

Наличие в пределах водохранилища пересечений зон тектонических нарушений, а следовательно и контактов тектонических блоков, при воздействии на которые неравномерно распределенной на их поверхности водной нагрузки, обуславливает различные скорости и амплитуды вертикальных смещений этих блоков, приводит к нарушению прочности связей между ними, к изменению гидродинамического режима и к усилению процессов раскальматации и суффозии.

Резкое изменение скорости приложения динамической нагрузки или ее снятия при эксплуатации водохранилища может увеличить или замедлить скорость вертикальных движений блоков и привести к нарушению сил сцепления между ними, к релаксации накопившейся остаточной упруго-вязкой деформации, формируемой в массиве пород геодинамическими процессами, и, в конечном счете, к свершению сейсмического события.

Очевидно, что сложившиеся достаточно сложные инженерно-геологическая и гидрогеодинамическая обстановки в районе водохранилища почти целиком обусловлены сезонным режимом его эксплуатации и характером развития физико-химических процессов в массиве горных пород.

Литература

1. Артюшков Е.В. Геодинамика. М., «Наука», 1979 г.- 327 с.
2. Неотектоника и современная геодинамика подвижных поясов /В.Г. Трифонов, Г.А. Востриков, А.И. Кожурин и др.- М., «Наука», 1988.- 365 с.
3. Кучай В.К. Зонный орогенез и сейсмичность. М., «Наука», 1981.- 160 с.
4. Геодинамический эффект создания крупных водохранилищ в сейсмоактивных областях /Р.А. Левкович, Г.И. Дейнега, С.А. Каспаров, Ш.Г. Идармачев, Г.С. Казарьянц, А.Г. Дейнега, Г.Н. Омаров. М., «Наука», 1982 г.- 75 с.
5. Теоретические вопросы исследования современных движений земной коры. Результаты исследований по международным геофизическим проектам /Под ред.: чл.-корр. АН СССР Ю.Д. Буланже, ак. АН КазССР Ж.С. Ержанова и др.-М., Советское радио.- 123 с.
6. Проблемы современных движений земной коры. 4-й Международный симпозиум, Москва, СССР, 1971 /Ред. колл.: Ю.Д. Буланже, Л.А. Кашин, Д.А. Лилиенберг и др.- «Валгус», Таллин, 1975 г.- 249 с.

Экспериментальные исследования динамических свойств грунтов геофизическими методами и их инженерно-геологическая интерпретация при уточнении сейсмичности площадки строительства

С.А. Мамаев
ИГ ДНЦ РАН

Введение

В сейсмическом микрорайонировании главной задачей является изучение сейсмических свойств различных типов грунтов: лессовых, глинисто-мергелистых, песчаных и др. Опытные участки для проведения исследований выбираются исходя из различных инженерно-геологических условий. В долине Терека, на отрезке от ст. Наурской до ст. Каргалинской, встречаются два типа строения песчаного массива:

I – под 1,5 – 2,0 м слоем иловатых суглинков залегает 20–25 м толща мелких пылеватых песков с частыми тонкими (до 1 см) прослойками супесей и суглинков. Уровень грунтовых вод расположен на глубине 1,5–2,0 м.

II – с дневной поверхности до глубины 6–8 м залегают мелкозернистые пылеватые пески с прослойками супесей и суглинков, ниже и до глубины 15–20 м – тяжелые суглинки и глины тугопластичной консистенции, с тонкими прослойками и гнездами мелкозернистых песков.

Работы по исследованию динамических свойств грунтов выполнялись на участке МКР «Ипподромный», г. Грозный в 1987 году.

Экспериментальные исследования динамических свойств грунтов включали в себя производство: геофизических работ по определению акустических жесткостей грунтов способом малоглубинной сейсморазведки; сейсмометрических работ по измерению амплитуд смещения грунта на исследуемой площадке от серии удаленных взрывов с одинаковым зарядом.

В результате определялись изменение сейсмических свойств исследуемого участка в его различных состояниях, и в конечном итоге, количественно устанавливалось приращение сейсмической интенсивности исследуемой площадки к среднему (исходному) для города баллу и построение спектров колебаний от взрывов для выявления резонансных воздействий грунта.

1. Методика и результаты геофизических работ.

а) Построение годографов и их интерпретация.

Геофизические измерения проводились с помощью одноканальной сейсмической установки ОСУ–2. Установка позволяет определять времена пробега продольных и поперечных сейсмических волн, и методом преломленных волн – скорости их пробега в различных геологических слоях, а также определять глубину залегания преломляющей границы слоев. Времена пробега волн определяются с точностью до 0,1 мсек при длине профиля до 200 м при отсутствии микросейсмических помех и невысоком затухании колебаний в грунтах. Сейсмические колебания возбуждаются ударами кувалды весом 6 кг по грунту

на различных расстояниях от сейсмоприемника, определяемых шагом измерений. Данные измерений заносились в пикетажный журнал и одновременно строились контрольные годографы скоростей волн.

