

УДК 550.834:622.12

**АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ
ПРОВЕДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ
ПРОГНОЗЕ СОСТОЯНИЯ ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ
СКЛОНОВ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА**

Федин М. М.,

(ООО "Южнобережный Центр Изысканий", АР Крым, г. Алушта)

Тиркель М. Г.

(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

На прикладах ділянок зсувних схилів Південного узбережжя Криму надано результати аналізу інформативності сейсмічних хвильових полів і рекомендації щодо вибору оптимальних умов проведення сейсмічних досліджень з визначення рівня ґрунтових вод.

By the examples of areas of landslide-hazardous slopes on the South coast of the Crimea the results of analysis of seismic wave fields and recommendations for choosing the optimal options for seismic exploration with the aim to determine underground water level are given.

Возрастающие темпы застройки Южного берега Крыма увеличивают техногенную нагрузку на осваиваемые территории, для которых оползни являются одним из наиболее опасных геологических факторов. Для участка побережья в районе поселка Гурзуф, детского оздоровительного центра «Артек» характерным является широкое распространение медленных оползневых смещений, которые охватили склон от моря до шоссе Ялта - Симферополь, а на отдельных участках и выше. Результаты выполненных институтом «Фундаментпроект» длительных инструментальных наблюдений за устойчивостью склона свидетельствуют о том, что на фоне общих медленных смещений выделяются отдельные, вы-

тянутые по падению склона глетчерообразные потоки, имеющие относительно более высокие скорости. В свое время они были выделены оползневой станцией по визуальным наблюдениям как активные оползни. Это Ай-Данильский и Соловьевский оползни, оползень в районе дома творчества им. Коровина, оползень Гурзуфского винподвала и многие другие.

Разработка эффективных методов оценки состояния склонов является одной из актуальнейших задач, решение которой может быть получено за счет применения сейсмического метода при использовании математического моделирования для анализа эффективности конкретных прогнозных методик [1-3]. В частности, чрезвычайно актуален вопрос выбора оптимальных частотных диапазонов и обоснования надежных прогнозных методик [3].

В настоящей статье на примерах оползневых склонов в районе поселка Гурзуф и детского оздоровительного центра «Артек» представлены результаты математического моделирования сейсмических волновых полей, целью которых был выбор оптимальных частотных диапазонов проведения сейсмических исследований по определению уровня грунтовых вод (УГВ).

На рис. 1. представлены фрагменты характерных геологических разрезов на участке набережной А.С.Пушкина в поселке Гурзуф, а на рис. 2 – на участке ДПУ («Артек»).

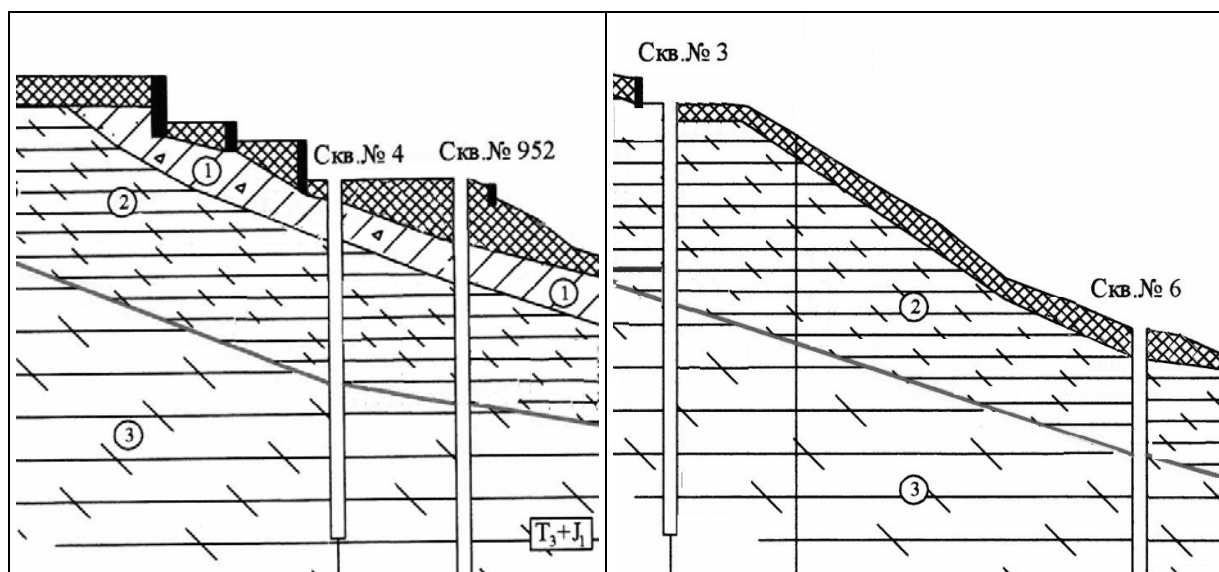


Рис. 1. Фрагменты геологического разреза на участке набережной А. С. Пушкина в поселке Гурзуф

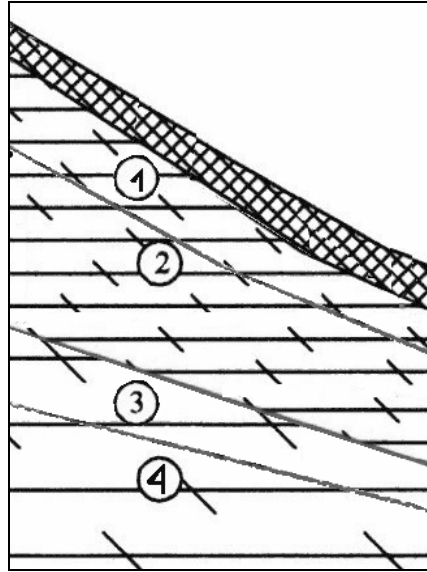


Рис. 2. Фрагмент геологического разреза на участке на участке ДПУ («Артек»)

При рассмотрении строения оползнеопасных склонов на рассматриваемых участках можно заметить много общих черт. Коренные породы таврической серии (они на рисунках отмечены как 3 и 4) представлены выветрелыми трещиноватыми аргиллитами низкой и очень низкой прочности с маломощными прослоями плитчатого аргиллита и песчаника. Оползневые образования представлены слоями (1) и (2). Это дресвянисто-щебенистые, бурые суглинки, от твердой до мягкопластичной консистенции. Обломочный материал до 45% - щебень, дресва песчаника, аргиллита, алевролита, известняка. Толща разбита многочисленными оползевыми поверхностями скольжения. Суммарная мощность оползневых образований в каждом из рассматриваемых случаев не превышает 15-20 м.

