

# ОБ ЭФФЕКТЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ (УЛЬТРАЗВУКОВОЙ) СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НА РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Р.А. Магомедов

Институт геологии Дагестанского научного центра РАН

Аномальное гидрогеодинамическое поле [1-5] и поле высокочастотной составляющей сейсмических волн (поле ультразвуковых колебаний) возникают с началом процесса подготовки сейсмического события, что установлено непосредственными наблюдениями. Экспериментально обнаружено [6-11], что перед землетрясением возникает акустическое излучение, фиксируемое на больших расстояниях от «очага». Механизм возникновения высокочастотных сейсмических колебаний деформационными процессами в литосфере Земли изучается экспериментально с момента его открытия в 1975 году по настоящее время [12, 13 и др.].

Высокочастотное излучение является откликом трещиноватой геологической среды на деформацию. Аномальные изменения высокочастотных колебаний, связанные с повышением сейсмической активности, как обнаружено [14], могут значительно превышать таковые, связанные с другими процессами: лунно-солнечными приливами, изменением метеорологических и флюидодинамических условий. С превышением некоторого предела напряженности (для каждой геологической ситуации существует свой предел) начинается излучение высокочастотных волн с некой одной или нескольких точек (в зависимости от распределения полей напряжения в конкретный отрезок времени), образуя определенную форму в плане ультразвукового поля (рис. 1).

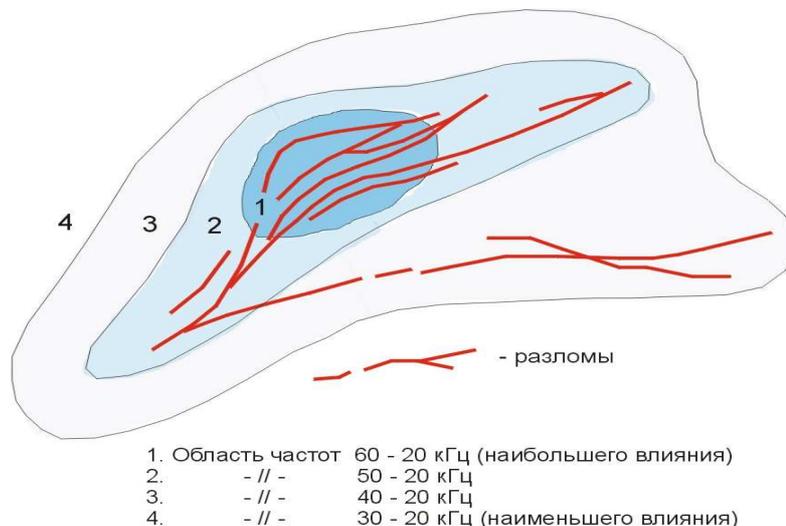


Рис.1. Конфигурация (форма) акустического поля в плане, которая возникает с началом процесса подготовки сейсмического события

Поскольку упругие возмущения (трещины) возникают не из одной, а из серии близпараллельных зон, происходит многократное излучение акустических волн. Скорость распространения ультразвуковых волн, по сравнению с фильтрацией, движением флюида в пласте, можно считать практически мгновенной (скорость звука в воде при 0°C составляет 1485 м/сек, в граните – 3950 м/сек). Поэтому имеет место практически одновременное с началом процесса формирования «очага» землетрясения, воздействие ультразвуковых волн на подземные воды и водовмещающие породы области миграции «очага» и вокруг него. Опыты, проведенные Н.В. Черским, показали, что под влиянием ультразвука разрушаются пленки связанной воды и резко возрастает проницаемость пород: через несколько секунд после обработки упругими волнами она возмужала в де-

сятки раз. В сильном акустическом поле на границе раздела фаз твердое тело–жидкость возникают интенсивные течения, и малоподвижная связанная вода высвобождается, приобретая способность к более быстрой миграции. В.А. Мироненко, В.М. Шестаков (1974) отмечают, что часть связанной воды переходит в свободное состояние в случае приложения к породе динамических нагрузок. Завершающая стадия подготовки сейсмического события и есть динамическая нагрузка. Сибирские специалисты-геофизики сконструировали мощную установку для вибросейсмического воздействия на нефтепласт с поверхности Земли на глубину до 5000 м. На сегодняшний день уже работают четыре такие установки (АиФ, №33, август 1994 г.). Таким образом, геофизики на практике пользуются результатом влияния высокочастотных колебаний на нефть и нефтематеринские породы, применяя мощные установки – источники таких колебаний.

