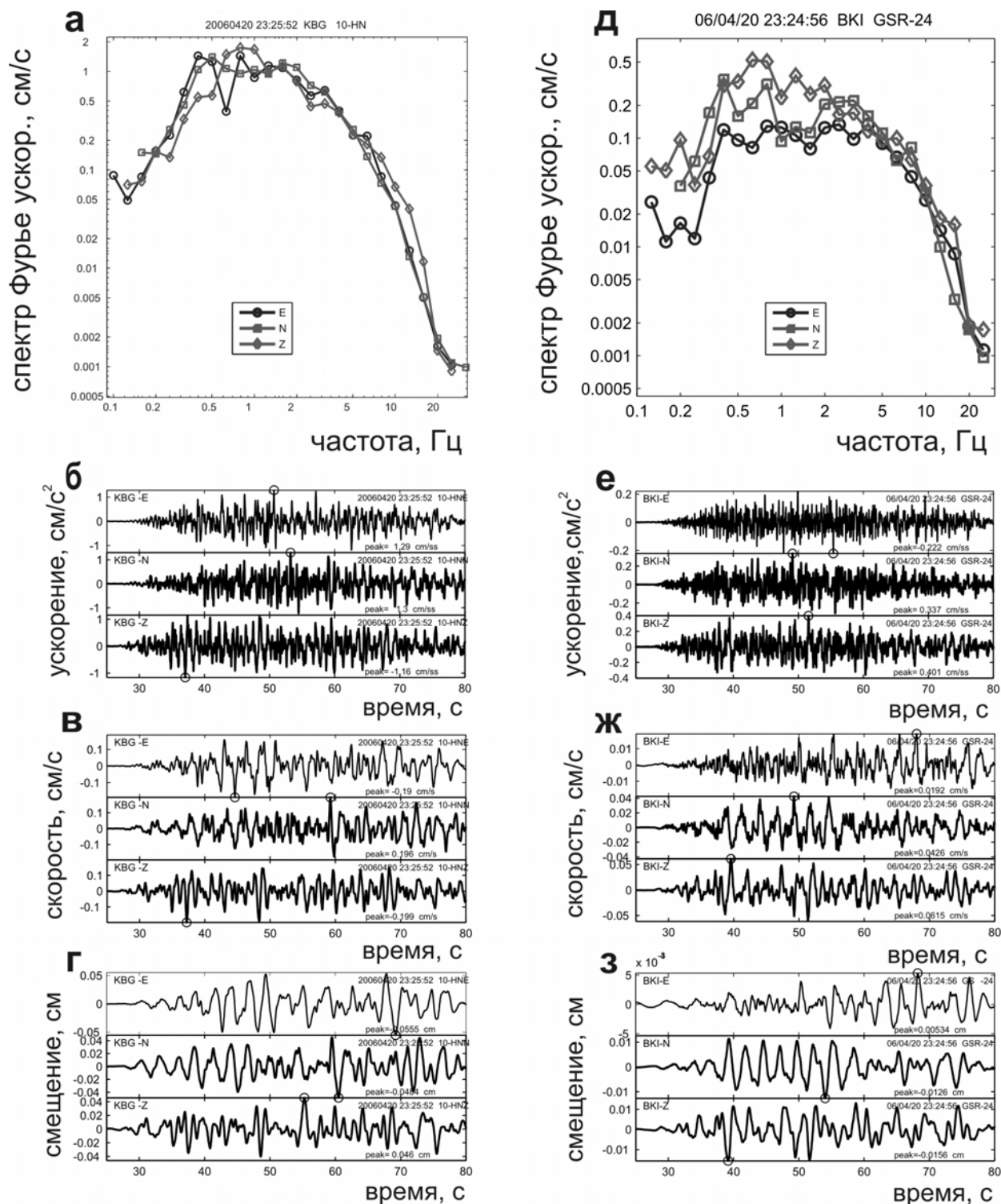


Рис. 3. Обработка записей Р-волн основного толчка 20.04.2006 на ст. KBG и VKI: а - спектры Фурье записей Р-волн; б, в, г - (восстановленные) ускорения, скорости и смещения грунта для ст. KBG; д, е, ж, з - аналогичные графики для ст. VKI.