На основе вышеизложенного можно рассматривать данные участки наблюдений подобными в геологическом плане и установить информативные характеристики волновых полей базируясь на обобщенной модели.

Возьмем за основу участок ДПУ («Артек»). На рис. 3 представлена соответствующая геолого-геофизическая модель, а в таблице 1 подробно описаны параметры залегающих пород, в частности, плотности и скорости распространения сейсмических волн в породах, на основе которых производились вычисления.

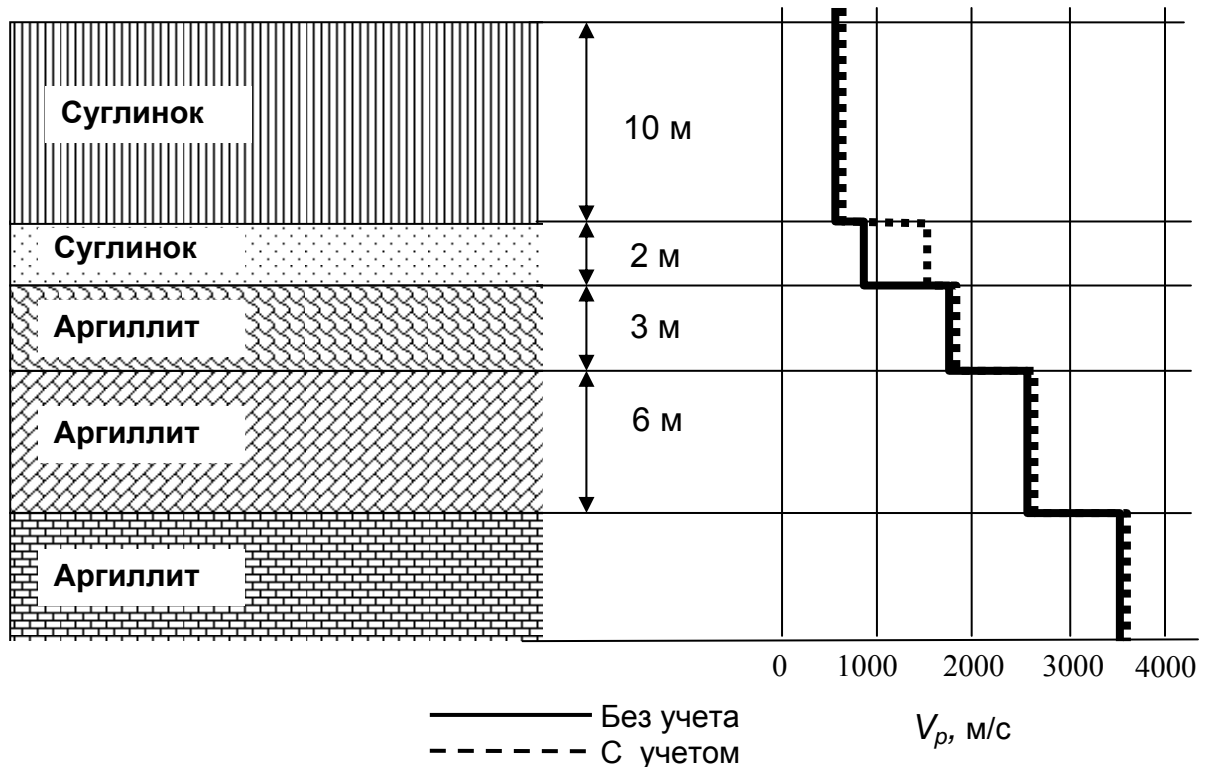


Рис. 3. Модель оползневого склона на оползнеопасном участке ДПУ («Артек»)

Предварительный анализ моделей показывает, что они отличаются расположением первой резкой отражающей границей. В модели без учета расположения УГВ оба пласта суглинка обладают сходными характеристиками. В результате этого первую из отражающих границ образует верхний слой аргиллитов (для которого скорость распространения продольных волн вдвое больше, чем у пород залегающих выше). Между различными аргиллитами отражающие границы также достаточно резкие. Увеличение скоростей продольных волн на каждой из границ составляет 25-30 %. В модели с учетом УГВ сходными характеристиками обладают нижний пласт буровато-серого суглинка и верхний пласт аргиллитов. Их плотности и скорости распространения продольных волн различаются не более чем на 10-15 %. Мощность водонасыщенного слоя достаточно мала, поэтому, несмотря на существенное поглощение поперечных волн в его пределах, они должны проникать в залегающие ниже пласты и вносить

свой вклад в формирование волновой картины. Первая резкая отражающая граница располагается на УГВ.

