

## Комплексная технология сейсморазведки транзитных зон с применением телеметрических систем семейства XZone®

Жгенти С.А., Запорожец Б.В., компания «СИ Технолоджи», г. Геленджик

Общеизвестно, что задача поиска углеводородов в транзитных зонах – актуальнейшая задача современности. Очевидно, что в условиях транзитной зоны эксплуатация даже сравнительно малого месторождения может быть вполне рентабельной. Вместе с тем, транзитные зоны долгое время оставались белым пятном на картах сейсмической изученности, препятствуя успешной увязке результатов морских и сухопутных съемок.

Дело в том, что транзитные зоны (особенно океанические, с обширными территориями, подверженными приливо-отливным явлениям) – очень сложный объект для сейсморазведки. Он включает в себя участки земной поверхности с различными сейсмогеологическими условиями: мелководье (глубины 2 м – 15 м), предельное мелководье (глубины 0 м – 2 м) и прилегающую сушу. В самых сложных случаях такие участки могут случайным образом чередоваться в пределах площади исследований.

Задача, которую должна решить сейсморазведка в транзитной зоне – выполнить полнократную съемку МОГТ на прилегающем к акватории участке суши для увязки с полнократными результатами сухопутной съемки (обычно это около 5-10 км вглубь суши) и выполнить полнократные наблюдения МОГТ в сторону акватории до глубин, на которых уже существуют результаты полнократных морских съемок МОГТ (или возможно их проведение с использованием стандартных технологий), т.е. выполнить работы МОГТ в предельно мелководной и в мелководной зонах.

Очевидно, что создание универсальной технологии сейсморазведочных работ для получения качественных материалов в таких различных сейсмогеологических условиях вряд ли осуществимо.

Сейсмогеологические условия каждого из таких участков имеют свои особенности, что требует применения соответствующих технологий проведения работ и универсальной оснащенности компании-оператора полевых работ необходимыми специальными техническими средствами. Для успешного изучения транзитных зон компания-оператор должна быть вооружена следующим оборудованием для проведения работ:

- на мелководье – плавающей косой и групповым пневматическим источником возбуждения колебаний;
- на предельном мелководье – донной косой и малообъемным групповым пневмоисточником, имеющим защиту излучающих камер от попадания грязи;
- на суше – сухопутной косой и сухопутным источником возбуждения колебаний.

Кроме того, в каждой из таких зон используется свой технологический транспорт: на мелководье – суда с мелкой осадкой, на суше – вездеходы-амфибии, а на предельном мелководье – специальный транспорт, который надо создавать, поскольку промышленность ничего подходящего не выпускает. Очевидно, что это отражается на себестоимости проведения таких работ, повышая её, из расчета на единицу измерения объема работ, примерно в 3 раза.

В настоящее время появились компании-операторы, специализирующиеся на проведении

полевых работ отдельно на каждом из таких участков прибрежных зон. В качестве примера таких компаний можно назвать: ООО «ПГС-Хазар», активно работающее в акватории Северного Каспия и специализирующееся на проведении 2D и 3D сейсморазведки на участках мелководья прибрежных зон, и ООО «Донгеофизика» ([www.dongeofizika.ru](http://www.dongeofizika.ru)), проводящее аналогичные работы, но еще и в предельно мелководной части прибрежных зон с выходом на сушу, на реках, водохранилищах и морских акваториях. Оба оператора используют технологии проведения работ и приёмно-регистрирующее оборудование производства компании «СИ Технолоджи» ([www.intromarin.ru](http://www.intromarin.ru)).

В зимний полевой сезон 2009 г. предприятием «Донгеофизика» были впервые успешно проведены сейсморазведочные работы по изучению прибрежной зоны в Ейском районе Азовского моря. Технология работ и специальный технологический транспорт были разработаны и предоставлены компанией «СИ Технолоджи».

Эффективность данного тандема производителя и пользователя оборудования ([www.b-m-f.ru](http://www.b-m-f.ru)) неизменно подтверждается практикой проведения работ с момента его создания в 2007 г.