Глубина залегания преломляющих границ определяется по методу « t_0 », т.е. по значению времени, отсекаемого на оси координат продолжением прямой ветви годографа. В случае двухслойной среды глубина залегания до преломляющей границы рассчитывалась по формуле:

$$h_1 = \frac{V_1 \cdot t_{01}}{2 \cos i_{1,2}},$$

где V_1 – скорость волны в верхнем слое, $i_{1,2}$ – предельный угол падения сейсмического луча на преломляющую границу, определяемый из формулы:

$$\sin i_{1,2} = \frac{V_1}{V_2}.$$

В случае многослойной среды интерпретация ведется по способу пластовых скоростей. Глубина до первой границы определяется как и в случае двухслойной среды, а мощность второго слоя находится из формулы:

$$\Delta h_2 = \frac{V_2}{2 \cos i_{2,3}} \left(t_0 - \frac{2h_1 \cos i_{1,3}}{V_1} \right),$$

где $i_{1,3} = \arcsin \frac{V_1}{V_3}$, $i_{2,3} = \arcsin \frac{V_2}{V_3}$.



Рис. 1 Годографы скоростей продольных и поперечных волн Г-1

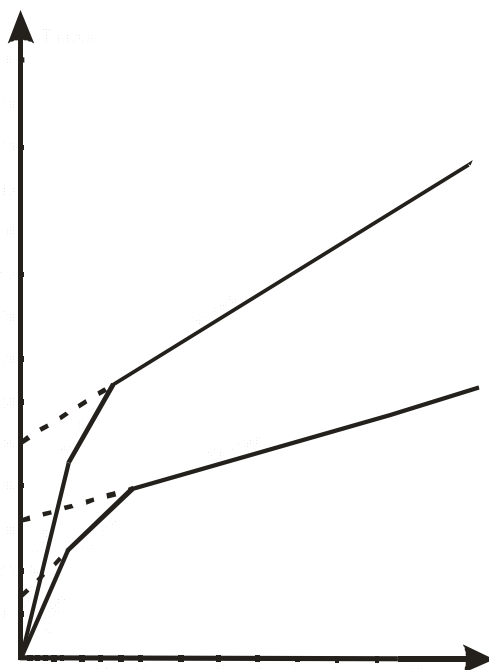


Рис. 2 Годографы скоростей продольных и поперечных волн Г-2

Профиль измерений проходил по площадке строительства 9-этажного жилого дома в МКР «Ип-подомный». Измерения производились в основном дневное, и частично, в вечернее время, в условиях работы на соседних объектах строительных механизмов и движения автомашин. Поэтому максимальная длина профиля измерений не превышала 70 м, что соответствует сейморазведочному зондированию порядка 17–20 м. В ходе работы были построены по два встречных годографа для продольных и поперечных волн, построенных из концов пройденного профиля.

Полученные годографы представлены на рис.1 и 2. Построены колонки рис. 3 с распределением скоростей волн по глубине для двух крайних точек (на профиле измерения).

По опорной скважине 5					V _p		V _s	
№ слоя	Геологический возраст	Глубина заложения	Мощность слоя	Литологический разрез	Г 1	Г 2	Г 1	Г 2
1	Q _{ak} ^{IV}	1.6	1.6		200	250	150 1.8	150
2	Q _{lv} ^{III}	4.4	2.8		2.7	2.7	300	2.6
3		6.8	2.4		800	700		5.3
4	Q _{lv} ^{III}	9.5	2.7		7.9	8.4	700	800
5	N ₁ ^{sm3}				2000	1900		
					$\bar{V}_1 =$ 475	$\bar{V}_2 =$ 473	$\bar{V}_s =$ 329	$\bar{V}_{s2} =$ 303

Рис. 3. Сводная сейсмологическая колонка.

Встречные годографы показали хорошее совпадение значений скоростей в соответствующих слоях. Небольшое отличие встречных скоростей обусловлено некоторым наклоном преломляющих границ, что видно из глубин залегания слоев в двух точках. Отмечено также достаточно хорошее совпадение по глубине залегания слоев данных инженерно-геологических изысканий и геофизических измерений.

б) Определение приращений сейсмической интенсивности.

По материалам инженерно-геологических изысканий и полученным геофизическим данным можно определить приращение сейсмической интенсивности исследуемой площадки, к среднему (исходному) для города, баллу. Расчет приращения производится в соответствии с эмпирической формулой С. В. Медведева:

$$\Delta J = 1,67 \lg \frac{V_0 \rho_0}{V_i \rho_i} + e^{-0,04 Z_b^2} + \Delta J_{рез}$$

где $V_0 \rho_0$ и $V_i \rho_i$ – сейсмические жесткости, соответственно средних и исследуемых грунтов, Z_b – глубина уровня грунтовых вод (УГВ), $\Delta J_{рез}$ – приращения за счет резонанса грунтов.

По первому члену формулы определяется приращение за счет сейсмической жесткости грунтов. Второму – учитывает приращение ΔJ_b , связанное с неглубоким расположением УГВ в рыхлых грунтах (при глубине УГВ свыше 7–10 м или скоростях в водонасыщенных грунтах, превышающих 1000 м/сек, влияние этого фактора может не учитываться). Третий – учитывает приращение интенсивности $\Delta J_{рез}$, вызываемое явлением резонанса в рыхлых слоях, когда они подстилаются скальными породами.