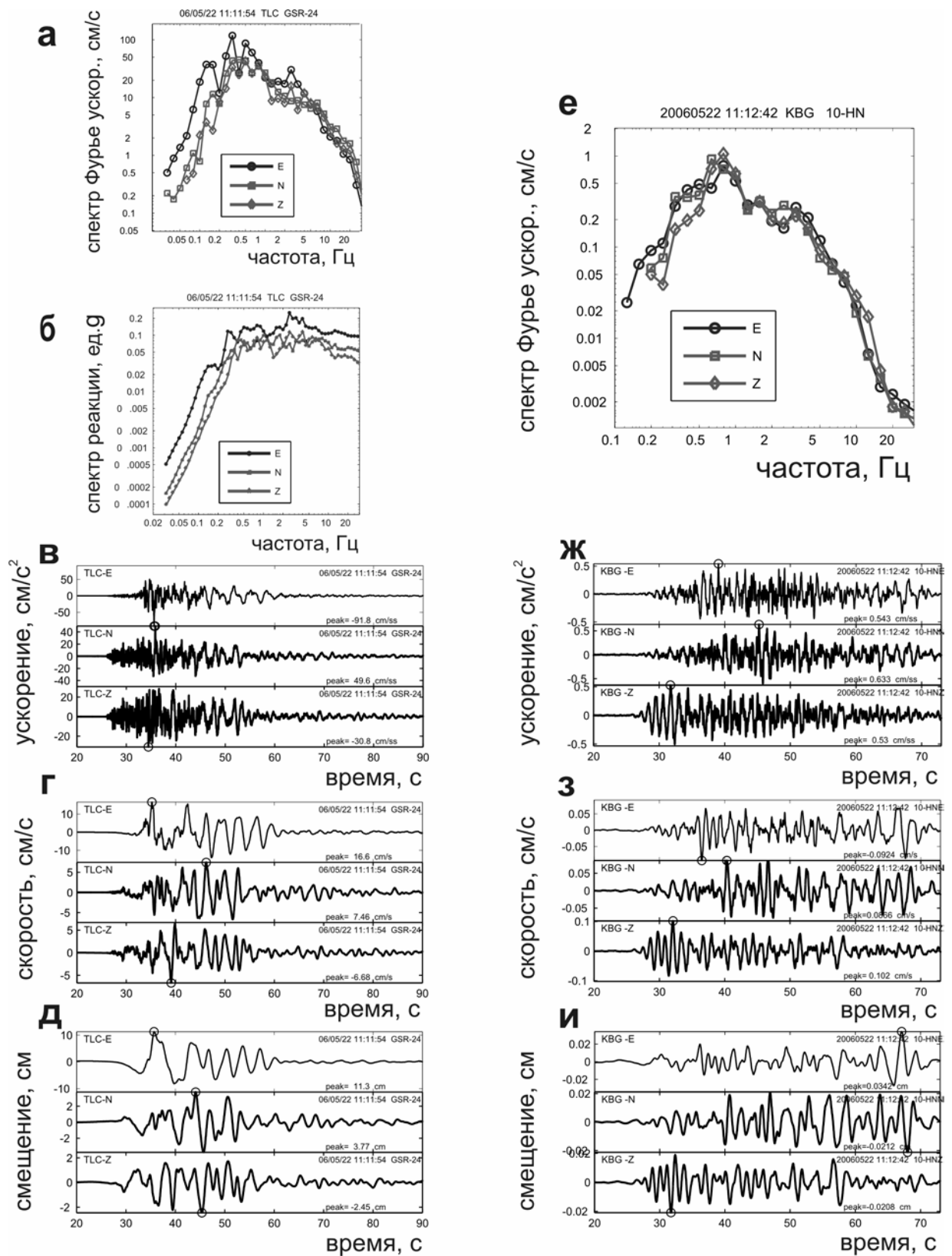


Рис. 4. Обработка записей афтершока 22.05.2006 в 11:11: а - спектры Фурье ускорения полных записей на TLC; б - спектры реакции (псевдо-ускорение в единицах $g=981 \text{ см/с}^2$) при затухании 5% для тех же записей; в, г, д - ускорения, скорости и смещения грунта на TLC; е - спектры Фурье ускорения записи Р-волн на KBG; ж, з, и - ускорения, скорости и смещения грунта Р-волн на KBG.