В основе использованной технологии сейсморазведочных работ в прибрежных зонах лежат уникальные возможности телеметрических систем семейства XZone® компании «СИ Технолоджи», предназначенных для проведения работ на акваториях (XZone® Bottom Fish), на мелководье и предельном мелководье (XZone® Marsh Line) и на суше (XZone® Fly Lander). Все выше перечисленные системы отличаются лишь исполнением – дизайном полевого оборудования, который для каждой системы диктуется условиями области её применения, при полной идентичности принципов построения и электрических характеристик оборудования, обеспечивающего прием и регистрацию колебаний. Пользователи оборудования семейства XZone® могут проводить сейсморазведочные работы на мелководье, в предельном мелководье и на суше, соответственно заменяя или комбинируя полевое оборудование (телеметрические косы различного дизайна). Разработанная в компании «СИ Технолоджи» технология сейсморазведки транзитных зон в их прибрежной части использует эту особенность приемно-регистрирующих систем и фактически состоит из 3-х технологий, применяемых в соответствии с разными участками прибрежной зоны, легко увязываемых в единое целое благодаря идентичности условий регистрации и однотипности применяемых источников возбуждения колебаний. В каждой технологии для возбуждения колебаний используются малообъемные грязевые пневмопушки «МАЛЫШ» [1], обеспечивающие возбуждение колебаний в одинаковой полосе частот (12 – 250 Гц) с одинаковыми фазовыми характеристиками сигнала.

На участках площади работ, где глубины изменяются от 0 до 2 м (предельное мелководье), используется донная коса (XZone® Marsh Line) с применением специально разработанной [3] технологии, подробно описанной в статье. При этом, производительность работ в среднем составляет около 12 – 18 пог. км в сутки. Но на

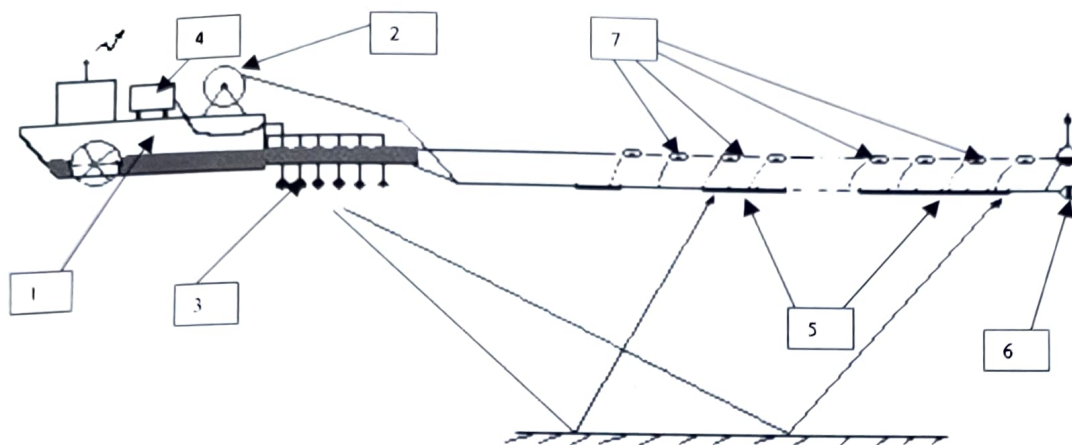


Рис. 1. Схема приемно-излучающей расстановки для работ в условиях мелководья:

1 - плавсредство МУРЕНА с осадкой 0,4 – 0,6 м; 2 - сейсмическая лебедка; 3 - групповой пневмоисточник; 4 - компрессорная станция; 5 - приемные секции цифровой косоу; 6 - конечный буй косоу с «гидродинамическим парашютом»; 7 - удерживающие поплавки

глубинах, превышающих 2 м, возможно значительное увеличение производительности работ (до 50 пог. км в сутки), благодаря применению новой технологии работ с использованием буксируемой плавающей косоу (XZone® Bottom Fish). На прилегающих сухопутных участках площади исследования проводят с применением традиционной технологии наземных сейсморазведочных наблюдений с системой XZone® Fly Lander.