В связи с отсутствием в г. Махачкала участка с типичными «средними» грунтами расчет приращений ΔJ_a в соответствие с данными работы «Отчет о СМР г. Махачкалы» 1988 г. по значениям скоростей приняты суглинки. Значение средних скоростей V_p и V_s приняли относительно «эталонного» грунта (известняки) с характеристиками $V_{0(p)} = 1860$ м/сек, $V_{0(s)} = 680$ м/сек и плотностью $\rho_0 = 2,12$ г/см³.

Значение средних скоростей для исследуемых грунтов рассчитывались по формуле:

$$\bar{V} = \frac{\sum hi}{\sum \frac{hi}{vi}},$$

где $\sum hi$ – расчетная толщина грунтов, принятая в отчете равной 15 метрам.

Средняя плотность определялась по формуле $\bar{\rho} = \frac{\sum \rho_i h_i}{\sum h_i}$. Подставляя значения в исходную

формулу, получаем приращения по акустической жесткости ΔJ_a : по продольным и поперечным волнам. Приращение ΔJ_b определяется вторым членом формулы С. В. Медведева.

При глубине УГВ приращение $\Delta J_{рез}$ определяется:

1) величиной m_i , характеризующей отношения средних акустических жесткостей верхней рыхлой

($\bar{V}_{рых} \cdot \bar{\rho}_{рых}$) и подстилающей скальной ($V_{жс} \cdot \rho_{жс}$) толщ,

$$m_i = \frac{\bar{V}_{рых} \cdot \bar{\rho}_{рых}}{V_{жс} \cdot \rho_{жс}};$$

2) величиной S_i , равной отношению мощности рыхлого слоя к длине волны в рыхлом слое. Длина волны в лессах составляет $\lambda = 60 + 80M$, тогда при мощности рыхлого слоя $H_{рых}$,

$$S_i = \frac{H_{рых}}{\lambda}.$$

Далее по значениям m_i , S_i и номограмме определяем приращение $\Delta J_{рез}$, суммарное приращение балльности определяется по формуле:

$$\Delta J = \Delta J_a + \Delta J_b + \Delta J_{рез}.$$

в) Расчет приращения балльности.

1. Расчет глубин залегания слоев:

$$h_1 = \frac{V_1 \cdot t_{01}}{2 \cos(\arcsin \frac{V_1}{V_2})}; \quad \Delta h_2 = \frac{V_2(t_{02} - t_{01})}{2 \cos(\arcsin \frac{V_2}{V_3})}; \quad h_2 = h_1 + \Delta h_2;$$

Для годографов Г-1:

$$V_{1p} = 200 \text{ м/с}; h_{1p} = 2,7 \text{ м}; V_{1s} = 150 \text{ м/с}; h_{1s} = 1,8 \text{ м}$$

Для годографов Г-2:

$$V_{2p} = 800 \text{ м/с}; h_{2p} = 5,2 \text{ м}; V_{2s} = 300 \text{ м/с}; h_{2s} = 3,5 \text{ м}$$

Расчет средней скорости для 10-метровой толщи:

$$\bar{V}_{10} = \frac{10}{\frac{h_1}{V_1} + \frac{\Delta h_2}{V_2} + \frac{10 - h_2}{V_3}};$$

$$\text{Для годографов Г-1: } \bar{V}_{p1} = 475 \text{ м/с}; \quad \bar{V}_{s1} = 329 \text{ м/с}.$$

$$\text{Для годографов Г-2: } \bar{V}_{p2} = 473 \text{ м/с}; \quad \bar{V}_{s2} = 303 \text{ м/с}.$$

$$\text{Средние скорости для разреза: } \bar{V}_p = 474 \text{ м/с} \quad \bar{V}_s = 316 \text{ м/с}.$$

Средняя плотность грунта по материалам инженерно-геологических изысканий для 10-метровой толщи: $\bar{\rho}_{10} = 1,75 \text{ Т/м}^3$.

Приращения балльности по продольным и поперечным волнам для эталонных значений $\bar{V}_{op} = 1860 \text{ м/с}$, $\bar{V}_{os} = 680 \text{ м/с}$, $\bar{\rho}_0 = 2,1 \text{ Т/м}^3$.

Определяются $\Delta J = 1,67 Lg \frac{\overline{V_0 \rho_0}}{\overline{V_i \rho_i}}$ и составляют $\Delta J_p = + 1,04$; $\Delta J_s = + 0,68$;

Среднее значение: $\Delta J_a = + 0,86$;

Приращение бальности за счет наличия грунтовых вод определяется:

$$\Delta J_g = (2,9 - 0,9 Lg V_s) (e^{-0,04 h_{yзв}^2} - e^{-0,04 h_{нод}^2})$$

При $\overline{V_{свод}} = 236$ м/с; $h_{yзв} = 1,0$ м; $h_{нод} = 6,8$ м, приращение $\Delta J_g = +0,51$.

Приращение по резонансу $\Delta J_{рез} = 0$, из-за малой рыхлой толщи.