Таблица 1
 Сейсмогеологическая модель оползня ДНУ (Артек)

№ слоя	Породы	Мощность, м	Плотность, г/см ³	Скорость V _p , м/сек
1	Суглинок дресвянисто-щебенистый бурый от твердой до мягкопластичной консистенции. Обломочный материал до 45% - щебень, дресва песчаника, аргиллита, алевролита, известняка. Толща разбита многочисленными оползневыми поверхностями скольжения.	6,0-10,0	2,18-2.2	500 - 700
2	Суглинок дресвянисто-щебенистый буровато-серый, полутвердый, грубый. Обломочный материал до .45% - щебень, дресва песчаника, аргиллита, алевролита, известняка.	0-2,0	2,2	800-1000
3	Аргиллит чешуйчатый игонкоплитчатый бурый, буровато-серый, сильно трещиноватый, низкой прочности.	1.0-3,0	2.2	1400- 1900
4	Аргиллит темно-серый тонкоплитчатый, средней прочности, трещиноватый, с прослоями песчаника и алевролита, с тектоническими поверхностями скольжения.	4,0 - 6,0	2,2 - 2,3	2000 - 2900
5	Аргиллит темно-серый плитчатый, прочный, трещиноватый, с прослоями песчаника и алевролита, с тектоническими поверхностями скольжения.		2,3 -2,4	3100-3600

Описанные выше особенности обуславливают структуру формируемых волновых полей. На рис. 4-6 представлены картины распределения Z , X и Y компонент смещений частиц среды в последовательные моменты времени для модели без учета УГВ. Для сравнения на рис. 7-9 представлены аналогичные картины в те же моменты времени для модели с учетом УГВ.

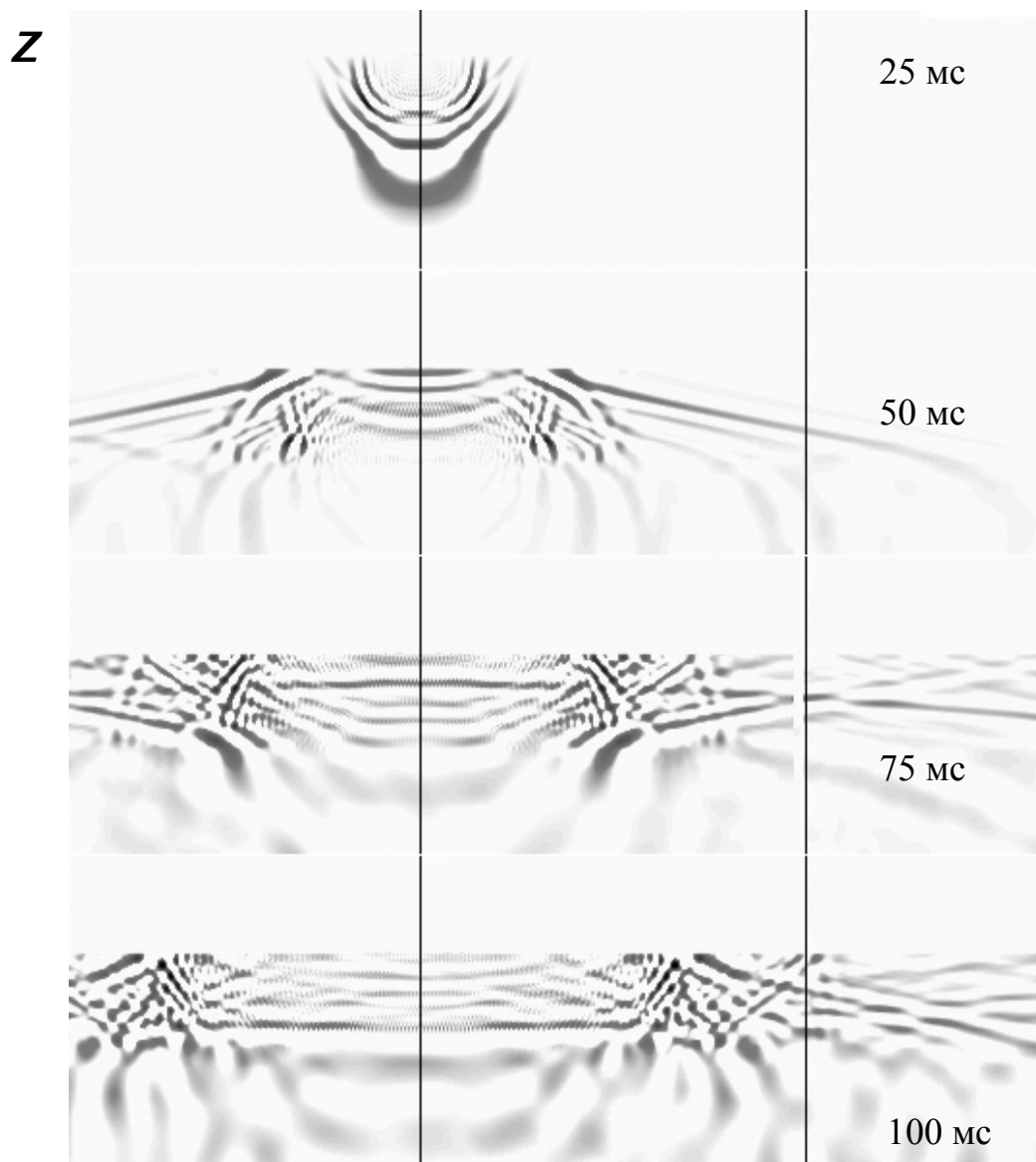


Рис. 4. Последовательные картины распределения Z компоненты смещений частиц среды для модели без учета УГВ