В результате, путем несложной увязки результатов применения технологий, такое комплексирование возможностей систем XZone® обеспечивает высокую информативность получаемых материалов (за счет идентичности условий возбуждения и приема) при высокой суммарной производительности работ, которая достигается благодаря использованию специально разработанных технологических транспортных средств.

В компании «СИ Технолоджи» считают, что недостаточно разработать и изготовить приемно-регистрирующие системы, отвечающие всем современным требованиям. Необходимо еще разработать, изготовить и предложить пользователю специальное технологическое оборудование, обеспечивающее высокую производительность при проведении полевых работ. Каждая из технологий проведения работ и технологические транспортные средства разрабатывались как оптимальные для своей области применения.

Следует отметить, что компания «SERCEL» предлагает на рынке цифровую телеметрическую приемно-регистрирующую систему SN-408, которая также может использовать несколько модификаций полевого оборудования [4], в том числе и для предельного мелководья, но при этом компания не предлагает специального технологического транспорта, а это неизбежно ограничивает достигаемую производительность работ.

В рамках одной статьи невозможно подробно описать особенности каждой из технологий, поэтому, сначала ограничимся схематическим описанием новейших компонентов технологии сейсморазведки прибрежных зон, разработанных в компании «СИ Технолоджи», в расчете на публикации более подробных описаний в последующих номерах журнала.

## 1. Новейшая технология работ с плавающей буксируемой приемной косоу (XZone® Bottom Fish/МАЛЫШ).

Эта технология применяется на мелководных участках прибрежных зон при глубинах, превышающих 2 м.

Основное отличие технологии работ с плавающей косоу на мелководье, разработанной в компании «СИ Технолоджи», от традиционной технологии морской сейсморазведки 2D заключается в том, что косоу буксируется на удерживающих ее поплавках (рис.1). Поплавки конструктивно задают горизонт глубины положения приемных секций косоу под водой (1 – 1,3 м). Линейность положения косоу создает конечный буй, играющий роль «гидродинамического парашюта» и снабженный GPS приемно-индикатором.

Для использования в качестве плавсредства, несущего громоздкий приемно-возбуждающий комплекс оборудования, был разработан и изготовлен катамаран «МУРЕНА» (рис. 2) с грузоподъемностью до 20 тонн, при осадке 0,4 м, и, по аналогии с колесными пароходами прошлого столетия, использующий в качестве двигателей гребные колеса. Независимый привод гребных колес обеспечивает чрезвычайную маневренность катамарана. Приемно-возбуждающий комплекс, размещаемый на борту «МУРЕНы», включает: телеметрическую систему XZone® Bottom Fish с приемной косоу и лебедкой, пневматический источник «Малыш», компрессор УКС



Рис. 2. Катамаран «МУРЕНА» с комплексом приемно-возбуждающего оборудования на борту

400 (2 шт.), навигационную систему GPS. Наблюдения, как и при традиционных морских работах, проводятся в процессе движения суда, что обеспечивает высокую для мелководья производительность работ, составляющую до 40-50 пог. км в сутки. Конструкция катамарана обеспечивает возможность его сборки/разборки в течение одного рабочего дня и передислокацию на другую площадь исследований в длинном автоприцепе.

Примеры типичных временных разрезов, полученных в результате применения разработанной технологии работ МОГТ с плавающей буксируемой косой, приведены на рис. 3. Общий объем исследований, выполненных с применением разработанной технологии, превышает 1000 пог. км.

Успешный опыт применения технологии проведения сейсмических исследований в зонах предельного мелководья акваторий с использованием буксируемой косы (на глубинах, превышающих 2.0 м) позволяет компании «СИ Технолоджи» предложить её к широкому применению в отрасли.

## 2. Технология работ с донной косой (XZone® Marsh Line /МАЛЫШ).

При выполнении сейсморазведочных работ на предельном мелководье необходимо учитывать влияние интерференции при приеме волн в водном слое, что требует использования в каждом пункте приема колебаний пары датчиков - геофона и гидрофона [2]. Такие наблюдения позволяют реализовать донная коса системы XZone® Marsh Line.