Суммарное приращение бальности

$$\Delta J_{\Sigma} = \Delta J_a + \Delta J_g + \Delta J_{рез} = + 0,86 + 0,51 + 0 = + 1,37 \text{ балла}$$

Расчетная сейсмичность участка $J_{расч} = 7 + 1,37 = 8,37$ балла

Таким образом, уточненная сейсмичность площадки строительства следует принять $J = 8$ баллам

2. Методика и результаты сейсмологических работ

Целью сейсмологических работ на первом этапе являлось: измерение амплитуд смещения грунта в естественном состоянии при колебаниях, возбуждаемых взрывами одинаковой мощности, производимых на одинаковом расстоянии от места регистрации; построение спектров колебаний от взрывов для выявления резонансных воздействий грунта.

Как отмечается в [3], в обводненных слабых грунтах сейсмический эффект очень высок и в отдельных случаях он на порядок выше, чем в аналогичных сухих грунтах. Так как, мы имеем дело с водонасыщенными грунтами, то перед основными взрывами необходимо выполнять пробные взрывы с меньшим зарядом (20–25 кг), на которых будет проверен сейсмический эффект в данных геологических условиях. Предусматривалось 5 пробных одиночных взрывов на камуфлет с соблюдением вышеназванных условий.

Регистрация колебаний производилась сейсмометрическими каналами, состоящими из сейсмоприемников типа СМ–3 и регистрирующих светолучевых осциллографов НО41 с зеркальными гальванометрами типа ГБ–III–3 с собственной частотой 5 гц. Для регулировки чувствительности (увеличения) каналов применялись шунтовые коробки ШК–2. Запись колебаний производилась на осциллографную фотобумагу, шириной 120 мм, со скоростью протяжки фотобумаги 40 и 160 мм/сек.

Для исключения возможности выхода линии записи за пределы фотобумаги при регистрации, увеличение каналов устанавливалось на двух уровнях при записи двух взрывов, и при загрузлении каналов $\beta = 2$ составляло, в среднем $V_{\beta} = 600$, а при загрузлении $\beta = 5$ составляло, в среднем $V_{\beta} = 250$ раз.

Регистрация колебаний производилась на трех измерительных пунктах (ИП), размещенных в разных точках исследуемой площадки. В каждой точке регистрировались три взаимно-перпендикулярные составляющие: две горизонтальные (X, Y) и вертикальная (Z). Две точки (ИП № 2, 3) расположены в пределах участка, подлежащего уплотнению, а третья (ИП № 1) вынесена за пределы этого участка и, находясь на всех трех этапах работ в неизменных условиях, является контрольной. Оси сейсмоприемников на всех измерительных пунктах выбраны таким образом, чтобы ось X была направлена на пункт взрыва. Пункт взрыва находился на расстоянии 200 м от исследуемого участка и располагался на ровной площадке, свободной от запланированных построек, на удалении 60–70 м от существующих или строящихся сооружений. На площадке в радиусе 10–12 м было пробурено 5 взрывных скважин, глубиной 6–7 м (до появления грунтовых вод). Заряд каждой скважины составлял 12 кг, по два пакета патронированного аммонита № 6. Взрывы производились на камуфлет, с забивкой ствола скважины выбуренным грунтом. Взрывание зарядов производилось электрическим способом с пункта регистрации по команде оператора, включающего сейсморегирующую аппаратуру. Для отметки на сейсмограммах момента взрыва в скважину вместе с зарядом опускался закороченный телефонный провод, соединенный с дополнительными гальванометрами регистрирующих осциллографов и замыкающийся при взрыве.

В результате регистрации 5 взрывов, на трех измерительных пунктах по трем осям, было получено 42 записи, подлежащих обработке. Первичная обработка включала в себя сплошной промер записи на сейсмограммах и составление таблиц всех амплитуд и соответствующих им периодов колебаний. Для построения спектров колебаний был применен ручной способ применения. При построении спектров из таблиц сплошного промера для каждого определенного периода из множества амплитуд выбиралась максимальная, и отмечалась на графике спектра. Спектры строились отдельно для каждой оси каждого измерительного пункта (ИП № 1; 2; 3) одновременно для всех 5 взрывов. Построенные спектры приведены на рис. 4, 5 и 6, включая и осредненные спектры для тех же измерительных пунктов и по тем же осям.

Из анализа полученных спектральных характеристик видно, что наиболее четко резонансные свойства грунта проявляются при регистрации волн по оси X в направлении на пункт взрыва, и на вертикальной компоненте регистрируемых колебаний. Для измерительных пунктов № 2 и № 3, расположенных в пределах исследуемой площадки, характерны резонансные пики (максимумы) на периоде $T = 0,2 + 0,22$ сек, что свидетельствует об однотипности грунтов. Это подтверждается имеющимся инженерно-

геологическим разрезом по всему участку запланированного строительства. В месте расположения ИП № 1, на спектре, выражены два резонанса $T = 0,16$ сек и $T = 0,20$ сек.

К сожалению, выбор места для ИП № 1 производился исходя из местных условий без наличия сведений инженерно–геологических изысканий, поэтому сравнить геологическую обстановку этих участков без дополнительного бурения не представляется возможным. Различие в спектрах исследуемого и контрольного участков для дальнейших этапов работ принципиального значения не имеет, т. к. с изменением грунтовых условий на участке с уплотненным грунтом состояние грунта в контрольной точке меняться не будет.