Ультразвук не распространяется далеко от источника излучения, а распространяются сами сдвиговые деформации и растрескивание пород под действием тангенциальных напряжений в конкретной ситуации. Отсюда и влияние ультразвука на больших расстояниях. По мере удаления ультразвуковых волн от источника их излучения происходит затухание сначала наиболее высоких частот, далее – по уменьшению. Непосредственно перед сейсмическим событием максимум прогностической информации передвигается в область высоких частот. Зависимость частоты ультразвуковых колебаний ( $Y$ ) от расстояния ( $L$ ), на которое они распространяются, может быть выражена формулой:  $L = \alpha \cdot (1/Y)$ , где  $\alpha$  - коэффициент пропорциональности, зависящий от реологических, динамических, прочностных и деформационных свойств геологической среды. Чем больше частота колебаний ультразвуковых волн, тем на меньшее расстояние они распространяются, т.е. меньше их влияние и на окружающую геологическую среду (в частности на гидрогеодинамические эффекты). Для краткосрочных гидрогеодинамических предвестников в районе Курильских островов было установлено [15, 16], что период от появления аномального эффекта до момента толчка сокращается по мере роста эпицентрального расстояния, что согласуется с нашими представлениями. По данным [17], время проявления гидрогеодинамических эффектов находится в прямой зависимости от магнитуды землетрясений, т.е. размеры гидрогеодинамического поля находятся в прямой зависимости от магнитуды.

Рассмотрим примеры аномалий-предвестников (гидродинамических показателей) в зоне действия ультразвуковых колебаний (не далее первых десятков км от эпицентров землетрясений). Перед Дагестанским землетрясением 14 мая 1970 г и во время него в 7-ми балльной зоне, в Зурамакентских минеральных источниках, на артезианской скважине Исти-Су и в скважинах, пробуренных в Миатлинском ущелье, наблюдалось резкое увеличение расходов воды и газа [18]. Пьезометрический уровень подземных вод в одной из скважин (вскрывала юрский напорный горизонт подземных вод), пробуренной в присводовой части Хадумского купола экспедицией Ленгидропроекта [19] в связи с землетрясением 14 мая 1970 г., в апреле дважды ступенчато поднимался на 2 м, а когда 14 мая уровень поднялся еще на 4 м, произошло землетрясение 16-го энергетического класса. После землетрясения отмечен постепенный спад уровня. На берегу Чиркейского водохранилища проводились наблюдения в скважине, пробуренной для изучения режима подземных вод. Скважина вскрывает горизонт подземных вод со свободной поверхностью в известняках верхнего мела. Обычно уровень воды в скважине изменялся синхронно с уровнем водохранилища. Но перед местными землетрясениями происходило снижение уровня воды в скважине, не зависящее от уровня водохранилища. Уровни в скважинах Хадумского купола в конце декабря 1974 г и в начале января 1975 г начали повышаться. В этот же период в районе водохранилища произошло несколько сильных

землетрясений (13-го и 14-го классов), «очаги» которых локализованы в непосредственной близости от эпицентров землетрясений.