В 2007 г. компания «СИ Технолоджи» разработала и провела производственное опробование специальных транспортных средств «ТОРТУГА» (рис. 4), представляющих собой, по аналогии с «МУРЕНОЙ», самоходные плоскодонные катамараны с двигателями в виде гребных колес. Катамараны «ТОРТУГА» обеспечивают беспрепятственное перемещение тяжелого сейсморазведочного оборудования вплоть до береговой кромки (до глубины 0,3 м), даже при наличии водорослей, непреодолимых для другого транспорта [3]. Они так же имеют легко разборную конструкцию, позволяющую осуществлять их оперативную передислокацию на новое место работ. В подавляющем большинстве случаев применяются системы наблюдений профильных сейсмондирований и двух-судовой способ их отработки [3]. Для возбуждения колебаний используется групповой пневматический источник «МАЛЫШ», устойчивый к работе в условиях взвеси придонных отложений и позволяющий возбуждать колебания на глубинах от 0,5 м в диапазоне частот до 250 Гц. Производительность работ при 120-ти кратном 2D профилировании составила в среднем 12 пог. км за смену.

На рисунке 5 приведен временной разрез по профилю, отработанному с применением технологии буксируемой косы (Bottom Fish/ МАЛЫШ) и технологии донных наблюдений (Marsh Line/МАЛЫШ). Анализ временного разреза показывает, что регистрируемые волновые поля близки по своим амплитудно-частотным характеристикам, что обеспечивает легкую увязку

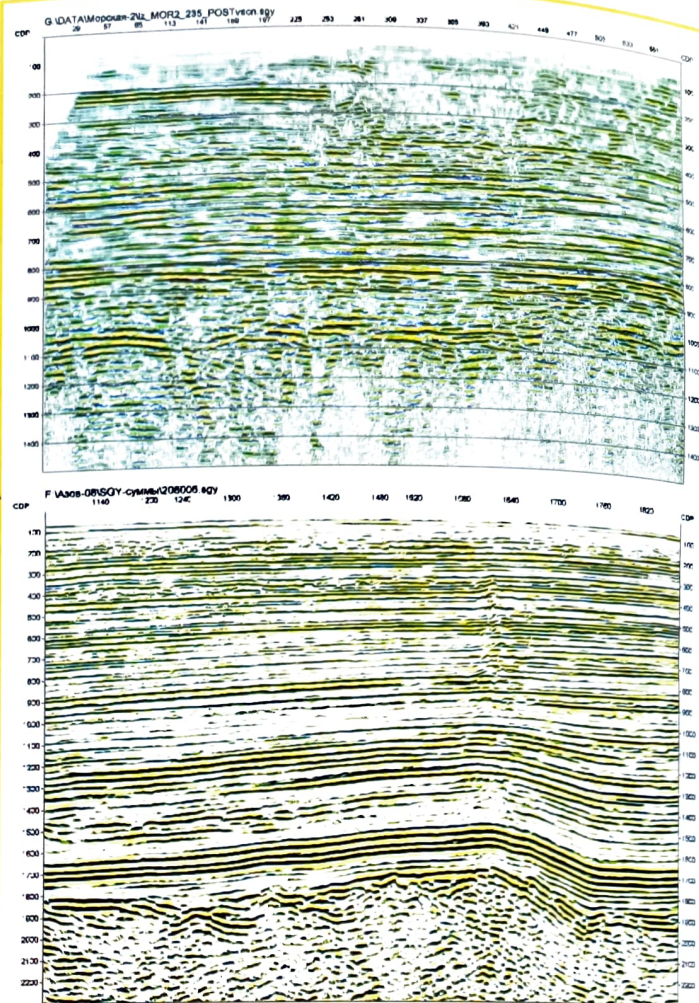


Рис. 3. Предварительные временные разрезы ОГТ, полученные в результате применения разработанной технологии: а - Северный Каспий, ООО «Донгеофизика», 2008г., б - Азовское море, ООО «Донгеофизика», 2008г.