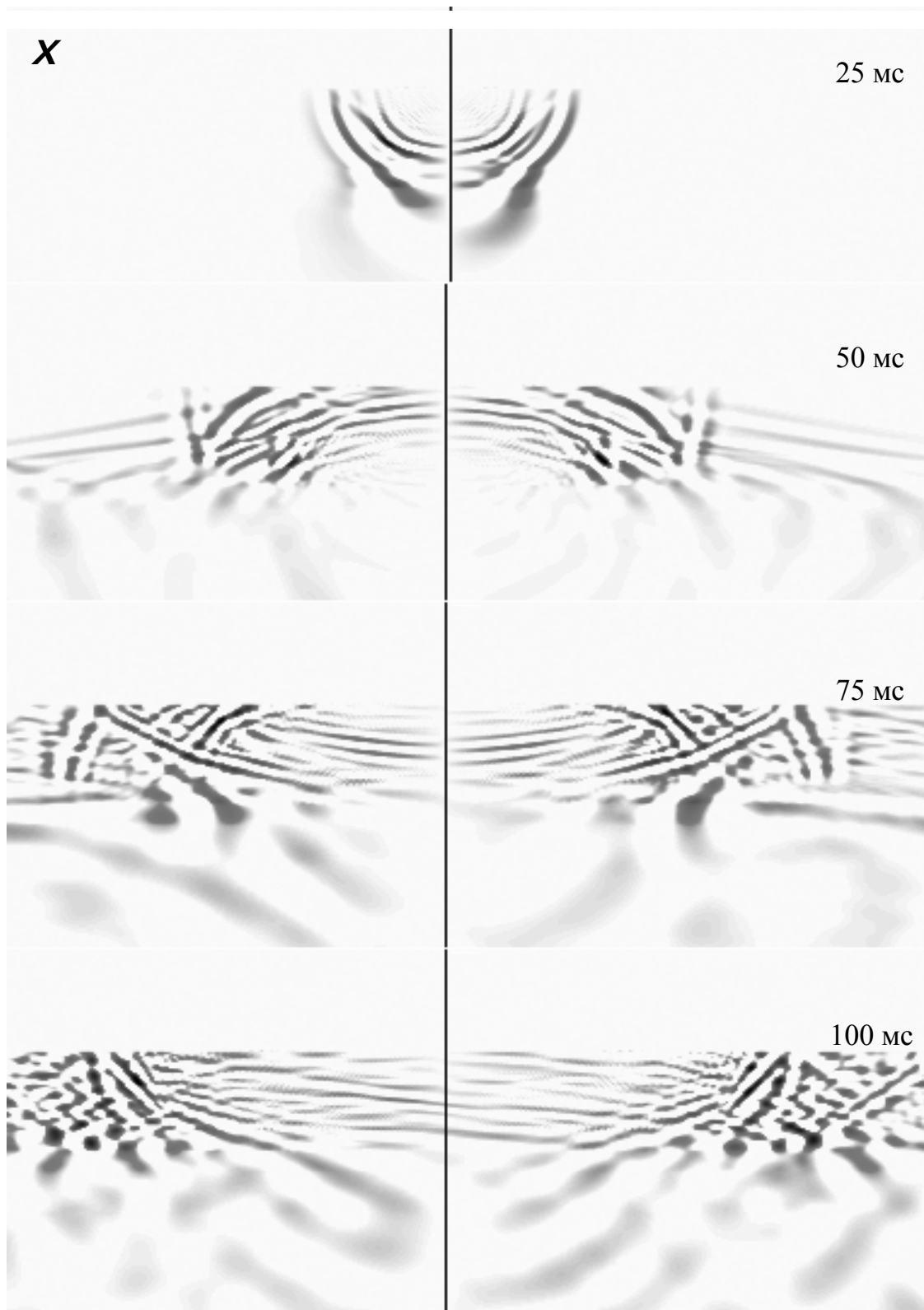


Рис. 5. Последовательные картины распределения X компоненты смещений частиц среды для модели без учета УГВ

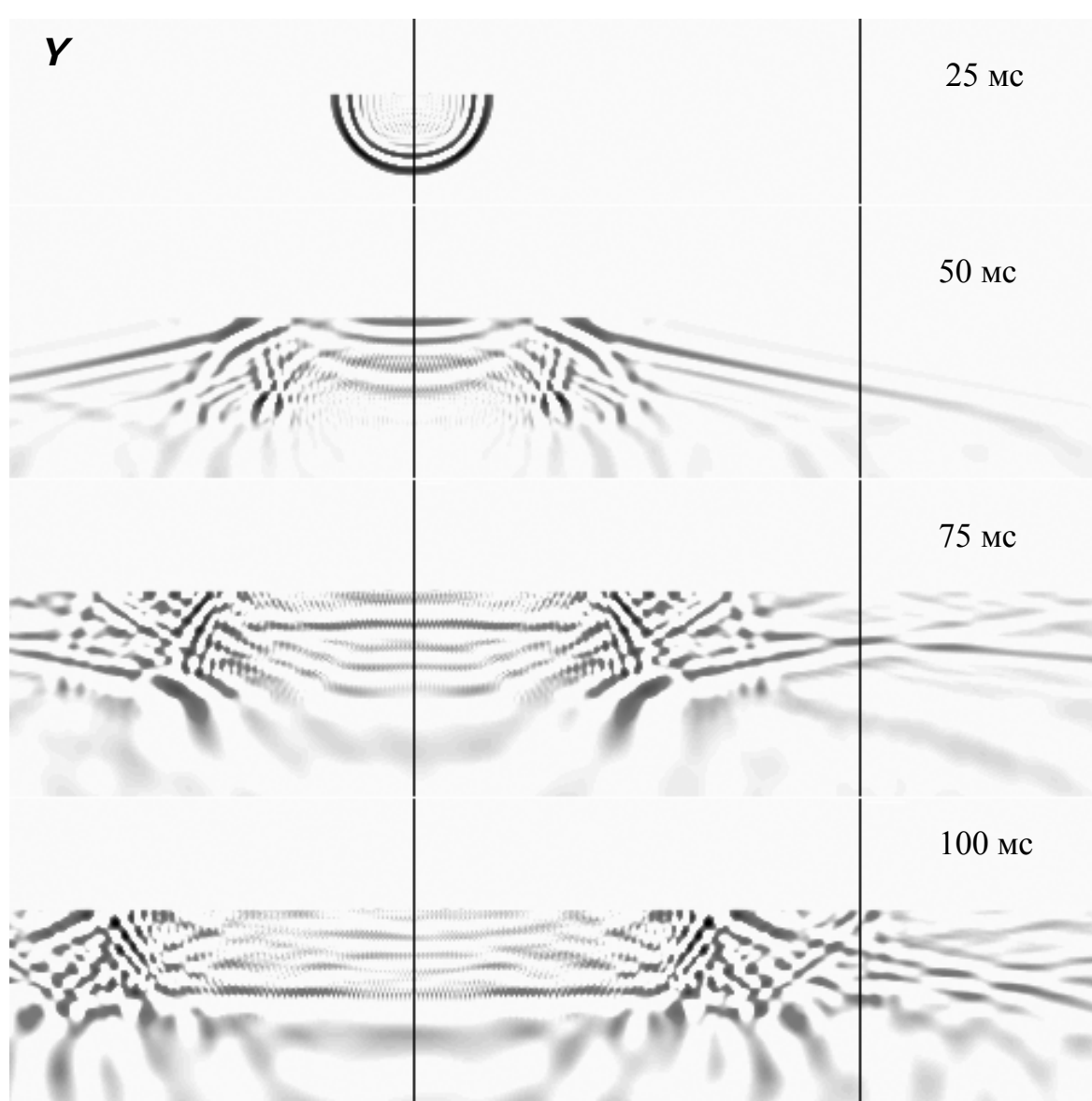


Рис. 6. Последовательные картины распределения Y компоненты смещений частиц среды для модели без учета УГВ