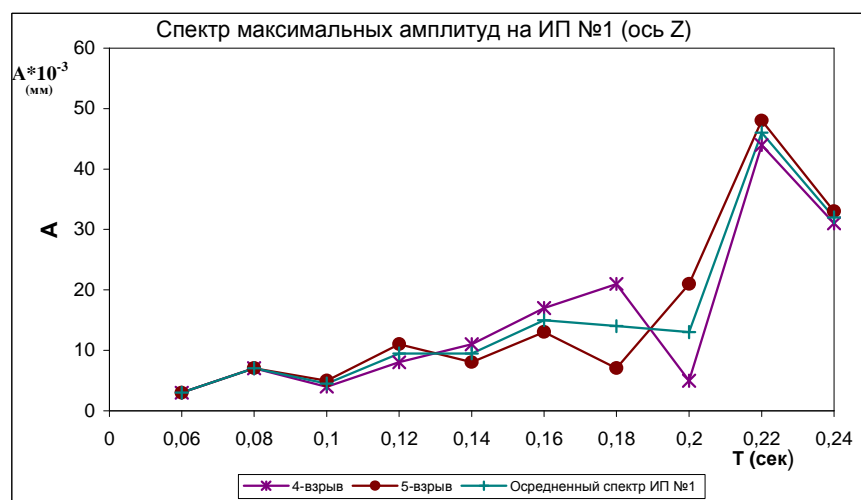
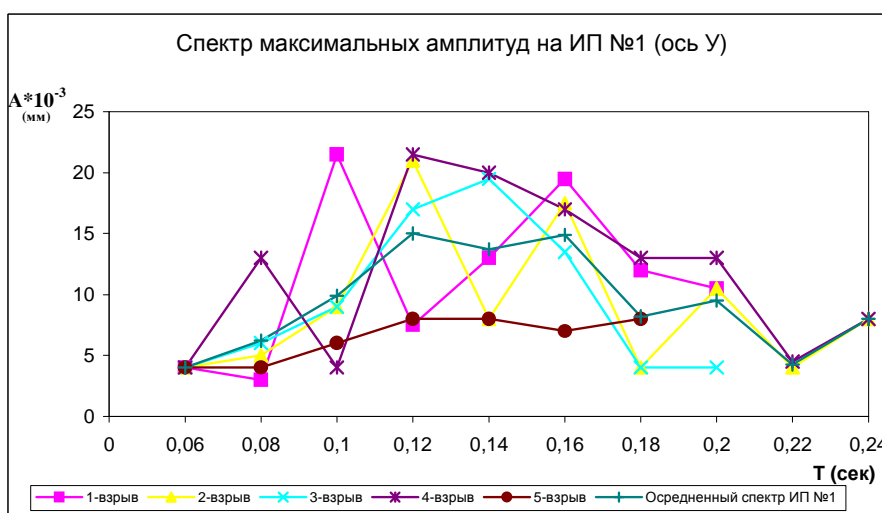
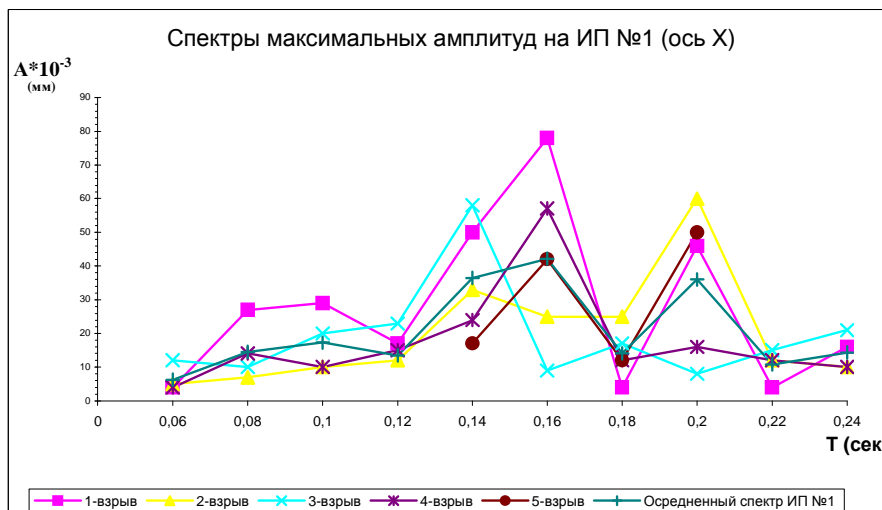


Рис.4. Спектры максимальных амплитуд на ИП № 1.