Рис 4. Самоходный катамаран «ТОРТУГА». а - «ТОРТУГА»-раскладчик косы, б - «ТОРТУГА»- источник

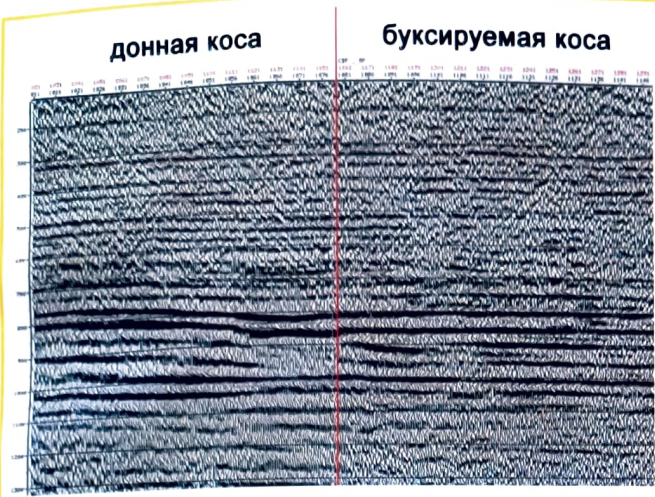
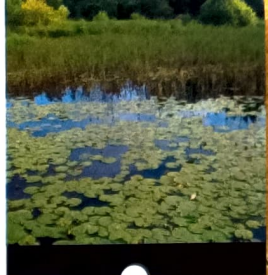


Рис. 5. Временной разрез, полученный с применением технологии буксируемой косы Bottom Fish/МАЛЫШ и технологии донных наблюдений Marsh Line/МАЛЫШ (Камское водохранилище, ООО «Донгеофизика», 2008г.)

Fly Lander, полностью идентичную системам, используемым при работах в прилегающем мелководье и предельном мелководье. Обычно используется стандартная технология работ с конвейерной раскладкой приемной косы. Для обеспечения идентичности условий возбуждения при проведении работ в качестве источника колебаний используется размещаемый внутри шнековой буровой штанги и погружаемый в скважину пневмоизлучатель «МАЛЫШ», аналогичный излучателю, используемому при работах в акваториальной части площади исследований. Система обеспечения источника сжатым воздухом вместе со шнековой буровой установкой смонтирована на амфибийном вездеходе БАЗ (рис. 7). Скважинный пневматический источник со шнековой буровой установкой и системой обеспечения источника сжатым воздухом получил название «КРОТ-МАЛЫШ». Количество группированных «взрывных» скважин и число накоплений определяются в ходе выполнения опытных работ.

результатов применения технологий.

Специально разработанная система позиционирования приемных модулей донной косы с использованием GPS значительно повысила точность определения координат приемников косы, разложенной на дне акватории, и сделала возможным проведение 3D работ в условиях ограниченных поверхностей исследуемых акваторий транзитных зон с использованием способа раскладки косы - «змейкой». Приведенный на рис.6 куб сейсмических данных и временной разрез по его центральной линии иллюстрируют высокое качество получаемых материалов.

Успешный опыт применения технологии проведения 2D и 3D сейсмических исследований в зонах предельного мелководья акваторий (на глубинах, превышающих 0,3 м) с использованием донной косы позволяет компании «СИ Технологии» предложить её к широкому применению в отрасли.

### 3. Особенности технологии наземных сейсморазведочных работ (XZone® Fly Lander/КРОТ-МАЛЫШ).

Такие работы обычно проводят для увязки данных, зарегистрированных в пределах акватории, с данными на суше. В компании «СИ Технологии» для этого используют систему XZone®

Эффективность технологии использования в качестве источника сейсмических колебаний пневмоизлучателя, погружаемого в специальную скважину, подтверждена результатами работ ООО «Донгеофизика» в 2008-2009 г.г. На рис.8 приведен предварительный временной разрез по профилю, пересекающему обрывистую береговую линию с превышением сухопутной части профиля около 20м над уровнем моря. Увязка материалов была проведена простым вводом соответствующих статических поправок.