Ф.И. Монахов [20, 21] установил, что колебания уровня воды в 3-х Кунаширских скважинах очень близки и проявляются обычно за 3-7 дней до землетрясения (основного толчка) в виде снижения уровня и последующего подъема после толчка. Скважины вскрывают горизонт подземных вод со свободной поверхностью. Аналогичный эффект снижения уровня воды за несколько суток до землетрясения отмечен по Сахалинской и Итурупской скважинам. В тех случаях, когда происходил не одиночный толчок, а серия сильных землетрясений, наблюдалось более длительное снижение уровня воды, а подъем его начинался лишь в конце серии землетрясений. При внимательном рассмотрении описанных явлений прослеживается следующее: в период подготовки сильного землетрясения (вплоть до основного толчка и во время него) в зоне действия ультразвуковых колебаний уровень подземных вод со свободной поверхностью понижается, а после основного толчка происходит восстановление уровня. Уровень подземных вод напорных горизонтов, в это же время, ведет себя совершенно иначе. В период подготовки «очага» и во время основного толчка уровень поднимается, а после сейсмического события происходит понижение его.

Можно привести много примеров подобного поведения уровня подземных вод по другим регионам мира. Но очевидно одно, механизм влияния высокочастотных (ультразвуковых) колебаний на амплитуду аномалий-предвестников (гидродинамических показателей) один и тот же. В завершающий период подготовки землетрясения уровень (дебит) продолжает изменяться и несколько ускоряет темп изменения. До основного толчка, в завершающий период подготовки сильного землетрясения (за несколько суток), идет ускоренный процесс развития упругих деформаций, изменения напряженного состояния, происходит ускоренный рост трещинообразования, который сопровождается нарастанием доли высокочастотных колебаний и последнее резко возрастает за 2-3 часа до основного толчка. Эффективность влияния высокочастотных колебаний на амплитуду аномалий-предвестников зависит от жесткости пород, слагающих водоносный горизонт и водоупоры, пьезопроводности водоносного горизонта и других условий геологической среды конкретного региона. После основного толчка происходит разрядка напряженности, снятие упругих деформаций, прекращается процесс трещинообразования и резко сокращается доля высокочастотных колебаний, что отражается соответственным образом на напорном и безнапорном водоносных горизонтах. Под воздействием ультразвука связанная (пленочная и гигроскопическая) и капиллярная воды переходят в свободное состояние. И в случае водоносного горизонта со свободной поверхностью уровень подземных вод опускается, на время воздействия высокочастотных колебаний (поскольку отсутствуют силы взаимодействия связанной и капиллярной воды с породами), во вновь образовавшиеся за счет процесса трещинообразования емкости (рис 2).

В случае напорного горизонта пьезометрический уровень поднимается, поскольку теряется противодействие (в виде сил взаимодействия связанной воды с породами) избыточному давлению в пласте, на время воздействия высокочастотных колебаний, и открываются новые пути миграции вверх.

Таким образом, наряду с основной (не единственной) причиной (изменение напряженного состояния и развитие упругих деформаций) образования гидрогеодинамических аномалий-предвестников, существует и эффект влияния высокочастотной (ультразвуковой) составляющей сейсмических колебаний на напорный и со свободной поверхностью водоносные горизонты.