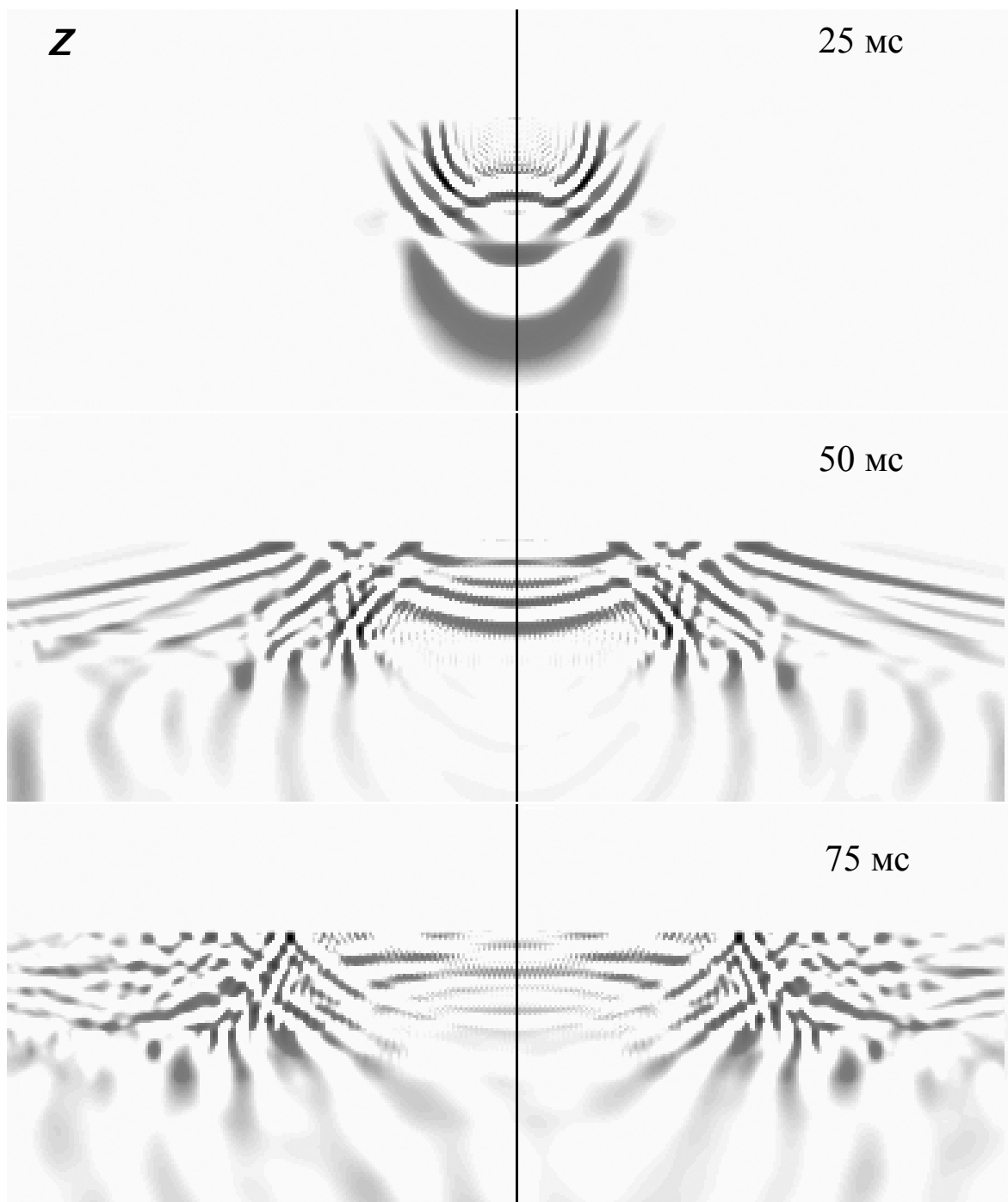


Рис. 7. Последовательные картины распределения Z компоненты смещений частиц среды для модели с учетом УГВ