Для обработки записей был применен новый программный пакет, развивающий ранее отработанную методику [2]. В доработке пакета использован модуль деконволюции, любезно предоставленный В.М. Павловым. Важным и существенным новым элементом пакета является использование при оценке сглаженного амплитудного спектра Фурье процедуры предварительного выбеливания сигнала. Этот метод был первоначально разработан для расчета оценок спектров мощности стационарных сигналов [1]. Впервые он применен к оценке сглаженного спектра Фурье сейсмической записи. Метод позволяет существенно подавить искажения оценок спектра при наличии в нем участков крутого спада или нарастания.

Для отобранных записей основного толчка и афтершоков были получены и проанализированы восстановленные сигналы, а также пиковые амплитуды движения грунта – ускорения, скорости и смещения – для всех трех компонент, сглаженные амплитудные спектры Фурье, спектры реакции при 5% затухании для сигналов ускорения грунта. Проведен предварительный анализ и выявлены некоторые особенности колебаний грунта на разных станциях при Олюторском землетрясении.

На рис. 2 приведены найденные движения грунта для основного толчка на четырех станциях. Искаженная необработанная запись велосиграфа ст. КАМ на эпицентральной расстоянии 175 км иллюстрирует работу цифрового канала в условиях перегрузки. Заметный участок Р-волны все же записан без искажений и был далее использован для более детального анализа. Для ст. РЕТ, ВКИ, КВГ приводятся три компоненты смещения. Запись ждущего режима ст. ВКИ неполная из-за неоптимальной настройки временного окна ждущей регистрации в момент основного толчка. Для КВГ приведены также ускорения и скорости грунта.

Полоса частот спектра Фурье ускорения записи неискаженного участка Р-волны основного толчка на КАМ примерно 0.4-7 Гц (Рис.2а). На станциях КВГ и ВКИ полоса частот спектра ускорения занимает диапазон примерно 0.4-2 Гц (Рис.3а, д). Из-за поглощения верхний срез полосы частот заметно снизился по сравнению со спектром на КАМ. При этом уровень амплитуд на ВКИ в 5-10 раз ниже, чем на КВГ, хотя их эпицентральные расстояния различаются не сильно. При дальнейшем распространении Р-волн полоса частот спектра на станции РЕТ сузилась примерно до 0.3-1 Гц.

Сильнейший из афтершоков (22.05.2006 в 11:11, $M_w=6.6$), был хорошо записан на ВКИ, КВГ и РЕТ, но каналы КАМ снова были перегружены. На рис.4 приведены материалы обработки записей для КВГ и ТЛС. Сравнение спектров Р-волн основного толчка и афтершока на ст. КВГ (рис. 3а и 4е) показывает необычный выброс очагового спектра афтершока в области 0.5-1 Гц, в то время как спектр основного толчка довольно типичный. В результате, записи афтершока обеднены высокими частотами. Низкочастотный пик в области частот 0.2-0.6 Гц виден и на спектре полной записи этого афтершока на ТЛС (рис. 4а), что достаточно необычно для эпицентральной зоны. Спектры полных записей на удаленных станциях КВГ и ВКИ также имели необычно низкочастотный характер, хотя выраженный подъем низкочастотной части спектров вызывался в существенной мере также и вкладом поверхностных волн.

Сравнение спектров полных записей еще двух более слабых афтершоков, записанных одновременно на ТЛС и КАМ, показал, что высокочастотный спад спектра на ТЛС относительно круче, хотя эпицентральное расстояние этой станции меньше. Эффекты поглощения должны были бы дать противоположную картину. Вероятно, это различие говорит о существенном различии грунтово-геологических условий двух названных станций.

Впервые полученные материалы наблюдений на малоизученной территории КАО позволят нам оценить возможные колебания грунта при будущих сильных землетрясениях этого региона и влияние таких факторов, как очаг, трасса распространения сейсмических волн и локальные грунтовые условия.

Как показывает пример Олюторского землетрясения, при всей неполноте собранных данных, их удалось получить только за счет использования современных цифровых средств регистрации.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, проект № 07-05-00775.

Список литературы

1. Бриллинджер Д. Временные ряды. Обработка данных и теория. «Мир», М. 1980, 536 с.
2. Гусева Е.М., Гусев А.А., Оскорбин Л.С. Пакет программ для цифровой обработки сейсмических записей и его опробование на примере некоторых записей сильных движений // Вулканология и сейсмология. 1989. №5.