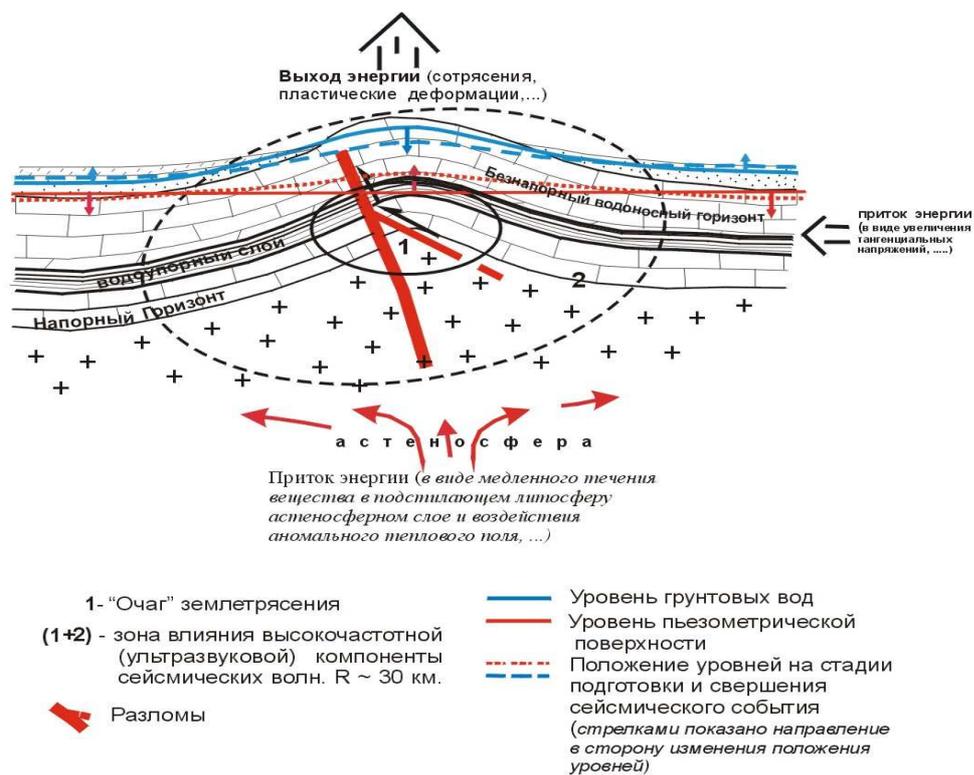


Рис. 2. Модель влияния высокочастотной (ультразвуковой) компоненты сейсмических волн на напорный и со свободной поверхностью водоносные горизонты.

## Литература

1. Вартамян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // Доклады АН СССР. Т. 262. Вып. 2. – 1982. С. 310-314.
2. Вартамян Г.С., Куликов Г.В. О глобальном гидрогеодеформационном поле Земли // Советская геология, 1983. № 5. С. 116-125.
3. Вартамян Г.С. Гидрогеодеформационное поле в исследовании механизмов геодинамики // Отечественная геология. 1995. № 4. С. 29-37.
4. В государственном комитете СССР по делам изобретений и открытий // Вестник АН СССР. 1984. № 1. С. 132-142.
5. Открытия, изобретения. Публикация об открытиях, зарегистрированных «Государственном реестре открытий СССР // Официальный бюллетень Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий. № 46. – М., 1983. 3 с.
6. Баннов Ю.А., Брудный Л.Г., Мирзев К.М. Акустические излучения перед землетрясениями // Прогноз землетрясений. Душанбе: Дониш, 1982. № 1. С. 242-251.
7. Грацинский В.Г., Горбушина Л.В., Тыминский В.Г. О выделении радиоактивных газов из образцов горных пород под действием ультразвука // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1979. № 10. С. 32-44.
8. Черский Н.В., Царев В.П., Николаев С.К. О возможности преобразования ископаемого органического вещества при воздействии сейсмических процессов // Докл. АН СССР. Т. 232. 1977. № 4. С. 931-934.
9. Черский Н.В., Царев В.П., Кузнецов О.Л. Влияние ультразвуковых полей на проницаемость горных пород при фильтрации воды // Докл. АН СССР. Т. 232. 1977. № 1. С. 201-204.
10. Черский Н.В., Царев В.П. Причины приуроченности крупнейших зон нефтегазоаккумуляции к краевым участкам литосферных плит // Докл. АН СССР. Т. 242. 1978. № 3. С. 683-686.
11. Черский Н.В., Царев В.П. Механизм синтеза углеводородов из неорганических соединений в верхних горизонтах земной коры // Докл. АН СССР. Т. 279. 1984. № 3. С. 731-734.
12. Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Явление модуляции высокочастотных сейсмических шумов Земли // Диплом на открытие № 282 Госкомизобретений СССР. – М., 1983. С. 1.
13. Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Модуляция высокочастотных микросейсм // Докл. АН СССР. № 2. 1978. С. 303-306.