Анализ временного разреза показывает, что волновые поля, зарегистрированные с использованием технологий Marsh Line/МАЛЫШ и Fly Lander/КРОТ-МАЛЫШ, легко увязываются и характеризуются близкими амплитудно-частотными характеристиками.

На практике, для успешной увязки участков профилей, отработанных каждой из описанных технологий, применяются системы наблюдений, позволяющие обеспечивать полную проектную кратность прослеживания по МГОТ в зоне сочленения технологий. Для этого системы наблюде-

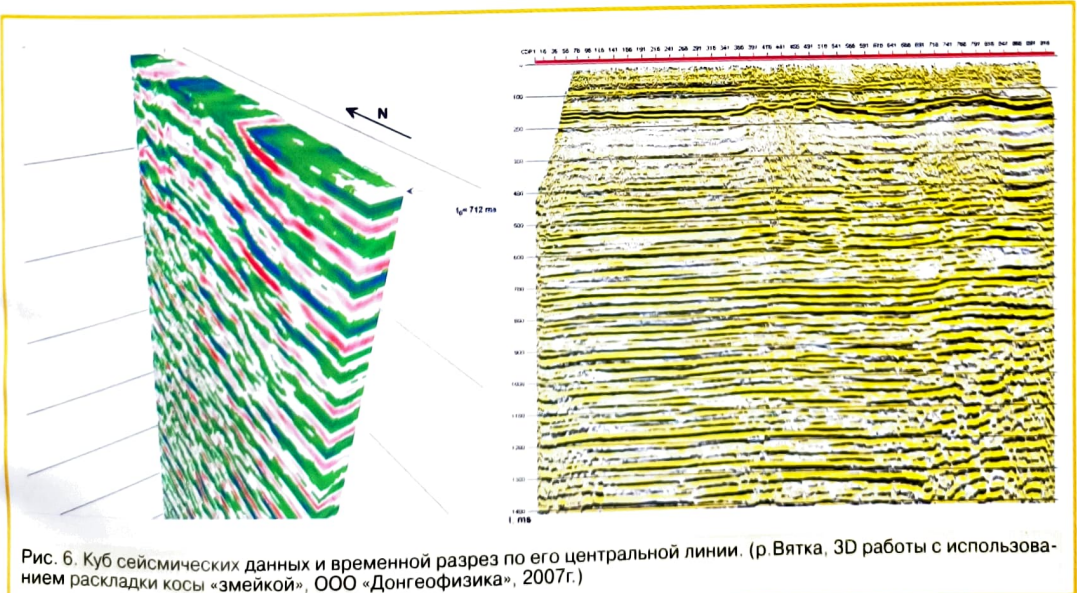


Рис. 6. Куб сейсмических данных и временной разрез по его центральной линии. (р. Вятка, 3D работы с использованием раскладки косы «змейкой», ООО «Донгеофизика», 2007г.)

ний перекрываются. Например, для продолжения водного профиля на сушу проводятся комбинированные наблюдения, когда прием колебаний проводится на суше, а возбуждение в воде и наоборот. Системы наблюдений с донной и с буксируемой косами также перекрываются, обеспечивая полную кратность прослеживания в зоне их сочленения.

Комплексирование описанных технологий с успехом опробовано на Камском водохранилище (Обвинский и Южно-Иньвинский лицензионные участки) в объеме более 500 пог. км и на мелководье Азовского моря (Северно-Ейский лицензионный участок) в объеме около 150 пог. км.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: **комплексное применение технологий проведения сейсморазведочных работ в условиях мелководья, предельного мелководья и суши с использованием телеметрических систем семейства XZone, разработанных в компании «СИ Технолоджи», впервые делает возможным проведение сейсморазведочных исследований в прибрежных зонах в промышленных масштабах.**

#### Литература:

1. Бадиков Н.В., Москаленко Ю.А., Бадиков А.Н., Гуленко В.И. Пневматический источник сейсмических сигналов «Малыш» // Приборы и системы разведочной геофизики, 2006, № 3.
2. Жгенти С.А., Запорожец Б.В., Лещенко Д.П. Использование синхронного PZ приема колебаний при сейсморазведке в транзитных зонах для подавления интерференции волн в ближней зоне приемника // Технологии сейсморазведки, 2008, № 3.