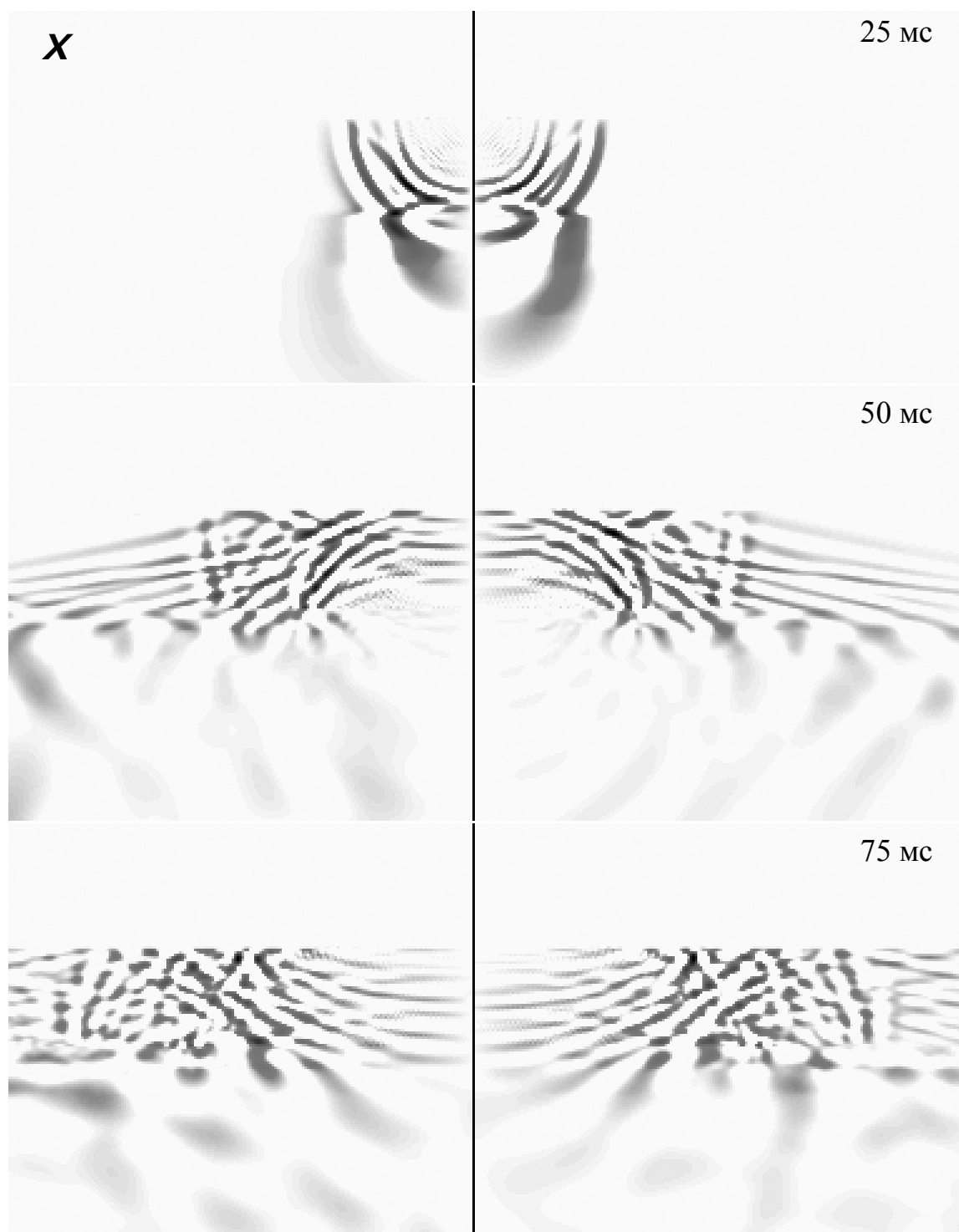


Рис. 8. Последовательные картины распределения X компоненты смещений частиц среды для модели с учетом УГВ

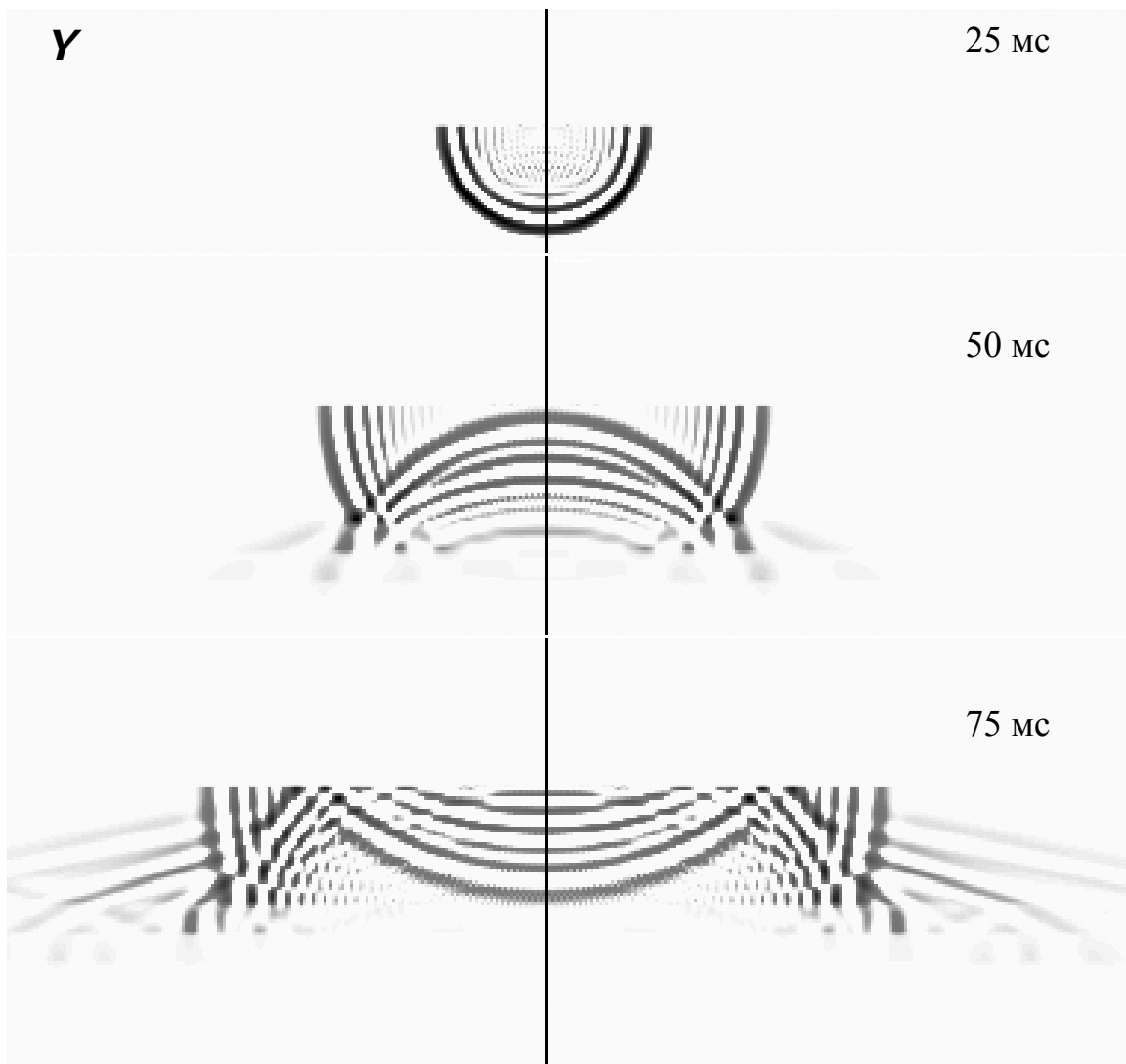


Рис. 9. Последовательные картины распределения Y компоненты смещений частиц среды для модели с учетом УГВ