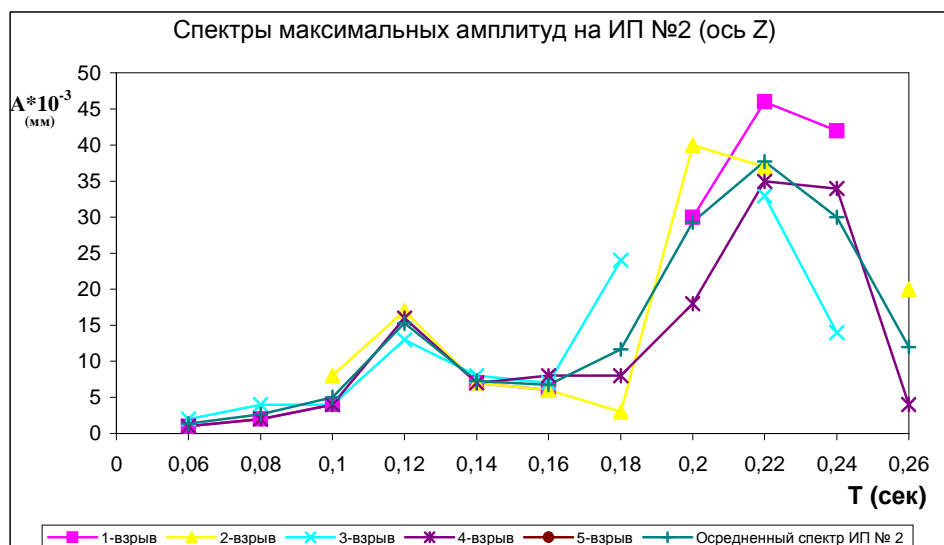
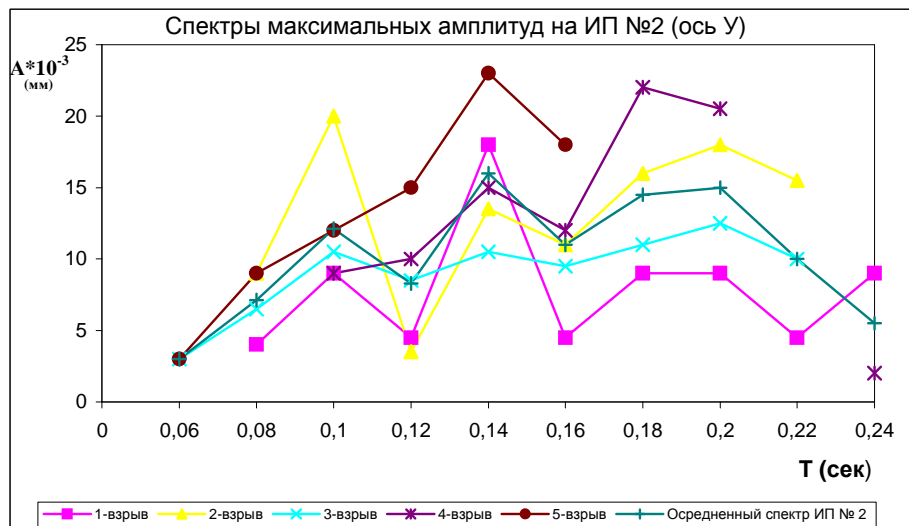
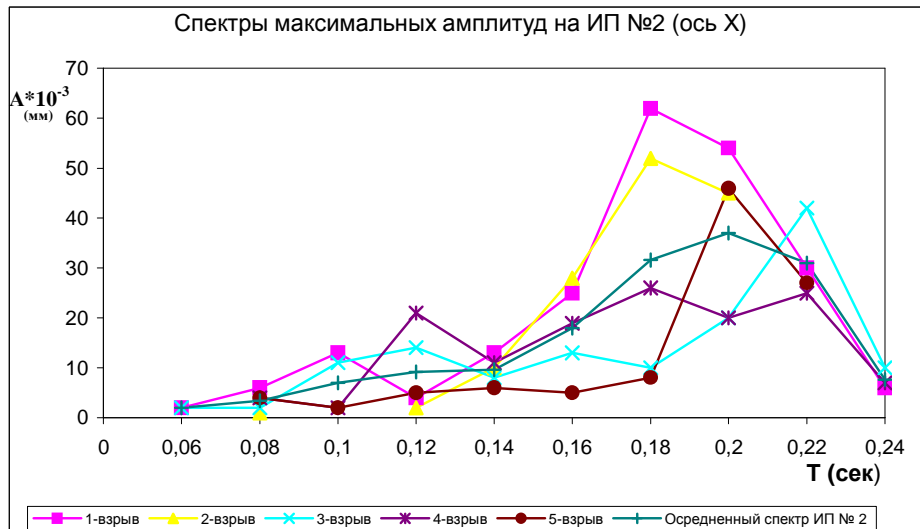


Рис.5. Спектры максимальных амплитуд на ИП № 2.