Рис 7. Скважинный пневмоисточник «КРОТ-МАЛЫШ»

3. Жгенти С.А., Запорожец Б.В. Технология и опыт применения системы XZone@Marsh Line при 2D и 3D сейсмических исследованиях на предельном мелководье транзитных зон // Технологии сейсморазведки, 2008, № 2.
4. Denis Mougenot. Транзитная зона: последний рубеж сейсморазведки // Приборы и системы разведочной геофизики, 2005, № 1.

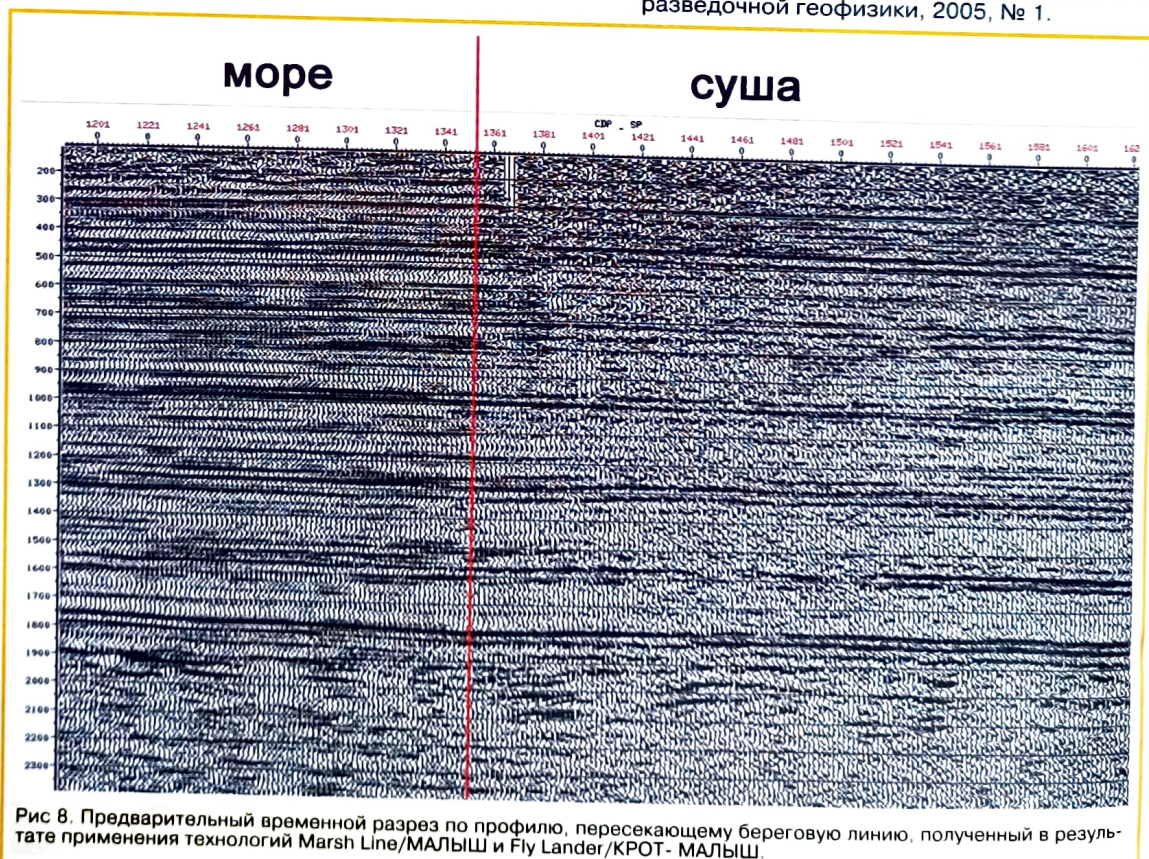


Рис 8. Предварительный временной разрез по профилю, пересекающему береговую линию, полученный в результате применения технологий Marsh Line/МАЛЫШ и Fly Lander/КРОТ- МАЛЫШ.