Поскольку суммарная мощность исследуемых пород составляет всего около 20 м, был использован сравнительно высокочастотный источник колебаний с наибольшей интенсивностью в диапазоне 100-250 Гц и максимумом частотной характеристики на 175 Гц. Следует отметить, что в обоих случаях поля имеют подобную структуру. На них присутствуют практически одни и те же группы волн:

- прямые волны, распространяющиеся по верхнему слою дресвянисто-щебенистого суглинка вдоль дневной поверхности;

- набор интерференционных волн, распространяющихся в акустическом волноводе, состоящем из пород выше первой резкой акустической границы, образованных многократно отраженными от границ этого волновода продольными и поперечными волнами (последовательные отражения первоначально сферической волны от границ волновода четко наблюдаются на всех картинах распределения для всех компонент);

- набор волн, отраженных от последовательно располагающихся по глубине акустических границ (наблюдаются на всех картинах распределения для всех компонент, однако наиболее наглядно выделяются на картинах распределения Y компоненты);

- набор головных волн, распространяющихся вдоль последовательно располагающихся по глубине акустических границ и образующих в вышележающих породах прямолинейные (в плоскости сечения модели) фронты (наблюдаются на всех картинах распределения для всех компонент).

Поперечные волны, для которых колебания частиц среды происходит в плоскости, перпендикулярной плоскости моделирования имеют сравнительно большую амплитуду (в 3-5 раз выше, чем волны других поляризаций). Соответствующее поле имеет простую структуру. Волны различной природы можно легко распознать и проанализировать, что существенно повышает практическую информативность.

Расчеты показывают, что расположение УГВ может быть выявлено средствами сейсморазведки путем использования высокочастотного источника с описанными выше характеристиками. На рис. 10 приведены для сравнения теоретические сейсмические разрезы, полученные на модели оползневого склона на участке ДПУ («Артек») для различных случаев расположения УГВ. На них проявляются следующие волновые пакеты:

- волна, отраженная от границы между суглинками (в случае, если УГВ размещается на границе суглинков и аргиллитов);

- доминирующая волна, отраженная от увлажненных пород (при этом УГВ четко определяется с точностью 2-3 м)

- отражения от иных пород (на рис. 10 б особенно четко проявляются волны, отраженные от наиболее плотного из аргиллитов).