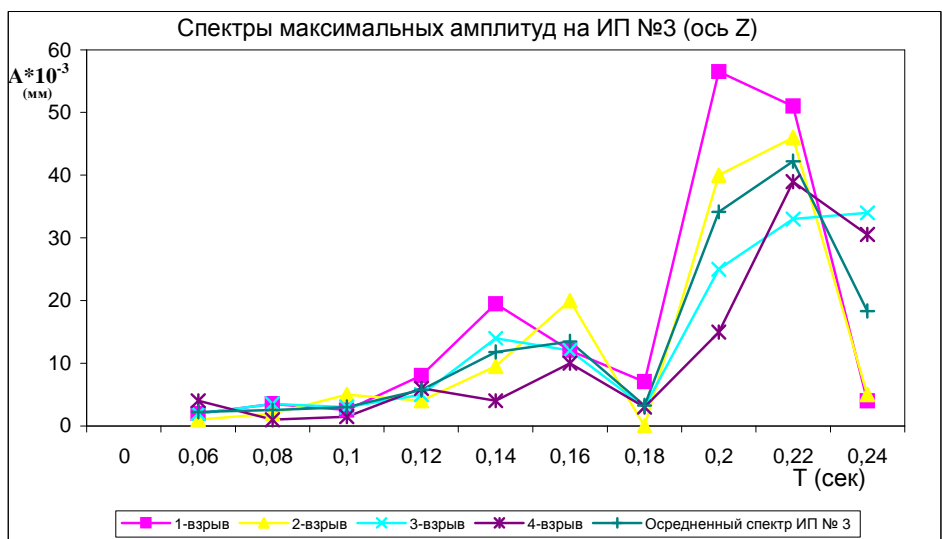
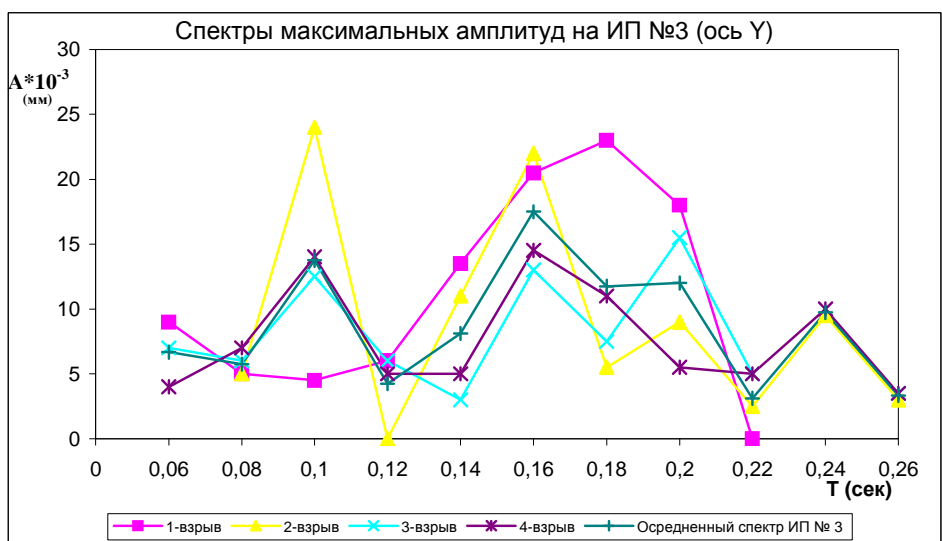
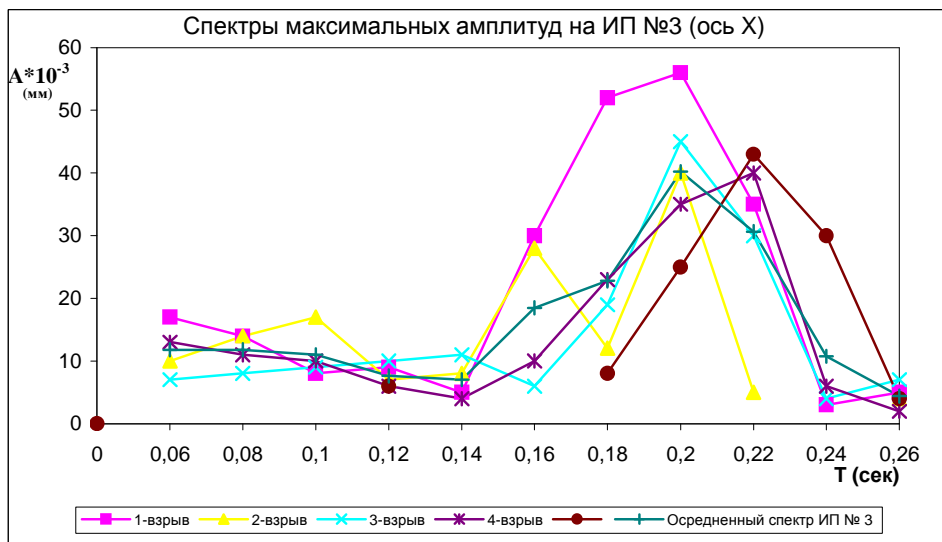


Рис.6. Спектры максимальных амплитуд на ИП № 3.

Приведенные результаты, полученные сейсмологическими исследованиями, не решают все поставленные задачи. Полученные результаты должны быть использованы лишь в сравнении с результатами аналогичных измерений, проводимых в тех же точках на грунтах, с измененными физико-механическими свойствами.