14. Diakonov B.P., Karryev B.S., Khavroshkin O.B., Nikolaev A.V. etc all. Manifestation on earth deformation processes by high frequency seismic noise characteristics //Physics of the Earth and Planetary Interior. Amsterdam. Vol. 63. 1990. P. 151-162.
15. Монахов Ф.И. Механизм формирования краткосрочного гидрогеодинамического предвестника землетрясений /АН СССР. ДВНЦ. Сахалинский комплексный НИИ. – Южно-Сахалинск, 1979. 6 с.
16. Садовский М.А., Монахов Ф.И., Семенов А.И. Гидрогеодинамические предвестники Южно-Курильских землетрясений //Докл. АН СССР. Т. 236. 1977. №1. С.50-54.
17. Рикитаки Т. Предсказание землетрясений. /Пер. с англ. А.Л. Петросяна и Н.И. Фроловой под ред. чл.-корр. АН СССР Е.Ф. Саваренского. – М.: Мир, 1979. С. 388.
18. Осика Д.Г. Флюидный режим сейсмически активных областей. М.: Наука, 1981.
19. Левкович Р.А., Дейнега Г.И., Каспаров С.А. и др. Геодинамический эффект создания крупных водохранилищ в сейсмоактивных областях. М.: Наука, 1982.
20. Монахов Ф.И., Киссин И.Г. и др. Новые данные о гидрогеодинамическом эффекте, предшествующем землетрясениям //Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1980. №1.
21. Садовский М.А.; Монахов Ф.И. и др. Гидрогеодинамические предвестники Южно-Курильских землетрясений //Докл. АН СССР. 236, 1977. №1.

## **МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗЕМЕЛЬ НОВОЛАКСТРОЯ ПРИСУЛАКСКОЙ РАВНИНЫ И ТЕНДЕНЦИЯ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ**

*Базманов М.Б.  
Институт геологии ДНЦ РАН*

Проблемы коммунально-бытового водоснабжения населения и мелиорации засушливых, засоленных земель Новолакстрыя в решающей степени определяются гидрогеологическими условиями глубокозалегающих и приповерхностных водоносных горизонтов.

В гидрогеологическом отношении участок Новолакстрой Присулакской равнины представляет юго-восточную часть Терско-Сулакского артезианского бассейна и северо-западную часть Махачкалинского месторождения термоминеральных вод.

Терско-Сулакский артезианский бассейн сложен на этом участке водоносными горизонтами плиоцен-плейстоценовых отложений, к которым приурочены пресные и слабоминерализованные субартезианские и артезианские воды, являющиеся главным источником водоснабжения населения районов Северного Дагестана.

Хвалынские слабонапорные водоносные горизонты залегают на глубине 15-40 м и представлены супесями, тонко- и мелкозернистыми песками, к которым приурочены слабоминерализованные и пресные воды ограниченных запасов с минерализацией от 1,0-3,5 до 30 г/л и дебитами 10-40 м<sup>3</sup>/сутки.

Хазарские отложения распространены повсеместно и представлены песчано-глинистыми разностями с преобладанием песчаных фракций. Суммарная мощность их достигает 100 метров. Водоносность изучена весьма слабо, но, судя по литологическому составу, перспективы их заметно больше, чем хвалынских отложений, так как они лучше защищены от поверхностных источников загрязнения и имеют больше песчаных горизонтов.

В древнекаспийских отложениях артезианскими скважинами вскрыты два комплекса регионально выдержанных и довольно мощных водоносных горизонта, к которым приурочены высоконапорные пресные воды.

Первый комплекс содержит 5 водоносных горизонтов мощностью от 3-5 до 20 м. Дебиты скважин достигают 100-250 м<sup>3</sup>/сут., пьезометрический уровень 1,5-5 м выше поверхности земли, температура воды 15-20°С, минерализация 0,8-1,0 г/л.

Второй водоносный комплекс содержит 4 водоносных горизонта мощностью 5-22 м в интервале глубин 360-460 м. Высота самоизлива составляет 15-18 м выше поверхности земли, дебиты от – 85 до 1000 м<sup>3</sup>/сут. Удельные дебиты колеблются от 0,05 до 0,5