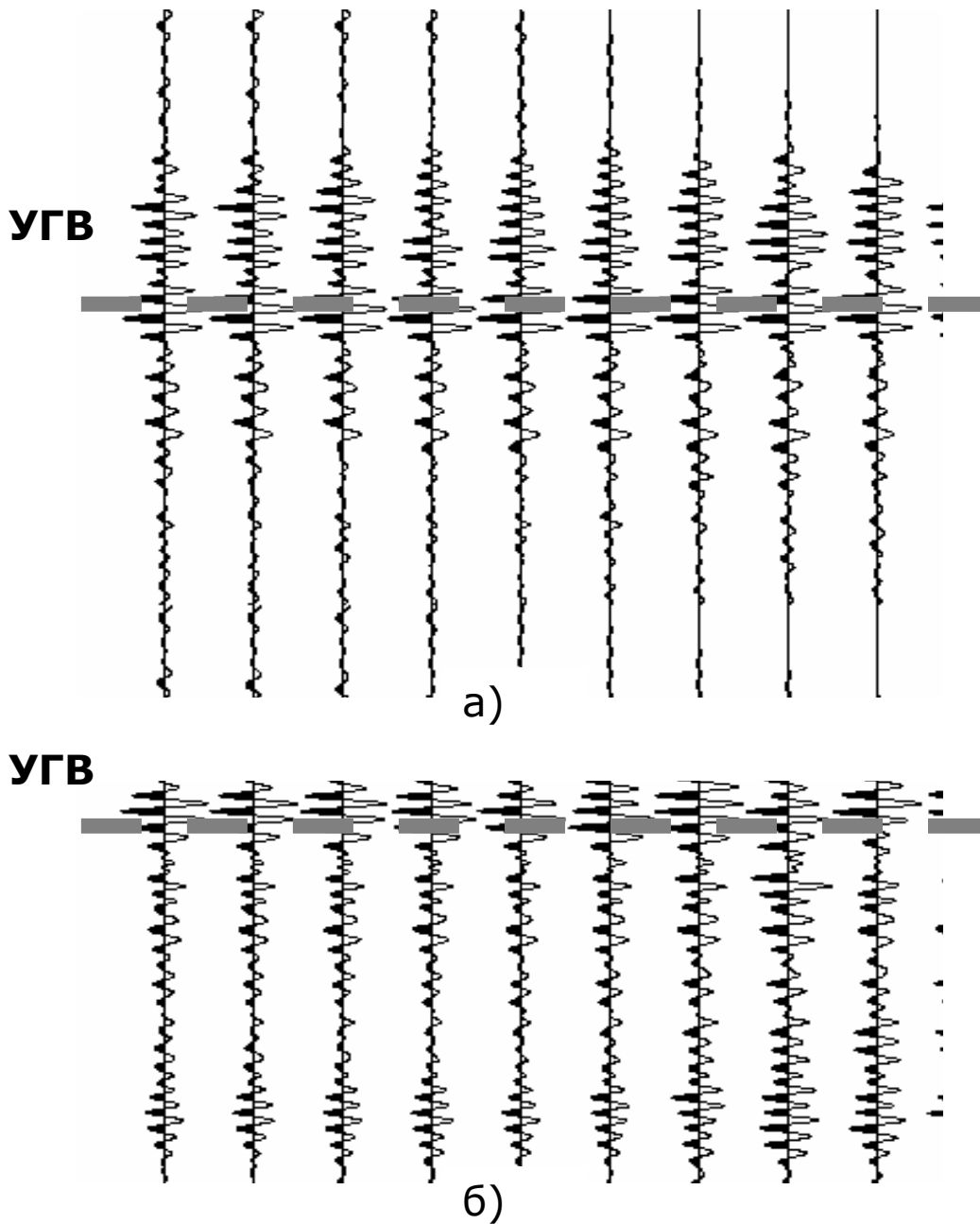


Рис. 10. Теоретические сейсмические разрезы, полученные для модели оползневого склона на участке ДПУ («Артек»): а) УГВ на границе между суглинками и аргиллитами; б) УГВ размещается в суглинке

Анализ частотных характеристик волновых полей показывает, что насыщение пород водой приводит к некоторому увеличению частоты максимума спектра. Для сравнения на рис. 11 представлены спектр источника, а также усредненные (по 24 сейсмо-

граммам) спектры, рассчитанные для различных случаев расположения УГВ.

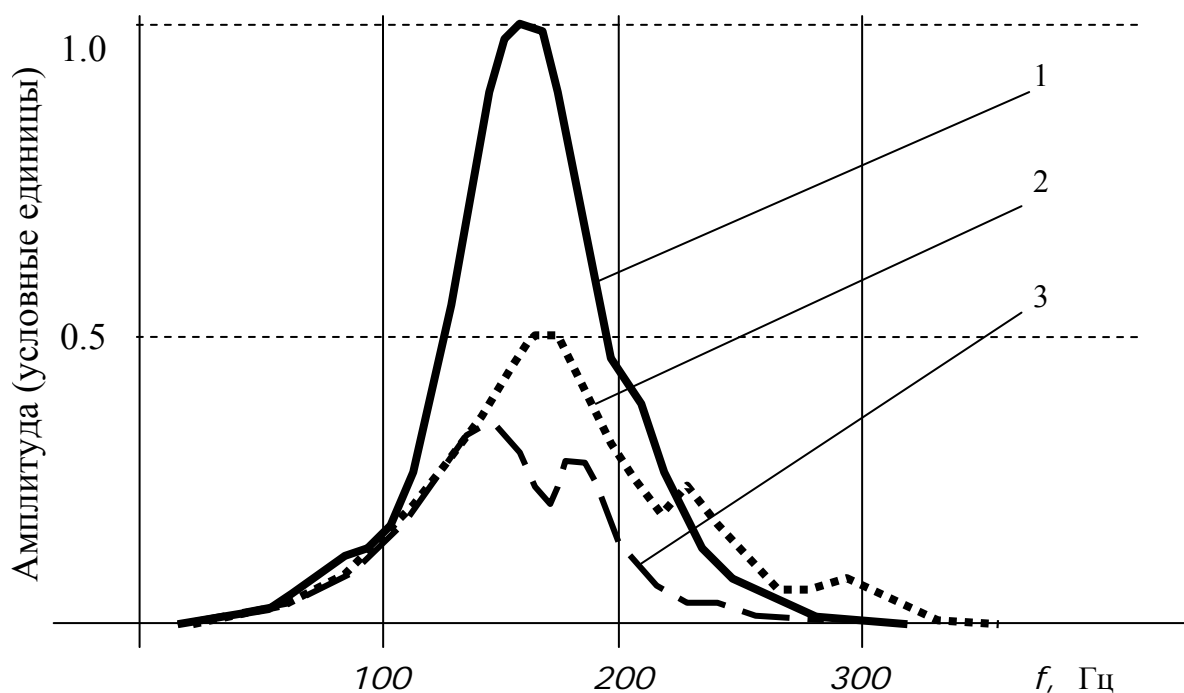


Рис. 11. Спектральные характеристики:

- 1) источника;
- 2) волнового поля, если УГВ располагается на границе между суглинками и аргиллитами;
- 3) волнового поля, если УГВ размещается в суглинке

В рассматриваемом случае насыщение пород водой привело к увеличению частоты максимума спектра по сравнению с исходным спектром источника на 15 Гц. При этом максимум спектральной характеристики волнового поля, рассчитанный для случая, если породы не увлажнены, смещен на 25 Гц по сравнению с исходным спектром.

Таким образом, анализ результатов теоретических расчетов показал, что при выявлении расположения УГВ сейсмическим методом целесообразно использовать источники сейсмических колебаний с рабочей частотой в диапазоне 100 – 250 Гц.

УГВ формирует отраженную волну, которая в данном диапазоне частот имеет амплитуду, достаточную для ее регистрации

и обработки. При этом насыщение пород водой приводит к некоторому увеличению частоты максимума спектра (на 10-15 Гц).

Определив расположение глин бурением и расположение отражающей границы, таким образом можно оценить расположение УГВ с точностью 2-3 м. Для детализации необходимо использовать иные средства.

Результаты данных исследований согласуются с полученными ранее закономерностями, установленными для моделей участков побережья Азовского моря вблизи пос. Мелекино, на западных окраинах г. Мариуполь и г. Бердянск [3].

СПИСОК ССЫЛОК

1. Kelly K.R., Ward R.W., Treitel S., Alford R.M. Synthetic Seismograms, a finite-difference approach. - *Geophysics*, 1976. 41, p. 2-27.
2. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. Теория и методы: Пер. с англ. - М.: Мир, 1983. - Т. 2. - 360 с.
3. Азаров Н.Я., Тиркель М.Г., Федин М.М. Анализ информативности сейсмического Метода при оценке состояния оползнеопасных склонов //Наукові праці УкрНДМІ НАН УКРАЇНИ. Збірник № 3 – Донецк, 2008. – С. 128 – 140.