Литература

1. Гуревич Г.И. Деформируемость сред и распространение сейсмических волн. М.: Наука, 1974. 350 с.
2. Руководство по применению инженерной сейсморазведки при изысканиях для строительства / ВНИИД 16–73. Росглавнистройпроект, М.: 1973. 194 с.
3. Цейтлин Я.И., Смолий Н.И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов. М., Недра, 1973.
4. Отчет «СКО ПНИИИС» Сейсмическое микрорайонирование г. Грозного, 1984 г.
5. Отчет «СКО ПНИИИС» Сейсмическое микрорайонирование г. Махачкала, 1988 г.

Реакция объектов сети мониторинга ГГД-поля Северного Кавказа и физических полей на подготовку землетрясения 25.12.2001г.

Л.Д. Пруцкая, О.Н. Круткина, В.А. Моргунов, А.Г. Здоров
ФГУПП «Кавказгеолсъёмка»

На основе оперативного анализа данных мониторинга ГГД-поля по 20 пунктам, электромагнитного излучения по трем станциям и ежесуточных проб гелия спонтанного в скважине выделены аномальные возмущения характерные для процесса подготовки землетрясения. По совокупности проведенных ранее исследований и состоянию геофизических полей в контролируемом районе дан заблаговременный научный прогноз времени, района расположения эпицентра и бальности локального землетрясения $M = 4,7$ на территории Ставропольского края.

Мониторинг уровней подземных вод (УПВ) по 20 постам с целью сейсмопрогноза проводится на Северном Кавказе Федеральным государственным унитарным геологическим предприятием "Кавказгеолсъёмка" уже более 20 лет по постоянным объектам, с непрерывной записью. Параллельно (по каждому посту) проводится мониторинг атмосферного давления, с привлечением данных по лунно-солнечным приливам и атмосферным осадкам. Исследования гелия в спонтанной фазе (скважина 1-НВ, Эссентуки, глубина 889-898.4м) ведутся более 15 лет, отбор проб производится ежесуточно со стопроцентным контролем. Исследования краткосрочных предвестников землетрясений по методу регистрации импульсного электромагнитного излучения (ЭМИ) были начаты на Кавминводском (КМВ) полигоне ФГУПП "Кавказгеолсъёмка" (г. Эссентуки) совместно с ОИФЗ РАН в 1990 г. До середины 1999 г. измерения выполнялись аналоговой аппаратурой ДЭИ-001 на трех пунктах: Шаджатмаз с 1990 г., Белый Уголь и Юца с 1991 г. С середины 1999 г. на полигоне внедрена цифровая телеметрическая станция Аларм-001, разработанная в ОИФЗ РАН. Центральный блок станции, сопряженный с персональным компьютером, был установлен на пункте Белый Уголь, а ведомый в 34 км на юго-восток – на Шаджатмазе. Аппаратура выполняет синхронные измерения и обработку сигналов ЭМИ методом счета импульсов в двух диапазонах: низкочастотном 1-3 кГц и высокочастотном 81 ± 1 кГц на обоих пунктах. Если учесть, что в год происходит до 100 землетрясений потенциально влияющих на режимы УПВ наблюдательных постов, можно считать, что на настоящий момент нами накоплен опыт достаточный для выявления, оценки и систематизации разнородных предвестниковых эффектов.

К настоящему времени проведен детальный анализ многочисленных случаев проявления гидродинамических эффектов – долго-, средне- и краткосрочных, описаны и систематизированы все виды предвестников, отмечавшихся по постам режимной сети за время наблюдений. Наряду с изучением индивидуальных гидродинамических эффектов, ведётся контроль динамики напряженности геологической среды с построением «карт-схем напряженности геологической среды». Такое поле отличается от известного ГГД-поля Куликова-Вартаняна и позволяет проследить характер краткосрочных (представленных в сопоставимом виде) изменений УПВ по площади. С целью уточнения прогнозных характеристик расположения эпицентров проанализирована индивидуальная реакция наблюдаемых параметров на землетрясения, возникшие в различных структурно-тектонических условиях.

Ретроспективный анализ накопленных данных по ЭМИ на Кавминводском полигоне, в сопоставлении с сейсмичностью, позволил внедрить новый методический прием в интерпретации аномальных вариаций, заключающийся в частотной селекции зарегистрированных аномалий. Он основан на эмпирически установленных закономерностях на примере предвестниковых вариаций, зарегистрированных перед сильным удаленным Джава-Рачинским землетрясением 1991г. [2] и перед слабыми локальными землетрясениями района КМВ [3], и сводится к следующему: если аномалия зарегистрирована в низкочастотном диапазоне и по своим морфологическим признакам отнесена к предвестниковой, то следует прогнозировать слабое местное землетрясение; если аномалия зарегистрирована только на высокой частоте – то возможно ожидать дальнейшее землетрясение.

В результате разработана универсальная методика обработки фактического материала по комплексу признаков, позволяющая сопоставлять данные, полученные по скважинам с различными гидрогеологическими характеристиками, учитывать влияние таких режимообразующих факторов, как атмосферное давление и земноприливные вариации, тренд УПВ; фиксировать и интерпретировать геофизические и газогидрохимические аномалии. Опробована и применяется (1997г.- настоящее время) для территории Ставропольского края схема оперативного контроля сейсмотектонической ситуации [4], что сделало возможным своевременный прогноз землетрясения 25.12.2001г.